

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

NÍDIA RAQUEL COSTA

**DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE
MILHO E SORGO PARA SILAGEM E SOJA EM SUCESSÃO EM
SISTEMA IRRIGADO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO
CERRADO**

Ilha Solteira – SP

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

NÍDIA RAQUEL COSTA

**DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE
MILHO E SORGO PARA SILAGEM E SOJA EM SUCESSÃO EM
SISTEMA IRRIGADO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO
CERRADO**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do
Campus de Ilha Solteira - UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Especialidades: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI
Orientador

Ilha Solteira – SP

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- C837d Costa, Nidia Raquel.
Desempenho técnico e econômico da produção de milho e sorgo para silagem e soja em sucessão em sistema irrigado de integração lavoura-pecuária no cerrado / Nidia Raquel Costa. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014
226 f. : il.
- Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistema de Produção, 2014
- Orientador: Marcelo Andreotti
Inclui bibliografia
1. Sistema de integração lavoura-pecuária. 2. Produção de silagem. 3. Adubação nitrogenada. 4. Atributos químicos e físicos do solo. 5. Sustentabilidade agrícola.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Desempenho técnico e econômico da produção de milho e sorgo para silagem e soja em sucessão em sistema irrigado de integração lavoura-pecuária no cerrado

AUTORA: NÍDIA RAQUEL COSTA

ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. CINIRO COSTA

Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu

Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Data da realização: 03 de abril de 2014.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Antonio e Mariza que sempre me garantiram total apoio, incentivo, compreensão e carinho, proporcionando todas as condições necessárias para que eu pudesse alcançar meus objetivos. À vocês, ofereço sempre minha eterna gratidão, meu sincero amor, respeito e, principalmente minha total admiração pelo exemplo de vida.

À minha irmã Nara, minha melhor amiga e confidente, por sua presença importantíssima em minha vida, tornando os dias mais agradáveis, pela palavras de incentivo, pelos conselhos, pelas vivências inesquecíveis, e por todo o carinho.

À minha avó Maria, pelo amor incondicional, por todo o cuidado que tem oferecido a mim durante todos estes anos, pela pessoa admirável que é e por ser essencial em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela graça e benção concedidos, por estar presente em todos os momentos da minha vida e iluminar meus caminhos;

Ao Prof. Dr. Marcelo Andreotti, pelo profissionalismo, competência, orientação, amizade, conselhos, empenho, pela confiança em mim depositada e pela liberdade de ações na realização deste e de outros trabalhos desenvolvidos. Seus exemplos serão referência para todo meu futuro, onde certamente todos os ensinamentos serão sempre lembrados. Sou muito grata por tudo e me orgulho muito em tê-lo como orientador e amigo;

À Faculdade de Engenharia (FE/Unesp) – Campus de Ilha Solteira, meus sinceros agradecimentos pelas condições oferecidas e possibilidade de engrandecimento profissional;

Aos Departamentos de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos e Biologia e Zootecnia pelo apoio.

À FAPESP pela concessão de bolsa de Doutorado (Processo FAPESP nº 2011/01057-0) e pelo apoio financeiro concedido para a realização do projeto de pesquisa;

Aos professores Morel de Passos e Carvalho, Salatiér Buzzeti, Marlene Cristina Alves, Elcio Hiroyoshi Yano, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho e Antônio Fernando Bergamaschine pela disponibilidade em auxiliar, sempre que necessário, na condução e avaliação da presente pesquisa;

Aos Professores Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol da FCA/Unesp e Dr. Cíniro Costa FMVZ/Unesp – Campus de Botucatu, por aceitarem o convite para participar da comissão examinadora desta defesa de Doutorado;

A todos os funcionários da FE/Unesp – Campus de Ilha Solteira, sendo em especial: Carlos Araújo da Silva e João Batista Mariano de Carvalho (técnicos do laboratório de fertilidade do solo), Sidival Antunes de Carvalho (técnico do laboratório de bromatologia), Valdivino dos Santos (técnico do laboratório de física do solo) e Marcelo Rinaldi (técnico do laboratório de nutrição de plantas) pela amizade e auxílio na realização de análises em seus respectivos laboratórios;

À Fazenda de Ensino e Pesquisa da FE/Unesp – Campus de Ilha Solteira, assim como a todos os seus funcionários, pelo auxílio na concessão da área experimental e de condições para a realização do trabalho;

Ao Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da FE/Unesp – Campus de Ilha Solteira, em especial, o diretor João Josué Barbosa pelo auxílio na normatização e elaboração da ficha catalográfica dessa tese;

Aos amigos Keny Samejima Mascarenhas Lopes, Kazuo Leonardo Yokobatake, João Paulo Ferreira, Cristiano Magalhães Pariz, Fernanda Garcia do Santos, Maria Cecília Cavallini, Lívia Maria Fermino de Souza, Vanessa Longhini, Raíssa Dinalli, Carol Bonini, Leonardo Tambones Galdino e Erika Moreira, pelo carinho, amizade e inestimável ajuda no desenvolvimento deste projeto;

Enfim, a todos àqueles que mantiveram ótimos relacionamentos de amizade, bem como, aos que deram sua importante contribuição para minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

Como alternativa para o aumento da produtividade dos sistemas de produção, com sustentabilidade, surgiu o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob Plantio Direto. Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, sob condições irrigadas no Cerrado: 1) o desempenho produtivo e a qualidade da silagem produzida em sistemas de produção de milho e sorgo forrageiro consorciados ou em sucessão com *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia; 2) a cada corte, do outono à primavera, a produtividade de forragem e o seu valor nutritivo por efeito da aplicação ou não de adubação nitrogenada (70 kg ha^{-1} de N corte⁻¹ – fonte ureia), após a ensilagem; 3) no último corte, verificar além da produtividade de forragem, os teores de macronutrientes e a decomposição da palhada das forrageiras após a dessecação na primavera e efeito sobre a produtividade da soja em sucessão; 4) avaliar durante a condução dos sistemas de produção, as alterações nos atributos químicos e físicos do solo, além do acúmulo de carbono na camada de 0 a 0,20 m, ao final de cada ciclo produtivo; 5) avaliar o desempenho econômico da Integração Lavoura-Pecuária (ILP) sob sistema plantio direto (SPD), visando constatar a sustentabilidade e lucratividade de cada sistema, durante os anos agrícolas de 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013. Constatou-se que os consórcios de milho e sorgo forrageiro com os capins Xaraés e Tanzânia foram viáveis para a produção de silagens em quantidade e qualidade bromatológica, tanto quanto ao cultivo solteiro das culturas, em SPD no Cerrado. A adubação nitrogenada incrementou a produtividade de matéria seca, com melhoria da qualidade bromatológica e nutricional dos capins, independentemente das modalidades de cultivo. Do mesmo modo, os capins Xaraés e Tanzânia, resultaram em adequada cobertura do solo, principalmente até os 90 dias após o manejo de dessecação e corte, quando adubados com nitrogênio. Em condições irrigadas no Cerrado, visando o incremento da produtividade de soja, recomenda-se a semeadura do capim-xaraés após a colheita do milho para silagem em antecessão. Os sistemas de produção de silagem, mesmo com alta exportação de nutrientes e tráfego de máquinas, foram eficientes em atenuar o processo de redução da fertilidade do solo, de sua qualidade física e na manutenção dos estoques de carbono. Visando a sustentabilidade aliada à lucratividade, os sistemas produtivos de produção de silagem de milho e sorgo forrageiro, em área irrigada, para posterior formação de pastagens foram economicamente viáveis, e a soja em sucessão apresentou índices de

lucratividade positivos, mantendo o solo vegetado ou com palhada suficiente para o SPD no Cerrado.

Palavras-chave: *Zea mays*. *Sorghum bicolor*. *Urochloa brizantha*. *Megathyrsus maximum*. *Glycine max*. Silagem. Qualidade bromatológica. Fertilidade do solo. Compactação do solo. Estoque de carbon. Sustentabilidade agrícola.

TECHNICAL AND ECONOMIC PERFORMANCE OF SORGHUM AND CORN SILAGE YIELD AND SOYBEAN IN SUCCESSION IN CROP-LIVESTOCK SYSTEM IN CERRADO

ABSTRACT

As an alternative for increasing productivity of sustainable production systems, the Crop-Livestock Integration System under no-tillage. Thus, the present study aimed to evaluate in an Oxisol under irrigated conditions in the *Cerrado* region: 1) The performance and quality of silage produced by corn and sorghum production systems, intercropped or not with *Urochloa brizantha* var. Xaraés and *Megathyrsus maximum* var. Tanzania; 2) evaluate each harvest, from autumn to spring, the forage yield and nutritional value by the effect of the application or not of nitrogen ($70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N cutting}^{-1}$ - source of urea), after silage harvest; 3) in the last cut, verify beyond forage productivity, the macronutrient levels and straw decomposition and fodder after spring desiccation and effect on soybean yield in succession; 4) evaluate throughout the systems production, changes in chemical and physical soil properties, besides the accumulation of carbon in the 0 to 0.20 m layer at the end of each production cycle; 5) evaluate the economic performance of the Crop-Livestock Integration (CLI) system under no-tillage (NT), to verify the sustainability and profitability of each system during the agricultural period 2010/2011, 2011/2012 and 2012/2013. It was found that the consortium of corn and sorghum with Xaraés and Tanzania grasses are viable for the production of silage in quantity and chemical composition quality, as much as, the single crop cultivation in no-tillage system in the *Cerrado*. Nitrogen fertilization increased dry matter yield, with improvement of the chemical and nutritional quality of grasses, regardless of the methods of cultivation. Similarly, the Xaraés and Tanzania grasses, resulted in adequate ground cover, up to 90 days after the management of desiccation and cutting, especially when fertilized with nitrogen. In irrigated conditions in the *Cerrado*, aiming the increase of soybean yield, it is recommended seeding Xaraés grass after harvesting, the antecedent, corn for silage. The systems of silage production, even with high nutrient export and machinery traffic, were effective in maintaining and/or improving soil fertility, its physical quality and maintenance of carbon stocks. Aiming, sustainability combined with profitability, the production systems of corn and sorghum silage for subsequent formation of pastures, were economically viable, and the successive soybean crop showed positive rates of profitability, maintaining soil quality and sufficient straw for NT.

Keywords: *Zea mays*. *Sorghum bicolor*. *Urochloa brizantha*. *Megathyrsus maximum*. *Glycine max*. Silage. Bromatological quality. Soil fertility. Soil compaction. Carbon storage. Agricultural sustainability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Sistemas de Integração lavoura-pecuária (ILP) sob sistema plantio direto (SPD).....	16
2.2 Produção de silagens de milho e sorgo no sistema de ILP sob SPD.....	18
2.3 Estabelecimento de pastagens em sistemas de ILP e adubação nitrogenada	21
2.4 Formação de palhada para o SPD e decomposição dos resíduos vegetais	23
2.5 Produção da cultura da soja na ILP sob SPD	25
2.6 Alterações nos atributos químicos e físicos do solo e acúmulo de carbono em sistemas de ILP sob SPD	26
2.7 Desempenho econômico de sistemas de ILP	27
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	30
3.2 Experimento I – Produção de silagem de milho e sorgo no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto.....	32
3.2.1 <i>Delineamento experimental e tratamentos para o experimento com silagem de milho..</i>	<i>32</i>
3.2.2 <i>Preparo da área experimental e manejo das culturas</i>	<i>32</i>
3.2.3 <i>Amostragens e análises</i>	<i>34</i>
3.2.4 <i>Análise estatística</i>	<i>36</i>
3.2.5 <i>Delineamento experimental e tratamentos para o experimento com silagem de sorgo..</i>	<i>36</i>
3.2.6 <i>Preparo da área experimental e manejo das culturas</i>	<i>36</i>
3.2.7 <i>Amostragens e análises</i>	<i>37</i>
3.2.8 <i>Análise estatística</i>	<i>37</i>
3.3 Experimento II - Produção e qualidade de espécies forrageiras implantadas em função do consórcio ou em sucessão às culturas do milho e sorgo para ensilagem e adubação nitrogenada na Integração Lavoura-Pecuária	38
3.3.1 <i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	<i>38</i>
3.3.2 <i>Manejo das espécies forrageiras</i>	<i>38</i>
3.3.3 <i>Amostragens e análises</i>	<i>39</i>
3.3.4 <i>Análise estatística</i>	<i>40</i>

3.4 Experimento III – Produção da cultura da soja sob palhada de espécies forrageiras implantadas no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária e adubadas com N.....	40
3.4.1 <i>Delineamento experimental</i>	40
3.4.2 <i>Manejo da cultura da soja</i>	41
3.4.3 <i>Amostragens e análises</i>	42
3.4.4 <i>Análise estatística</i>	42
3.5 Experimento IV – Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de espécies forrageiras implantadas em função do consórcio ou sucessão ao cultivo das culturas do milho e do sorgo em função da adubação nitrogenada	43
3.5.1 <i>Delineamento experimental</i>	43
3.5.2 <i>Manejo e implantação dos “Litter bags”</i>	43
3.5.3 <i>Avaliações e Análises</i>	44
3.5.4 <i>Análise estatística</i>	44
3.6 Experimento V- Alterações nos atributos químicos e físicos e acúmulo de carbono do solo no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto	45
3.6.1 <i>Delineamento experimental</i>	45
3.6.2 <i>Amostragens e análises</i>	45
3.6.3 <i>Análise estatística</i>	46
3.7 Experimento VI – Desempenho econômico de Sistemas de Integração lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto	47
3.7.1 <i>Estrutura do custo de produção</i>	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Experimento I – Produção de silagem de milho e sorgo no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto.....	48
4.1.1 <i>Silagem de milho</i>	48
4.1.2 <i>Silagem de sorgo</i>	73
4.2 Experimento II - Produção e qualidade de espécies forrageiras implantadas em função do consórcio ou em sucessão às culturas do milho e sorgo para ensilagem e adubação nitrogenada na Integração Lavoura-Pecuária	104
4.3 Experimento III – Produção da cultura da soja sob palhada de espécies forrageiras implantadas no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária e adubadas com N.....	139
4.4 Experimento IV – Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de espécies forrageiras implantadas em função do consórcio ou sucessão ao cultivo das culturas do milho e do sorgo em função da adubação nitrogenada.....	148

4.5 Experimento V- Alterações nos atributos químicos e físicos e acúmulo de carbono do solo no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto	158
4.6 Experimento VI – Desempenho econômico de Sistemas de Integração lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto	174
5 CONCLUSÕES.....	189
REFERÊNCIAS	190

1 INTRODUÇÃO

A agricultura e a pecuária nacional, tradicionalmente, têm suas atividades realizadas em separado, sendo que ao longo dos anos, principalmente nas regiões de Cerrado, houve aumento da degradação de pastagens e do solo com redução em produtividade das culturas. Tal fato reflete em redução na fertilidade do solo e inadequado manejo das culturas no ambiente de produção. Para solucionar este problema, vários agricultores e pesquisadores tem encontrado nos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), sob plantio direto (SPD), vantagens que proporcionam aumento em produtividade e diminuição dos impactos causados ao ambiente, tais como a degradação do solo, maior uso de insumos e defensivos agrícolas e emissão de gases de efeito estufa.

No sistema de Integração Lavoura-Pecuária, a recuperação de pastagens degradadas ocorre pelo consórcio de culturas graníferas com espécies forrageiras tropicais, principalmente as dos gêneros *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) e *Megathyrsus* (Syn. *Panicum*). Entretanto, o conhecimento do comportamento das espécies na competição por fatores de produção torna-se de grande importância para o êxito na formação da pastagem e produtividade satisfatória da cultura granífera. As principais vantagens destes sistemas estão relacionadas à maior produtividade das plantas e dos animais, na diversificação da atividade agrícola, na recuperação de pastagens degradadas, na produção de forragem de qualidade no período de entressafra, em melhorias dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e na diminuição da incidência de doenças, pragas e plantas daninhas nas áreas de cultivo.

Em sistemas intensivos de produção animal, a escassez de alimentos volumosos no período seco do ano e os elevados custos com a aquisição de alimentos concentrados, levam os produtores a buscar técnicas que visem a produção de alimento de qualidade a baixo custo, sendo a produção de silagem uma excelente alternativa. Tal prática visa ainda contornar as adversidades climáticas e proporcionar aos animais um alimento de boa qualidade, auxiliando na manutenção da produção animal em período crítico do ano. Entretanto, para produzir silagem, torna-se necessário a utilização de espécies forrageiras com elevada produção de matéria seca e alta qualidade bromatológica e nutricional, sendo as culturas do milho e do sorgo, as mais utilizadas neste processo, pela alta capacidade de ensilabilidade no ponto ótimo de corte, representado pelo adequado teor de matéria seca, alto teor de carboidratos solúveis e baixo poder tampão.

A prática da ensilagem utilizando-se das culturas produtoras de grãos consorciadas com espécies forrageiras tropicais na ILP é relativamente recente, entretanto, as pastagens

formadas nestes sistemas produtivos, têm funções que vão além da alimentação dos animais, pois devem contribuir também com a melhoria do ambiente de produção, fornecendo palhada para o SPD. Os resíduos vegetais presentes na superfície do solo beneficiam as culturas semeadas em sucessão, proporcionando melhorias nas propriedades físicas (agregação das partículas e diminuição da compactação do solo), químicas (aumento nos teores de matéria orgânica na decomposição e mineralização dos resíduos vegetais) e biológicas do solo (aumento da atividade de microorganismos). O acúmulo de carbono em solos sob SPD também é outro fator de extrema relevância, tendo em vista a necessidade de, nos cultivos atuais, a busca por técnicas que visem a qualidade ambiental.

Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, sob condições irrigadas no Cerrado: 1) o desempenho produtivo e a qualidade da silagem produzida em sistemas de produção de milho e sorgo consorciados ou não com *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia; 2) a cada corte, do outono à primavera, a produtividade de forragem e o seu valor nutritivo por efeito da aplicação ou não de adubação nitrogenada (70 kg ha^{-1} de N corte⁻¹ – fonte ureia) após a ensilagem; 3) no último corte, verificar além da produtividade de forragem, os teores de macronutrientes e a decomposição da palhada das forrageiras após a dessecação na primavera e efeito sobre a produtividade da soja em sucessão; 4) avaliar durante a condução dos sistemas de produção, as alterações nos atributos químicos e físicos do solo, além do acúmulo de carbono na camada de 0 a 0,20 m, ao final de cada ciclo produtivo; 5) por fim analisar o desempenho econômico da Integração Lavoura-Pecuária (ILP) sob sistema plantio direto (SPD), visando constatar a sustentabilidade e lucratividade de cada sistema, durante os anos agrícolas de 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas de Integração lavoura-pecuária (ILP) sob sistema plantio direto (SPD)

A agricultura e a pecuária no Brasil têm, historicamente, suas atividades produtivas executadas de forma separada. Esta prática, ao longo dos anos, contribuiu para acelerar o processo de degradação, tanto das áreas de pastagens, como das áreas de lavouras (VICTÓRIA FILHO, 2003). Portanto, a rotação ou consorciação entre culturas anuais e pastagens, como no caso da Integração Lavoura-Pecuária (ILP), tem propiciado benefícios para ambas as culturas, resultando no aumento em produtividade.

De acordo com Macedo (2009), os sistemas de ILP, são definidos como sistemas produtivos de grãos, silagem, carne, leite, lã, e outros, realizados na mesma área, em semeadura simultânea, sequencial ou rotacionada, onde se objetiva maximizar a utilização, os ciclos biológicos das plantas, animais, e seus respectivos resíduos, aproveitar efeitos residuais de corretivos e fertilizantes, minimizar e otimizar a utilização de agroquímicos, aumentar a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra, gerar emprego e renda, melhorar as condições sociais no meio rural e diminuir impactos ao ambiente, visando maior sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Tem-se observado cada vez mais, tanto por parte de pesquisadores quanto de produtores rurais, a adoção de sistemas produtivos mais sustentáveis quando comparados aos comumente utilizados. Estes sistemas objetivam principalmente, o aumento na produtividade de grãos, assim como melhores resultados também na atividade agropecuária. Desta maneira, práticas de manejo que seguem esta teoria estão ganhando espaço no atual panorama mundial de produção vegetal e animal. Entretanto, a adequação a essa nova realidade requer novos investimentos em infraestrutura, armazenamento, dentre outros (KLUTHCOUSKI et al., 2005).

As estatísticas sobre áreas utilizadas com sistemas de ILP ainda são precárias, e não se tem a dimensão correta de sua extensão. De acordo com Macedo (2009), aproximadamente 5% das áreas de culturas anuais já praticam em algum grau essa tecnologia. Algumas regiões no País se destacam, dentre as quais, Maracaju-MS, Rio Verde-GO, Campo Mourão-PR e Rondonópolis-MT; enquanto que iniciativas se destacam em Luis Eduardo Magalhães-BA, Uberlândia-MG, Pedro Afonso-TO e Assis-SP.

De acordo com Balbinot Júnior et al. (2009), sistemas de ILP pressupõe a prática de cinco fundamentos básicos: 1) Correção da acidez e fertilidade do solo; 2) Uso do SPD; 3)

Rotação de culturas; 4) Uso de genótipos de animais e vegetais melhorados que apresentem produtividade elevada com parâmetros qualitativos e de rusticidade desejados; e 5) Manejo correto da pastagem, principalmente em termos de adubação e altura do pastejo.

As vantagens apresentadas pela introdução de espécies forrageiras aos sistemas produtivos são diversas. Pode-se destacar que o sistema radicular destas espécies exploram maior volume de solo e reciclam mais eficientemente os nutrientes. Além disso, aumentam a atividade biológica do solo, favorecendo a elevação do teor de matéria orgânica, podendo também reduzir a erosão (SALTON et al., 2002). As forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* são consideradas como excelentes materiais para a cobertura do solo no SPD, além de se destacarem devido à facilidade de implantação, uma vez que são multiplicadas por sementes. A rotação e consorciação de culturas pode ainda favorecer a quebra do ciclo de pragas e doenças, além de diminuir a incidência de plantas daninhas na área de cultivo, o que resulta em maior produção das culturas e redução dos custos.

A necessidade de recuperação de áreas degradadas, redução dos custos de produção e uso intensivo da área durante todo o ano, são realidades em diversas regiões do Mundo e resultados satisfatórios estão sendo obtidos com sistemas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto, envolvendo o cultivo de culturas graníferas e a pecuária, gerando resultados sócio-econômicos e ambientais positivos (TRACY; ZHANG, 2008; RUFINO et al., 2009; PARIZ et al., 2009; HAILESLASSIE et al., 2009; BYRNE et al., 2010; CARVALHO et al., 2010a; WIRSENIUS, et al., 2010; PARIZ et al., 2011a; PARSONS et al., 2011; COSTA et al. 2012a; CRUSCIOL et al., 2012; FINLAYSON et al., 2012; LINDSAY et al., 2012; HOANG, 2013; BORGHI et al., 2013; COSTA et al., 2013). Tais autores também sugerem que este sistema é mais sustentável do que a monocultura dependente da alta utilização de insumos como fertilizantes e defensivos.

Nestes sistemas de produção, desde que bem conduzidos, as culturas graníferas geralmente apresentam bom desempenho no desenvolvimento inicial, exercendo com isto, alta competição sobre as forrageiras, e assim evitando redução significativa na sua capacidade produtiva de grãos. A competição existente entre as espécies pode inviabilizar o cultivo consorciado, porém, o conhecimento do comportamento destas na competição por fatores inerentes ao desenvolvimento de ambas, torna-se de grande importância para o êxito na formação da pastagem e produtividade satisfatória da cultura de grãos (PARIZ et al., 2011b; COSTA et al., 2012a; COSTA et al., 2013). Em trabalho realizado por Leonel et al. (2009) foi comprovada a eficiência do consórcio milho/*Urochloa* na recuperação de pastagens degradadas para produção de ruminantes, atribuído à maior produtividade de massa seca

(PMS) e melhor composição bromatológica do cultivo de duas fileiras de capim Xaraés nas entrelinhas do milho.

Vários estudos têm demonstrado a viabilidade técnica do consórcio de forrageiras com cereais nos sistemas de ILP, havendo destaque para a cultura do milho (BORGHI e CRUSCIOL, 2007; LEONEL et al., 2008; LEONEL et al., 2009; CARVALHO et al., 2011, PARIZ et al. 2011a,b; COSTA et al., 2012a; BORGHI et al., 2013; COSTA et al., 2013). No caso do consórcio de espécies forrageiras com a cultura do sorgo forrageiro, ainda são escassos os trabalhos na literatura que indiquem qual espécie melhor se adapta ao sistema de consórcio e qual o melhor arranjo entre plantas (BENÍCIO et al., 2011; MATEUS et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2013a). Entretanto, a inconsistência dos resultados obtidos em diferentes regiões do país, evidencia a importância de se realizarem pesquisas regionalizadas, buscando melhorar a eficiência destes sistemas produtivos.

2.2 Produção de silagens de milho e sorgo no sistema de ILP sob SPD

Uma das alternativas mais utilizadas pelos pecuaristas para suprir a necessidade de forragens na época seca do ano, tem sido o uso de plantas conservadas na forma de silagem. Assim, para produzir silagem, faz-se necessário a utilização de espécies vegetais com elevada produção de massa seca e alta qualidade bromatológica e nutricional (PIMENTEL et al., 1998; JAREMTCHUK et al., 2005; PAZIANI et al., 2009). Desta forma, o milho e o sorgo são as forrageiras mais utilizadas para a produção de silagem (PIRES et al., 2009), devido à facilidade de cultivo, alta produtividade, colheita mecânica facilitada, bons padrões de fermentação da silagem, além de não haver necessidade de aplicação de aditivos para estimular a fermentação (ZAGO, 1991; SILVA et al., 1999b; ZAGO, 2002; PEREIRA et al., 2004).

O processo de ensilagem é um método de conservação que consiste no armazenamento da forragem em condições de anaerobiose, objetivando assim, o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido láctico à partir de substratos como açúcares solúveis, ácidos orgânicos e compostos nitrogenados solúveis. Durante o processo, ocorre diminuição do pH da massa ensilada e aumento de temperatura e nitrogênio amoniacal (SANTOS et al., 2010). Assim sendo, a ensilagem constitui-se num dos métodos mais importantes de conservação de forragens com a finalidade de suplementar a dieta de animais durante períodos de escassez de alimentos.

A cultura do milho, tradicionalmente, é a mais utilizada para produção de silagem, pois possui composição bromatológica que preenche as exigências para confecção de uma boa silagem e proporciona boa fermentação microbiana (NUSSIO et al., 2001). Além da produção de silagem utilizando somente a cultura do milho, tem-se utilizado também a combinação dessa cultura com forrageiras tropicais, a fim de aumentar a produção de matéria seca por área e proporcionar a formação de pastagem após o processo de ensilagem (LEONEL et al., 2008, LEONEL et al., 2009). Desta forma, o uso de combinações entre alimentos volumosos pode ser uma maneira viável da otimização do consumo, melhorando a ingestão e a utilização de nutrientes. Além disso, a produção de volumosos geralmente onera menos os custos em relação à produção ou mesmo à aquisição de grãos (CAVALCANTE et al., 2002).

No sistema convencional, o solo tem sido arado e gradeado para semeadura do milho. Nestes sistemas, após a colheita para silagem, o solo fica desprotegido, por causa da remoção da parte aérea das plantas, e ainda tem suas características físicas alteradas, em consequência do intenso trânsito de máquinas na colheita e no transporte de milho durante a ensilagem (FREITAS et al., 2005). Entretanto, na consorciação de forrageiras tropicais com o milho para produção de silagem, no SPD, a compactação do solo é menor em razão deste não ter sua estrutura alterada pela aração e gradagem, possuir maior cobertura do solo no momento da ensilagem do milho e, ainda, contar com a ação do sistema radicular do capim, que explora maior volume de solo. Além dessas vantagens, esse consórcio oferece pastagem no período seco do ano (AGNES et al., 2004).

O ponto ideal de colheita de milho para silagem corresponde àquele em que a planta apresenta maior produção de matéria seca digestível por hectare e teor de umidade que propicie a ocorrência de um processo de fermentação satisfatório (PAZIANI et al., 2008). Dentre outros fatores, deve-se destacar que a qualidade da silagem de milho está relacionada com a participação de grãos na massa ensilada. Para a silagem de milho assumir sua função de recurso forrageiro de alto valor nutritivo, esta deve apresentar elevada proporção de grãos (40 a 50% da massa seca total da planta) (NUSSIO et al., 2001), o que ocorre quando a espiga representa em torno de 60 a 65% da massa da planta (RESTLE et al., 2002). Mello et al. (2005) ao avaliarem a contribuição da espiga na porcentagem total da massa ensilada de híbridos com grãos tipo duro verificaram valor de 63%, considerado como ideal para a obtenção de silagem de boa qualidade. Uma alternativa para aumentar o valor nutritivo da silagem de milho é elevar a altura de colheita das plantas, concentrando grãos e reduzindo a participação de colmos e folhas velhas na forragem (NEYLON; KUNG JUNIOR, 2003).

Tendo em vista a intensificação dos sistemas de produção e a importância da produção de silagem com elevado rendimento forrageiro e valor nutritivo, objetivando-se a maximização da produção de nutrientes por unidade de área nos sistemas produtivos, Molina et al. (2003), destacaram que a cultura do sorgo vem crescendo e apresenta grande percentual da área cultivada para produção de silagem no Brasil Central (10 a 12%). Grande parte desse crescimento advém da alta produtividade, do bom valor nutritivo, tornando-se excelente alternativa para a alimentação de ruminantes, além das reconhecidas características de rusticidade e principalmente da tolerância a déficits hídricos ocasionais.

O sorgo tem sido uma opção vantajosa em regiões mais secas onde o milho não produz bem (NEUMANN et al., 2004a; OLIVEIRA et al., 2010; ALBUQUERQUE et al., 2011). É uma das forrageiras mais empregadas na região semiárida do Brasil, por apresentar produção de matéria seca (PMS) mais elevada em comparação ao milho (MOLINA et al., 2003) e silagem de qualidade, com teores de energia satisfatórios para suprir às exigências nutricionais dos animais.

Apesar de possuir valor nutritivo inferior ao milho, o grande potencial do sorgo para ensilagem deve-se também, ao seu elevado teor de carboidratos solúveis, garantindo adequada fermentação no interior do silo (ZAGO, 2002). Na maioria dos casos, o ponto ideal para ensilagem é quando a planta forrageira atinge 28 a 35% de MS (FERREIRA, 2001), fase que coincide com a máxima qualidade nutricional. A elevação da altura de corte das plantas de sorgo também melhoram a qualidade nutricional do alimento, pois aumenta a participação de grãos na massa ensilada. De acordo com Flaresso et al. (2000) e Macedo et al. (2012), a panícula é o componente mais importante para produção de silagem de alta energia.

Sendo assim, a cultura do sorgo tem despertado grande interesse ainda no processo de implantação, renovação ou recuperação de pastagens degradadas, objetivando antecipar o início do pastejo após a semeadura e melhorar o aproveitamento da adubação residual. Neste caso, o cultivo do sorgo é associado a uma gramínea forrageira, quando se utiliza o sorgo na silagem ou nos primeiros pastejos (FERNANDES et al., 2004).

Tem se observado que em sistemas de produção de silagem com altura de corte mais elevada, a permanência dos colmos remanescentes na área contribui não somente para aumentar a reciclagem da matéria orgânica no solo, mas também para retornar grandes quantidades de nutrientes ao solo. Esta ciclagem de nutrientes é benéfica para o estabelecimento de um programa duradouro de exploração de áreas para produção de silagem, levando em consideração a produtividade ao longo dos anos. Outro fator a ser considerado com a elevação da altura de corte da cultura, seria a manutenção de maior quantidade de

palhada sobre a superfície do solo, aumentando assim, a proteção deste à ação erosiva da chuva e reduzindo também os riscos de compactação do solo pela mecanização agrícola e pelo próprio pisoteio animal.

2.3 Estabelecimento de pastagens em sistemas de ILP e adubação nitrogenada

A degradação das pastagens ao longo dos anos, têm sido um dos grandes entraves para o desenvolvimento da atividade agropecuária no país. Sendo assim, esta atividade vem sendo realizada em pastagens mal formadas, afetando a sustentabilidade dos sistemas de produção. Devido aos grandes investimentos necessários para a formação, recuperação e reforma de pastagens, têm-se buscado diversas técnicas visando à diminuição desses investimentos (JAKELAITIS et al., 2005). Desta forma, os sistemas de ILP têm se tornado opção vantajosa, beneficiando duas atividades de importância econômica (produção de grãos e pecuária), proporcionando ganhos mútuos ao produtor, principalmente nas regiões do bioma Cerrado (LANDERS, 2007).

Existe uma estimativa de que, aproximadamente dos 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil, 80% apresentam algum grau de degradação e 60% estão degradadas com perda do vigor, e, portanto, redução da capacidade de produção em quantidade e qualidade de forragem. A degradação ocorre de modo mais intenso em áreas de solos com baixa fertilidade, como no Cerrado brasileiro, onde existe a maior área de pastagem cultivada no país (CEZAR, 2007).

Como alternativa para recuperação das pastagens degradadas, iniciou-se o consórcio de culturas graníferas como o milho (*Zea mays* L.), sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), soja [*Glycine max* (L.) Merr.] e arroz (*Oryza sativa* L.) com capins dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003; CRUSCIOL et al., 2011; MATEUS et al., 2011; PARIZ et al., 2011a, b, c; COSTA et al., 2012a; CRUSCIOL et al., 2012; BORGHI et al., 2013; COSTA et al., 2013), tornando-se assim, excelentes alternativas na produção de grãos e forragem para a pecuária no período seco, além de elevar o aporte de palhada para continuidade do SPD (PARIZ et al., 2011a,b).

O consórcio pode ser implantado simultaneamente à sementeira da cultura anual, ou cerca de 10 a 20 dias após a emergência desta (KLUTHCOUSKI et al., 2000). Portanto, o conhecimento do comportamento das espécies, na competição por fatores de produção, evita que esta inviabilize o cultivo consorciado (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003). Tal técnica permite a antecipação na formação da pastagem para pastejo, silagem, silagem seguida de

pastejo, fenação e, ainda formação de palhada para a continuidade do SPD (KLUTHCOUSKI ; AIDAR, 2003).

O sombreamento inicial proporcionado no consórcio com a cultura produtora de grãos pode fazer com que as forrageiras diminuam sua taxa de acúmulo de massa seca. Entretanto, Kluthcouski et al. (2000) verificaram que a partir da senescência do milho, o desenvolvimento do capim torna-se rápido, podendo atingir 2.000 kg ha⁻¹ de massa seca com a aplicação de N em cobertura, 30 dias após a colheita da cultura anual, além de proporcionar maior produtividade de massa seca aos 57 dias após a colheita, resultando na melhoria da composição bromatológica.

O manejo apropriado da pastagem é um fator de extrema importância para o sucesso de sistemas de ILP. Em relação à adubação, é inegável que a maioria das espécies forrageiras exibe elevada resposta produtiva frente à melhoria da disponibilidade de nutrientes, onde a deficiência de N limita a produtividade de massa seca, principalmente em gramíneas. Além disso, a adubação nitrogenada pode melhorar o desempenho de culturas semeadas em sucessão, devido ao aproveitamento de N residual (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Apesar dos benefícios do efeito residual da adubação da cultura produtora de grãos na ILP, Martha Júnior; Vilela (2007), não ignoraram a importância da adubação nitrogenada da pastagem, visto que a baixa disponibilidade de N proveniente apenas desse residual do consórcio pode limitar o desenvolvimento das plantas forrageiras. Conforme Barducci et al. (2009), em sistemas de ILP, a utilização de fertilizantes nitrogenados após a colheita da cultura produtora de grãos pode incrementar a disponibilidade do elemento ao sistema, proporcionando estabelecimento mais rápido da pastagem e aumento na produtividade de massa seca ao longo dos cortes/pastejos no período de outono/inverno, pois apesar da grande quantidade, a palha proveniente do milho não supre a demanda por N, principalmente pelos processos de imobilização microbiana.

Assim, sistemas tradicionais de pastagem, embora apresentem resposta à adubação de manutenção, apresentam eficiência econômica inferior se comparados aos sistemas de ILP (COSTA; MACEDO, 2001). A adoção da ILP em maior escala diminuiria o desmatamento e a degradação das pastagens, principalmente no Cerrado e na Amazônia, diminuindo inclusive as taxas de emissão de gases do efeito estufa por unidade de alimento produzido (MACEDO, 2009; EUCLIDES et al., 2010).

2.4 Formação de palhada para o SPD e decomposição dos resíduos vegetais

A utilização do SPD é uma tecnologia crescente, sendo que em 2003 na região dos Cerrados brasileiros, já representava 40,8% dos sistemas de cultivo. Acredita-se que esse percentual já tenha ultrapassado os 65% em 2008/2009 (MACEDO, 2009). O grande avanço se deu pelas vantagens comparativas entre o SPD e os sistemas tradicionais, em termos agronômicos, econômicos e ambientais. A adoção do SPD em sua plenitude, nas diversas condições edafoclimáticas, no entanto, é altamente dependente de culturas adequadas para a produção e manutenção de palha sobre o solo, para que o sistema seja eficiente e vantajoso.

Assim, para o sucesso do sistema plantio direto, um dos requisitos indispensáveis é a boa formação da palhada na superfície do solo. A correta escolha da espécie vegetal a ser utilizada é extremamente importante, uma vez que devem ser considerados os fatores climáticos característicos de cada região e tipo de solo (KLIEMANN et al., 2006). Várias culturas têm sido utilizadas e pesquisadas para cobertura de solo, rotação, e pastejo no outono-inverno, e entre as mais promissoras estão o milho, o milheto, o sorgo granífero e o forrageiro, o nabo forrageiro e as gramíneas forrageiras tropicais, consorciadas ou não, sobretudo as dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* (MACEDO, 2009).

No Cerrado, o clima é caracterizado por inverno seco, altas temperaturas no decorrer do ano e estação seca prolongada, o que dificulta a implantação de plantas de cobertura e principalmente a permanência da palhada sobre a superfície do solo, sendo este, um dos maiores entraves na manutenção do SPD (PACHECO et al., 2008). Nessa região, as taxas de decomposição podem situar-se entre cinco até dez vezes superiores às taxas de regiões de clima temperado.

Desta forma, o uso de espécies forrageiras como as do gênero *Urochloa* e *Megathyrsus* para a formação de palha, vêm despertando o interesse de muitos agricultores e pesquisadores (TORRES, 2003; KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003; ANDRIOLI, 2004; PARIZ et al., 2010; PARIZ et al., 2011a; COSTA et al. 2012a). Estas gramíneas são de grande potencial na manutenção da palha sobre o solo devido a sua alta relação C/N e lignina/N total, o que retarda sua decomposição e aumenta a possibilidade de utilização em regiões mais quentes, como o Cerrado brasileiro. Estas espécies se destacam ainda pela adaptação a solos de baixa fertilidade, facilidade de estabelecimento, considerável produção de biomassa o que proporciona excelente cobertura vegetal do solo.

Assim, a utilização de espécies com relação lignina/N mais alta, como é o caso de gramíneas, proporciona decomposição mais lenta da palhada depositada sobre a superfície do

solo, e processos como a imobilização, mineralização e lixiviação são alterados. Produtividades médias de 12 t ha⁻¹ são frequentemente obtidas e proporcionam plena cobertura do solo, com boa espessura de palhada, principalmente quando o consórcio é feito com a cultura do milho (CRUSCIOL et al., 2009). De acordo com Kluthcouski; Stone (2003), a palhada de capim-marandu, associada a restos culturais de milho provenientes de cultivo consorciado, podem ultrapassar 17 t ha⁻¹ de massa seca, mantendo-se suficiente para a cobertura do solo por mais de 107 dias, em condições de Cerrado.

Portanto, a ILP aliada ao SPD tem demonstrado maior eficiência em preservar os recursos naturais e explorar racionalmente os solos (KLUTHCOUSKI et al., 2007). O sucesso deve-se ao fato de que a palhada acumulada pelas plantas de cobertura, pastagens e restos culturais de lavouras proporciona um ambiente favorável à recuperação ou manutenção dos atributos químicos e físicos do solo.

A decomposição de resíduos das culturas é uma variável importante na ciclagem de nutrientes em sistema plantio direto e o conhecimento de sua dinâmica é fundamental para a compreensão do processo, uma vez que esta resultará em utilização mais eficiente dos nutrientes reciclados para as culturas e principalmente na redução dos impactos negativos causados ao ambiente. As taxas de decomposição das plantas de cobertura dependem da natureza do material vegetal, do volume, da fertilidade do solo, do manejo da cobertura e das condições climáticas, representadas, principalmente, pela pluviosidade e temperatura (KLIEMANN et al., 2006).

A permanência da palhada na superfície do solo também é importante para a manutenção e a proteção do sistema solo-planta (KLIEMANN et al., 2006). Esse fato reforça a preocupação de se produzir palhada com decomposição mais lenta, o que significa mantê-la sobre o solo por maior período (TORRES et al., 2005). Em diversos estudos, a quantidade de nutrientes acumulados em plantas de cobertura depende da espécie, da fertilidade do solo, do estágio fenológico na dessecação, da quantidade depositada, da relação C/N e lignina/N total, da época de semeadura, além das condições climáticas de cada estudo (BOER et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2011; PARIZ et al., 2011a).

No entanto, em sistemas de ILP, o adequado manejo da pastagem é fator imperativo (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2007). Apesar dos benefícios do efeito residual da adubação da cultura produtora de grãos, principalmente de fósforo (P) e potássio (K), o nitrogênio (N) se apresenta em grande parte imobilizado na palhada nos primeiros 5-10 anos de SPD (ANGHINONI, 2007), podendo se tornar limitante para o desenvolvimento do capim. O

cultivo sucessivo de gramíneas também pode levar a uma supressão de N ao longo do tempo, proporcionando imobilização por parte dos microrganismos (KLIEMANN et al., 2006).

Assim, a quantidade de N necessária para suprir a demanda pelas culturas variam em função do ambiente de cultivo e do sistema de rotação, e são maiores quando a rotação é realizada somente com gramíneas (ROSOLEM et al., 2004). Da mesma forma, o consórcio de gramíneas produtoras de grãos com capins no SPD, pode aumentar a exigência de N para o adequado crescimento das culturas (MATEUS et al., 2011). Portanto, a adubação nitrogenada do capim do outono à primavera pode ser uma alternativa para elevar a produtividade de forragem (PARIZ et al., 2011c,d) e grãos das plantas cultivadas em sucessão.

2.5 Produção da cultura da soja na ILP sob SPD

Em condições tropicais, uma das maiores preocupações no SPD tem sido a manutenção de palhada sobre o solo aliada à ciclagem de nutrientes. Assim, inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos na busca por espécies forrageiras com esta dupla aptidão, principalmente em condições do Cerrado brasileiro (PARIZ et al., 2011a). Segundo Silveira et al. (2005a), a palhada de gramíneas é fornecedora de nutrientes às culturas sucessoras no médio e longo prazos, especialmente na camada superficial do solo, com aumentos significativos dos teores de P e K nestas camadas no SPD.

Em condições de Cerrado, Kluthcouski; Aidar (2003) consideraram que as principais vantagens da palhada de braquiária para o SPD foram a maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em maior conservação de água e menor variação na temperatura do solo; maior longevidade na cobertura do solo em razão da lenta decomposição de seus resíduos; controle/minimização das doenças, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos; e maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir ou até mesmo tornar desnecessário o uso de herbicidas pós-emergentes. Assim, o cultivo da soja sobre a palhada de espécies forrageiras, pode melhorar o desempenho da cultura durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta, podendo até mesmo aumentar sua produtividade.

De acordo com Lana et al. (2007), a cultura da soja é a mais importante oleaginosa em produção sob cultivo extensivo no Brasil, e a região dos Cerrados assume importância estratégica para o seu desenvolvimento. Segundo Lopes (2004) e Coronel (2008), o elevado teor protéico dos grãos, faz com que a cultura se torne uma importante fonte de alimento para

humanos e animais, levando ao aumento do consumo e da exportação deste produto in natura e de seus derivados.

Ainda nesses sistemas produtivos, com rotação e sucessão de culturas no SPD, a cultura da soja tem garantido posição de destaque, com produtividade média de grãos em torno de 3.000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012). A grande expansão da cultura, principalmente na região de cerrado, foi possível, em parte, devido à sua capacidade de associação com bactéria fixadoras de nitrogênio, principalmente as do gênero *Bradyrhizobium* e de fixação do nitrogênio atmosférico para a sua nutrição, o que substitui a adubação nitrogenada e reduz os custos de produção (MENDES et al., 2008).

2.6 Alterações nos atributos químicos e físicos do solo e acúmulo de carbono em sistemas de ILP sob SPD

O uso intensivo de áreas da região de Cerrado para a produção agropecuária, aliado ao manejo inadequado do solo, tem causado a degradação destes, com conseqüente diminuição em produtividade das culturas. Assim, há a necessidade da utilização de sistemas com bases conservacionistas, como é o caso do sistema plantio direto (SPD), com a rotação de culturas e mais recentemente, a integração lavoura-pecuária (ILP). De maneira geral, os solos característicos destas regiões, são naturalmente ácidos, possuem baixa fertilidade, baixa reserva mineral e possuem matéria orgânica de baixa atividade. Em contrapartida, a maioria destes solos são profundos e possuem elevada estabilidade de agregados. Sendo assim, a capacidade produtiva desses solos é reduzida, porém o seu potencial é elevado, desde que sejam corrigidas as limitações nutricionais e adotados os manejos adequados que visem além de aumento na produtividade das culturas, melhorias também na qualidade do solo.

Os sistemas conservacionistas podem melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, em razão da maior produção de palhada no consórcio, o que beneficia a cobertura do solo, proporciona maior aporte de matéria orgânica que contribui para a ciclagem de nutrientes, melhora a infiltração e armazenagem de água, a exploração do perfil do solo pelas raízes, a diminuição do processo erosivo, o efeito residual das adubações nas culturas e a intensificação da utilização da área agrícola (FONTANELI et al., 2000; SANTOS et al., 2011; SPERA et al., 2010a; CHIODEROLI et al., 2012; MENDONÇA et al., 2012).

O sucesso desses sistemas produtivos nestas regiões devem-se ao fato de que a palhada, acumulada pelas plantas de cobertura ou das pastagens e restos culturais de lavouras comerciais, proporcionam um ambiente favorável à recuperação ou manutenção dos atributos

do solo (FLORES et al., 2007; SANTOS et al., 2008a; CHIODEROLI et al., 2012; MENDONÇA et al., 2012). Desta maneira, a formação de palhada é essencial para a proteção, estruturação e redução da erosão, por meio de sistemas radiculares capazes de permitir a manutenção do solo em densidades adequadas ao desenvolvimento radicular das culturas (BORTOLINI, 2005).

Em revisão realizada por Carvalho et al. (2010b), é enfatizada a importância do uso e manejo inadequado do solo, uma vez que além de contribuir para a emissão de gases do efeito estufa, prejudicando o ambiente, ainda trazem problemas relacionados à sua sustentabilidade devido à degradação da matéria orgânica do solo, o que atinge negativamente os seus atributos físicos e químicos, bem como sua biodiversidade. Por outro lado, práticas adequadas de manejo, que visam à manutenção ou mesmo o acúmulo de C no sistema solo-planta, podem atenuar os efeitos do aquecimento global.

De acordo com Kerr (2005), o aumento destes gases na atmosfera tem causado discussões na comunidade científica, devido à elevação da temperatura da biosfera terrestre. Desta forma, os resíduos de matéria seca das plantas, além de proporcionar um incremento no estoque de carbono (EC) do solo, permitem ainda recuperar os teores de matéria orgânica do solo a valores próximos ao original (FREITAS et al., 2000; WENDLING et al., 2005). Além disso, os resíduos vegetais são indispensáveis para os sistemas produtivos, tendo em vista os inúmeros benefícios ao sistema solo-planta, sendo essenciais na agricultura de baixo carbono.

2.7 Desempenho econômico de sistemas de ILP

Devido aos grandes investimentos necessários para a formação, recuperação, reforma, adubação e irrigação de pastagens, têm-se buscado técnicas visando a diminuição desses custos, sendo que a ILP sob SPD em diversas regiões do mundo tem se tornado opção vantajosa, beneficiando a produção de grãos e a pecuária, além de proporcionar resultados sócio-econômicos e ambientais positivos (KLUTHCOUSKI et al., 2000; LANDERS, 2007; TRACY; ZHANG, 2008, COSTA et al., 2012b; GARCIA et al., 2012), uma vez que buscam além da produção de grãos também melhorar a taxa de lotação animal (UA ha⁻¹) e o desempenho animal (@/animal/ano).

No tocante às culturas, há resultados de pesquisa que comprovam que, quando o sistema de ILP é desenvolvido seguindo seus fundamentos básicos, a produção é igual ou superior a sistemas constituídos somente com o cultivo exclusivo (NICOLOSO et al., 2006). Portanto, torna-se de fundamental importância, em sistemas complexos como a ILP, o conhecimento

dos custos de produção, para auxiliar na tomada de decisão, quanto às formas de manejo que, além de promoverem aumento na produtividade, resultem em redução de custos e minimizem riscos ambientais. Assim, em função dos resultados obtidos, o consórcio de culturas anuais com forrageiras é uma promissora opção econômica de produção de grãos (TRECENZI; OLIVEIRA; HASS, 2008; PARIZ et al., 2009; COSTA et al., 2012b) e forragem na entressafra (PARIZ et al., 2010).

Conforme Martha Júnior; Vilela (2007), a ILP é uma alternativa para viabilizar a correção da fertilidade do solo em pastagens e minimizar o risco de oscilações nos preços dos fertilizantes nos empreendimentos pastoris, visto que o preço relativo insumo-produto na produção de grãos, tem sido mais estável do que na pecuária. Portanto, o risco associado ao uso de fertilizantes em pastagens na ILP é reduzido, em resposta a um ambiente menos dependente do uso de fertilizantes, sendo que com exceção do nitrogênio (N), geralmente o efeito residual das adubações na cultura de grãos, dispensa em curto e médio prazos (um a dois anos e meio) a adubação com fósforo e bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), dependendo da exportação desses nutrientes.

A adubação nitrogenada da pastagem na ILP pode incrementar a produção animal e a produtividade de grãos da cultura subsequente (MARTHA JÚNIOR; VILELA; BARCELLOS, 2006), proporcionando vantagens econômicas em relação a sistemas de produção não-integrados, que apresentam somente produção vegetal ou animal de forma isolada (FONTANELI et al., 2000; ENTZ et al., 2002; MORAES et al., 2004; RUSSELLE; ENTZ; FRANZLUEBBERS, 2007; SULC; TRACY, 2007). Esse sistema também permite a diversificação de renda, resultante da produção vegetal e animal na mesma área (FONTANELI et al., 2000) e redução de riscos de insucesso econômico, já que há maior diversificação de atividades econômicas (AMBROSI et al., 2001). Isso ocorre devido ao uso contínuo das áreas agrícolas (ASSMANN et al., 2003; MORAES et al., 2004) e à redução de custos de produção ocasionados pelas vantagens biológicas. Enfatiza-se que o aumento da renda por área é uma das principais necessidades da agricultura de base familiar.

Resultados de Cobucci et al. (2007); Trecenzi; Oliveira; Hass (2008); Pariz et al. (2009); Costa et al. (2012b) e Crusciol et al. (2012) demonstram que dentre as opções de ILP, o consórcio de culturas anuais com forrageiras têm se apresentado como promissoras opções econômicas/ambientais de produção agrícola. Conforme Ceccon (2007), o retorno econômico do milho safrinha, consorciado com os capins Tanzânia, Marandu e Ruziziensis, foi maior, quando comparado ao milho safrinha sem consorciação.

Assim, a aplicação em larga escala de fertilizantes, muitas vezes exigida pelos sistemas agrícolas intensivos, vem-se tornando impraticável por motivos econômicos e ambientais. Assmann et al. (2003), relataram que são necessários estudos de modelos agrícolas menos dependentes do uso de insumos, reduzindo o custo de produção, de forma a tornar-se mais eficientes. Nesse intento, o cultivo consorciado de espécies forrageiras com culturas anuais torna-se vantajoso, uma vez que a forrageira se beneficiará do residual de fertilizantes aplicados na cultura produtora de grãos, e por conseguinte, aumentar a produção e a qualidade de forragem em uma estação de baixa oferta de pastagem.

Portanto, torna-se de fundamental importância nos sistemas produtivos agrícolas, o conhecimento dos custos de produção, para auxiliar na tomada de decisão, quanto a formas de manejo que, além de promoverem aumento na produtividade, resultem em redução de custos e minimizem riscos ambientais. Desta maneira, pode-se atingir maior rentabilidade na atividade agrícola e maior sustentabilidade nos sistemas produtivos. De acordo com Muniz et al. (2007); Macedo (2009); Costa et al. (2012b) e Garcia et al. (2012), a ILP é uma atividade economicamente lucrativa, sendo uma opção viável para investidores do agronegócio na região dos Cerrados.

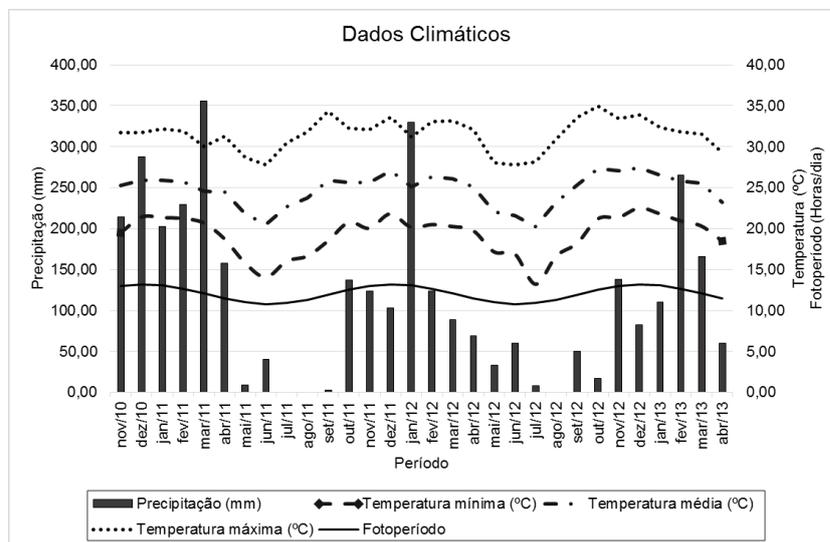
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido em área irrigada por aspersão (pivô central), na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul ($20^{\circ}18'S$ e $51^{\circ}22'W$, altitude de 370 m).

O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Durante a condução do experimento foram coletados mensalmente, junto à estação meteorológica situada na FEPE, os dados diários referentes às temperaturas máxima, média e mínima, fotoperíodo e precipitação pluvial, conforme pode ser observado na Figura 1. Os dados climáticos estão de acordo com a média histórica da região, com precipitação média anual de 1370 mm, temperatura média de $23,5^{\circ}C$ e umidade relativa do ar (UR%) entre 70-80%.

Figura 1. Dados climáticos durante a condução do experimento. Período de Novembro/2010 à Abril/2013.



Fonte: Estação meteorológica - Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP. Selvíria, Mato Grosso do Sul.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006), o solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso, que estava sendo cultivado com culturas anuais e semi-perenes (milho, soja, sorgo forrageiro, guandu anão, *Urochloa brizantha* cv. Marandu, feijão, arroz e milho) em SPD a 8 anos (fase inicial/transição), sendo a cultura anterior milho. Portanto, com o objetivo de caracterizá-lo

antes da semeadura dos sistemas de produção (setembro de 2010), foi efetuado um levantamento da fertilidade do solo segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), na profundidade de 0 a 0,20 m. Para tanto, foram coletados vinte perfis de tradagem para a coleta do solo com estrutura deformada, realizados com o auxílio de um trado de rosca, cujos resultados constam da Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização inicial dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2011.

Prof. (m)	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	S-SO ₄ mg dm ⁻³	V %	m
0-0,20	33	25	5,1	4,1	28	16	29	0	48,1	77,1	10	62	0

A análise granulométrica do solo da área experimental na camada de 0 - 0,20 m, demonstrou valores de 482, 140 e 378 g kg⁻¹ das frações argila, silte e areia, respectivamente. Foram determinados ainda, os valores médios dos atributos físicos do solo pela avaliação inicial de sua densidade, macro, micro e porosidade total (Tabela 2). Para a avaliação física do solo foram tomados, de forma aleatória na área, vinte perfis de resistência mecânica à penetração (RMP) com o penetrômetro de impacto (STOLF, 1991), efetuando-se o controle da leitura da resistência pela coleta da respectiva umidade gravimétrica do solo. Nestes mesmos pontos foram avaliados, a densidade e as porosidades do solo pelo método do anel volumétrico e da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997), nas profundidades de 0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, respectivamente.

Tabela 2. Caracterização inicial dos atributos físicos do solo. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2011.

Prof. (m)	MA [#]	MI m ³ m ⁻³	PT	Ds g cm ⁻³	RMP MPa	UG %
0 - 0,10	0,071	0,354	0,435	1,55	3,850	20,02
0,10 - 0,20	0,093	0,361	0,454	1,50	2,953	21,68
0,20 - 0,40	-	-	-	-	2,541	22,79

#MA: macroporosidade, MI: microporosidade, PT: porosidade total, DS: densidade do solo, RMP: resistência mecânica à penetração e UG: umidade gravimétrica do solo.

3.2 Experimento I – Produção de silagem de milho e sorgo no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto

3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos para o experimento com silagem de milho

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 3×2 e consistiram de três modalidades de cultivo da cultura do milho para silagem [cultivado solteiro; em consórcio com o capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) e em consórcio com o capim-tanzânia (*Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia) na entrelinha de semeadura, em semeadura simultânea] e dois anos de cultivo, sendo ano 1 (2010/2011) e ano 2 (2011/2012).

Cada parcela experimental continha 72 m² (3,6 m de largura x 20 m de comprimento). No segundo ano, as parcelas foram alocadas no mesmo local do primeiro ano.

3.2.2 Preparo da área experimental e manejo das culturas

Antes da instalação do experimento (22/11/2010), foi realizada a dessecação das plantas presentes na área experimental, visando à formação de palhada para continuidade do SPD, utilizando-se o herbicida Glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)), com volume de pulverização de 200 L ha⁻¹ e posterior manejo mecânico utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton) em 26/11/2010.

A cultura do milho (híbrido triplo BG 7049) destinado à produção de silagem de planta inteira foi semeada mecanicamente em 02/12/2010. Para o segundo ano agrícola (2011/2012), utilizou-se o híbrido simples AG 8088 YG, efetuando-se a semeadura em 10/11/2011. Em ambos os anos agrícolas utilizou-se uma semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, depositando as sementes a uma profundidade de 0,05 m, espaçamento de 0,90 m e cerca de 5,4 sementes m⁻¹, objetivando-se atingir um estande final próximo a 60.000 plantas ha⁻¹.

Em ambos os anos agrícolas, a semeadura das espécies forrageiras foi realizada simultaneamente à semeadura da cultura do milho, sendo efetuada com outra semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD, onde foram semeadas nas entrelinhas da cultura produtora de grãos. As sementes foram depositadas na profundidade de aproximadamente 0,08 m, no espaçamento de 0,34 m, utilizando-se cerca de 7 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis com VC=76 e 72% para a *Urochloa brizantha* cv. Xaraés

e para o *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia, respectivamente, com densidade de semeadura de 532 pontos de valor cultural (VC) por hectare. Desta forma, as sementes dos capins se localizaram em maior profundidade em relação ao milho, seguindo as recomendações de Kluthcouski et al. (2000), com o objetivo de retardar a emergência dos capins em relação à cultura produtora de grãos e diminuir a provável competição entre as espécies no período inicial de desenvolvimento das culturas em consórcio.

Em função da semeadura da cultura do milho, nos dois anos agrícolas respectivamente, realizou-se a adubação mineral de semeadura no sulco da cultura produtora de grãos, com aplicação de 250 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 (20 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente). Como tratamento de sementes na cultura do milho, foi feita a aplicação de 150 g L⁻¹ i. a. imidacloprido + 450 g L⁻¹ i.a. tiodicarbe momentos antes da semeadura. Para o controle de pragas, em ambas as culturas no primeiro ano agrícola (2010/2011), aplicou-se 129 g ha⁻¹ i.a. metomil + 24 g ha⁻¹ i.a. triflumurom em 30/12/2010 e 06/01/2011, assim como em 14/12/2011 no segundo ano agrícola (2011/2012). Para tanto, utilizou-se um pulverizador tratorizado de barras, com 12 m de comprimento, com bicos tipo leque, espaçados em 0,50 m, e volume de pulverização de 200 L ha⁻¹.

A emergência das plântulas de milho ocorreu cinco e seis dias após a semeadura, no primeiro e segundo ano, respectivamente. A emergência das plântulas de capim ocorreu 10 e 12 dias após a semeadura, no primeiro e segundo ano, respectivamente.

Em 05/01/2011 e 12/12/2011, efetuou-se a adubação de cobertura na cultura do milho em ambos os anos agrícolas, quando as plantas apresentavam aproximadamente 6 folhas completamente desenvolvidas (V6). Aplicou-se 90 kg ha⁻¹ de N (200 kg ha⁻¹ de ureia) próximo às linhas do milho, posteriormente irrigando-se a área experimental com uma lâmina d'água de 15 mm minimizando perdas de N por volatilização.

Entre os dias 18 e 19/03/2011 e 23 e 24/02/2012, quando a cultura do milho apresentava em torno de 30-35% de matéria seca (MS) (grãos farináceos ou farináceos - duros), efetuou-se a colheita mecânica da massa para ensilagem com colhedora de forragem. Em ambos os anos, utilizou-se colhedora de forragem modelo JF-90, sendo o material picado em partículas médias de 2,5 cm, utilizando-se plataforma de uma linha (espaçamento de 0,90 m) para colheita da massa vegetal a ser ensilada. A altura de colheita das espécies para ensilagem foi de aproximadamente 0,30 m em relação à superfície do solo.

Nos dois anos agrícolas, o material colhido foi armazenado e adequadamente compactado por prensagem (prensa hidráulica adaptada) em baldes plásticos com capacidade para 15 kg de matéria verde, utilizando-se densidade de 600 kg m⁻³ de massa verde. Os silos

laboratoriais foram adaptados com flanges de silicone nas tampas para permitir o escoamento de gases (válvulas de Bunsen) e areia no fundo para a recuperação do efluente. Após o enchimento, os baldes foram hermeticamente lacrados com fitas adesivas para evitar a troca de ar com o meio, sendo que os silos foram abertos com 60 dias de vedação.

3.2.3 Amostragens e análises

Os ciclos da cultura do milho para confecção de silagem de planta inteira foram de 102 e 100 dias após a emergência (DAE), no primeiro e no segundo ano, respectivamente.

Antes da colheita para confecção da silagem de planta inteira, determinou-se o estande final de plantas (EFP) e número de espigas por hectare (NE), contando-se todas as plantas contidas na área útil da parcela, transformando os resultados em hectare. Utilizou-se como área útil das parcelas experimentais para determinação dos atributos, as duas linhas centrais com 10 metros de comprimento (9 m²). Avaliou-se ainda a altura de plantas (ALTP) e a altura de inserção da espiga principal (AIEP) com régua graduada, assim como o diâmetro basal de colmos (DBC) com paquímetro, em 10 plantas aleatoriamente.

Após estas avaliações, as plantas de milho e os capins foram cortados manualmente, a uma altura de aproximadamente 0,30 m em relação à superfície do solo, em quantidade correspondente a 1 m² nas parcelas experimentais. As plantas de milho e os capins foram pesados para determinação da produtividade de massa verde total (PMVt) de forragem extrapolada para kg ha⁻¹ e colocou-se uma amostra representativa em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72h para determinação da produtividade de massa seca total (PMSt) de forragem, também extrapolada para kg ha⁻¹.

Em ambos os tratamentos (cultivo exclusivo ou consórcios), as espécies foram separadas, para determinação da produtividade de massa seca/espécie. Na cultura do milho, as frações folhas e colmos + bainhas + pendão foram separadas, com o auxílio de uma tesoura de poda, além da separação manual da espiga, para determinação das frações de grãos, brácteas e sabugo. Posteriormente as amostras de cada fração foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas para determinação da contribuição de cada fração na composição final da massa vegetal a ser ensilada.

Adotando a mesma metodologia para avaliação das plantas, os colmos de milho remanescentes na área (1 m²) foram coletados para determinação da quantidade de massa seca (PMS) e posteriormente, as mostras foram moídas para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Posteriormente, os

teores nutricionais nos colmos foram multiplicados pela PMS para obtenção das quantidades de nutrientes em kg ha⁻¹.

Foram realizadas medidas de perdas da silagem produzida. Estas medidas são de grande importância nas avaliações da qualidade de fermentação (padrão de fermentação) da forragem ensilada. As avaliações realizadas foram relacionadas às perdas totais de matéria seca (remanescente de matéria seca – RMS), perdas por gases (PG) e perdas por efluentes (PE). Essas medidas foram obtidas pela pesagem dos silos laboratoriais vazios e cheios, antes e após a ensilagem, e dos respectivos valores de matéria seca (JOBIN et al., 2007).

No momento da ensilagem do material, foram coletadas quatro amostras por tratamento a fim da determinação da porcentagem de massa seca total (MS), e outras quatro amostras foram congeladas em sacos plásticos para posterior análise laboratorial. Determinaram-se os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), cinzas (CZ), carboidratos solúveis (CHOs) e poder tampão (PT), conforme metodologias descritas por Silva; Queiroz (2002), Campos et al. (2004) e Playne; McDonald (1966). Para tanto, as amostras foram secas em estufa a 65° por 72 horas (massa constante). Calculou-se ainda a capacidade fermentativa (CF) do material a ser ensilado, de acordo com a equação proposta por Kaiser et al. (2002), $CF = MS + 8 \times (CHOs/PT)$; em que a MS é expressa em %, os carboidratos solúveis (CHOs) em % da MS e o poder tampão (PT), em emg de HCl/100 g de MS.

No momento da abertura dos silos, em 27/05/2011 e 12/05/2012, para os dois anos agrícolas, respectivamente, foram retiradas quatro amostras para determinação do teor de matéria seca (MS), e outras quatro amostras foram congeladas em sacos plásticos para posterior análise laboratorial. Os teores de MS, proteína bruta (PB), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidratos solúveis (CHOs), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e neutro (NIDN), carboidratos totais (CHOt) e digestibilidade in vitro da MS (D) foram determinados conforme metodologias descritas por Silva; Queiroz (2002) e Campos et al. (2004). O nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT) e o pH em potenciômetro digital foram determinados no suco das silagens obtidos por prensagem (AOAC, 1995). A estimativa dos teores de NDT foi realizada segundo metodologia contida no NRC (2001).

3.2.4 Análise estatística

Os blocos foram considerados como efeitos aleatórios. A modalidade de cultivo para colheita do milho para ensilagem e o ano foram considerados como efeitos fixos. Os resultados foram submetidos à ANAVA pelo teste F e quando significativos ($p \leq 0,05$), as médias comparadas pelo teste LSD ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 1999).

3.2.5 Delineamento experimental e tratamentos para o experimento com silagem de sorgo

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 3×2 e consistiram de três modalidades de cultivo da cultura do sorgo para silagem [(cultivado solteiro; em consórcio com o capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) e em consórcio com o capim-tanzânia (*Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia) na entrelinha de semeadura)] e dois anos de cultivo, sendo ano 1 (2010/2011) e ano 2 (2011/2012).

Cada parcela experimental continha 72 m² (3,6 m de largura x 20 m de comprimento). No segundo ano, as parcelas foram alocadas no mesmo local do primeiro ano.

3.2.6 Preparo da área experimental e manejo das culturas

Foram adotados os mesmos procedimentos descritos anteriormente para a cultura do milho para as operações de dessecação, preparo inicial da área, semeadura da cultura do sorgo e das espécies forrageiras em consórcio, adubação mineral de semeadura e cobertura. O sorgo forrageiro cv. Volumax (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) foi semeado também em 02/12/2010 e 10/11/2011, em espaçamento de 0,45 m com aproximadamente 9 sementes m⁻¹ objetivando-se atingir um estande final próximo a 200.000 plantas ha⁻¹.

A emergência das plântulas de sorgo ocorreu seis dias após a semeadura, no primeiro e segundo ano, respectivamente. A emergência das plântulas de capim ocorreu 10 e 11 dias após a semeadura, no primeiro e segundo ano, respectivamente.

Entre os dias 24 e 25/03/2011 e 11 e 12/03/2012, quando a cultura do sorgo se encontrava com aproximadamente 70% de MS nos grãos (maturidade fisiológica), efetuou-se a colheita mecânica da massa para ensilagem com colhedora de forragem, adotando-se os

mesmos procedimentos descritos anteriormente para a cultura do milho. A abertura dos silos com a silagem de sorgo, se deu também com 60 dias de vedação, assim como o efetuado para a silagem de milho, ou seja, nos dias 27/05/2011 e 12/05/2012, para os dois anos agrícolas, respectivamente.

3.2.7 Amostragens e análises

Os ciclos da cultura do sorgo para confecção de silagem de planta inteira foram de 107 e 116 dias após a emergência (DAE), no primeiro e no segundo ano, respectivamente.

Antes da colheita para confecção da silagem de planta inteira de sorgo, determinou-se nos dias 23/03/2011 e 10/03/2012 o estande final de plantas (EFP), contando-se as plantas contidas nas 4 linhas centrais com 10 metros de comprimento (13,6 m²), a altura de plantas (ALTP) e o diâmetro basal de colmos (DBC) em 10 plantas na área útil da parcela. As demais avaliações foram idênticas às realizadas na cultura do milho e das espécies forrageiras em consórcio. Na cultura do sorgo realizou-se a separação das frações colmos, folhas e panículas, em que posteriormente as amostras de cada fração foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 h para determinação da quantidade de cada fração, que somadas resultaram na produtividade de massa seca total de forragem (sorgo e capins) a ser ensilada.

Após a colheita do material vegetal para ensilagem, foram coletados na área experimental, os colmos de sorgo remanescentes na área para determinação da massa seca total produzida por hectare, seguindo a mesma metodologia utilizada na cultura do milho.

As análises bromatológicas referentes ao material a ser ensilado e à silagem, respectivamente, foram as mesmas descritas anteriormente para a cultura do milho.

3.2.8 Análise estatística

Os blocos foram considerados como efeitos aleatórios. A modalidade de cultivo para colheita do sorgo forrageiro para ensilagem e o ano foram considerados como efeitos fixos. Os resultados foram submetidos à ANAVA pelo teste F e quando significativos ($p \leq 0,05$), as médias comparadas pelo teste LSD ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 1999).

3.3 Experimento II - Produção e qualidade de espécies forrageiras implantadas em função do consórcio ou em sucessão às culturas do milho e sorgo para ensilagem e adubação nitrogenada na Integração Lavoura-Pecuária

3.3.1 Delineamento experimental e tratamentos

Após a colheita das culturas do milho e do sorgo para confecção das silagens de planta inteira, realizou-se nos dias 15/04/2011 e 12/04/2012, a semeadura das espécies forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrsus maximim* cv. Tanzânia nas parcelas onde as culturas produtoras de grãos estavam sendo cultivadas solteiras, ou seja, sem o consórcio simultâneo com os capins.

Na pastagem formada após a confecção da silagem, tanto em função do consórcio quanto em função da semeadura em sucessão, as parcelas foram subdivididas em duas subparcelas de mesmo tamanho, onde os tratamentos foram constituídos pela adubação com 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹ (155 kg ha⁻¹ de ureia corte⁻¹) e pela ausência de adubação nitrogenada durante o manejo de corte (média de 3 cortes, a cada 45 dias, de junho a setembro de 2011 e 2012, respectivamente).

Portanto, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos com as espécies forrageiras consistiram as parcelas (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrsus maximim* cv. Tanzânia), implantadas por ocasião do consórcio (C) com as culturas do milho e do sorgo forrageiro ou semeadas em sucessão (S), ou seja, após a colheita do material para ensilagem (parcelas onde as culturas produtoras de grãos estavam sendo cultivadas exclusivamente – solteiro). As subparcelas constituíram-se do manejo da adubação nitrogenada (0 e 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹). O experimento foi conduzido por dois anos agrícolas [ano 1 (2010/2011) e ano 2 (2011/2012)]. No segundo ano, as parcelas e subparcelas foram alocadas no mesmo local do primeiro ano. Cada subparcela continha 36 m² (3,6 m de largura por 10 m de comprimento).

3.3.2 Manejo das espécies forrageiras

Após a emergência e estabelecimento da pastagem implantada após a colheita do material para ensilagem, foram realizadas amostragens para determinação da produtividade de massa seca (PMS) adotando-se o seguinte manejo: a cada 45 dias, aproximadamente, à partir do primeiro corte, em cada parcela, foi coletado 1 m² da forragem em três pontos distintos de

cada unidade experimental com o auxílio de um quadrado de metal. As coletas foram realizadas em 20/06/2011, 04/08/2011 e 19/09/2011 para o primeiro ano agrícola e em 15/06/2012, 30/07/2012 e 14/09/2012 para o segundo ano agrícola, respectivamente. Para tanto, os capins foram ceifados manualmente com o auxílio de um ferro de corte, a uma altura aproximada de 0,30 m em relação à superfície do solo, que foi adotada como a altura de manejo da pastagem.

No restante da área, foi realizada roçagem mecânica nesta mesma altura, com o auxílio de triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton). Esse manejo teve por objetivo estimular o perfilhamento e padronizar a idade fenológica dos capins, simulando um corte de homogeneização com remoção do material da área (ancinho enleirador). Posteriormente a cada corte, foi realizada a adubação nitrogenada (fonte - ureia), aplicando-se de forma manual à lanço $70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ de N nas parcelas com os tratamentos adubados (exceto no 3º e último corte de cada ano), totalizando portanto, $140 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N. Após o manejo de adubação, irrigou-se seguidamente a área experimental com uma lâmina d'água de 15 mm a fim de se evitar perdas de N por volatilização.

Após o último corte dos capins e retirada do material da área, realizou-se em 19/10/2011 e 14/10/2012 nova avaliação da PMS dos capins adotando-se os mesmos procedimentos descritos anteriormente para avaliação dos últimos cortes realizados no período de inverno/primavera, entretanto, realizando-se o corte tendo-se como referência 0,05 m em relação à superfície do solo. Posteriormente a este manejo, a pastagem foi dessecada no mesmo dia com o herbicida Glyphosate ($1,44 \text{ kg ha}^{-1}$ do ingrediente ativo (i.a.)) e manejadas com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton) em 25/10/11 e em 19/10/2012, em que o material vegetal permaneceu sobre a superfície do solo, a fim de servir como palhada para a manutenção e continuidade do SPD na área experimental, para posterior semeadura da cultura da soja.

3.3.3 Amostragens e análises

Em cada uma das amostragens, durante os três cortes das espécies forrageiras no período de inverno/primavera em ambos os anos avaliados, o material foi pesado e as amostras colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante para determinação da produtividade de massa seca (PMS) de acordo com cada tratamento, em que esta foi extrapolada em kg ha^{-1} . As amostras foram moídas em moinho tipo “Willey” com peneira de malha de 1,0 mm e posteriormente realizada a determinação dos componentes

bromatológicos. Determinaram-se os teores de PB, FDN, FDA, CEL, HEM e LIG, conforme metodologia descrita por Silva; Queiroz (2002). A estimativa dos teores de NDT foi realizada de acordo com a equação $[NDT = 83,79 - (0,4171 \times FDN)]$ sugerida por Cappelle et al. (2001). Para a obtenção da digestibilidade da matéria seca (DMS), utilizou-se a equação $[DMS = 88,9 - (0,779 \times FDA)]$ proposta por Linn; Kuehn (1997).

Nas amostras obtidas após o último corte das espécies forrageiras, ou seja, em 19/10/2011 e 14/10/2012 com o objetivo de fornecer palhada para manutenção e continuidade do SPD, determinaram-se os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e lignina conforme metodologia descrita por Silva; Queiroz (2002), para cálculo da relação lignina/N total. Também nestas amostras, foram determinados os teores de Carbono (TEDESCO et al., 1995) para cálculo da relação C/N, que é indicativo de durabilidade da palha produzida. Os teores de macronutrientes foram multiplicados pela produtividade de massa seca (PMS) produzida por cada tratamento, extrapolando-se os resultados para kg ha^{-1} , resultando assim na quantidade de nutrientes deixados na superfície do solo após o corte das forrageiras.

3.3.4 Análise estatística

Os blocos foram considerados como efeitos aleatórios, sendo divididos em função da espécie cultivada em antecessão às espécies forrageiras, ou seja, alocados na mesma área em que foram cultivados as culturas do milho e do sorgo para silagem. As espécies forrageiras, a modalidade de semeadura, as doses de nitrogênio em cobertura e os anos foram considerados como efeitos fixos. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativos ($p \leq 0,05$) as médias comparadas pelo teste LSD ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 1999).

3.4 Experimento III – Produção da cultura da soja sob palhada de espécies forrageiras implantadas no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária e adubadas com N

3.4.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial $4 \times 2 \times 2$ e consistiram do cultivo da cultura da soja sobre a palhada de duas espécies forrageiras *Urochloa brizantha* cv.

Xaraés (capim-xaraés) e *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia (capim-tanzânia), semeadas em função do consórcio (C) ou em sucessão (S) às culturas do milho (M) e do sorgo (S) para confecção de silagem de planta inteira e duas doses de N (0 e 70 kg ha⁻¹ N) aplicadas em cobertura nas espécies forrageiras durante o manejo de corte (junho a setembro de 2012). Cada parcela experimental continha 36 m² (3,6 m de largura x 10 m de comprimento).

3.4.2 Manejo da cultura da soja

Após a dessecação das espécies forrageiras em 14/10/2012 com o herbicida Glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)) e posterior manejo com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton) em 19/10/2012, realizou-se a semeadura da cultura da soja no dia 30/10/2012 sob a palhada das espécies forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia implantadas por ocasião do consórcio ou em sucessão ao cultivo das culturas do milho e do sorgo forrageiro para produção de silagem.

A soja cv. BRS Valiosa RR, foi semeada com uma semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para SPD, em espaçamento de 0,45 m e aproximadamente 12 sementes por metro de sulco, visando-se atingir um estande final de plantas próximo a 260.000 plantas ha⁻¹. Momento antes da semeadura da cultura, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* turfoso (600.000 células viáveis semente⁻¹). Como adubação de semeadura, aplicou-se 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl).

A emergência das plântulas de soja ocorreu em sua maioria no dia 06/11/2012. O atraso na emergência verificado em algumas parcelas se deu provavelmente em função da elevada quantidade de palhada presente na área experimental, em virtude da alta produtividade de massa seca (PMS) dos capins cultivados em antecessão.

Durante o desenvolvimento da cultura da soja, verificou-se severo ataque de pragas, principalmente da lagarta *Helicoverpa* (*Helicoverpa armigera*) e percevejos (*Piezodorus guildinii* e *Euschistus heros*). Portanto, durante todo o ciclo da cultura, efetuaram-se diversas aplicações de inseticidas, visando amenizar o ataque destes insetos. Em 28/12/12 aplicou-se 20 g ha⁻¹ i. a. cipermetrina (200 mL ha⁻¹ p. c.), em 14/01/13, 23/01/13 e 28/01/13 aplicou-se 108 g ha⁻¹ i. a. metomil + 20 g ha⁻¹ i. a. cipermetrina + 0,5% de óleo mineral (v/v) e em 29/01/13 aplicou-se 107,5 g ha⁻¹ i. a. metomil, respectivamente. Entretanto, verificou-se que mesmo tomando-se essas medidas, o ataque de pragas foi severo, prejudicando a produtividade de grãos.

A colheita da cultura da soja ocorreu em 12/03/2013 (ciclo de 127 dias após a emergência), com arranquio manual das plantas e trilha em trilhadora estacionária.

3.4.3 Amostragens e análises

Por ocasião do florescimento da cultura da soja (R1), foram realizadas leituras indiretas do teor foliar de clorofila em 19/12/12, utilizando-se clorofilômetro digital (CFL 1030 - Falker), equipamento portátil que permite medições instantâneas na folha através de leituras ICF. As leituras foram realizadas no terceiro trifólio completamente desenvolvido, à partir do ápice da planta, com uma média de 10 leituras por folíolo, em 20 plantas/parcela. Estes mesmos trifólios foram coletadas para determinação dos teores nutricionais (N, P, K, Ca, Mg e S) conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Para tanto, as folhas foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C até atingir massa constante, e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley para determinação dos teores nutricionais.

No momento da colheita da cultura da soja, determinaram-se os componentes da produção e produtividade de grãos da cultura. Para tanto, foram coletadas todas as plantas contidas nas quatro linhas centrais, com 5 m de comprimento (9 m²), de cada subparcela (área útil), determinando-se o estande final de plantas (EFP), pela contagem de todas as plantas na área útil de cada subparcela, extrapolando os valores para 1 ha. Foram coletadas ainda, dez plantas aleatoriamente por unidade experimental e determinaram-se a altura de plantas (ALTP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), o número de vagens chochas (NVC), o número total de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), o número médio de grãos por vagem (NGV) e a massa de 100 grãos (M100) (13% de base úmida). Determinou-se a produtividade de grãos (PG), colhendo-se todas as plantas da área útil da parcela experimental (9 m²), as quais foram trilhadas mecanicamente e posteriormente à pesagem dos grãos, os valores foram expressos em kg ha⁻¹ (13% de umidade).

3.4.4 Análise estatística

Os blocos foram considerados como efeitos aleatórios. As espécies forrageiras utilizadas como palhada para semeadura da cultura da soja, assim como a modalidade de semeadura das forrageiras em antecessão e as doses de nitrogênio em cobertura foram considerados como efeitos fixos. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo

teste F e quando significativos ($p \leq 0,05$) as médias referentes aos componentes da produção e produtividade da cultura da soja foram comparadas pelo teste LSD ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 1999).

3.5 Experimento IV – Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de espécies forrageiras implantadas em função do consórcio ou sucessão ao cultivo das culturas do milho e do sorgo em função da adubação nitrogenada

3.5.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 4x2x2 e consistiram do cultivo de duas espécies forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés (capim-xaraés) e *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia (capim-tanzânia), implantadas em função do consórcio (C) ou em sucessão (S) às culturas do milho (M) e do sorgo forrageiro (S) para confecção de silagem de planta inteira e duas doses de N (0 e 70 kg ha⁻¹ N corte⁻¹) aplicadas em cobertura nas espécies forrageiras durante o manejo de corte (junho a setembro de 2012, totalizando 140 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N). Cada subparcela experimental continha 36 m² (3,6 m de largura x 10 m de comprimento).

3.5.2 Manejo e implantação dos “Litter bags”

Após o último corte e avaliações referentes à PMS das espécies forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia realizado em 14/09/2012, no segundo ano agrícola, realizou-se nova determinação da PMS em 14/10/2012 (0,05 m em relação à superfície do solo) com o objetivo de avaliar a massa seca residual – MSR (palhada) dos capins, coletando-se as plantas contidas em 1 m², em três pontos distintos de cada unidade experimental.

As plantas forrageiras foram dessecadas em 14/10/2012 com o herbicida Glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)) e manejadas com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton) em 19/10/2012, em que o material vegetal permaneceu sobre a superfície do solo, a fim de servir como palhada para a manutenção e continuidade do SPD na área experimental, para posterior semeadura da cultura da soja.

Após este manejo, acondicionou-se quantidade proporcional de massa fresca de capins coletada em cada unidade experimental, proporcional a um hectare, dentro de seis sacos de nylon (“*Litter Bags*”) de 0,06 m² (0,3 x 0,2 m), sendo esses depositados em contato direto com o solo da respectiva unidade experimental no dia 20/10/12. O capim utilizado para enchimento dos sacos de nylon foi o mesmo manejado pelo triton, simulando assim o tamanho natural dos fragmentos obtidos no manejo de corte.

Neste contexto, o uso do “*Litter Bag*” ao invés do método do quadrado de metal, para avaliação do tempo de decomposição da palha, foi adotado na presente pesquisa devido ao fato da área estar sendo cultivada em SPD há aproximadamente nove anos, onde no momento das avaliações poderia ocorrer contaminação das amostras com palha de cortes anteriores ao objeto de estudo.

3.5.3 Avaliações e Análises

Os “*Litter bags*” foram coletados aos 30; 60; 90; 120; 150 e 180 dias após o manejo (DAM), a fim de avaliar a decomposição da palhada por meio do remanescente de massa seca no interior dos sacos de decomposição (estufa a 65°C até massa constante) extrapolada para kg ha⁻¹. Foi coletada a massa fresca de dentro de cada saquinho em 20/11/12, 20/12/12, 20/01/13, 20/02/13, 21/03/13 e 21/04/13, respectivamente, em que o material foi limpo em peneira e determinada a massa seca (estufa a 65°C até massa constante).

Posteriormente, determinaram-se as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S na palhada dos capins durante cada coleta realizada mensalmente, conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Os teores de macronutrientes foram multiplicados pela massa seca residual (MSR), extrapolando-se os resultados para kg ha⁻¹, resultando na quantidade de nutrientes deixados sobre a superfície do solo durante o período de decomposição da palhada.

3.5.4 Análise estatística

Os blocos foram considerados como efeitos aleatórios. As espécies forrageiras utilizadas como palhada, assim como a modalidade de semeadura das forrageiras em antecessão e as doses de nitrogênio em cobertura foram considerados como efeitos fixos. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativos ($p \leq 0,05$) as médias referentes ao acúmulo de nutrientes foram comparados pelo teste LSD ($p \leq 0,05$). A quantidade remanescente de MS e nutrientes na palhada, em função das épocas de

coleta dos “*Litter bags*”, foi avaliada por análise de regressão polinomial, adotando-se a equação com maior coeficiente de determinação (r^2) ($P < 0,05$), conforme metodologia sugerido por Wider; Lang (1982) na utilização do método do “*Litter bag*”. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 1999).

3.6 Experimento V- Alterações nos atributos químicos e físicos e acúmulo de carbono do solo no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto

3.6.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas no tempo. As parcelas experimentais foram compostas pelos tratamentos com cultivo das culturas do milho e do sorgo para ensilagem, pelas espécies forrageiras cultivadas em sucessão e pela cultura da soja. As subparcelas com dimensões de 3,6 m por 10 m (36 m²) foram compostas pela ausência ou aplicação de N em cobertura nas espécies forrageiras durante o manejo de corte (inverno/primavera). Foram realizadas durante os ciclos produtivos no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária num total de 5 coletas dos atributos químicos e físicos do solo, realizadas ao final de cada ciclo produtivo no sistema de produção.

3.6.2 Amostragens e análises

Foram realizadas durante a condução dos experimentos no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob SPD, coletas dos atributos químicos do solo durante o tempo de condução dos experimentos, sendo efetuada uma caracterização inicial em setembro de 2010, e outras 5 coletas ao final de cada ciclo produtivo, visando caracterizar as alterações na fertilidade do solo na profundidade de 0 a 0,20 m. Para tanto, foram coletados cinco perfis de tradagem em cada subparcela, visando formar uma amostra composta por tratamento. A coleta do solo com estrutura deformada para fins de fertilidade foi realizada com o auxílio de um trado de rosca. As análises dos atributos químicos seguiram as metodologias descritas por van Raij et al. (2001).

Para as análises físicas do solo, foram determinados os atributos densidade, macro, micro e porosidade total, utilizando-se o método do anel volumétrico e da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997). Para tanto, foram coletadas três amostras por unidade experimental nas

camadas de 0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, respectivamente. Determinou-se ainda três perfis de resistência mecânica à penetração (RMP) por unidade experimental com o auxílio do penetrômetro de impacto (STOLF, 1991), efetuando-se o controle da leitura da resistência pela coleta da respectiva umidade gravimétrica do solo (0 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 - 0,40 m de profundidade).

As coletas foram realizadas e divididas em: Época 1 (E1) - 14/04/2011, após a colheita dos experimentos com silagem de milho e de sorgo; Época 2 (E2) - 29/10/2011, após o manejo de cortes e adubação nitrogenada nas espécies forrageiras, no primeiro ano agrícola, respectivamente; Época 3 (E3) – 29/03/2012, após a colheita dos experimentos com silagem de milho e de sorgo; Época 4 (E4) - 22/10/2012, após o manejo de cortes e adubação nitrogenada nas espécies forrageiras e Época 5 (E5) – 03/04/2012, após a colheita da cultura da soja, ambas no segundo ano agrícola, respectivamente.

Vale ressaltar que foram respeitados as subdivisões das parcelas ao longo da condução dos diferentes experimentos, considerando-se os diversos tratamentos durante o período analisado.

Os teores de carbono (C) no solo foram determinados ao final de cada ciclo produtivo durante o experimento na ILP, assim como o realizado para as análises dos atributos químicos e físicos do solo. Os estoques de carbono (EC) foram calculados a partir dos valores de C e dos valores da densidade do solo na camada de 0 – 0,20 m de profundidade (BERNOUX et al., 1998). Utilizou-se a equação: $EC = Ds \cdot h \cdot C$; em que EC é o estoque de carbono do solo ($t\ ha^{-1}$); Ds, a densidade do solo; h, a espessura da camada amostrada; e C, o teor de carbono do solo.

3.6.3 Análise estatística

Os blocos foram considerados como efeitos aleatórios. Os diferentes sistemas produtivos avaliados durante o período, a adubação nitrogenada em cobertura aplicadas nas espécies forrageiras e as épocas de coleta dos atributos químicos e físicos do solo foram considerados como efeitos fixos. Os resultados foram submetidos à ANAVA pelo teste F e quando significativos ($p \leq 0,05$), as médias comparadas pelo teste LSD ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 1999).

3.7 Experimento VI – Desempenho econômico de Sistemas de Integração lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto

3.7.1 Estrutura do custo de produção

A metodologia de cálculo de custo utilizada foi a do custo operacional total (COT) de produção, de acordo com Matsunaga et al. (1976) e Montes et al. (2006), que é constituído da soma das despesas diretas de custeio: operações realizadas, insumos (adubos, sementes, defensivos, etc.), mão-de-obra, maquinário e irrigação, denominada de custo operacional efetivo (COE). Para as despesas indiretas, como depreciações, encargos sociais e financeiros, foram considerados 5% do COE, resultando, portanto, no custo operacional total (COT), em que estes foram extrapolados para um hectare.

Os dados apresentados no presente trabalho foram obtidos em condições experimentais, porém, para facilitar a determinação dos coeficientes econômicos, os valores foram extrapolados para condições reais de campo de acordo com as práticas normalmente realizadas por produtores da região.

Os custos das operações mecanizadas foram obtidos do Agriannual (2011, 2012) e Anualpec (2010, 2012), ajustados aos valores médios de aluguel praticados na região, nos quais já estão incluídos: a mão-de-obra do tratorista, os gastos com combustíveis e lubrificantes, bem como a depreciação de máquinas e equipamentos. Os coeficientes técnicos e os valores unitários utilizados foram obtidos junto aos técnicos e produtores regionais que trabalham com essas culturas e apresentam nível tecnológico semelhante. Para as outras despesas, foram considerados os preços médios pagos na região em estudo, ajustados àqueles vigentes em lavouras comerciais em São Paulo para os anos agrícolas 2010/2011 e 2011/2012. Calcularam-se em planilhas eletrônicas, de acordo com metodologia contida em Santos et al. (2008b), a margem de contribuição (receita bruta com a venda dos grãos menos os custos operacionais) da produção da cultura da soja ao final do período experimental no sistema de ILP sob SPD.

Visto que a pesquisa foi realizada em uma Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão não se consideraram os itens relacionados aos custos fixos da atividade, como remuneração da terra, pró-labore do produtor, além de juros de instalações, benfeitorias, máquinas e equipamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I – Produção de silagem de milho e sorgo no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto.

4.1.1 Silagem de milho

De maneira geral, não houve diferença significativa para a altura de plantas (ALTP), altura de inserção da espiga principal (AIEP), estande final de plantas (EFP) e número de espigas por hectare (NE) entre as modalidades de cultivo da cultura do milho para ensilagem (Tabela 3). Entretanto, verifica-se que para o diâmetro basal de colmos (DBC), o consórcio com o capim-xaraés proporcionou maior competição interespecífica, promovendo os menores valores. A maior competição exercida pelo capim-xaraés, apesar de não diferir das demais modalidades de cultivo, pode ser observada também com relação ao menor EFP e NE em comparação aos outros tratamentos.

Houve diferença entre os atributos avaliados, para os anos de cultivo, somente para ALTP e DBC, sendo que no segundo ano, os valores foram maiores para ALTP e menores para DBC. Provavelmente, o maior DBC no primeiro ano de avaliação deveu-se ao fato do menor EFP neste ano, o que proporcionou melhor desenvolvimento do milho em função da redução da competição por água e nutrientes. Assim, colmos mais grossos são importantes do ponto de vista da capacidade de translocação de nutrientes para as espigas. Além disso, tornam as plantas mais resistentes ao tombamento pela ação do vento e chuvas, trânsito de máquinas e implementos na adubação de cobertura, aplicação de defensivos e colheita de grãos ou ensilagem.

Os resultados obtidos na presente pesquisa para altura de plantas, independentemente da modalidade de cultivo e ano agrícola, estão próximos aos verificados por Paziani et al. (2009), que avaliaram entre 15 a 24 cultivares de milho em quatro regiões do estado de São Paulo e obtiveram valores entre 1,90 a 2,66 m. De acordo com Pinto et al. (2010), os materiais avaliados podem caracterizar-se como de porte médio (2,20 a 2,80 m). Segundo Jaremtchuk et al. (2005), plantas de porte baixo poderiam reduzir as perdas por acamamento, quebramento e o auto-sombreamento das folhas, entretanto, tal fato não foi verificado na presente pesquisa.

Tabela 3. Altura de plantas (ALTP), altura de inserção da espiga principal (AIEP), diâmetro médio basal de colmos (DBC), estande final de plantas (EFP) e número de espigas por hectare (NE) da cultura do milho em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	ALTP (m)	AIEP (m)	DBC (mm)	EFP (plantas ha ⁻¹)	NE (espigas ha ⁻¹)
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>					
Exclusivo	2,49	1,29	21,2a	61.097	62.861
Consórcio com capim-xaraés	2,38	1,25	18,4b	58.389	60.389
Consórcio com capim-tanzânia	2,46	1,28	20,0ab	61.387	62.500
<u>Ano (A)</u>					
1	2,38b	1,26	22,5a	61.250	61.250
2	2,50a	1,28	18,2b	61.917	61.917
<u>ANAVA (P>F)</u>					
Modalidade de cultivo (MC)	0,072	0,703	0,045	0,189	0,457
Ano (A)	0,000	0,539	0,000	0,083	0,111
MC x A	0,141	0,071	0,780	0,230	0,258
Bloco	0,966	0,860	0,360	0,659	0,190
CV (%)	3,83	6,63	10,25	5,79	6,16

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Pode-se ressaltar ainda, devido aos valores para ALTP, o reduzido efeito da competição entre as espécies em consórcio sobre o crescimento do milho. De acordo com Silva et al. (2004), tal fato deve-se ao milho ser considerado um ótimo competidor com plantas de menor porte, como é o caso das braquiárias. A maior altura de plantas pode proporcionar ainda um maior potencial produtivo de matéria verde e matéria seca ensilável por unidade de área. De acordo com Almeida Filho et al. (1999) e Rosa et al. (2004), conduzindo trabalhos avaliando diferentes híbridos de milho para produção de silagem, verificaram correlação positiva entre a altura de plantas com a produção de matéria seca, tornando-se este fator de extrema relevância para a viabilidade da atividade agrícola.

Apesar de não ter sido verificada diferença entre os parâmetros avaliados com relação às modalidades de cultivo, cabe salientar que, de uma maneira geral, os menores valores verificados nos consórcios (Tabela 3), provavelmente devem-se à maior capacidade de competição dos capins quando cultivados simultaneamente à cultura do milho (BORGHI; CRUSCIOL, 2007). Ao longo do período de desenvolvimento dos capins em consórcio com a cultura do milho, estes apresentam folhas mais compridas e alongamento dos perfilhos, em função das plantas crescerem em busca de luz, tendo em vista que no consórcio ocorre a ausência parcial de luminosidade. O estiolamento ocorre pela síntese de auxinas que fazem com que o caule e as folhas cresçam excessivamente para que a planta atinja alturas favoráveis à obtenção de luz.

A altura de inserção da espiga principal (AIEP) nas plantas de milho é uma característica peculiar de cada híbrido e não foi influenciada por nenhuma das modalidades de cultivo avaliadas (Tabela 3). Entretanto, na colheita de grãos, a maior AIEP favorece a colheita mecanizada, reduzindo a porcentagem de espigas não colhidas pela plataforma da colhedora. A maior AIEP em sistemas consorciados na ILP podem ainda reduzir o corte das gemas apicais dos capins, sendo necessário menor tempo de vedação até o primeiro corte da forragem ou pastejo pelos animais na área (BORGHI et al., 2013). Porém, na presente pesquisa, na qual se realizou a colheita para ensilagem, apesar da colheita ter sido realizada a aproximadamente 0,30 m em relação à superfície do solo, retirando portanto, grande parte do material vegetal dos capins em consórcio, não se verificou maiores danos aos capins após a colheita da silagem.

De acordo com Jaremtchuk et al. (2005), o número de espigas por planta é um componente importante na produtividade do milho. Além disso, a maior proporção de espigas no material a ser ensilado contribui para melhorar a qualidade da forragem e, portanto, da silagem, desde que não haja alta proporção de palha e sabugo, que podem reduzir o efeito da espiga na qualidade final do material ensilado.

Verificou-se elevada produtividade de massa seca (PMS) em ambas as modalidades de cultivo da cultura do milho para ensilagem, com maior valor para o tratamento com o cultivo exclusivo de milho (Tabela 4). Considerando-se os anos de cultivo (ano 1 – safra 2010/2011 e ano 2 – safra 2011/2012), verificou-se maiores valores de PMS no segundo ano (Tabela 4).

A maior PMSm de milho no cultivo exclusivo, deve-se provavelmente, à ausência de competição entre as espécies em consórcio durante o desenvolvimento das culturas. Entretanto, deve-se salientar que mesmo obtendo-se menores valores nos consórcios (Tabela 4), a pastagem implantada pode servir como alimento volumoso aos animais após a colheita do material para ensilagem, ou até mesmo servir como palhada para manutenção e continuidade do SPD, trazendo inúmeros benefícios para os sistemas de cultivo.

A produção de matéria seca, de acordo com Paziani et al. (2009), é um dos primeiros parâmetros a se avaliar, antecedendo até mesmo aos parâmetros de qualidade da silagem, uma vez que pode contribuir para diminuição dos custos de implantação da cultura devido ao aumento de produtividade, além de ser um parâmetro extremamente relevante para o dimensionamento de silos. Ainda de acordo com os autores, avaliando de 15 a 24 cultivares de milho em quatro regiões do país, obtiveram produtividades de massa seca entre 14,3 a 25,1 t ha⁻¹. Jaremtchuk et al. (2005) avaliaram vinte genótipos de milho, com produtividade média de 16,2 a 26,5 t ha⁻¹ quando comparada aos dados experimentais de trabalhos de avaliação de

híbridos no Brasil. Segundo Pereira et al. (2011), também avaliando híbridos de milho, obtiveram produtividade média de massa seca de 23,7 t ha⁻¹. Portanto, pode-se considerar, que os valores para PMS obtidos na presente pesquisa são elevados quando comparados aos dados verificados na literatura, mesmo em cultivo consorciado de milho com forrageiras tropicais. Tal fato se deve, provavelmente, ao histórico da área de cultivo (8-9 anos sob SPD) e à utilização de irrigação durante todo o desenvolvimento das culturas.

Tabela 4. Produtividade de massa seca total (PMS) da massa ensilada (milho + forrageiras), produtividade de massa seca das plantas de milho (PMSm) e produtividade de massa seca das espécies forrageiras (PMSf) em consórcio para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	PMS (total)	PMSm	PMSf
	kg ha ⁻¹		
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>			
Exclusivo	36.631	36.631a	-
Consórcio com capim-xaraés	29.900	26.337b	3.663a
Consórcio com capim-tanzânia	32.387	28.675b	3.713a
<u>Ano (A)</u>			
1	26.879b	24.608b	2.271
2	39.067a	36.421a	2.646
<u>ANAVA (P>F)</u>			
Modalidade de cultivo (MC)	0,061	0,003	0,000
Ano (A)	0,000	0,000	0,333
MC x A	0,179	0,165	0,768
Bloco	0,468	0,604	0,575
CV (%)	15,88	17,22	37,31

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Apesar da elevada altura de colheita da silagem efetuada na presente pesquisa (aproximadamente 0,30 m em relação à superfície do solo), a PMS total foi sempre superior a 26,8 t ha⁻¹ (Tabela 4), sendo considerado este um valor satisfatório. Assim, considera-se que a cultura do milho destinada a ensilagem apresentou boa produtividade, mesmo quando em consórcio com os capins, fator este relevante, uma vez que a alta PMS pode diluir os custos necessários para a confecção da silagem. Tais resultados demonstram que é possível o consórcio neste sistema de produção visando a produção de silagem. Entretanto, cabe salientar que a diferença obtida para os valores de PMS entre anos de cultivo, deve-se principalmente à mudança do híbrido de milho no período avaliado, o qual no primeiro ano utilizou-se o híbrido triplo BG 7049, e no segundo ano o híbrido simples AG 8088 YG, com características de elevado potencial produtivo, ciclo precoce e produção de silagem de alta qualidade.

Portanto, a caracterização agrônômica dos materiais genéticos disponíveis no mercado é de fundamental importância para se obter alta produção de silagem com elevado valor nutritivo. Segundo Almeida Filho et al. (1999), a identificação de plantas mais adaptadas às condições em que serão cultivadas contribuirá para maiores produtividades de milho, ressaltando que, além da genética, a produção é influenciada, entre outros fatores, pela qualidade das sementes, época de semeadura, população de plantas, preparo, correção e adubação do solo, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, irrigação, entre outros.

Deve-se ressaltar ainda que, a utilização de híbridos precoces e superprecoces de milho, beneficiam este sistema de produção, por apresentarem alta taxa de acúmulo de massa seca em seus estádios iniciais de desenvolvimento, com grande capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, sendo pouco afetado pela competição com capins dos gêneros *Urochloa* (AMARAL FILHO et al., 2005) e *Megathyrsus*. Além disso, de acordo com Portes et al. (2000), a maioria das espécies forrageiras tropicais apresentam crescimento inicial lento, até aproximadamente 50 dias da emergência. Caso o capim apresente rápida emergência e crescimento inicial vigoroso, é necessário a aplicação de uma sub-dose de herbicida à base de Nicosulfuron para inibir a competição entre as espécies em consórcio e prevenir um possível efeito negativo na produtividade de grãos ou forragem (JAKELAITIS et al., 2004, 2005; GARCIA et al. 2013), prática esta que não foi necessária na presente pesquisa durante os dois anos de cultivo, resultando em menor custo de produção.

Com relação à PMSf dos capins em consórcio, não houve diferença entre as espécies utilizadas e anos de cultivo (Tabela 4). Em trabalho realizado por Leonel et al. (2009), avaliando modalidades de cultivo da *U. brizantha* com a cultura do milho, obtiveram PMS da braquiária, por ocasião da colheita do milho, entre 886 a 2.149 kg ha⁻¹. Portanto, os valores para PMSf das espécies forrageiras em consórcio obtidos na presente pesquisa podem ser considerados elevados, garantindo boa produção de forragem no período de entressafra.

Diversos autores demonstraram a viabilidade do consórcio de milho com cultivares de *Urochloa* e *Megathyrsus* visando a colheita de grãos (KLUTHCOUSKI et al., 2000; JAKELAITIS et al., 2005; BORGHI; CRUSCIOL, 2007; PARIZ et al., 2011b; COSTA et al., 2012a; COSTA et al., 2013; CRUSCIOL et al., 2013; GARCIA et al., 2013). Entretanto, o motivo do aumento de produtividade de grãos de milho no consórcio com capins ainda não está bem definido na literatura. Kluthcouski; Aidar (2003) relataram que similarmente à produção de grãos, o consórcio com capim-marandu não afetou a produtividade de forragem de milho para ensilagem em diferentes localidades do Brasil.

Neste contexto, o consórcio de gramíneas produtoras de grãos com capins dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* em SPD, pode aumentar a exigência de N para o adequado crescimento das culturas (SEVERINO et al., 2006). Entretanto, verificou-se que este não foi um fator limitante ao desenvolvimento das culturas em consórcio na presente pesquisa, em virtude das altas produtividades obtidas em todas as modalidades de cultivo, em ambos os anos agrícolas. Tal fato se deve provavelmente, tendo em vista que a área onde as culturas foram cultivadas, estava sob SPD há 8 anos. Nesta fase, a imobilização de N aproxima-se da mineralização, disponibilizando o nutriente para as culturas (ANGHINONI, 2007), demonstrando assim, a importância da adoção do SPD nos sistemas produtivos, principalmente visando a sustentabilidade do setor agrícola.

Nestes sistemas, a altura de colheita das plantas para confecção de silagem é fator de extrema relevância, uma vez que o aumento na altura de corte pode ser uma excelente alternativa para aumentar-se a qualidade energética da mesma, assim como diminuir os teores de fibras na composição final do material ensilado. Assim, adotando-se alturas de corte mais elevadas, haverá uma redução na relação colmo/espiga, fazendo com que haja uma melhoria nas características nutricionais do alimento. Além disso, o aumento na altura de corte pode favorecer ainda as características físico-químicas do solo, pois haverá maior residual de matéria vegetal na área, o que pode favorecer a ciclagem de nutrientes.

Assim, para produção de silagem de melhor qualidade, é de fundamental importância o conhecimento da composição da planta em termos de colmo, folha, espiga (grão/sabugo) e palha. De maneira geral, os valores médios dos componentes das plantas de milho (colmos+bainha+panícula, folhas, grãos, palha e sabugo), diferiram entre as modalidades de cultivo e foram maiores no cultivo exclusivo, devido principalmente à não participação do componente forrageiro na composição final do material ensilado (Tabela 5). Entretanto, não verificou-se diferença entre os valores percentuais das frações do milho e capins em consórcio entre os anos de cultivo.

A inclusão do capim-xaraés e do capim-tanzânia na silagem variou de 12,7 a 11,7%, respectivamente, em relação a todo material ensilado por hectare. Estes valores foram elevados devido principalmente ao espaçamento utilizado para a cultura do milho na presente pesquisa (0,90 m entrelinhas), o que proporcionou maior incidência de luz sobre os capins e maior crescimento durante o período de desenvolvimento das culturas, resultando assim em maiores produtividades dos capins.

Tabela 5. Porcentagem de espécie forrageira (% EF), de colmos + bainha + panícula (% C+B+P), de folhas (% F), de grãos (% G), brácteas (% B) e de sabugos (% S) na composição final do material ensilado da cultura do milho em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	% EF	% C+B+P	% F	% G	% B	% S
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>						
Exclusivo	-	29,9a	13,7a	41,1	8,5a	6,7
Consórcio com capim-xaraés	12,7a	24,5b	11,8b	36,8	7,7b	6,5
Consórcio com capim-tanzânia	11,7a	23,7b	13,4a	37,9	7,6b	5,7
<u>Ano (A)</u>						
1	8,8	24,5	13,1	39,1	8,0	6,4
2	7,5	27,6	12,8	38,1	7,9	6,2
<u>ANAVA (P>F)</u>						
Modalidade de cultivo (MC)	0,000	0,007	0,029	0,009	0,007	0,004
Ano (A)	0,302	0,056	0,536	0,350	0,423	0,239
MC x A	0,550	0,336	0,089	0,022	0,052	0,016
Bloco	0,835	0,796	0,034	0,365	0,883	0,281
CV (%)	36,56	13,93	10,26	6,42	6,73	8,45

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Outro fator a ser considerado é que, na maioria dos casos, o ponto ideal para ensilagem é quando a planta forrageira atinge de 30 a 35% de MS (NUSSIO et al., 2001), fase que, em espécies como o milho e o sorgo, coincide com a máxima qualidade nutricional. Entretanto, espécies dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus*, quando atingem esse ponto, já perderam grande parte do seu valor nutritivo (LEONEL et al., 2008), portanto, além da elevada PMSf (Tabela 4) dos capins devido à idade já avançada, estas possuem maior teor de fibra que plantas de milho no estágio fisiológico em que foram avaliadas.

A fração colmo das plantas de milho apresentam, de maneira geral, menor qualidade em relação às demais partes da planta, principalmente pelo alto teor de fibras e baixa digestibilidade. De acordo com Fancelli; Dourado Neto (2000), o conhecimento da participação das frações da planta em sua composição é fundamental, principalmente a de colmo, pois trata-se de uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados na formação dos grãos. Os valores percentuais de colmos+panículas+bainha verificados na presente pesquisa, variaram de 23,7 a 29,9% entre as modalidades de cultivo avaliadas (Tabela 5). Estes resultados são semelhantes aos 27,1% encontrados por Paziani et al. (2009), aos 22,5% verificados por Von Pinho et al. (2009) e aos 23,8% de Pereira et al. (2011).

A porcentagem de folhas no material ensilado também é um fator importante, pois folhas senescentes contribuem para diminuir a qualidade da silagem. Os valores obtidos no

presente trabalho foram semelhantes aos avaliados por Zopollatto et al. (2009b), em diferentes híbridos de milho, com proporções de folha variando entre 13,2 e 13,8% na safra 2001/2002 e entre 14,7 e 15,8% na safra 2002/2003.

A porcentagem de grãos na massa ensilada é o componente de maior importância na composição final da silagem, pois garante elevada qualidade energética do alimento. Na presente pesquisa, verificou-se valores entre 36,8%, no consórcio do milho com o capim-xaraés a 41,1% no cultivo de milho exclusivo (Tabela 5). Estes resultados corroboram aos obtidos por Sarti et al (2005), que obtiveram valores de 35 a 55% de grãos na massa ensilada e com Paziani et al. (2009) com valores de 35,6% na participação de grãos na silagem total.

Este intervalo de variação pode ser atribuído principalmente à competição interespecífica verificada nas modalidades de cultivo consorciados e à altura de colheita mais elevada (0,30 m), favorecendo uma maior participação da espiga na massa ensilada e, por consequência uma maior porcentagem de grãos. Oliveira et al. (2011) concluíram que o aumento da altura de colheita de silagem de milho (híbrido DKB-747) de 0,15 m para 0,55 m, possibilitou a melhoria da qualidade e do valor nutritivo da silagem. Assim, a elevação da altura de corte para ensilagem possibilita maior participação de grãos na massa ensilada em detrimento da participação de colmos e folhas senescentes (RESTLE et al., 2002).

De acordo com Beleze et al. (2003), a porcentagem de sabugo + palha é outro fator que contribui para a diminuição do valor nutritivo da forragem, já que ambos são constituídos de parede celular de baixa qualidade. Assim, essa característica pode ser utilizada como critério de seleção de cultivares, visando obter plantas com menores participações desta fração ou com melhor valor nutritivo desta. Os valores obtidos na presente pesquisa foram próximos aos verificados por Zopollatto et al. (2009b), ou seja, entre 7,1 e 10,5% de sabugo na planta.

Em sistemas de ILP onde se realiza o corte destinado a ensilagem, a participação do capim no material ensilado é inevitável, variando a sua inclusão de acordo com alguns fatores, como época e altura de colheita, clima, espécie de gramínea utilizada no consórcio e densidade de semeadura do capim. Assim, a produção de silagem, torna-se fator de extrema importância em propriedades rurais, uma vez que esta pode suprir a baixa oferta de forragem no período de estacionalidade das gramíneas, além de proporcionar aos animais um alimento de boa qualidade. Considerando-se todo o rebanho de animais em confinamento no país, a silagem é considerada como a principal fonte primária de volumosos (67,7%), sendo a de milho a mais utilizada, representando 38,1% deste total (MILLEN et al., 2009).

Houve interação significativa entre a participação em porcentagem de grãos e de sabugos no material ensilado em função das modalidades de cultivo \times anos agrícolas (Tabela

6). Observa-se que a maior % de grãos foi obtida quando o milho foi cultivado exclusivamente, ou seja, sem o efeito de competição no consórcio com os capins, em ambos os anos agrícolas. De maneira geral, a % de sabugo na composição final da silagem não diferiu entre as modalidades de cultivo e anos agrícolas, exceto no tratamento com o cultivo do milho em consórcio com o capim-tanzânia.

Tabela 6. Desdobramento das interações significativas da porcentagem de grãos e de sabugo na composição final da silagem entre as modalidades de cultivo da cultura do milho para ensilagem em função do cultivo solteiro ou em consórcio com o capim-xaraés ou capim-tanzânia, em dois anos agrícolas.

Modalidade de cultivo (MC)	% Grãos		% Sabugo	
	Ano Agrícola		Ano Agrícola	
	1	2	1	2
Exclusivo	41,8Aa	40,4Aa	6,9Aa	6,6Aa
Consórcio com capim-xaraés	39,1Ba	34,5Bb	7,1Aa	5,9Ab
Consórcio com capim-tanzânia	36,3Ba	39,5Aa	5,4Ba	6,0Aa

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Na nutrição animal, a planta de milho apresenta dois componentes distintos: a fração vegetativa, composta basicamente de carboidratos estruturais, e a fração granífera, representada principalmente pelo amido do endosperma. Do florescimento ao estágio de grão farináceo, a planta de milho sofre significativa transformação, tanto em quantidade, pelo acúmulo de matéria seca, como em qualidade, em consequência da rápida modificação da participação percentual dos componentes da planta (FERREIRA, 2001). Sendo assim, uma das principais finalidades de se colher a planta de milho para silagem com teor médio de 30 a 35% de matéria seca é principalmente, conciliar o maior acúmulo possível de grãos com um teor de umidade da planta que irá garantir boa fermentação no silo.

Zopollatto et al. (2009b), avaliando diversos híbridos para produção de silagem em 8 épocas de corte, verificaram que para cada dia de avanço na idade da planta, houve um aumento de aproximadamente 0,5% na proporção de grãos na massa ensilada. Segundo Nussio (1999) e Brondani et al. (2000), valores superiores a 40% de grãos, são considerados como ideais para uma boa silagem, valores estes próximos aos avaliados na presente pesquisa.

De acordo com Neumann et al. (2002a), a maior participação do componente grão na estrutura física da planta contribui no incremento dos teores de matéria seca, digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca e na quantidade de energia disponível, demonstrando desta maneira, a importância da época adequada de colheita do material a ser ensilado, assim como a correta

escolha do híbrido, buscando-se assim, maior produção de grãos para obtenção de uma silagem de maior qualidade.

Na análise bromatológica, observou-se diferença nos valores de poder tampão (PT), FDN, FDA, CEL e capacidade fermentativa (CF), em função das modalidades de cultivo. Os melhores resultados para estes parâmetros foram constatados quando o milho foi cultivado de maneira exclusiva, ou seja, solteiro (Tabela 7). O teor de massa seca (MS) das plantas, diferiram em função dos anos de cultivo, em que no segundo ano as plantas apresentaram maior valor. Verificou-se ainda diferença entre os teores de PT, FDN, FDA, CEL e CZ, em que os maiores valores foram obtidos no primeiro ano de cultivo, demonstrando um material de qualidade bromatológica inferior.

De maneira geral, os resultados obtidos demonstram, basicamente, a diferença de qualidade entre os híbridos de milho utilizados nos dois anos agrícolas, uma vez que foram adotados os mesmos procedimentos com relação ao manejo das culturas em ambos os anos, além das condições climáticas favoráveis para o cultivo das culturas durante o período avaliado (Figura 1).

Mesmo com a diferença entre os teores de MS da silagem nos anos de cultivo, verificou-se que este fato não alterou a qualidade final da silagem. Cabe ressaltar que, o estágio de colheita ideal da planta é algo discutível, pois diversos autores preconizam o ponto de colheita do milho para ensilagem quando a cultura se apresenta com teor de MS por volta de 30 a 35% (PEREIRA; REIS, 2001; NUSSIO et al., 2001; BELEZE et al., 2003; NEUMANN et al., 2007a, b), valores estes próximos aos obtidos na presente pesquisa. Tais autores consideram que nestas condições, a planta reúne características desejáveis para uma boa confecção da silagem, tais como baixo poder tampão, mínimo de 3% de carboidratos solúveis e alto valor energético. Entretanto, alguns pesquisadores indicam pontos de colheita mais tardios, como na maturação fisiológica do grão, onde ocorre maior acúmulo de amido e também maior participação da espiga na massa ensilada.

Tabela 7. Teores percentuais de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), poder tampão (PT) em emg HCl/100 g MS, fibra em detergente neutro (FDN), em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), carboidratos solúveis (CHOs), cinzas (CZ) e capacidade fermentativa (CF) do material antes da ensilagem de milho em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	MS %	PB	PT	FDN	FDA	LIG % MS	CEL	HEM	CHOs	CZ	CF %
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>											
Exclusivo	35,0	6,1	13,8b	49,3b	24,2b	3,1	20,4b	25,1	11,4	5,2	36,1a
Consórcio com capim-xaraés	32,8	6,1	17,4a	55,9a	29,3a	3,5	24,8a	26,4	10,5	5,5	25,9b
Consórcio com capim-tanzânia	33,4	6,6	17,6a	54,4a	30,6a	3,9	26,9a	23,9	10,5	5,0	26,5b
<u>Ano (A)</u>											
1	31,7b	6,5	20,0a	65,2a	35,5a	4,6	29,9a	29,7	12,1	5,6a	25,0b
2	34,7a	6,0	12,5b	41,2b	20,5b	2,3	17,7b	20,9	9,5	4,9b	34,0a
<u>ANAVA (P>F)</u>											
Modalidade de cultivo (MC)	0,453	0,064	0,034	0,025	0,006	0,064	0,003	0,000	0,473	0,527	0,001
Ano (A)	0,015	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,050	0,000
MC x A	0,221	0,031	0,268	0,160	0,183	0,034	0,209	0,000	0,012	0,530	0,137
Bloco	0,887	0,437	0,472	0,113	0,131	0,180	0,115	0,050	0,784	0,941	0,181
CV (%)	10,62	7,67	17,72	8,41	12,47	18,07	11,96	4,82	14,73	17,16	15,86

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Assim, o teor de matéria seca da planta no momento da ensilagem depende dos teores de matéria seca dos seus componentes estruturais, em que o grão é o componente que normalmente exerce a maior influência sobre o teor de MS da planta, por sua maior participação física e menor teor de umidade. Zopollatto et al. (2009a), avaliando as alterações na composição morfológica de seis híbridos de milho em função do estágio de maturação, para produção de silagem, observaram que o teor de matéria seca recomendável para ensilagem (32 a 35%), foi obtido no intervalo de 98 a 112 dias após a semeadura. Desta forma, tal fato depende ainda do híbrido utilizado e das condições edafoclimáticas de cultivo. No caso da presente pesquisa, o híbrido utilizado no segundo ano (AG 8088 YG), com características de elevado potencial produtivo, ciclo precoce e produção de silagem de alta qualidade, foi superior em qualidade e em produção quando comparado ao híbrido utilizado no primeiro ano agrícola, uma vez que as condições climáticas foram favoráveis ao desenvolvimento das plantas em ambos os anos. O fato da área ser irrigada, também favoreceu o desenvolvimento das culturas, tendo em vista as altas produtividades obtidas em ambos os anos.

De acordo com Van Soest (1994), o teor de matéria seca influencia ainda a intensidade do processo de fermentação da silagem. Segundo Mühlbach (1999), o menor teor de umidade, associado à maior tensão osmótica, decorrente da concentração de nutrientes, inibe o surgimento de fermentações indesejáveis, causadas por bactérias clostrídicas, sem prejudicar assim a fermentação láctica.

Segundo Neumann et al. (2007a), na cultura do milho, vários aspectos podem causar alterações na qualidade final do material ensilado, como a escolha do híbrido a ser utilizado, o estágio de maturação da planta, além de aspectos agrônômicos como tipo de solo e clima. Portanto, o momento ideal para colheita deverá ocorrer em estádios fisiológicos mais avançados, possibilitando conciliar maior acúmulo de massa da planta como um todo. Esta recomendação está de acordo com Beleze et al. (2003), que constataram que o avanço da maturidade fisiológica dos grãos de milho tem correlação positiva com a produtividade de massa seca total.

Entre as modalidades de cultivo, os maiores valores do poder tampão (PT) e teores de FDN, FDA e CEL foram verificados nas modalidades de cultivo consorciados (Tabela 7). Tal fato se deve, provavelmente, à participação do componente forrageiro na composição final do material ensilado. As frações fibrosas da planta (colmo, folhas e brácteas), juntamente com as espécies forrageiras em consórcio, representaram mais de

60% da matéria seca da planta (Tabela 5). Em sistemas de ILP, a participação de capins na constituição final da massa ensilada, também aumenta o teor final de fibras, tendo em vista a idade avançada dos capins em consórcio, pois estes foram implantados simultaneamente à sementeira da cultura produtora de grãos. Segundo Bergamaschine et al. (2006), as gramíneas forrageiras tropicais em cultivo exclusivo, não apresentam teores adequados de MS, de carboidratos solúveis e valores de poder tampão que proporcionem eficiente processo fermentativo.

A colheita mais tardia da silagem visa obter maior acúmulo de amido nos grãos e maior participação destes na massa ensilada. Porém, quanto maior o teor de MS nas plantas, maior o teor de fibras, o que foi verificado na presente pesquisa. Assim, os valores de FDN e FDA do volumoso a ser fornecido aos animais são características de extrema relevância. Segundo Van Soest (1994) o teor de FDN é o fator mais limitante no consumo de volumosos por animais, sendo que teores superiores a 60% na MS correlacionam-se de forma negativa com o consumo de forragem e o teor de FDA tem importância na digestibilidade. De acordo com Nussio et al. (1998), forragens com valores de FDA em torno de 40% ou mais, apresentam baixo consumo e menor digestibilidade. De maneira geral, os resultados para estes parâmetros obtidos na presente pesquisa, estão abaixo do indicado como fator limitante ao consumo pelos animais, sendo a silagem produzida considerada como de boa qualidade, tanto para FDN, quanto para FDA (Tabela 7).

A capacidade fermentativa (CF) foi superior no segundo ano de cultivo, demonstrando melhor qualidade do híbrido simples utilizado, conferindo maior potencial de ensilabilidade. Verificou-se os maiores valores para a CF quando o milho foi cultivado exclusivamente, obtendo-se também os valores mais elevados no segundo ano agrícola. Entretanto, de modo geral, os valores de CF foram inferiores a 35%, o que, de acordo com Oude Elferink (1999), é o mínimo para obtenção de silagens lácticas.

Os teores de PB, LIG, HEM, e CHOs foram influenciados pela interação entre as modalidades de cultivo \times ano agrícola, em que, de maneira geral, os melhores teores de PB foram obtidos no primeiro ano agrícola, nas modalidades de cultivos consorciados (Tabela 8), entretanto, sem diferença no segundo ano. Os melhores resultados para LIG e HEM foram obtidos no segundo ano, principalmente no consórcio com o capim-tanzânia. Quanto ao CHOs, os maiores valores foram obtidos no primeiro ano agrícola, com destaque para o cultivo exclusivo de milho e no consórcio com capim-tanzânia.

Assim, observa-se que no segundo ano de cultivo, houve uma redução generalizada dos componentes fibrosos do material a ser ensilado, caracterizando um material de melhor qualidade bromatológica.

Tabela 8. Desdobramento das interações significativas dos teores de proteína bruta (PB), lignina (LIG), hemicelulose (HEM) e carboidratos solúveis (CHOs) do material antes da ensilagem de milho em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas.

	PB		LIG	
	Ano Agrícola		Ano Agrícola	
	1	2	1	2
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>				
Exclusivo	5,9Ba	6,3Aa	3,7Ba	2,4Ab
Consórcio com capim-xaraés	6,4Aa	5,7Ab	4,7Aa	2,2Ab
Consórcio com capim-tanzânia	7,1Aa	6,1Ab	5,4Aa	2,3Ab
	HEM		CHOs	
	Ano Agrícola		Ano Agrícola	
	1	2	1	2
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>				
Exclusivo	29,2Aa	21,1Ab	13,8Aa	9,0Ab
Consórcio com capim-xaraés	30,5Aa	22,3Ab	10,3Ba	10,8Aa
Consórcio com capim-tanzânia	29,5Aa	16,4Bb	12,3Aa	8,8Ab

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Os teores de PB do material a ser ensilado obtido na presente pesquisa, permaneceu, de maneira geral, abaixo de 7 %, valor este indicado por Van Soest (1994) como o mínimo para o adequado funcionamento da microbiota do rúmen. De acordo com Keplin (1992), uma silagem para ser considerada de boa qualidade deve apresentar de 7,1 a 8% de PB. Entretanto, Viana et al. (2012), obtiveram valores médios de 6% de PB no momento da ensilagem do milho, valores estes próximos aos obtidos na presente pesquisa. Entretanto, o baixo teor de PB, fator nutricional limitante ao desempenho animal, pode ser contornado com o fornecimento de uma fonte de nitrogênio (LAUERS, 2001).

Com relação aos componentes estruturais da parede celular (LIG e HEM), estes podem ser considerados baixos de acordo com Van Soest (1994), caracterizando um material mais digestível. A lignina é indigestível e pode limitar a extensão da digestão dos demais componentes da parede celular, dependendo de sua concentração e composição estrutural. Para Van Soest (1994), o teor de lignina de uma forrageira é o principal fator limitante da digestibilidade, em razão de incrustação dos polissacarídeos

da parede celular, tornando-os menos acessíveis à ação de bactérias e alterando tanto a taxa quanto a extensão da digestão das forrageiras.

De acordo com Woolford (1984), os teores de MS, CHOs e o poder tampão (PT) são fatores importantes sobre o potencial de ensilagem de uma planta forrageira. Esse autor sugeriu que a relação entre carboidratos solúveis e a capacidade tampão deve ser inferior a 3,0 para possibilitar a obtenção de silagem de qualidade satisfatória, resultados estes, condizentes aos verificados na presente pesquisa. Quanto aos carboidratos solúveis, o teor inicial mínimo necessário para garantir intensa fermentação láctica, seria de 6 a 8% na MS. No presente trabalho, os valores obtidos para CHOs foram superiores aos relatados por este autor.

Murdoch et al. (1975) e Silva et al. (1999a), salientam a importância do teor de carboidratos solúveis do material a ser ensilado, uma vez que essa fração contribui para a rápida fermentação, com produção de ácidos orgânicos, assim como a pronta disponibilidade deste nutriente para as bactérias, propiciando grande produção de ácido láctico e rápida queda do pH, o que promove a estabilização da fermentação e contribui na obtenção de uma silagem de boa qualidade.

Na Tabela 9, estão apresentados alguns dos componentes fibrosos, obtidos nas diferentes silagens. Assim, pode-se observar que houve diferença em função das modalidades de cultivo, apenas para os teores de cinzas (CZ) e celulose (CEL), em que os maiores valores foram proporcionados nas modalidades de cultivo consorciados. Entre os anos agrícolas, o segundo ano proporcionou menores teores de CZ, LIG, CEL e HEM, caracterizando uma silagem de melhor qualidade, com menores teores dos constituintes da parede celular.

Apesar ter sido verificada diferença entre os teores dos componentes fibrosos em função das modalidades de cultivo e anos agrícolas, os resultados obtidos estão de acordo com os indicados por Van Soest (1994) como ideais, caracterizando uma silagem de boa qualidade. Os teores de lignina estão abaixo dos 4,16 a 5,95 constatados por Leonel et al. (2008), no cultivo do milho com duas fileiras de capim-braquiária na entrelinha do milho, em função de diferentes idades de corte das plantas em consórcio para produção de silagem.

As frações nitrogenadas NIDN e NIDA das silagens produzidas na presente pesquisa, apresentaram-se adequadas, com valores próximos aos verificados por Velho et al. (2007), Oliveira et al. (2010) e Viana et al. (2012), avaliando diferentes híbridos

de milho para silagem. Assim, as silagens produzidas na presente pesquisa, proporcionaram teores satisfatórios de NIDN e NIDA para uma boa silagem. Estes parâmetros relacionam-se à fração nitrogenada indigestível, correspondendo à proteína associada à lignina, complexos tanino-proteína e produtos oriundos da reação de Maillard, altamente resistentes às enzimas microbianas e indigestíveis ao longo do trato gastrintestinal (LICITRA et al., 1996).

Tabela 9. Teores percentuais de matéria seca (MS), cinzas (CZ), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) expressos em % da matéria seca, em silagem de milho em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

Modalidade de cultivo (MC)	MS	CZ	NIDN	NIDA	FDN	FDA	LIG	CEL	HEM
	%				% MS				
Exclusivo	36,1	4,4b	0,24	0,20	45,6	21,0	3,8	17,1b	24,6
Capim-xaraés	33,9	4,8ab	0,26	0,23	53,1	25,6	3,6	21,9a	27,4
Capim-tanzânia	34,7	5,3a	0,27	0,23	52,1	27,7	3,7	23,7a	24,4
<u>Ano (A)</u>									
1	35,3	5,2a	0,25	0,21	54,4	26,2	4,7a	21,8a	28,2a
2	34,5	4,5b	0,27	0,23	46,2	23,3	2,7b	19,9b	22,9b
	<u>ANAVA (P>F)</u>								
MC	0,172	0,015	0,462	0,307	0,000	0,000	0,803	0,000	0,205
Ano (A)	0,382	0,005	0,391	0,134	0,000	0,003	0,000	0,044	0,001
MC x A	0,300	0,420	0,209	0,902	0,010	0,008	0,214	0,209	0,068
Bloco	0,892	0,294	0,158	0,453	0,677	0,508	0,245	0,844	0,651
CV (%)	6,51	10,48	16,04	16,38	4,77	8,43	15,91	10,25	11,94

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade

Os teores de FDN e FDA estão de acordo com os indicados por Van Soest (1994) como adequados para o consumo animal. Tais informações, concordam com os dados verificados por Villela et al. (2003), que avaliaram o valor nutritivo da silagem de milho oriundas de nove cultivares, obtendo valores médios de FDN e FDA de 45,66% e 27,05%, respectivamente, colhidos no ponto de maturidade fisiológica. Neste contexto, de acordo com Capelle et al. (2001), a fibra é a variável mais utilizada para se predizer o conteúdo de energia contida nos alimentos e as espécies forrageiras, de maneira geral, contêm grande quantidade de fibra (FDN e FDA). Segundo estes autores, ocorre uma relação negativa entre o conteúdo de fibra e a disponibilidade de energia, pois a fibra é, normalmente, menos digestível que a fração não fibrosa.

Os valores de digestibilidade (D) *in vitro* da MS, diferiram entre as modalidades de cultivo, sendo os melhores resultados proporcionados pela silagem de milho em consórcio com o capim-xaraés (Tabela 10). Entre os anos de cultivo, houve diferença apenas para o teor de N-NH₃/NT entre os parâmetros avaliados, em que no segundo ano obteve-se os maiores valores.

Tabela 10. Valores de pH, teores percentuais de proteína bruta (PB), nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHOt), carboidratos solúveis (CHOs), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (D) em silagem de milho em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

Modalidade de cultivo (MC)	pH	PB	N-NH ₃ /NT	EE	CHOt	CHOs	NDT	D
Exclusivo	3,69	6,6	3,9	5,4	84,4	8,7	71,6	69,3b
Capim-xaraés	3,65	6,0	4,4	4,0	85,8	9,4	71,5	75,5a
Capim-tanzânia	3,69	6,5	4,5	4,0	85,0	9,6	70,9	69,0b
<u>Ano (A)</u>								
1	3,70	6,4	3,8b	4,6	85,2	8,8	71,3	71,1
2	3,65	6,2	4,8a	4,4	84,9	9,7	71,4	71,5
				<u>ANAVA (P>F)</u>				
MC	0,446	0,015	0,130	0,000	0,381	0,438	0,670	0,000
Ano (A)	0,072	0,217	0,001	0,156	0,676	0,122	0,895	0,674
MC x A	0,520	0,000	0,971	0,000	0,741	0,639	0,492	0,948
Bloco	0,880	0,053	0,665	0,484	0,138	0,273	0,178	0,528
CV (%)	1,75	6,09	12,73	7,19	2,33	14,40	2,28	3,33

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Os valores de pH obtidos nas silagens, apesar de não terem diferido entre as modalidades de cultivo e anos agrícolas, apresentaram-se adequados, evidenciando boa compactação e armazenamento durante o processo de ensilagem, uma vez que durante este processo (em condição de anaerobiose) ocorre diminuição do pH da massa ensilada e aumento de temperatura no interior do silo e do nitrogênio amoniacal.

De acordo com Woolford (1984) e McDonald et al. (1991), o pH, juntamente com a concentração de ácidos orgânicos e de nitrogênio amoniacal, são parâmetros normalmente empregados na qualificação do processo de ensilagem. Valores de pH entre 3,8 e 4,2 (FERREIRA, 2001; MUCK; SHINNERS, 2001), são esperados para uma silagem bem conservada. Segundo Woolford (1984), o rápido abaixamento do pH é mais importante do que o próprio valor de pH obtido no final do processo fermentativo, pois ele está relacionado ao fato que a acidificação rápida reduz o crescimento e

desenvolvimento de bactérias indesejáveis, que promoveriam fermentações secundárias e redução no valor nutritivo das silagens. Leonel et al. (2008), ao trabalhar com silagens provenientes de consórcio do milho com *U. brizantha*, produzidas 100 dias após a semeadura obtiveram o valor de pH de 3,51. Neumann et al. (2007b) constataram valores de pH de 3,8 trabalhando com silagens em silos experimentais de PVC, valores estes próximos aos verificados na presente pesquisa.

Os teores de PB permaneceram praticamente inalterados após o processo de ensilagem, apresentando valores semelhantes aos verificados no material no momento da colheita (Tabela 7), abaixo do recomendado como ideal por diversos autores. Segundo Oliveira et al. (2011), ao trabalhar com diferentes alturas de corte para ensilagem de milho, verificaram valores médios de PB por volta de 8,4%. Neumann et al. (2007b) utilizando silos experimentais de PVC obtiveram valores médios de 6,5% para PB. Em revisão feita por Zopollatto et al. (2009a), os autores relataram valores mínimos e máximos de 6,4 a 10,2%, respectivamente. Keplin (1992) ressalta que uma silagem de boa qualidade, deve apresentar de 7,1 a 8% de PB, enquanto que Flaresso et al. (2000), ao estudarem diversos híbridos de milho para produção de silagem, observaram variações nos teores de PB, com valores entre 7,2 a 8,8%.

Os menores teores de PB verificados nas silagens consorciadas (Tabela 10), provavelmente está relacionada ao ciclo natural de senescência das plantas forrageiras, uma vez que estas foram implantadas simultaneamente ao milho, apresentando, portando, idade avançada. Tal fato também foi observado por Paciullo et al. (2001) e Leonel et al. (2008). De acordo com estes autores, esse fato pode ser considerado normal, uma vez que o capim em estágio de maturidade avançado apresenta baixos teores de proteína, enquanto, em estádios iniciais de maturidade, esse teor é mais elevado.

De acordo com os resultados obtidos entre as diferentes silagens, pode-se considerar que estas apresentaram excelentes valores para N-NH₃/NT (Tabela 10). De acordo Benacchio (1965), silagens com concentrações menores que 10% são classificadas como de muito boa qualidade. Essa concentração é considerada adequada quando varia de 10 a 15% da matéria seca; aceitável quando varia de 15 a 20% e insatisfatória quando é superior a 20%. Segundo Kung Jr.; Shaver (2001), o valor ideal para silagens de milho com teor de matéria seca entre 30 e 40% seria de 5 a 7% de N-

NH_3/NT em porcentagem da matéria seca, valores estes semelhantes aos verificados no presente trabalho.

Tais resultados se devem principalmente pelo elevado teor de MS nas plantas de milho no momento da ensilagem, uma vez que Gonçalves et al. (1999) observaram menores concentrações de nitrogênio amoniacal em silagens com maior conteúdo de MS. Neumann et al. (2007b) frisaram que o N-amoniacal indica a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação, demonstrando as perdas de proteína verdadeira que ocorrem ao longo da fermentação, sendo, segundo Pigurina (1991) um dos parâmetros determinantes da qualidade da fermentação. O teor de $\text{N-NH}_3/\text{NT}$ também é um indicativo de qualidade da silagem e auxilia na caracterização do perfil fermentativo ocorrido no processo. Quanto menor essa relação, menor a proteólise do material ensilado e de melhor qualidade será a silagem (McDONALD et al., 1991).

Segundo Neumann et al. (2002b), práticas simples, como o monitoramento dos índices de pH e da concentração de nitrogênio amoniacal ($\text{N-NH}_3/\text{NT}$), podem ser bons indicadores das condições de fermentação da silagem e podem determinar de forma direta a identificação de silagens de boa aceitabilidade e consumo pelos animais.

Os valores de carboidratos totais (CHOT) obtidos neste estudo corroboram àqueles relatados por Van Soest (1994), constituindo 50 a 80% da matéria seca das plantas forrageiras. O mesmo acontece com os teores de carboidratos solúveis (CHOs), que também apresentam-se adequados de acordo com Van Soest (1994). Assim, conforme citado por McDonald et al. (1991), a concentração adequada de carboidratos solúveis no material ensilado propicia condições favoráveis para estabelecimento e crescimento de bactérias do gênero *Lactobacillus*, que produzem o ácido lático. Esse ácido, por ser o mais “forte” entre os ácidos graxos produzidos no processo fermentativo de ensilagem, é desejável para proporcionar rápida estabilização do pH e melhor conservação do material ensilado.

Os teores de NDT apresentaram-se com excelentes valores em todas as modalidades de cultivo em ambos os anos agrícolas (Tabela 10). O NDT é um parâmetro de extrema relevância, pois demonstra o potencial energético do alimento, além de correlacionar-se com a digestibilidade. O conteúdo de NDT é importante, uma vez que a energia e proteína são frequentemente os fatores mais limitantes para ruminantes (OLIVEIRA et al., 2010). Segundo Keplin (1992), uma silagem para ser considerada de boa qualidade deve apresentar de 64 a 70% de NDT. Flaresso et al.

(2000) verificaram valores de NDT entre 50,4 a 61,8%, enquanto que Leonel et al. (2008) constataram valores próximos aos 59,81% para silagens oriundas do consórcio entre milho e capim-braquiária. Assim, os valores obtidos no trabalho estão acima dos relatados por diversos autores, demonstrando portanto, uma silagem de boa qualidade.

De acordo com Keplin (1992), para se obter uma silagem de alta energia com elevados valores de PB e NDT, a cultivar utilizada deve apresentar alta proporção de espigas em relação ao material ensilado. Desta maneira, pode-se considerar que a proporção de espigas, em ambas as modalidades de cultivo da cultura do milho para ensilagem, garantiram teores adequados destes parâmetros bromatológicos.

Os teores de FDN, FDA, EE e PB foram influenciados pelas interações significativas entre modalidades de cultivo × anos agrícolas (Tabela 11). De maneira geral, os valores para FDN e FDA apresentaram-se menores quando a cultura do milho foi cultivada exclusivamente, principalmente no segundo ano de avaliação, resultado este da não participação dos capins na composição da massa ensilada. Os resultados para os teores de EE foram superiores no segundo ano agrícola, não diferindo significativamente em função das modalidades de cultivo. Para os teores de PB, verificou-se, de maneira geral, valores superiores no primeiro ano, principalmente no consórcio com o capim-tanzânia. Entretanto, no segundo ano agrícola, o maior valor para PB foi proporcionado pelo cultivo do milho solteiro.

Apesar da diferença entre os teores dos componentes bromatológicos verificados entre as modalidades de cultivo, em que a participação do capim-xaraés e capim-tanzânia na composição final do material ensilado aumentou o teor de fibras da silagem, e apesar da diferença entre os anos agrícolas, em função da mudança do híbrido de milho, os valores dos componentes fibrosos (FDN e FDA) estão de acordo com os relatados por Van Soest (1994) para não alteração de consumo e digestibilidade da silagem. Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), a fibra em detergente ácido, composta por celulose e lignina (fração indigestível), é um indicativo da digestibilidade da silagem. Assim, quanto menor o teor de FDA, maior a digestibilidade e maior o valor energético do alimento.

Os teores de EE verificados na presente pesquisa foram superiores aos 1,9 % a 2,5 %, obtidos por Pinto et al. (2010), avaliando cultivares de milho para produção de silagem. Cabe ressaltar que os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com os indicados por Van Soest (1994) como teores adequados no EE.

Tabela 11. Desdobramento das interações significativas dos teores percentuais de fibra em detergente neutro (FDN), em detergente ácido (FDA), de extrato etéreo (EE) e de proteína bruta (PB) de silagem de milho em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas.

	FDN		FDA	
	Ano Agrícola		Ano Agrícola	
	1	2	1	2
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>				
Exclusivo	51,2Ba	40,1Bb	21,6Ba	20,4Ba
Consórcio com capim-xaraés	58,2Aa	48,1Ab	29,3Aa	21,9Bb
Consórcio com capim-tanzânia	53,4Ba	50,5Aa	27,9Aa	27,4Aa
	EE		PB	
	Ano Agrícola		Ano Agrícola	
	1	2	1	2
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>				
Exclusivo	6,3Aa	4,4Ab	6,1Bb	7,0Aa
Consórcio com capim-xaraés	3,5Bb	4,5Aa	6,1Ba	5,9Ba
Consórcio com capim-tanzânia	3,9Ba	4,2Aa	7,2Aa	5,9Bb

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Os teores de PB, de modo geral, apresentaram-se maiores no primeiro ano, principalmente quando o milho foi cultivado em consórcio com o capim-tanzânia (Tabela 11), com valores semelhantes aos relatados por Van Soest (1994) para garantir o adequado funcionamento da microbiota do rúmen. No segundo ano, o cultivo exclusivo apresentou os melhores teores, em função principalmente da mudança de híbrido de milho, com melhor qualidade nutricional.

Neste contexto, de acordo com Vieira et al. (2011), o milho é cada vez mais recomendado entre as várias plantas utilizadas para a produção de silagem (sorgo, girassol, aveia, azevém, milheto, etc), sendo a cultura de maior expressão no Brasil (OLIVEIRA et al., 2007). Assim, a silagem de milho continua sendo uma das melhores opções de suplementação aos animais, por apresentar uma elevada produção de massa por unidade de área, alto rendimento de massa verde por hectare, boa qualidade, facilidade de fermentação no silo, além de boa aceitação por parte dos bovinos e ganhos de pesos satisfatórios em confinamentos (RESTLE et al., 2006), sendo um alimento de alta qualidade para os animais (PIMENTEL et al., 1998). A importância da cultura do milho em áreas de integração lavoura-pecuária é destacada ainda por Trogello et al. (2012), demonstrando as inúmeras formas de utilização deste cereal, quer seja na alimentação animal, na forma de grãos, de forragem verde ou conservada (silagem),

tanto na alimentação humana ou na geração de receita, mediante a comercialização da produção excedente.

Durante o processo de fermentação das silagens, ocorrem ainda perdas pela formação de efluentes e produção de gases, as quais são determinadas por diferenças de massas. Tais parâmetros são utilizados para caracterização de uma boa silagem. Neste sentido, verificou-se que não houve diferença significativa para as perdas que ocorrem durante o processo de ensilagem em função das modalidades de cultivo e anos agrícolas (Tabela 12), demonstrando que a compactação foi apropriada, assim como o armazenamento das silagens.

Tabela 12. Valores de perdas por gases (PG), produção de efluentes (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) no processo de ensilagem do milho em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	PG	PE	RMS
	% MS	kg t ⁻¹ MV	%
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>			
Exclusivo	6,5	6,5	84,7
Consórcio com capim-xaraés	5,7	6,3	88,4
Consórcio com capim-tanzânia	6,8	6,3	83,9
<u>Ano (A)</u>			
1	6,2	6,9	85,8
2	6,4	4,7	85,6
ANAVA (P>F)			
Modalidade de cultivo (MC)	0,603	0,592	0,457
Ano (A)	0,812	0,061	0,946
MC x A	0,190	0,727	0,247
Bloco	0,692	0,653	0,651
CV (%)	34,00	28,86	8,77

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

As mudanças e/ou perdas durante a ensilagem são influenciadas ainda pelas características da planta forrageira e estão também associadas às práticas de manejo e colheita. Desta forma, existem diversos fatores que podem influenciar no processo fermentativo das silagens, afetando conseqüentemente a qualidade do material ensilado, tais como as diferenças entre genótipos (MITTELMANN et al., 2005; RUIZ et al., 2009), composição química e estágio de maturação da planta (VILELA et al., 2008), tempo de exposição ao ar antes da ensilagem (VELHO et al., 2006), tempo de exposição ao ar após a desensilagem (SCHOCKEN-ITURRINO et al., 2005), prática do

emurhecimento (CASTRO et al., 2006), densidade de compactação (VELHO et al., 2007), uso de inoculantes enzimo-bacterianos (ROCHA et al., 2006), entre outros.

Durante o processo de ensilagem, para a obtenção de fermentação adequada é fundamental que exista a condição de anaerobiose no interior do silo, o que depende efetivamente, da boa compactação do material no interior do silo. A facilidade de compactação do material é dependente do teor de matéria seca na forragem, bem como do tamanho das partículas no momento da ensilagem. Assim, a boa compactação diminui principalmente o pH e a produção de gases, consequentemente a perda de silagem (AMARAL et al. 2007) e o menor aparecimento de bactérias indesejáveis no processo fermentativo. De acordo com McDonald et al. (1991), o aumento significativo nas perdas por gases ocorre quando há produção de álcool (etanol ou mantinol) por fermentação por bactérias heterofermentativas, endobactérias, leveduras e bactérias do gênero *Clostridium* ssp.

Os processos de conservação de forragem convivem rotineiramente com perdas de nutrientes de diversas magnitudes e eventualmente essas perdas ocorrem ao longo do período de ensilagem, na forma de efluente, uma vez que a presença de efluente no silo é indesejável e deve ser evitada para não ocasionar prejuízos no processo fermentativo, como o aumento da proteólise e o estabelecimento de bactérias do gênero *Clostridium* (ELFEINK et al., 2000).

Oliveira et al. (2009), utilizando silagens de capim-tanzânia amonizado, verificaram valores de perdas por gases (PG) de 6,1% para silos abertos com 30 dias, e 7,5% para silos abertos aos 60 dias sem o uso de ureia. Ainda de acordo com estes autores, considerando-se as perdas por efluentes (PE), os valores ficaram próximos a 20% para 30 dias de ensilagem, e acima de 30% para silos abertos com 60 dias após vedação, mesmo quando utilizaram o aditivo ureia, não verificando diferença significativa entre os tratamentos. Assim, os resultados obtidos na presente pesquisa ficaram abaixo dos relatados por estes autores, o que provavelmente pode ser atribuído a uma adequada compactação no processo de ensilagem e ao alto teor de MS da maior percentagem de milho na massa ensilada. Assim, verifica-se que no presente trabalho os valores de perdas nas silagens produzidas nos sistemas produtivos analisados estão dentro dos padrões considerados normais relatados por diversos autores, garantindo desta forma, uma silagem de boa qualidade.

As perdas durante os processos da fermentação, relacionadas às alterações químico-bromatológicas da forragem ensilada, têm sido enfocadas em vários estudos. Esse tipo de perda depende das características da planta forrageira e está associado às práticas de implantação, manejo e colheita das lavouras e ao sistema de armazenamento. Entretanto, segundo Balsalobre et al. (2001), outros tipos de perdas da silagem, como as perdas físicas promovidas pelo efluente, pela produção de gases durante a fermentação no silo e pela retirada da forragem e sua distribuição aos animais, tem grande importância, pois oneram os custos do sistema de produção e podem, inclusive, inviabilizá-lo economicamente.

Com relação ao acúmulo de nutrientes pelos colmos remanescentes de milho após a colheita do material para ensilagem, deve-se destacar o K que apresentou os maiores valores, principalmente no cultivo exclusivo do milho. Nesta mesma modalidade as quantidades de N, P, Ca, Mg e S também foram superiores, quando comparada aos consórcios (Tabela 13). O maior acúmulo massa de colmos remanescentes de milho ocorreu no segundo ano, conseqüentemente, resultando em maiores quantidades de nutrientes deixados na superfície do solo em comparação ao primeiro ano. Tal fato se deve provavelmente à mudança do híbrido de milho entre os anos agrícolas, em que no segundo ano o híbrido simples foi mais produtivo.

Neste contexto, dentre os benefícios deste sistema produtivo, devem ser consideradas as vantagens relacionadas com a conservação e a melhoria da fertilidade do solo, em decorrência da elevação da altura de colheita das plantas de milho visando a produção de silagem (CAETANO et al., 2011, 2012), podendo contribuir para uma maior ciclagem de nutrientes em função da maior quantidade de colmos deixados sobre a superfície do solo.

A quantidade de N acumulada nos colmos remanescentes não foi influenciada pelas modalidades de cultivo da cultura do milho para ensilagem. Tal fato se deve, provavelmente, ao histórico da área de cultivo, que se encontrava há 8-9 anos sob SPD, momento este em que a mineralização deste nutriente passa a ser maior que a imobilização (ANGHINONI, 2007). Demonstrando assim, que o sistema produtivo avaliado, apesar de ser caracterizado por elevada necessidade de N por ambas as culturas em consórcio, proporcionou condições satisfatórias ao desenvolvimento destas, não sendo observada a deficiência deste nutriente.

Tabela 13. Massa seca de colmos e acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S nos colmos remanescentes após a colheita para ensilagem em cultivo exclusivo do milho ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	Colmos	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹						
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>							
Exclusivo	1.789	4,6	1,2	38,6a	1,4	1,2a	1,3
Consórcio com capim-xaraés	1.595	3,9	0,8	22,6b	0,9	0,8b	0,9
Consórcio com capim-tanzânia	1.550	3,4	1,1	23,2b	1,2	1,0ab	1,0
<u>Ano (A)</u>							
1	1.927b	4,8b	1,2b	33,7b	1,7b	1,0b	1,1b
2	2.263a	5,7a	1,7a	36,5a	2,1a	1,5a	1,6a
<u>ANAVA (P>F)</u>							
Modalidade de cultivo (MC)	0,310	0,167	0,193	0,001	0,356	0,039	0,187
Ano (A)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MC x A	0,906	0,682	0,369	0,162	0,253	0,917	0,403
Bloco	0,982	0,715	0,679	0,523	0,522	0,440	0,586
CV (%)	19,38	30,86	35,96	27,85	38,07	30,02	37,26

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

A manipulação da altura de colheita para ensilagem pode promover a reciclagem de nutrientes, principalmente do potássio (K), que está em maior quantidade na base do colmo (JAREMTCHUK et al., 2006). O K é o segundo mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais e o primeiro na cultura do milho. Este nutriente tem alta mobilidade na planta, em qualquer nível de concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema e floema (MALAVOLTA, 1980). O cátion K⁺ não é metabolizado na planta e forma ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade, com abundância no citoplasma das células vegetais (MARSCHNER, 1995). A translocação de K nas plantas é facilitada pelo fato de mais de 80% deste estar presente nos tecidos vegetais em forma solúvel.

Plantas de milho colhidas em alturas mais elevadas para ensilagem devem contribuir ainda para aumentar o teor de matéria orgânica no solo e retornar grandes quantidades de potássio (K) que se encontram nos internódios inferiores da planta (NUSSIO et al., 2001). Resultados de Jaremtchuk et al. (2006) demonstraram que a elevação na altura de corte da silagem de milho de 0,20 para 0,40 m reduziu em média 19,1% a extração de K. Assim, a ciclagem deste nutriente é positiva para o estabelecimento de um programa duradouro de exploração de áreas para produção de silagem além de elevar a forma trocável deste nutriente no solo (GARCIA et al., 2008).

O maior teor de P do solo em SPD pode ser devido à adição desse nutriente nas camadas superficiais, ao efeito de concentração, às reações de adsorção e à sua reciclagem pela mineralização dos resíduos (ANGHINONI, 2007). O não-revolvimento do solo reduz o contato entre colóides do solo e o íon fosfato, diminuindo as reações de adsorção, enquanto que a mineralização lenta e gradual dos resíduos orgânicos proporciona a liberação e a redistribuição das formas orgânicas de P, mais móveis no solo e menos susceptíveis às reações de adsorção (ANGHINONI, 2007).

A prática da elevação na altura de corte das plantas para ensilagem, pode diminuir a exportação de nutrientes do solo, retornando quantidades consideráveis de nutrientes ao sistema, beneficiando os sistemas produtivos. Desta forma, fica evidente que nestes sistemas de produção, a adoção de práticas conservacionistas de produção agrícola como o SPD e a ILP, têm contribuído para a melhoria do setor produtivo, principalmente com ganhos ao ambiente e retorno econômico ao produtor rural.

4.1.2 Silagem de sorgo

Verificou-se diferença significativa com relação à altura de plantas (ALTP) de sorgo forrageiro, em função das modalidades de cultivo, onde o consórcio com o capim-xaraés proporcionou os menores valores (Tabela 14). Entretanto, não houve este mesmo efeito dos consórcios com relação ao diâmetro de colmos (DC) e estande final de plantas (EFP). Entre os anos de avaliação, verificou-se maior ALTP no primeiro ano (safra 2010/2011) e maior DBC no segundo ano (safra 2011/2012).

Apesar de ter-se verificado diferença para a ALTP da cultura do sorgo em função das modalidades de cultivo, demonstrando que no caso do consórcio com o capim-xaraés houve maior competição entre as espécies, de maneira geral, principalmente com relação ao estande final de plantas (EFP), não verificou-se o efeito da competição, demonstrando assim, a possibilidade do consórcio entre estas espécies. Desta forma, os resultados da presente pesquisa estão em conformidade com os relatados por Kluthcouski; Aidar (2003), Mateus et al. (2011) e Albuquerque et al. (2013a), nos quais os consórcios com forrageiras não prejudicaram o desenvolvimento das plantas de sorgo. Segundo estes autores, a cultura do sorgo tem uma grande capacidade de competição, tendo condições de obter desempenho semelhante no consórcio aos cultivos solteiros.

Tabela 14. Altura de plantas (ALTP), diâmetro médio basal de colmos (DBC) e estande final de plantas (EFP) da cultura do sorgo em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	ALTP (m)	DC (mm)	EFP (plantas ha ⁻¹)
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>			
Exclusivo	2,96a	19,3	194.485
Consórcio com capim-xaraés	2,62b	17,9	197.537
Consórcio com capim-tanzânia	2,80a	21,1	197.169
<u>Ano (A)</u>			
1	2,94a	17,8b	198.113
2	2,64b	21,0a	194.681
<u>ANAVA (P>F)</u>			
Modalidade de cultivo (MC)	0,001	0,056	0,940
Ano (A)	0,000	0,005	0,662
MC x A	0,084	0,254	0,131
Bloco	0,039	0,874	0,116
CV (%)	5,31	12,58	7,64

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Diversos trabalhos avaliaram a ALTP de sorgo, uma vez que, de acordo com Corrêa et al. (1996), este parâmetro correlaciona-se positivamente com a produção de matéria seca. Entretanto, geralmente apresenta, também, correlação positiva com a porcentagem de colmo e com a porcentagem de acamamento, características pouco desejáveis para a produção eficiente de forragem. Sendo assim, Neumann et al. (2002b) verificaram altura de híbridos de sorgo variando entre 2,33 a 2,59 m. Enquanto que Oliveira et al. (2005), estudando o comportamento agrônômico de quatro cultivares de sorgo, constataram altura das plantas da ordem de 2,12 a 2,74 m. Von Pinho et al. (2006), obtiveram plantas com 2,66 m para os sorgos forrageiros e Neumann et al. (2008), verificaram variação de 1,86 a 2,15 m. Da mesma forma, Resende et al. (2011), também avaliando diferentes híbridos de sorgo, obtiveram altura de plantas de 1,91 m para o cultivar Volumax. De maneira geral, os valores para ALTP obtidos na presente pesquisa, são superiores aos verificados por diversos autores, demonstrando assim, a possibilidade de utilização da cultura do sorgo em consórcio com espécies forrageiras tropicais neste sistema de produção.

Os sistemas de cultivo consorciados de sorgo com forrageiras tropicais podem ser efetuados sem comprometimento na cultura produtora de grãos, não havendo limitação para a adoção do cultivo consorciado entre a cultura do sorgo e as forrageiras

quando semeadas simultaneamente, principalmente ao adotar o consórcio com *M. maximum*. Da mesma forma, Benício et al. (2011), também verificaram a eficiência do consórcio entre o sorgo e espécies forrageiras tropicais, em que estes autores afirmam não terem verificado interferência das forrageiras no desenvolvimento do sorgo devido a sua elevada capacidade de competição. Além disso, verificaram que o consórcio não interfere no estabelecimento da pastagem, pois ao final do primeiro ano as plantas apresentaram boa capacidade de produção, assim como nos resultados da presente pesquisa.

O estande final de plantas (EFP) não foi influenciado pelos consórcios com os capins (Tabela 14). Tal fato demonstra, assim como o verificado por Alvarenga et al. (2010), a baixa competição da cultura no consórcio com capins, inclusive por luminosidade. Segundo este autor, a cultura do sorgo é altamente eficiente na extração de nitrogênio, fósforo e potássio do solo, o que favorece assim, o seu desenvolvimento.

Também Avelino et al. (2011), avaliando densidades de semeadura da cultura do sorgo para ensilagem (espaçamentos 1,00; 0,75 e 0,50 m) obtiveram população de plantas de 140.000; 186.666 e 280.000 plantas ha⁻¹. Oliveira et al. (2005) obtiveram uma média de 193 mil plantas ha⁻¹ considerada alta para o sorgo forrageiro. Resende et al. (2011), avaliando híbridos de sorgo, verificaram valores para a cv. Volumax de 147.399 plantas ha⁻¹. Von Pinho et al. (2006), pesquisando sobre as características agronômicas dos genótipos de sorgo granífero, de duplo-propósito e forrageiro, observaram, para todos os grupos de cultivares, 167,43; 143,71 e 127,60 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. Assim, pode-se considerar que os valores para EFP obtidos na presente pesquisa, são consideradas elevadas de acordo com diversos autores. Uma justificativa para tal fato, foi o uso de espaçamento reduzido (0,45 m entrelinhas), visando-se aumentar a produtividade de forragem por área, embora a densidade possa ser ajustada aumentando-se ou diminuindo-se o número de plantas por metro, de acordo com o espaçamento adotado.

Em trabalhos conduzidos por Albuquerque et al. (2011) e May et al. (2012), envolvendo arranjos de plantas e cultivares de sorgo, verificaram que a redução do espaçamento entrelinhas e o aumento da densidade de semeadura resultaram em maior produtividade de massa verde, conseqüentemente, maior produtividade de massa seca. Sendo assim, menores espaçamentos entre linhas de semeadura, em diversas culturas, são correlacionados com maior produtividade, cobertura mais rápida do solo, maior

supressão das plantas daninhas, maior absorção de luz solar e menor perda de água por evaporação, além de maior eficiência das plantas na absorção de água e nutrientes.

Sendo assim, a cultura do sorgo é considerada uma das melhores alternativas para a alimentação animal, em que esta tem papel importante por sua capacidade de adaptação à seca, fator limitante à cultura do milho, garantindo melhores resultados econômicos à atividade, além das suas características fenotípicas que determinam facilidade de semeadura, manejo, colheita, armazenamento e produção de rebrotas. No entanto, conforme Bruno et al. (1989), a produção de silagem de alta qualidade depende, entre outros fatores, primordialmente da produção de matéria seca por unidade de área, associado à boas características nutritivas das porções constituintes da planta.

De maneira geral, verificou-se menores produtividades de massa seca (PMS) para ensilagem da cultura do sorgo em consórcio quando comparado ao cultivo solteiro (Tabela 15). Entretanto, cabe ressaltar que, apesar da menor produtividade obtida nestas modalidades de cultivo, o consórcio possibilita a obtenção de pastagem após a colheita das plantas para ensilagem. Com relação aos anos de cultivo, verificou-se maior PMS no segundo ano de avaliação, uma vez que pela análise da Figura 1, verifica-se maiores precipitações no primeiro ano agrícola, e portanto, maior número de dias nublados durante o ciclo das plantas de sorgo forrageiro, e portanto, uma provável redução na luminosidade incidente e menor taxa fotossintética.

Segundo Nascimento et al. (2008), as silagens de sorgo apresentaram características que as diferenciam das outras culturas utilizadas para esta finalidade, como a rusticidade e a capacidade de adaptação às condições limitantes de crescimento, como temperaturas elevadas e escassez de água, demonstrando o grande potencial produtivo desta cultura.

De acordo com Rocha Júnior et al. (2000), a cultura do sorgo contribui com 10 a 12% da área total cultivada para silagem no Brasil e se destaca, de modo geral, por apresentar produtividade de matéria seca ($t\ MS\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) mais elevada que a do milho, principalmente em condições marginais de cultivo, como nas regiões de solos de baixa fertilidade natural e locais onde é frequente a ocorrência de veranicos (Cerrado). A cultura, tem se tornado assim, uma valiosa fonte de alimento animal, principalmente em regiões semiáridas (MEKBIB, 2006; SILVA et al. 2012).

Tabela 15. Produtividade de massa seca (PMS) total da massa ensilada (sorgo + forrageiras), produtividade de massa seca (PMSs) das plantas de sorgo e produtividade de massa seca (PMSf) das espécies forrageiras em consórcio para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	PMS (total)	PMSs	PMSf
	kg ha ⁻¹		
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>			
Exclusivo	31.227a	31.227a	-
Consórcio com capim-xaraés	24.459b	22.865b	1.594a
Consórcio com capim-tanzânia	26.915b	25.215b	1.700a
<u>Ano (A)</u>			
1	25.802b	24.918	883b
2	29.266a	27.953	1.313a
<u>ANAVA (P>F)</u>			
Modalidade de cultivo (MC)	0,007	0,001	0,000
Ano (A)	0,036	0,064	0,027
MC x A	0,095	0,119	0,113
Bloco	0,155	0,131	0,493
CV (%)	13,37	14,05	39,02

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Neumann et al. (2005), determinando o comportamento agrônomico produtivo do híbrido de sorgo AG 2002, de caráter forrageiro, constataram produtividade de 9,4 t ha⁻¹ de matéria seca ensilável. Rodrigues Filho et al. (2006) avaliando quatro híbridos de sorgo (CMSXS 762, BRS 610, BR 700 e BR 506) e três doses de nitrogênio (50, 75 e 100 kg ha⁻¹) obtiveram médias de PMS de 15,17 t ha⁻¹. Do mesmo modo, Chiesa et al. (2008), verificaram valores de 19,8 t ha⁻¹, 26,4 t ha⁻¹ e 29,96 t ha⁻¹, trabalhando com os aspectos agrônomicos dos híbridos de sorgo AG 2005E, AG 60298 e BR 101, respectivamente. Neumann et al. (2008), avaliando o potencial na produção de biomassa seca em cultivares de sorgo forrageiro, obtiveram produtividades superando 25 t ha⁻¹. Enquanto que Magalhães et al. (2010), avaliando 25 híbridos de sorgo de duplo propósito, sendo 22 híbridos novos, pertencentes ao programa de melhoramento genético de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo, e três híbridos testemunhas (BR 601, BR700 e Volumax), observaram PMS maior para o genótipo Volumax (16,08 t ha⁻¹). Resende et al. (2011), também utilizando a cv. Volumax, obtiveram produtividade de 8,94 t ha⁻¹.

Desta forma, a literatura é bastante controversa com relação aos dados de produtividade de massa seca, tendo em vista a grande quantidade de materiais estudados e sistemas de cultivo, bem como os tipos de sorgo utilizados (forrageiro, duplo propósito ou corte e pastejo), altura de corte, região de cultivo, manejo da cultura,

espaçamento, população de plantas utilizados e mais recentemente, a utilização do sorgo em consórcio com forrageiras tropicais.

Portanto, as produtividades médias obtidas na presente pesquisa podem ser consideradas elevadas. Tal fato se deve, principalmente à elevada capacidade competitiva do sorgo, uma vez que nas modalidades de cultivo consorciadas, havia competição com os capins. Cabe ressaltar-se ainda, as boas condições de desenvolvimento das culturas, com fornecimento de adubação adequada, condições climáticas satisfatórias no período de desenvolvimento do sorgo (Figura 1), além da irrigação e do histórico da área de cultivo, em que esta se encontrava há 8-9 anos sob SPD, proporcionando condições suficientes para o bom desenvolvimento das plantas e consequentemente para a produção de massa verde.

Segundo Albuquerque et al. (2011) e Albuquerque et al. (2013a, b), a cultura do sorgo têm demonstrado boas respostas não somente à adubação, mas também a outros manejos da cultura. A redução dos espaçamentos entre fileiras promove incrementos na produtividade de grãos e massa seca, independente da população de plantas adotada, além da irrigação, que tem proporcionado acréscimo na produtividade.

Com relação à PMS das forrageiras em consórcio, os maiores valores foram obtidos no segundo ano de avaliação (Tabela 15). Na literatura, são escassos os trabalhos avaliando a produtividade destas forrageiras em consórcio com a cultura do sorgo, entretanto, cabe-se ressaltar a importância da adoção desta técnica, visando principalmente a formação de pastagem de qualidade após a colheita da silagem, uma vez que a ausência de culturas alternativas para o cultivo de outono-inverno é um entrave nos sistemas agrícolas para produção de forragens, principalmente em regiões de inverno seco como no caso da presente pesquisa.

Lara-Cabezas; Brancalião (2012), avaliando a PMS da *Urochloa ruziziensis* em consórcio com o sorgo, verificaram valores de 6.950 kg ha⁻¹. Albuquerque et al. (2013a), avaliando espécies forrageiras em consórcio com a cultura do sorgo em duas localidades em MG (Leme do Prado e Jaíba), verificaram que o consórcio do sorgo com *M. maximum* propiciou maiores produções de massa de forragem em comparação com as outras forrageiras. De acordo com estes mesmos autores, os valores para PMS de forragens variou de 7,07 t ha⁻¹ para *U. brizantha* e 9,02 t ha⁻¹ para *M. maximum* em consórcio com a cultura do sorgo em espaçamento de 0,60 m, sendo este maior que o utilizado no presente trabalho. Tal fato pode ter favorecido o desenvolvimento das

espécies forrageiras em consórcio pela menor competição entre as plantas e provavelmente, pela maior incidência de luminosidade. De acordo com Rolim (1980), a maioria das plantas forrageiras tem taxa fotossintética maximizada quanto maior a luminosidade disponível.

Ainda nestes sistemas de produção, outro fator assume elevada importância, principalmente no que diz respeito à altura de colheita das plantas para confecção de silagem, uma vez que o aumento na altura de corte pode ser uma excelente alternativa para aumentar a qualidade energética da mesma, assim como diminuir os teores de fibras na composição final do material ensilado. Desta forma, adotando-se alturas de corte mais elevadas, haverá um aumento na concentração de grãos e redução na participação de colmos e folhas senescentes, fazendo com que haja uma melhoria nas características nutricionais da silagem.

Tabela 16. Porcentagem de colmos (% C), de folhas (% F), de panículas (% P) e das espécies forrageiras (% EF) na composição final do material ensilado da cultura do sorgo em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	% C	% F	% P	% EF
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>				
Exclusivo	71,8a	18,1	10,1b	-
Consórcio com capim-xaraés	61,7b	17,5	13,7a	7,2a
Consórcio com capim-tanzânia	63,5b	18,7	11,5ab	6,3a
<u>Ano (A)</u>				
1	62,7b	19,0	15,4a	3,9
2	66,6a	17,1	11,3b	5,1
<u>ANAVA (P>F)</u>				
Modalidade de cultivo (MC)	0,004	0,669	0,044	0,000
Ano (A)	0,002	0,097	0,000	0,155
MC x A	0,470	0,309	0,741	0,564
Bloco	0,177	0,837	0,172	0,110
CV (%)	8,12	14,82	21,99	44,22

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Para a produção de silagem de melhor qualidade, é de fundamental importância o conhecimento da composição da planta em termos de colmo, folhas, e panículas (grãos), além da participação de espécies forrageiras em consórcio, como no caso da presente pesquisa. Zago (1991), analisando a estrutura física da planta de sorgo, constatou que as percentagens de colmo e de panícula são características agrônômicas que consistentemente se correlacionam com variáveis de qualidade, como

digestibilidade da matéria seca e fibra em detergente ácido (FDA), com o ganho de peso médio diário e consumo de matéria seca pelos animais.

Desta maneira, verificou-se diferença significativa das percentagens de colmos (% C), panículas (% P) e espécies forrageiras (% EF) na composição final da silagem de sorgo em função das modalidades de cultivo, em que os melhores valores para estes parâmetros foram proporcionados pelos consórcios com as espécies forrageiras (Tabela 16).

Com relação aos anos de avaliação, verificaram-se os melhores valores no primeiro ano agrícola. Cabe ressaltar-se ainda que foi utilizado a mesma cultivar de sorgo e adotados os mesmos procedimentos de manejo das culturas em ambos os anos. Entretanto, observou-se que no segundo ano agrícola, houve maior ataque de pássaros no momento da colheita da silagem, havendo maior perda dos grãos de sorgo, o que prejudicou a porcentagem de panículas e grãos na composição final da silagem.

As diferentes partes constituintes da planta de sorgo, possuem diferenças em sua qualidade nutricional. Desta maneira, a variação existente na composição de cada planta reflete diretamente na qualidade e no valor nutritivo da silagem. Assim, de acordo com Neumann et al. (2002a), o colmo possui elevadas quantidades de parede celular e baixa digestibilidade, com valores de 57,2%, enquanto que nas folhas os valores são de 54,8% e na panícula de 68,2%, indicando que a maior proporção de panícula representa maior qualidade da silagem. Além disso, os autores constataram que os teores de proteína bruta variaram de 1,66; 5,45 e 7,63% no colmo, folhas e panícula, respectivamente, concluindo que a panícula é o principal componente da planta para ser utilizado para silagem.

Sendo assim, considerando-se que o colmo apresenta baixa qualidade nutricional, a sua participação na composição final da silagem proporciona um material de menor qualidade, sendo este mais fibroso. Mondadori et al. (2000), trabalhando com os híbridos AG-2002 e AG-2005E, verificaram na composição física da planta valores de 50,6 e 37,2%, para o componente colmo, respectivamente. Gontijo Neto et al. (2000), avaliando a composição física da planta de diferentes híbridos de sorgo, verificaram valores de 42,2% (AGX-213), 52,9% (AG-2002) e 29,9% (AG-2005E), respectivamente, para o componente físico colmo em cultivo solteiro. Molina et al. (2000), avaliando diferentes híbridos de sorgo verificaram que os materiais variaram de 40,5 a 67% de colmo em sua composição.

Do mesmo modo, Resende et al. (2011), verificaram valores para porcentagem de colmos de sorgo cv. Volumax de 71,5%, semelhantes ao cultivo exclusivo de sorgo na presente pesquisa (Tabela 16). Enquanto que Macedo et al. (2012), verificaram valores de 46,51% de colmo na planta. Cabe destacar que pela maior participação das forrageiras no consórcio com sorgo, a porcentagem de colmos na massa ensilada foi reduzida significativamente em relação ao cultivo solteiro (Tabela 16)

A fração folha, não foi influenciada pelas modalidades de cultivo avaliadas e anos agrícolas, apresentando valores muito próximos entre os tratamentos (Tabela 16), corroborando aos resultados obtidos por diversos autores, avaliando a composição física da planta de sorgo para ensilagem, mesmo em cultivo solteiro. Neste contexto, em trabalho realizado por Molina et al. (2000), avaliando diferentes híbridos de sorgo, os autores observaram valores que variaram de 12,1 a 21,6% de participação de folhas. Neumann et al. (2002a), encontraram valores de 21,5% de folhas e Neumann et al. (2005), constataram porcentagem de folhas na planta de sorgo (AG 2002) de 20,8%. Do mesmo modo, a porcentagem de folhas determinada por Oliveira et al. (2005), ao estudarem o comportamento agrônomico de quatro cultivares de sorgo, apresentou variação de 11,53 a 13,56%, enquanto Resende et al. (2011), verificaram valores de 19,16% no cv. Volumax, semelhante ao presente trabalho.

A fração panícula na cultura do sorgo, geralmente é a maior responsável pela qualidade bromatológica do alimento produzido, uma vez que os grãos contém grande quantidade de energia. Assim, as cultivares destinadas para silagem devem apresentar elevada quantidade de massa seca na panícula, melhorando a qualidade nutricional do alimento (NEUMANN et al., 2008; PEREIRA et al., 2005; GOMES et al., 2006; SILVA et al., 2012). De acordo com Neumann et al. (2002a), a panícula é o componente responsável pela definição do momento mais adequado para a colheita das plantas para ensilagem, além de ser o componente que define a qualidade da silagem, por apresentar os maiores teores de MS, PB e D e menores teores de FDN, FDA, CEL e LIG+CZ, comparado ao conjunto colmo e folhas.

A porcentagem de panículas na composição final do material ensilado foi maior no consórcio do sorgo com o capim-xaraés, principalmente no primeiro ano de avaliação (Tabela 16). Molina et al. (2000), avaliando híbridos de sorgo, constataram variação de 20,9 a 40,6% de panículas. Gontijo Neto et al. (2000), avaliando a composição física da planta de híbridos de sorgo, verificaram valores de 37,08% (AGX-

213), 30,18% (AG-2002) e 51,42% (AG-2005E), respectivamente, para a fração panícula.

Também Neumann et al (2002a), verificaram na avaliação da composição física da planta para os híbridos AG-2005E, AG-2002, AGX-213 e AGX-217, porcentagem de panícula de 58,4%, 24,3, 24,6% e 31,3%, respectivamente. Enquanto que Von Pinho et al. (2007), avaliando a produtividade de sorgo em função da época de semeadura, obtiveram proporção de panícula de 29,8% em materiais de duplo-propósito e para os genótipos forrageiros, o valor foi próximo a 17,7%, próximos aos valores obtidos para a cv. Volumax forrageira utilizada no presente trabalho (Tabela 16). Avelino et al. (2011) constataram que a panícula foi o componente com maior participação na massa seca da planta, apresentando 43,75% no sorgo forrageiro cv. Volumax. Entretanto, Resende et al. (2011), avaliando esta mesma cultivar, obtiveram valores de 9,34%.

De maneira geral, nota-se que os resultados obtidos na presente pesquisa para porcentagem de panículas na cultura do sorgo na composição final da silagem, foi inferior à maior parte dos trabalhos da literatura, entretanto cabe ressaltar que a maioria utiliza sorgo granífero, híbridos e de duplo-propósito, nas mais variadas condições de cultivo (espaçamentos maiores ao utilizado no presente trabalho). No caso do cultivo consorciado com espécies forrageiras, existe o efeito da competição das espécies por fatores inerentes ao desenvolvimento de ambas, o que pode ter prejudicado na produção de grãos da cultura do sorgo. Outro aspecto que deve ser destacado, foi o intenso ataque de pássaros próximo ao período de colheita da cultura, o que prejudicou consequentemente, a produtividade final de grãos. Entretanto, apesar destes entraves, este sistema de produção proporcionou elevada PMS da cultura (Tabela 15), havendo ainda o benefício da pastagem instalada após a colheita da silagem.

Com relação à composição bromatológica do material no momento da ensilagem, verificou-se diferença entre o teor de massa seca (MS), poder tampão (PT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e capacidade fermentativa (CF) do material em função das modalidades de cultivo e ano agrícola (Tabela 17).

O teor de MS na cultura do sorgo forrageiro, de acordo com Pesce et al. (2000), varia com a idade de corte e a natureza do colmo da planta. Assim, segundo McDonald (1981), Van Soest (1994), Borges et al. (1997) e Molina et al. (2000), o teor de MS ideal para ensilagem seria quando a planta atinge entre 30 e 35%, com o objetivo de

evitar perdas de MS pela formação de efluentes e processos biológicos que produzam gases, água e calor, visando uma fermentação láctica adequada para manutenção do valor nutritivo da silagem. Sendo assim, pode-se considerar que, mesmo os teores de MS na presente pesquisa terem diferido com relação às modalidades de cultivo, sendo os maiores teores verificados nos consórcios do sorgo com os capins-xaraés e o capim-tanzânia, estes foram adequados para se obter uma silagem de qualidade. De acordo com Neumann et al. (2004b), as diferenças no teor de MS entre híbridos de sorgo são justificadas pela idade de florescimento, composição física da planta e pela suculência do colmo.

Assim sendo, o teor de MS é uma característica que pode comprometer a qualidade da silagem, pois forragens com baixos teores não apresentam fermentação láctica adequada, o que favorece a formação de ácido butírico (RAMOS et al., 2001). Por outro lado, silagens com teor de matéria seca superior a 40% também podem apresentar baixa qualidade nutricional, pois são mais susceptíveis à danos por aquecimento e aparecimento de fungos, uma vez que a remoção de oxigênio é dificultada, por não permitir compactação adequada (Van SOEST, 1994). Além da importância da MS na confecção da silagem e nos seus aspectos qualitativos, o teor de MS pode influenciar o consumo de nutrientes pelos animais, principalmente em dietas com elevada proporção de volumoso, e conseqüentemente o seu desempenho.

Além do teor adequado de umidade no material a ser ensilado, a qualidade deste é de fundamental importância. Assim, o suprimento das necessidades nutricionais de ruminantes depende principalmente do conteúdo de energia e proteína da dieta que podem ser utilizadas pela microbiota ruminal. Desta forma, verifica-se que os teores de PB obtidos na presente pesquisa, apesar de não terem diferido em função das modalidades de cultivo e ano agrícola (Tabela 17), apresentaram-se abaixo dos 7% considerados adequados por Van Soest (1994).

Tabela 17. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), poder tampão (PT) em emg HCl/100 g MS, fibra em detergente neutro (FDN), em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), carboidratos solúveis (CHOs), cinzas (CZ) e capacidade fermentativa (CF) do material antes da ensilagem de sorgo em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	MS %	PB	PT	FDN	FDA	LIG % MS	CEL	HEM	CHOs	CZ	CF %
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>											
Exclusivo	32,5b	4,9	20,3a	62,8b	35,9b	4,8b	30,2b	26,9b	18,5	6,5	37,7b
Consórcio com capim-xaraés	35,4a	4,8	17,7b	65,9a	37,4ab	5,0b	31,5ab	28,6a	17,5	6,1	43,4a
Consórcio com capim-tanzânia	34,1ab	4,5	20,5a	66,6a	39,1a	5,6a	32,3a	27,5b	17,4	6,5	35,5b
<u>Ano (A)</u>											
1	32,0b	4,5	21,7a	69,5a	41,9a	6,0a	34,8a	27,7	19,2a	6,5	35,9b
2	35,0a	5,0	17,4b	60,7b	33,0b	4,3b	27,9b	27,8	16,4b	6,2	41,8a
<u>ANAVA (P>F)</u>											
Modalidade de cultivo (MC)	0,028	0,468	0,011	0,006	0,006	0,003	0,020	0,018	0,545	0,407	0,027
Ano (A)	0,000	0,079	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,731	0,008	0,353	0,017
MC x A	0,178	0,113	0,356	0,238	0,339	0,511	0,290	0,362	0,409	0,528	0,321
Bloco	0,242	0,918	0,876	0,061	0,218	0,672	0,177	0,125	0,132	0,755	0,052
CV (%)	5,67	12,36	9,08	3,24	4,40	7,81	4,38	3,27	12,30	11,17	13,72

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Flaresso et al. (2000) trabalharam com 8 cultivares de sorgo e obtiveram médias de 7,1% de PB. Nascimento et al. (2008) obtiveram valores entre 9,83 a 10,98% PB em silagem de sorgo granífero. Silva et al. (1999b), verificaram que o incremento da participação de panícula na massa ensilada promoveu aumento progressivo no teor de PB da silagem para todos os híbridos, indicando que este componente apresenta maior teor de PB que o conjunto folhas+colmo. Avelino et al. (2011), verificaram nível médio de PB de 6,5% em silagem do híbrido Volumax. Cabe destacar que os baixos valores de PB obtidos na presente pesquisa devem-se à baixa quantidade de grãos na panícula, em virtude do ataque de pássaros pós florescimento da cultura, bem como ser esta cultivar forrageira e não híbrido ou granífero, como na maioria dos trabalhos da literatura.

Os teores de FDN e FDA verificados na presente pesquisa, foram melhores quando a cultura do sorgo foi cultivada exclusivamente (Tabela 17). Os maiores valores para estes parâmetros obtidos nos cultivos consorciados, podem ser atribuídos à participação das espécies forrageiras em consórcio, que apresentavam idade já avançada para espécies forrageiras tropicais, uma vez que estas foram implantadas em função do consórcio com a cultura do sorgo, apresentando, portanto, maior teor de fibras na constituição da parede celular. Neste sentido, a determinação dos teores das frações fibrosas é importante na caracterização do valor nutritivo das forragens. Tanto o teor de FDN quanto o de FDA são negativamente correlacionados com a digestibilidade da MS, e com o seu consumo pelos animais (Van SOEST, 1994). Sendo assim, o teor de FDN é indicativo da quantidade total de fibra do volumoso, estando diretamente relacionada ao consumo pelos animais e os teores de FDA, indicam a digestibilidade da silagem.

Em trabalho realizado por Neumann et al. (2004b), avaliando híbridos de sorgo de duplo propósito (AGX-217 e AG-2005), verificaram que estes produziram silagem com menores teores de FDN e FDA que os forrageiros (Volumax; AG-2002), portanto, com melhores valores nutricionais, com médias de 74,23 e 65,03% de FDN para Volumax e AG-2005, respectivamente. Souza et al. (2003), verificaram valores médios de 64,4% no híbrido Volumax, semelhantes aos valores obtidos nos sistemas de cultivo aqui avaliados.

Os valores de FDA corroboram aos valores obtidos por diversos autores, demonstrando assim, valores adequados deste componente fibroso, proporcionando uma silagem de boa qualidade quanto ao consumo pelos ruminantes (abaixo de 40%). Mello et al. (2004), obtiveram valores de 35,07% para o híbrido AG-2005 e Von Pinho et al.

(2006) valores de 35,4% para o cv. Volumax. De maneira geral, os resultados para os componentes fibrosos (FDN e FDA), mesmo quando na modalidade de cultivo consorciado, foram semelhantes aos verificados na literatura, demonstrando assim, a viabilidade do consórcio da cultura do sorgo com espécies forrageiras tropicais para produção de silagem nestes sistemas produtivos, no tocante à qualidade da silagem de sorgo produzida.

Os teores de lignina (LIG), celulose (CEL) e hemicelulose (HEM), mantiveram-se dentro da faixa de variação reportada na literatura, demonstrando mais uma vez, a viabilidade do consórcio, tendo em vista que a inclusão de espécies forrageiras na composição final da silagem, pode aumentar os teores de fibras desta, em função da idade já avançada dos capins, que foram implantados no momento da semeadura da cultura do sorgo. Segundo Bergamaschine et al. (2006), as gramíneas forrageiras tropicais, não apresentam teores adequados de MS, de carboidratos solúveis e valores de poder tampão que proporcionem eficiente processo fermentativo. Assim, pode-se afirmar que, a inclusão destas espécies forrageiras neste sistema produtivo não prejudicou a qualidade da silagem, uma vez que a maioria dos parâmetros bromatológicos estão de acordo com os considerados ideais por vários autores.

Com relação aos carboidratos solúveis (CHOs), verificou-se somente efeito do ano na melhoria deste parâmetro (Tabela 17). Os valores constatados, mesmo quando em consórcio com os capins Xaraés e Tanzânia, estão acima dos níveis mínimos desejáveis, de 6 a 8% da MS (GOURLEY; LUSK, 1977), capazes de proporcionar uma boa preservação da forragem. Gontijo Neto et al. (2004), avaliando diversos híbridos de sorgo, verificaram valores de CHOs entre 12,24 a 19,80% na MS, semelhantes aos obtidos na presente pesquisa, mesmo com sorgo forrageiro.

A capacidade fermentativa (CF) é uma característica de extrema importância, pois demonstra o potencial de ensilabilidade da silagem. Verificou-se os maiores valores para a CF quando o sorgo foi cultivado em consórcio com o capim-xaraés, obtendo-se também os valores mais elevados no segundo ano agrícola (Tabela 17), demonstrando-se assim, melhor qualidade do material a ser ensilado. Entretanto, de modo geral, os valores de CF foram superiores a 35 %, o que, de acordo com Oude Elferink (1999), é o mínimo aceitável para obtenção de silagens lácticas, com boa qualidade.

Após o período de ensilagem, ou seja, após 60 dias de vedação do material em silos laboratoriais, verificou-se diferença significativa entre os teores de matéria seca (MS), cinzas (CZ), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e celulose (CEL), em função das modalidades de cultivo, onde os maiores valores foram proporcionados pelo cultivo da cultura do sorgo exclusivamente (solteiro) e em consórcio com o capim-tanzânia (Tabela 18). Entre os anos de cultivo, observou-se diferença entre os teores de MS, CZ, FDN, FDA e LIG, sendo os maiores valores dos componentes fibrosos verificados no primeiro ano de cultivo, devido à idade mais avançada das plantas, como aumento dos teores dos componentes fibrosos.

Tabela 18. Teores percentuais de matéria seca (MS), cinzas (CZ), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) expressos em % da matéria seca, em silagem de sorgo em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	MS %	CZ	NIDN	NIDA	FDN	FDA	LIG	CEL	HEM
	% MS								
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>									
Exclusivo	33,1b	6,0a	0,26	0,23	69,6a	39,9ab	4,4	33,6a	29,7
Capim-xaraés	35,6a	5,3b	0,27	0,23	65,9b	38,7b	4,6	30,0b	27,2
Capim-tanzânia	34,5a	6,5a	0,31	0,27	70,7a	41,9a	4,9	35,1a	28,8
<u>Ano (A)</u>									
1	32,4b	6,3a	0,28	0,25	70,1a	42,2a	4,3b	33,4	27,9
2	35,8a	5,6b	0,28	0,24	67,3b	38,2b	5,0a	32,3	29,2
<u>ANAVA (P>F)</u>									
MC	0,027	0,002	0,242	0,196	0,017	0,024	0,381	0,001	0,187
Ano (A)	0,041	0,004	0,866	0,678	0,044	0,000	0,030	0,249	0,423
MC x A	0,321	0,309	0,898	0,926	0,773	0,888	0,649	0,108	0,278
Bloco	0,259	0,409	0,878	0,117	0,741	0,138	0,227	0,233	0,433
CV (%)	5,39	8,72	18,78	22,47	4,46	5,19	14,39	6,95	16,43

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Verificou-se que os teores de MS, apesar de terem diferido entre as modalidades de cultivo e anos agrícolas, estão de acordo com o considerado ideal para ensilagem da cultura do sorgo (McDONALD, 1981; Van SOEST, 1994; BORGES et al., 1997; MOLINA et al., 2000; PESCE et al., 2000; ARAUJO et al., 2007; FRANÇA et al., 2011). Pode-se constatar ainda, uma pequena variação no teor de MS, quando comparado ao teor inicial do material obtido no momento da ensilagem (Tabela 17). Desta forma, os resultados demonstram que houve boa compactação da silagem no

interior dos silos, o que proporcionou fermentação adequada, garantindo um material de qualidade satisfatória, com reduzidas perdas durante o processo de ensilagem.

Os teores de NIDA e NIDN não foram influenciados pelas modalidades de cultivo e anos agrícolas (Tabela 18), entretanto, cabe ressaltar a importância destes parâmetros na qualidade final do material ensilado, principalmente quanto à digestibilidade. De acordo com Van Soest (1994), boa parte dos compostos nitrogenados dos volumosos encontram-se ligados à parede celular na forma de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e de nitrogênio insolúvel em detergente ácido. O nitrogênio insolúvel em detergente neutro, mas solúvel em detergente ácido, é digestível, porém de lenta degradação no rúmen, enquanto o nitrogênio retido na forma de NIDA é praticamente indigestível e está geralmente associado à lignina e a outros compostos de difícil degradação. Assim, verificou-se teores adequados destes componentes, corroborando aos resultados obtidos por diversos autores (Van SOEST, 1994; NEUMANN et al., 2002a; CARDOSO et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010), proporcionando assim, uma silagem de boa qualidade.

A determinação dos teores das frações fibrosas torna-se fator de extrema importância na caracterização do valor nutritivo das forragens. Assim, tanto o teor FDN quanto de FDA, são negativamente correlacionados com a digestibilidade da MS, e com o seu consumo (Van SOEST, 1994). Ainda de acordo com Van Soest (1994), os teores de FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina, à medida que a planta envelhece são, em geral, inversamente correlacionados com a digestibilidade, resultando em redução do valor nutritivo.

Os teores de FDN e FDA diferiram quanto às modalidades de cultivo e anos agrícolas, sendo os menores teores verificados quando a cultura do sorgo foi consorciada com o capim-xaraés, principalmente no segundo ano agrícola (Tabela 18). Nascimento et al. (2008) constataram valores de FDN de 47,40 a 54,58 e FDA de 24,17 a 27,51 em silagens de sorgo granífero, enquanto que Oliveira et al. (2010) observaram valor médio de 65,12% de FDN para silagens de sorgo, e Macedo et al. (2012), obtiveram teores médios de FDN e FDA de 68,60% e 51,99%, respectivamente, valores estes semelhantes aos verificados na presente pesquisa. Segundo Zanine et al. (2006), o consumo de silagem é inversamente relacionado ao conteúdo de FDN e depende mais especificamente, do conteúdo de parede celular indigestível, uma vez que, essa fibra indigestível ocupa espaço no trato gastrointestinal, diminuindo a taxa de passagem e o

consumo. Segundo Cruz et al. (2001), são mais desejáveis valores de FDN nas silagens inferiores a 50%.

Do mesmo modo, a alta porcentagem de FDA é uma característica indesejável, pois indica a presença de substâncias pouco aproveitáveis pelo animal, como lignocelulose, que é um bom indicador da qualidade da silagem, pois apresenta correlação negativa com a digestibilidade da matéria seca (Van SOEST, 1994). Desta forma, sugerem-se maiores taxas de consumo voluntário de silagens de híbridos de sorgo que apresentem menor concentração de FDN. Sendo assim, pode-se considerar que os valores para FDN e FDA obtidos, são satisfatórios, mesmo quando o sorgo foi consorciado com espécies forrageiras tropicais, o que poderia elevar o teor de fibras na composição final da silagem. Os resultados obtidos do trabalho, devem-se em parte às condições climáticas adequadas durante o desenvolvimento das culturas em consórcio, e também ao histórico da área de cultivo, que se apresentava há 8-9 anos sob SPD, o que pode ter favorecido o desenvolvimento das culturas.

Os teores de lignina (LIG) não diferiram quanto às modalidades de cultivo (Tabela 18), demonstrando que a inclusão das espécies forrageiras em consórcio, não aumentaram significativamente os teores de fibras, comprovando assim, a viabilidade deste sistema produtivo. Entretanto, entre os anos de cultivo, os melhores resultados ocorreram no primeiro ano agrícola. Tal fato se deve, provavelmente, assim como para os teores de FDN e FDA, à menor participação do componente capim na composição final do material ensilado neste ano (Tabelas 15 e 16), o que reduziu o teor de fibras na silagem.

De acordo com Jung (1989), a lignina é indigestível e pode limitar a extensão da digestão dos demais componentes da parede celular, dependendo de sua concentração e composição estrutural. Segundo Van Soest (1994), o teor de lignina de uma forrageira é o principal fator limitante da digestibilidade, em razão de incrustação dos polissacarídeos da parede celular, tornando-os menos acessíveis à ação de bactérias e alterando tanto a taxa quanto a extensão da digestão das forrageiras. Sendo assim, Pereira et al. (2006), observaram em silagem de sorgo teor médio de lignina de 8,9% e Oliveira et al. (2010), encontraram valores entre 6,1 a 9,1%, avaliando diferentes híbridos de sorgo, sendo estes resultados superiores aos verificados na presente pesquisa, mesmo quando a cultura do sorgo foi consorciada com os capins-xaraés e tanzânia. Segundo Martins et al. (2003), níveis inferiores a 7,3% de lignina na silagem

de sorgo favorecem o aumento do consumo e da digestibilidade das frações fibrosas. Portanto, pode-se considerar que os teores de LIG estão adequados.

Assim como para os demais componentes fibrosos, os teores de celulose (CEL) foram menores quando a cultura do sorgo foi consorciada com o capim-xaraés (Tabela 18). De acordo com o trabalho de Martins et al. (2003), teores de celulose em torno de 35% na silagem de sorgo possibilitam melhores taxas de consumo e digestibilidade das frações fibrosas. Oliveira et al. (2010), verificaram valores de celulose de 41,0 a 44,4% em silagens de sorgo e Neumann et al. (2004b), valores de 23,19 a 39,66%, ao compararem vários híbridos de sorgo. De maneira geral, os valores verificados no presente trabalho são inferiores aos relatados por estes autores, caracterizando assim, uma silagem com provável maior digestibilidade, mesmo nas modalidades de cultivo consorciados.

Apesar dos teores de hemicelulose (HEM) não terem diferido em função das modalidades de cultivo e anos agrícolas (Tabela 18), cabe ressaltar que este, assim como os demais componentes fibrosos, podem influenciar no consumo e na digestibilidade da silagem. De maneira geral, os teores verificados no presente trabalho foram menores nas modalidades de cultivo consorciados, demonstrando mais uma vez, a possibilidade de utilização destas espécies nos sistemas produtivos. Neumann et al. (2004b) obtiveram teores médios de hemicelulose de 39,66% para o cv. Volumax e de 34,51% para o AG-2005. Avelino et al. (2011) verificaram valores médios entre 23,39 e 24,02%, avaliando diferentes híbridos de sorgo, enquanto Oliveira et al. (2010), observaram valores entre 15,9 a 17,2% de hemicelulose, e Cardoso et al. (2004), obtiveram valores inferiores a 36,6%, sendo estes resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho.

Desta forma, além da porcentagem de grãos na massa ensilada, caracterizada pela porcentagem de panículas na composição final da silagem (Tabela 16), os teores dos constituintes fibrosos da silagem também contribuem para definir o valor nutritivo final do alimento, demonstrando assim, que os sistemas produtivos analisados na presente pesquisa foram eficientes em produzir elevada quantidade de silagem de qualidade, sendo uma opção aos produtores para utilização na região em estudo.

Os teores de carboidratos solúveis (CHOs) e de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (D) nas silagens de sorgo diferiram com relação às modalidades de cultivo, sendo os maiores teores proporcionados quando do sorgo em cultivo exclusivo e em

consórcio com o capim-xaraés (Tabela 19). Com relação aos anos agrícolas, observou-se que os valores de pH e os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), também diferiram, sendo os melhores valores obtidos no primeiro ano.

Os teores de pH no material ensilado, não diferiram entre as modalidades de cultivo, entretanto, foram superiores no segundo ano (Tabela 19). Segundo Ferreira (2001) e Muck; Shinnors (2001), silagens com fermentação adequada apresentam pH de 3,8 a 4,2. Enquanto para Van Soest (1994), as silagens bem preservadas devem apresentar pH na faixa de 3,7 a 4,2; e as de baixa qualidade se situam entre 5,0 a 7,0. Segundo este mesmo autor, a boa preservação em função da fermentação depende da produção de ácido lático para estabilização do pH e da adequada quantidade de ácidos orgânicos, o que faz reduzir a capacidade tamponante da forragem.

Tabela 19. Valores de pH, teores percentuais de proteína bruta (PB), nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHOt), carboidratos solúveis (CHOs), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (D) em silagem de sorgo em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	pH	PB	N-NH ₃	EE	CHOt	CHOs	NDT	D
					% MS			
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>								
Exclusivo	3,75	4,6	4,7	2,0	87,4	8,1a	67,6	62,9a
Capim-xaraés	3,76	4,5	4,3	3,8	86,4	8,2a	68,4	61,5a
Capim-tanzânia	3,70	4,6	3,7	4,3	85,0	5,3b	66,5	59,1b
<u>Ano (A)</u>								
1	3,68b	4,4	3,0	2,5	88,0	7,1	69,4a	61,5
2	3,79a	4,7	5,4	5,2	84,6	7,3	65,6b	60,8
<u>ANAVA (P>F)</u>								
MC	0,275	0,938	0,021	0,000	0,000	0,000	0,155	0,013
Ano (A)	0,002	0,182	0,000	0,000	0,000	0,597	0,000	0,499
MC x A	0,308	0,008	0,037	0,000	0,000	0,730	0,661	0,491
Bloco	0,995	0,215	0,594	0,056	0,357	0,745	0,582	0,035
CV (%)	2,08	9,96	15,07	6,33	0,92	16,87	2,83	3,65

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Os híbridos de sorgo utilizados para silagem no Brasil, geralmente têm um nível de carboidratos solúveis suficiente para uma boa fermentação, com conseqüente redução do pH (BORGES et al., 1997; NOGUEIRA, 1995). Dessa forma, os valores de pH permitem inferir que em todos os tratamentos analisados, houve disponibilidade de carboidratos solúveis para uma adequada fermentação, fator este necessário para que

haja a interrupção das fermentações indesejáveis e a consequente preservação da silagem, além de encontrarem-se nos limites obtidos por diversos autores (BORGES et al., 1997; NEUMANN et al., 2002a; NASCIMENTO et al., 2008; PIRES et al., 2013).

De acordo com McDonald et al. (1991), além das variações existentes entre espécies, os fatores que mais influenciam os teores de carboidratos solúveis (CHOs) são os cultivares, o estágio de maturação, a luminosidade, a temperatura, a aplicação de fertilizantes e a precipitação pluvial. De maneira geral, verificou-se diferença entre os teores de CHOs em função das modalidades de cultivo, em que os maiores valores foram observados no cultivo do sorgo solteiro e em consórcio com o capim-xaraés (Tabela 19). Entretanto, cabe ressaltar que estes teores estão adequados para uma silagem de qualidade, segundo Van Soest, (1994) e McDonald et al. (1991). Tal fato, provavelmente se deve ao correto manejo das espécies cultivadas, inclusive quando consorciadas, em que não foram verificadas limitações com relação às condições climáticas. A utilização de irrigação e a adubação de semeadura e cobertura, aliada ao histórico de SPD da área de cultivo, proporcionaram condições adequadas para o bom desenvolvimento das culturas, inclusive refletindo na qualidade bromatológica do material ensilado.

Com relação aos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), verificou-se os valores mais altos no primeiro ano de avaliação (Tabela 19). Fato este, provavelmente devido à menor participação de forragem na composição do material ensilado, como citado anteriormente (Tabela 16). Neste sentido, segundo Keplin (1992), para uma silagem ser considerada de boa qualidade, esta deve apresentar de 64 a 70% de NDT, o que foi verificado na presente pesquisa. De acordo com Oliveira et al. (2010), o conteúdo de NDT é fator de extrema importância, uma vez que a energia e proteína são frequentemente os fatores mais limitantes para a adequada nutrição de ruminantes.

Da mesma maneira que para os teores de NDT, verificou-se o mesmo padrão para os teores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (D), em que os melhores resultados foram proporcionados pelas silagens de sorgo solteiro e no consórcio com o capim-xaraés (Tabela 19). Araújo et al. (2007), verificaram que os valores de digestibilidade das silagens não variaram com o avanço do estágio de maturação da cultura do sorgo, encontrando valores de 47,2%, 50,7% e 52,2%, para os híbridos BR700, BR701 e MASSA 03, respectivamente. Jayme et al. (2007), pesquisando a composição bromatológica e o perfil de fermentação das silagens de cinco híbridos de

capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*), verificaram valores variando de 41,26 a 60,18%. Contudo, Gontijo Neto et al. (2002), avaliando quatro híbridos forrageiros de sorgo e um de duplo propósito, obtiveram valores variando de 52,97 a 54,61%, para os híbridos forrageiros, e de 61,69% para o de duplo propósito, resultados semelhantes aos verificados por Pires et al. (2013), avaliando 5 genótipos de sorgo em Minas Gerais.

Segundo Corrêa et al. (1996), o efeito do estágio de maturação sobre a digestibilidade no sorgo apresentou comportamento variável para os híbridos avaliados. Desta forma, em virtude da colheita da cultura do sorgo forrageiro cv. Volumax no momento ideal (30-35% de MS) na presente pesquisa, aliado às condições satisfatórias de cultivo, foi possível se obter teores adequados de digestibilidade da silagem produzida, mesmo quando em consórcio com espécies forrageiras tropicais.

Houve efeito significativo da interação entre modalidades de cultivo × anos agrícolas para os teores de N-NH₃/NT, EE, PB e CHOt (Tabela 20). De maneira geral, os teores de N-NH₃/NT não diferiram entre as modalidades de cultivo, sendo os maiores valores verificados no segundo ano agrícola. Resultados semelhantes foram observados para os teores de EE e PB, em que, os maiores valores, de modo geral, também foram obtidos no segundo ano, entretanto, houve diferença para estes teores em função das modalidades de cultivo. Para os teores de CHOt, os maiores valores foram verificados no primeiro ano, diferentemente dos resultados obtidos para os demais parâmetros.

Os teores de N-NH₃/NT foram superiores no segundo ano de avaliação, não sendo influenciado pelas modalidades de cultivo, demonstrando que o consórcio da cultura do sorgo com espécies forrageiras tropicais é uma prática viável, capaz de proporcionar teores adequados dos componentes bromatológicos na silagem. Dessa forma, o N-amoniaco, expresso em porcentagem do N total ou da matéria seca, indica a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação ou ainda ocorrência de um aquecimento excessivo da massa no silo por reações de Maillard (PIGURINA, 1991).

Segundo McDonald et al. (1991), silagens mal preservadas apresentam níveis de N-amoniaco superiores a 20% do N total. Enquanto que Pigurina (1991) considera o N-amoniaco como um dos principais parâmetros determinantes da qualidade da fermentação, pois segundo Van Soest (1994), nas silagens que apresentam fermentações secundárias, o N-solúvel e o N-amoniaco advêm da ação de microorganismos, nos

quais as concentrações desses metabólitos são consequência da extensão da atividade de colônias destes microorganismos em microambientes favoráveis à seu crescimento no interior do silo.

Tabela 20. Desdobramento das interações significativas dos teores de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT), de extrato etéreo (EE), de proteína bruta (PB) e de carboidratos totais (CHOt) de silagem de sorgo em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas.

	N-NH ₃ /NT		EE	
	Ano Agrícola		Ano Agrícola	
	1	2	1	2
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>				
Exclusivo	3,1Ab	6,1Aa	2,6Ab	3,3Ba
Consórcio com capim-xaraés	2,9Ab	5,7Aa	2,1Bb	5,4Aa
Consórcio com capim-tanzânia	3,0Ab	4,4Aa	2,8Ab	5,7Aa
	PB		CHOt	
	Ano Agrícola		Ano Agrícola	
	1	2	1	2
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>				
Exclusivo	4,0Bb	5,1Aa	87,7Aa	87,1Aa
Consórcio com capim-xaraés	4,4Aa	4,6Aa	88,9Aa	84,0Bb
Consórcio com capim-tanzânia	4,8Aa	4,3Ba	87,4Aa	82,7Cb

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Para Ferreira (2001), uma silagem de boa qualidade apresenta N-NH₃ inferior a 10%, sendo estes valores condizentes aos verificados no presente trabalho. Desta maneira, pode-se concluir que todas as silagens estudadas apresentaram reduzida degradação da PB, característica favorável para obtenção de uma silagem de melhor qualidade nutricional. Assim, entre os parâmetros que ajudam a definir a boa fermentação da silagem, o pH e a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃/NT) são bons indicadores, pois determinaram de forma prática a identificação de silagens de baixo consumo e as de boa aceitabilidade pelos animais (ELIZALDE, 1995).

Os maiores teores de EE foram detectados no segundo ano agrícola, principalmente nos cultivos consorciados. Entretanto, de maneira geral, estes valores podem ser considerados baixos (Tabela 20), caracterizando assim, uma silagem de qualidade satisfatória (McDONALD et al., 1991; Van SOEST, 1994; NRC 2001). Em trabalho realizado por Mello et al. (2004), avaliando a cultura do sorgo para ensilagem, os valores médios foram de 3,39% de EE enquanto que Avelino et al. (2011), avaliando

híbridos de sorgo, verificaram valores médios de 1,91% de EE, e Oliveira et al. (2010), obtiveram valores na silagem de sorgo de 5,2%.

Ressalta-se ainda, que o teor total de EE na dieta, em especial de ácidos graxos insaturados não-protegidos da fermentação ruminal, devem ser controlados, pois teores superiores a 8% na dieta diminuem a digestibilidade da fibra (Van SOEST, 1994). Além disso, o excesso de gordura na dieta também pode reduzir a ingestão de MS e a taxa passagem (NRC, 2001). Forragens com maior teor de EE (gordura) tendem a ter valores mais altos de nutrientes digestíveis totais, pelo fato da gordura fornecer 2,25 vezes mais energia do que os carboidratos. De acordo com o NRC (2001), na maioria das situações, o total de gordura na dieta para ruminantes não deve ultrapassar de 6 a 7% na MS.

Os teores de PB no primeiro ano agrícola foram superiores nas modalidades de cultivo consorciado, demonstrando que a inclusão dos capins na composição final do material ensilado, não prejudicou a qualidade energética da silagem (Tabela 20). Por outro lado, no segundo ano de avaliação, de maneira geral, os valores de PB foram superiores ao primeiro ano, sendo os melhores valores proporcionados pelo cultivo do sorgo solteiro e em consórcio com o capim-xaraés. Tais resultados evidenciam que as modalidades de cultivo pouco influenciaram nos teores bromatológicos, demonstrando mais uma vez, a possibilidade de adoção destes sistemas produtivos em propriedades que adotem manejos semelhantes aos utilizados na presente pesquisa, podendo ser consideradas como boas alternativas para produção de silagem de qualidade, além da produção de pastagem no período de entressafra.

Em trabalho realizado por Viana et al. (2012), avaliando híbridos de sorgo para produção de silagem, obtiveram valores de PB entre 8,6 a 9,1%. Oliveira et al. (2010), verificaram valores médios de 6,3 e 6,1% para as silagens de sorgo-sudão e sorgo-forrageiro, enquanto que Avelino et al. (2011), verificaram valores de PB em silagem de sorgo cv. Volumax de 6,5%. Entretanto, de acordo com Van Soest (1994), o valor mínimo recomendado como adequado para funcionamento da microbiota do rúmen é de aproximadamente 7%. Assim, verifica-se que os valores obtidos na presente pesquisa ficaram abaixo do recomendado como ideal, porém, ressalta-se a possibilidade de suplementação da dieta dos animais com outras fontes protéicas a fim de suprir a demanda em nutrientes.

Pode-se considerar que alimentos com elevados teores das frações nitrogenadas, são considerados boas fontes energéticas para aumento no conteúdo dos

microrganismos ruminais (CARVALHO et al., 2007) e o sincronismo entre a taxa de digestão das proteínas e dos carboidratos, podem ter importante efeito sobre os produtos finais da fermentação e sobre a produção animal (NOCEK; RUSSELL, 1988).

Os teores de CHOt verificados na presente pesquisa foram superiores no primeiro ano agrícola, não havendo diferença entre as modalidades de cultivo. Tal fato se deve, em parte, aos resultados verificados para a produtividade de massa seca (PMS) das espécies forrageiras em consórcio, em que no segundo ano foi menor, portanto, a menor participação na composição final da silagem das espécies forrageiras, garantiu menor quantidade de fibras e maior teor de CHOt. Entretanto, cabe ressaltar que, apesar das diferenças verificadas com relação aos anos de cultivo, e no caso do segundo ano, em que o consórcio com o capim-tanzânia proporcionou os menores valores, pode-se considerar que estes foram satisfatórios, uma vez que corroboram àqueles relatados por Van Soest (1994), constituindo de 50 a 80% da matéria seca das plantas forrageiras.

Durante o processo de fermentação das silagens, ocorrem perdas pela formação de efluentes e produção de gases, as quais são determinadas por diferenças de massas. Tais parâmetros são utilizados para caracterização de uma boa silagem. Desta forma, para a obtenção de um ambiente adequado para produção de silagem, são necessárias algumas medidas durante o processo de ensilagem, tais como: o ponto ideal de colheita, o tamanho adequado de partículas, a ausência de oxigênio, a compactação adequada da massa, a vedação das superfícies, entre outros.

Neste sentido, verificou-se que não houve diferença significativa para as perdas que ocorreram durante o processo de ensilagem em função das modalidades de cultivo (Tabela 21), sendo verificado, em todos os tratamentos, valores considerados adequados, demonstrando que a compactação foi apropriada, assim como o armazenamento das silagens. Entretanto, houve diferença entre os anos de cultivo para os valores de perdas por gases (PG) e recuperação da matéria seca (RMS), em que as maiores perdas foram verificadas no 2º e 1º anos agrícolas, respectivamente.

Segundo Van Soest (1994), a qualidade da silagem é influenciada, entre outros fatores, pelo processo fermentativo da massa, pois, durante a ensilagem, pode ocorrer redução do valor nutritivo pela respiração, fermentação aeróbica, processos de decomposição ou perdas por efluentes. Normalmente, os constituintes da parede celular se elevam durante o armazenamento da silagem, em função da redução do nível de

carboidratos solúveis no processo fermentativo e devido às perdas de MS por efluentes e gases de fermentação (SCHIMIDT et al, 2007).

Tabela 21. Valores de perdas por gases (PG), produção de efluentes (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) no processo de ensilagem do sorgo em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	PG	PE	RMS
	% MS	kg t ⁻¹ MV	%
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>			
Exclusivo	6,1	7,4	87,2
Consórcio com capim-xaraés	4,5	6,0	87,6
Consórcio com capim-tanzânia	5,7	8,8	85,0
<u>Ano (A)</u>			
1	4,7b	10,4	93,6a
2	6,2a	8,5	89,6b
ANAVA (P>F)			
Modalidade de cultivo (MC)	0,086	0,564	0,590
Ano (A)	0,017	0,116	0,000
MC x A	0,240	0,080	0,384
Bloco	0,047	0,507	0,769
CV (%)	24,84	27,84	6,30

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Os valores de perdas por gases (PG) verificados na presente pesquisa, não diferiram quanto às modalidades de cultivo, entretanto, diferiram em relação aos anos de avaliação, sendo as maiores perdas verificadas no segundo ano (Tabela 21). De acordo com Amaral et al. (2007) e McDonald et al. (1991), a formação de gases na silagem é o resultado de fermentações secundárias, exercidas por enterobactérias, bactérias do gênero *Clostridium* e microrganismos aeróbicos, que normalmente crescem em meios com pH mais elevado, fato este não verificado na presente pesquisa (Tabela 19).

França et al. (2011) obtiveram valores médios de perda por gases de 1,9% quando avaliaram híbridos de milho para ensilagem, e Oliveira et al. (2010) também afirmam que as perdas por gases são relativamente pequenas. Segundo estes mesmos autores, avaliando silagens de híbridos de sorgo, os valores de perdas por gases variaram de 5,3 a 7,4%. Assim, pode-se considerar que as perdas por gases verificadas na presente pesquisa, foram pequenas, indicando que os procedimentos adotados durante o processo de ensilagem foram adequados.

As perdas por efluentes (PE) não foram influenciadas pelas modalidades de cultivo e anos agrícolas (Tabela 21). Entretanto, cabe-se ressaltar a importância da determinação deste parâmetro a fim de se definir a qualidade da silagem produzida. Neste sentido, a produção de efluentes durante o processo fermentativo pode ser resultante do somatório dos parâmetros teor de MS e o eficiente processo de compactação durante o enchimento dos silos. Segundo Van Soest (1994), a fração fibrosa do material ensilado pode ser acrescida percentualmente em condições de intensa formação de efluentes ocorridas durante o processo fermentativo, em que os compostos solúveis em água são aumentados ou reduzidos proporcionalmente à fração fibrosa na silagem pela formação de ácidos de fermentação.

Segundo Elferink et al. (2000), os processos de conservação de forragem convivem rotineiramente com perdas de nutrientes de diversas magnitudes e eventualmente essas perdas ocorrem ao longo do período de ensilagem, na forma de efluente, uma vez que a presença de efluente no silo é indesejável e deve ser evitada para não ocasionar prejuízos no processo fermentativo, como o aumento da proteólise e o estabelecimento de bactérias do gênero *Clostridium*.

Sabe-se que a produção de efluentes é influenciada pelo teor de MS, natureza do silo, grau de compactação exercido, além do processamento físico da forragem. Quando o material é ensilado com alta concentração de umidade, as perdas de MS por efluentes podem alcançar até 10%, por outro lado, quando o teor de MS se encontra na faixa de 30%, a produção de efluentes torna-se insignificante (HAIGH, 1999), como verificada na presente pesquisa.

McDonald et al. (1991) citam que os valores de matéria seca devem ser maiores que 25% para evitar maiores perdas por efluentes. Desta forma, o teor de matéria seca da planta constitui fator determinante no processo de fermentação da silagem. Sendo assim, o teor de MS no momento da colheita da cultura do sorgo forrageiro em consórcio verificados na presente pesquisa, foram adequados (30-35% MS), o que aliado à boa compactação do material e condições adequadas de armazenamento, garantiu menores valores de perdas. Tal fato se deve também, à inclusão de espécies forrageiras em consórcio, em que estas apresentavam idade avançada, uma vez que estas foram implantadas simultaneamente à sementeira da cultura do sorgo, o que elevou o teor de MS e a porcentagem dos componentes fibrosos. Além disso, deve-se considerar as condições em que foram realizadas a pesquisa, ou seja, os silos laboratoriais, criando

condições ideais de compactação, o que pode ter favorecido a obtenção de melhores resultados.

Portanto, os níveis de perdas verificados no presente trabalho (Tabela 21) são considerados pequenos e, juntamente com o pH baixo da massa ensilada (Tabela 19), evidenciam que os processos de produção e fermentação das silagens foram adequados. Dessa forma, os valores verificados para recuperação da matéria seca (RMS), estão de acordo com os dados citados por diversos autores (PEDROSO et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2010), demonstrando mais uma vez, a ocorrência de boa compactação da silagem, diminuindo as perdas que podem acarretar inclusive, aumento nos custos de produção ao produtor rural.

Após a colheita da cultura do sorgo para ensilagem, realizou-se a determinação da produtividade de colmos remanescentes na área de cultivo, uma vez que o corte foi realizado à aproximadamente 0,30 m em relação à superfície do solo. Estas avaliações foram realizadas visando principalmente determinar-se a quantidade de matéria seca que seria incluída no SPD e a quantidade de nutrientes que esta palhada poderia fornecer ao sistema de cultivo, caso o objetivo fosse incluir uma nova cultura ao sistema de produção.

Normalmente, a cultura do sorgo forrageiro, após o primeiro corte tem a capacidade de rebrote, o que caracteriza esta planta como excelente opção para cultivo em propriedades rurais visando o fornecimento de forragem aos animais. Entretanto, quando em consórcio com espécies forrageiras, como as do gênero *Urochloa* e *Megathyrsus*, como o efetuado na presente pesquisa, a competição com estas espécies após o corte, diminuiu a capacidade de rebrote do sorgo. Contudo, verificou-se que após a colheita das culturas para ensilagem, o sorgo pouco se desenvolveu, dando lugar para o crescimento das espécies forrageiras que foram implantadas em função do consórcio. Da mesma forma, nas parcelas onde a cultura do sorgo havia sido cultivado de modo exclusivo (solteiro), realizou-se a semeadura das mesmas espécies, visando a formação do pasto. Este manejo adotado, teve como principal objetivo, avaliar as características produtivas, qualitativas e econômicas desta atividade na região em estudo, principalmente no que diz respeito à qualidade do pasto no período de entressafra.

Tabela 22. Quantidade de colmos remanescentes e acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S após a colheita de sorgo para ensilagem, em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	Colmos	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹						
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>							
Exclusivo	1.486a	4,8	1,6a	37,7	1,0	2,0a	2,4a
Consórcio com capim-xaraés	1.224b	4,0	1,2b	31,6	1,1	1,8a	1,4b
Consórcio com capim-tanzânia	1.315a	4,2	1,1b	34,1	1,2	1,2b	1,9ab
<u>Ano (A)</u>							
1	1.310b	3,4	1,2b	37,9	1,0	1,7	1,3b
2	1.540a	3,9	1,7a	40,7	1,0	1,8	2,5a
<u>ANAVA (P>F)</u>							
Modalidade de cultivo (MC)	0,009	0,000	0,000	0,000	0,100	0,000	0,011
Ano (A)	0,000	0,000	0,000	0,001	0,320	0,610	0,000
MC x A	0,102	0,000	0,309	0,001	0,188	0,368	0,125
Bloco	0,923	0,126	0,993	0,331	0,486	0,482	0,287
CV (%)	23,18	39,69	25,28	30,45	23,68	19,68	29,82

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Sendo assim, verificou-se que houve diferença significativa com relação à produtividade de massa seca (PMS) dos colmos remanescentes, assim como para as quantidades de P, Mg e S acumuladas nos mesmos, em função das modalidades de cultivo da cultura do sorgo para ensilagem, em que os maiores valores foram proporcionados pelo cultivo do sorgo exclusivo (solteiro) (Tabela 22), sem o efeito de competição com as forrageiras. Em função dos anos de cultivo, também se verificou diferença significativa para a PMS e para as quantidades de P e S acumulados nos colmos, em que os maiores valores foram evidenciados no segundo ano de avaliação.

A PMS dos colmos remanescentes de sorgo, após a colheita da silagem, foram superiores nas modalidades de cultivo solteiro e em consórcio com o capim-tanzânia (Tabela 22), sendo verificado, portanto, maior competição da cultura do sorgo quando foi consorciada com o capim-xaraés. Tal fato também foi observado durante as diversas avaliações efetuadas durante este experimento (Tabelas 14 e 15), em que o consórcio com o capim-xaraés proporcionou menor diâmetro de colmos (DC) e menor produtividade de massa seca (PMS) das plantas de sorgo, demonstrando a maior capacidade de competição do capim-xaraés em comparação ao capim-tanzânia. Desta forma, assim como o verificado para a produtividade de massa seca de plantas (Tabela 15), houve maior produtividade de colmos remanescentes no segundo ano de avaliação

(Tabela 22). Tal fato proporcionou conseqüentemente, maior acúmulo de nutrientes, de modo geral.

Neste sentido, os resíduos deixados pela cultura do sorgo na área de cultivo, protegem o solo e podem promover a ciclagem de nutrientes para a cultura a ser implantada em sucessão, melhorando o sistema de cultivo como um todo, podendo até, em cultivos sucessivos no SPD, proporcionar economia com aplicação de fertilizantes. Segundo Magalhães et al. (2000), a planta de sorgo adapta-se a uma ampla variação de ambientes, em razão de sua resistência à seca, o que permite sua produção sob condições desfavoráveis à maioria dos outros cereais. Além disso, o sorgo produz grande quantidade de palhada e com elevada relação C/N, o que é uma característica fundamental para a prática de semeadura direta em regiões quentes, em que a lenta decomposição é desejada.

Informações sobre extração de nutrientes pelo sorgo forrageiro em diferentes níveis de produtividade devem ser tomadas como referência para definição do manejo da fertilidade do solo, visando melhor explorar o potencial produtivo das cultivares atualmente disponíveis aos produtores. Comparativamente à colheita apenas dos grãos, a colheita das plantas inteiras para uso como forragem promove intensa remoção de nutrientes das áreas de cultivo, com destaque para a elevada exportação de nitrogênio e potássio. Cantarella et al. (1996), estudando a extração de macronutrientes pela cultura do sorgo, concluíram que, para a produção de uma tonelada de grãos, são exportados 17 kg N, 4 kg P, 5 kg K e 1,2 kg S. Entretanto, para a planta inteira, observaram que, para cada tonelada de grãos, são exportados respectivamente 30, 6, 23 e 2,7 kg de N, P, K e S. De acordo com Albuquerque et al. (2013b), o acúmulo de nutrientes pela cultura do sorgo, considerando-se o somatório de colmo mais folhas, dá-se na seguinte ordem: $K > N > P > Ca > Mg > S$.

Pitta et al. (2001), estudando a extração média de nutrientes pela cultura do sorgo em diferentes níveis de produtividade, verificaram que as extrações de N, P, K, Ca e Mg aumentam linearmente com o acréscimo na produtividade e que a maior exigência do sorgo refere-se ao N e ao K, seguindo-se o Ca, Mg e P. Desta forma, a elevação na altura de corte da cultura do sorgo para produção de silagem, assim como o efetuado na presente pesquisa, pode diminuir a extração de nutrientes, em que os resíduos deixados na superfície do solo após a colheita para ensilagem, podem trazer inúmeros benefícios aos sistemas produtivos, tornando-os cada vez mais sustentáveis,

devido às possíveis melhorias nas características químicas, físicas e biológicas do solo em função da rotação de culturas, acúmulo de resíduos vegetais e ciclagem de nutrientes.

Outro fator a ser considerado no acúmulo de nutrientes pelos colmos remanescentes de sorgo, é o histórico da área de cultivo, que se encontrava há 8-9 anos sob SPD, e à própria fertilidade do solo e condições de cultivo, em que a irrigação, provavelmente favoreceu o melhor desenvolvimento das culturas avaliadas. Neste contexto, dentre os benefícios deste sistema produtivo, devem ser consideradas as vantagens relacionadas com a conservação e a melhoria da fertilidade do solo, em decorrência da elevação da altura de colheita das plantas de sorgo visando à produção de silagem, podendo contribuir para uma maior ciclagem de nutrientes em função da maior quantidade de colmos deixados sobre a superfície do solo, além do aumento da participação de panículas, o que melhora a qualidade da silagem produzida.

Os valores de nutrientes que foram acumulados nos colmos remanescentes de sorgo, podem favorecer as culturas semeadas em sucessão, uma vez que estes podem ser liberados no processo de decomposição e mineralização dos resíduos vegetais. Segundo Anghinoni (2007), o histórico da área de cultivo em que foi realizada a presente pesquisa, que se encontrava há 8-9 anos sob SPD, caracteriza-se pela maior mineralização de N em comparação à imobilização. Desta forma, os sistemas produtivos avaliados, apesar de serem caracterizados por elevada necessidade de N por ambas as culturas em consórcio, proporcionaram condições satisfatórias ao desenvolvimento destas.

Os resíduos vegetais provenientes da elevação da altura de corte das plantas de sorgo para ensilagem, podem aumentar o teor de matéria orgânica no solo e retornar grandes quantidades de potássio (K). Assim, a ciclagem deste nutriente é positiva para o estabelecimento de um programa duradouro de exploração de áreas para produção de silagem além de elevar a forma trocável deste nutriente no solo (GARCIA et al., 2008).

As quantidades acumuladas de P, Mg e S também foram influenciados pelas modalidades de cultivo, apresentando resultados semelhantes à PMS de colmos, sendo os maiores valores proporcionados pelo cultivo exclusivo do sorgo e quando este foi consorciado com o capim-tanzânia (Tabela 22). Entre os anos de cultivo, também seguindo o mesmo padrão verificado pela PMS dos colmos remanescentes, os maiores valores foram verificados no segundo ano.

Verificou-se interação significativa para as quantidades de N e K acumulados nos colmos remanescentes de sorgo, após a colheita para ensilagem, em função das modalidades de cultivo × anos agrícolas (Tabela 23). De maneira geral, as maiores quantidades destes nutrientes foram verificados na modalidade de cultivo exclusiva, não havendo portanto, competição com os capins. Assim como para a PMS de colmos e os outros nutrientes avaliados (Tabela 22), as maiores quantidades de N e K foram superiores no segundo ano de avaliação.

Tabela 23. Desdobramento das interações significativas dos acúmulos de nitrogênio (N) e potássio (K) de colmos remanescentes de silagem de sorgo em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-xaraés e capim-tanzânia, durante dois anos agrícolas.

	N		K	
	Ano Agrícola		Ano Agrícola	
	1	2	1	2
<u>Modalidade de cultivo (MC)</u>				
Exclusivo	3,4Ab	4,3Aa	39,8Ab	45,7Aa
Consórcio com capim-xaraés	2,9Bb	3,6Ba	30,6Ba	32,7Ca
Consórcio com capim-tanzânia	4,0Aa	3,8Ba	39,3Aa	40,9Ba

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Com relação à quantidade de N acumulado nos colmos de sorgo, verificou-se que, assim como para os outros nutrientes, que o consórcio com o capim-xaraés proporcionou maior competição com o sorgo, afetando seu acúmulo. Tal fato se deve principalmente, pela menor PMS obtida neste tratamento. No primeiro ano de avaliação, o acúmulo de N no cultivo consorciado com o capim-tanzânia foi semelhante ao cultivo exclusivo, demonstrando a possibilidade desta prática agrícola na região em estudo. Entretanto, apesar da pequena quantidade de N acumulada nos colmos remanescentes, deve-se ressaltar a extrema importância da reciclagem de nutrientes nestes sistemas produtivos, uma vez que podem melhorar, através da decomposição da matéria orgânica, as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, conseqüentemente, melhorando o sistema produtivo como um todo.

De acordo com Gama-Rodrigues et al. (2007), parte do N e do P é rapidamente liberada no estágio inicial de decomposição dos resíduos vegetais. Desta forma, torna-se importante salientar as elevadas quantidades de nutrientes que podem ser liberados e utilizados por culturas em sucessão, por ficarem fixados em compostos orgânicos (SILVA; MENDONÇA, 2007). Porém, a ausência da reposição total ou parcial desses

nutrientes por meio de adubação química e/ou orgânica ao longo dos anos pode reduzir a disponibilidade para as plantas. Assim, a palhada torna-se de fundamental importância para a consolidação e manutenção do SPD.

A quantidade de K acumulada nos colmos de sorgo remanescentes foram maiores que os demais nutrientes (Tabelas 22 e 23). Tal fato já era esperado, tendo em vista que a maioria das espécies forrageiras exigem e absorvem este nutriente em maiores quantidades. De acordo com Anghinoni (2007), o K é normalmente, o mineral mais abundante no tecido vegetal e a decomposição dos restos vegetais tende a liberá-lo rapidamente. Desta maneira, assim como o verificado para o N, o acúmulo de K foi menor quando a cultura do sorgo foi cultivada em consórcio com o capim-xaraés, em virtude da maior competição desta espécie por fatores inerentes ao desenvolvimento das culturas cultivadas simultaneamente.

Portanto, torna-se relevante salientar a importância das práticas adotadas na presente pesquisa, como a elevação da altura de corte das culturas para produção de silagem, assim como a rotação de culturas e utilização do SPD, buscando-se melhorar a eficiência dos sistemas produtivos. A prática da elevação na altura de corte das plantas para ensilagem, pode diminuir a extração de nutrientes do solo, retornando quantidades consideráveis de nutrientes ao sistema. Desta forma, fica evidente que nestes sistemas de produção, a adoção de práticas conservacionistas de produção agrícola como o SPD e a própria ILP, têm contribuído para a melhoria do setor produtivo, principalmente com ganhos ao ambiente e retorno econômico ao produtor rural.

Assim, o consórcio de culturas graníferas com forrageiras tropicais, além de recuperar áreas de pastagens degradadas, pode proporcionar produção silagem e de forragem no período seco do ano, promovendo uma provável manutenção ou ganho de peso dos animais e/ou produção de palhada para a continuidade do SPD, sem a necessidade de semeadura de plantas de cobertura no inverno/primavera.

4.2 Experimento II - Produção e qualidade de espécies forrageiras implantadas em função do consórcio ou em sucessão às culturas do milho e sorgo para ensilagem e adubação nitrogenada na Integração Lavoura-Pecuária

Após a colheita das culturas do milho e do sorgo, assim como das forrageiras em consórcio para produção de silagem, efetuou-se novamente a semeadura das espécies *U.*

brizantha cv. Xaraés e *M. maximum* cv. Tanzânia nas parcelas onde as culturas produtoras de grãos estavam sendo cultivadas exclusivamente. Sendo assim, após este manejo, conduziu-se estas espécies forrageiras no período de inverno/primavera, submetendo-as à cortes sucessivos a cada 45 dias, assim como a ausência ou com adubação nitrogenada, durante os dois anos agrícolas.

Neste sentido, realizou-se a análise estatística, visando principalmente, avaliar a influência das modalidades de semeadura das espécies forrageiras, se em consórcio ou em sucessão às culturas produtoras de silagem, assim como o manejo da adubação nitrogenada durante os cortes, sobre os componentes produtivos e qualitativos da pastagem no período de entressafra. Portanto, optou-se nesta pesquisa, por demonstrar apenas os valores médios dos três cortes, principalmente para os componentes bromatológicos e nutricionais, uma vez que estes pouco diferiram entre si durante os cortes. Entretanto, para os dados de produtividade de massa verde (PMV) e de massa seca (PMS), estes valores foram apresentados levando-se em consideração os três cortes realizados durante o período de avaliação, tendo em vista a importância destes dados de produção e às diferenças significativas verificadas em função deste fator.

Assim, verificou-se que na área em que havia sido cultivado a cultura do milho para ensilagem, as forrageiras manejadas após este período, não diferiram quanto à PMV e PMS entre as espécies, sendo os valores obtidos muito semelhantes entre o capim-xaraés e o capim-tanzânia (Tabela 24). Entretanto, estes valores diferiram com relação às modalidades de semeadura, adubação nitrogenada e entre os cortes, sendo os maiores valores proporcionados quando as forrageiras foram implantadas em função do consórcio e quando submetidas à adubação nitrogenada com 70 kg ha^{-1} de N corte⁻¹ (totalizando 140 kg ha^{-1} de N ano¹), principalmente no segundo corte. Este mesmo padrão para os resultados de produtividade de forragem foram verificados em ambos os anos agrícolas (04/08/2011 e 30/07/2012, respectivamente).

Tabela 24. Produtividade média de massa verde (PMV) e de massa seca (PMS) do capim-xaraés e capim-tanzânia, durante 3 cortes no período de inverno/primavera, em função da modalidade de semeadura e adubação nitrogenada após a colheita das culturas do milho e do sorgo para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

Espécie (E)	Área Milho				Área Sorgo			
	Ano 1 (2010/2011)		Ano 2 (2011/2012)		Ano 1 (2010/2011)		Ano 2 (2011/2012)	
	PMV	PMS	PMV	PMS	PMV	PMS	PMV	PMS
	kg ha ⁻¹							
Capim-xaraés	11.319	2.583	7.922b	1.687b	16.375	3.744a	8.440	2.010
Capim-tanzânia	12.203	2.698	9.022a	2.239a	14.921	3.172b	7.264	1.845
<u>Semeadura (S)</u>								
Consórcio	13.874a	3.698a	8.036	1.918b	15.960	3.671a	6.964b	1.648b
Sucessão	9.648b	2.114b	8.907	2.188a	15.335	3.245b	8.740a	2.207a
<u>Dose (D)</u>								
0	9.035b	2.228b	7.224b	1.902b	11.449b	2.633b	6.285b	1.617b
70	14.847a	3.053a	9.720a	2.204a	19.847a	4.282a	9.418a	2.237a
<u>Cortes (C)</u>								
1	10.291b	2.094c	12.430a	2.971a	17.355a	3.472b	13.180a	3.242a
2	14.609a	3.142a	7.105b	2.652b	16.689a	3.945a	4.459c	1.022c
3	10.383b	2.686b	5.881c	1.536b	12.900b	2.956c	5.916b	1.519b
	<u>ANAVA (P>F)</u>							
E	0,283	0,538	0,022	0,002	0,065	0,003	0,084	0,265
S	0,001	0,001	0,068	0,025	0,423	0,027	0,002	0,001
D	0,001	0,001	0,001	0,013	0,001	0,001	0,001	0,001
C	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bloco	0,304	0,872	0,082	0,142	0,954	0,923	0,196	0,077
E x S	0,270	0,076	0,174	0,072	0,286	0,822	0,305	0,136
E x D	0,343	0,142	0,426	0,088	0,985	0,439	0,442	0,313
E x C	0,067	0,073	0,453	0,179	0,612	0,450	0,568	0,354
S x D	0,423	0,831	0,095	0,416	0,450	0,472	0,877	0,583
S x C	0,221	0,170	0,080	0,096	0,150	0,114	0,227	0,254
D x C	0,170	0,089	0,077	0,132	0,120	0,155	0,138	0,182
E x S x D	0,842	0,991	0,130	0,070	0,072	0,477	0,359	0,289
E x S x C	0,106	0,455	0,221	0,150	0,386	0,181	0,218	0,190
S x D x C	0,426	0,289	0,089	0,261	0,646	0,603	0,123	0,099
E x S x D x C	0,988	0,763	0,079	0,243	0,477	0,634	0,301	0,245
CV (%)	34,08	34,33	27,14	28,27	24,29	26,74	33,89	32,21

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Do mesmo modo que para o milho, as forrageiras cultivadas na área onde havia sido conduzido o experimento com a cultura do sorgo forrageiro para ensilagem, também diferiram quanto à PMV e PMS (Tabela 24). Verificou-se que apenas para a PMS no primeiro ano agrícola, houve diferença entre as espécies forrageiras avaliadas, sendo a maior PMS proporcionada pelo capim-xaraés. A produtividade de forragem foi influenciada ainda, pelas modalidades de semeadura, em que no primeiro ano verificou-se maior PMS nas espécies que foram implantadas em função do consórcio com a cultura do sorgo e no segundo ano, maior produtividade quando as espécies foram implantadas após a colheita do sorgo, ou seja, em sucessão.

Com relação à adubação nitrogenada, os maiores valores foram verificados quando as forrageiras foram adubadas, demonstrando a resposta positiva da maioria das gramíneas forrageiras ao fornecimento de N, melhorando consideravelmente a produtividade. Entre os cortes realizados durante o período de inverno/primavera, de modo geral, verificou-se os maiores valores para produção de forragem no primeiro corte (20/06/2011 e 15/06/2012), sendo que tal fato foi verificado em ambos os anos de avaliação, pelas melhores condições climáticas (maior temperatura) e residual da adubação dos sistemas.

Na Tabela 25, como citado anteriormente, constam os valores médios dos três cortes para produtividade de forragem durante o período de inverno/primavera nas áreas em que foram cultivadas as culturas do milho e do sorgo para ensilagem. Assim, observou-se que não houve interação significativa entre a PMV e PMS das forrageiras em função das fontes de variação. Como verificado na Tabela 24, houve diferença na média de produção dos cortes, com relação às modalidades de semeadura das espécies forrageiras, principalmente na área onde havia sido cultivado a cultura do milho, onde os maiores valores de produção foram obtidos quando as forrageiras foram implantadas no consórcio com a cultura produtora de grãos. Verificou-se ainda, diferença com relação à adubação nitrogenada, fato que já era esperado, tendo em vista a importância deste nutriente no desenvolvimento da maioria das espécies gramíneas. Cabe ressaltar, entretanto, que houve diferença entre os anos de avaliação, em que o primeiro ano proporcionou os maiores valores para produtividade de forragem.

A maior produtividade de forragem dos capins Xaraés e Tanzânia no primeiro ano agrícola, possivelmente proporcionaram melhores condições para o desenvolvimento das culturas do milho e do sorgo para ensilagem no segundo ano

(Tabelas 4 e 15). Desta forma, de acordo com Heinrichs et al. (2005), a maior produtividade de massa seca de plantas de cobertura pode beneficiar os cultivos subsequentes pela maior disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio, que pode ser liberado pelos processos de decomposição e mineralização da MO.

Tabela 25. Produtividade média de massa verde (PMV) e de massa seca (PMS) do capim-xaraés e capim-tanzânia (média de 3 cortes no período de inverno/primavera) em função da modalidade de semeadura e adubação nitrogenada após a colheita das culturas do milho e do sorgo para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	Área milho		Área sorgo	
	PMV	PMS	PMV	PMS
	kg ha ⁻¹			
<u>Espécie (E)</u>				
Capim-xaraés	9.620	2.225	12.407	2.877a
Capim-tanzânia	10.612	2.469	11.092	2.508b
<u>Semeadura (S)</u>				
Consórcio	10.995b	2.543a	11.462	2.659
Sucessão	9.278a	2.151b	12.038	2.726
<u>Dose (D)</u>				
0	8.120b	2.065b	8.867b	2.125b
70	12.103a	2.628a	14.632a	3.260a
<u>Ano (A)</u>				
2010/2011	11.761a	2.641a	15.648a	3.458a
2011/2012	8.472b	2.053b	7.852b	1.927b
	<u>ANAVA (P>F)</u>			
E	0,168	0,135	0,082	0,050
S	0,020	0,017	0,445	0,721
D	0,000	0,001	0,000	0,000
A	0,000	0,000	0,000	0,000
Bloco	0,307	0,635	0,701	0,611
E x S	0,200	0,106	0,179	0,270
E x D	0,058	0,055	0,773	0,996
E x A	0,881	0,427	0,854	0,277
S x D	0,312	0,860	0,655	0,562
S x A	0,127	0,167	0,112	0,091
D x A	0,406	0,108	0,122	0,065
E x S x D	0,344	0,505	0,543	0,550
E x S x A	0,685	0,582	0,808	0,381
S x D x A	0,925	0,674	0,737	0,882
E x S x D x A	0,474	0,497	0,204	0,153
CV (%)	29,33	27,83	24,35	28,07

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Historicamente, a produtividade média das pastagens brasileiras, é considerada baixa e bastante aquém do potencial produtivo das espécies forrageiras normalmente

utilizadas. Tal fato se deve, principalmente, ao manejo inadequado da pastagem, além das condições de baixa fertilidade de grande parte dos solos do país, principalmente na região de Cerrado. No entanto, pode-se considerar que o potencial de produção das gramíneas forrageiras tropicais dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* é alto, desde que sejam adotados procedimentos que visem a correção da fertilidade do solo, além de práticas de manejo que busquem melhorar o sistema produtivo, como a adoção do SPD, rotação de culturas, fornecimento de adubação adequada, e mais recentemente a adoção do sistema de ILP.

Segundo Mott (1980), a disponibilidade mínima de forragem aceitável para corte ou consumo pelos ruminantes em pastejo é de aproximadamente 1.200 kg ha⁻¹ de massa seca. De acordo com Kluthcouski et al. (2000), o sombreamento proporcionado no consórcio com culturas produtoras de grãos pode fazer também com que as forrageiras diminuam sua taxa de acúmulo de massa seca. Estes mesmos autores verificaram que a partir da senescência da cultura granífera, o crescimento do capim torna-se rápido, podendo atingir 2.000 kg ha⁻¹ de massa seca com a aplicação de N em cobertura 30 dias após a colheita da cultura anual, além de proporcionar maior produtividade de massa seca aos 57 dias após a colheita, resultando também em melhoria na composição bromatológica.

Em trabalho realizado por Pariz et al. (2011c), em condições semelhantes às do presente estudo (irrigado), os autores avaliaram a PMS dos capins Tanzânia e Mombaça, implantados em consórcio com a cultura do milho ou no momento da adubação nitrogenada de cobertura. Após a colheita do milho, os autores efetuaram cortes a cada 30 dias, assim como adubação nitrogenada na pastagem no período de inverno/primavera e verificaram que mesmo na ausência de adubação nitrogenada, foi produzida quantidade satisfatória de forragem, com PMS média de 2.000 kg ha⁻¹ por corte na época de maior escassez de volumoso para os animais.

Da mesma maneira, para capins do gênero *Urochloa*, em trabalho realizado por Pariz et al. (2011d), avaliando a produtividade de forragem destas espécies implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho em função da adubação nitrogenada, verificaram PMS média de 1.733 kg ha⁻¹ corte⁻¹ durante o período de inverno/primavera em condições semelhantes às do presente trabalho. Leonel et al. (2009), avaliando diferentes arranjos de semeadura do capim MG-5 em consórcio com a cultura do milho, verificaram que o arranjo com duas fileiras do capim-braquiária na entrelinha do milho

produziu 2.149 kg ha⁻¹ de MS aos 141 dias após a semeadura das espécies, e nas épocas correspondentes aos 174 e 199 dias após a semeadura, apresentaram produções médias de 2.405 e 3.320 kg ha⁻¹ de MS, demonstrando ser este arranjo o mais interessante para produção de forragem.

Sendo assim, pode-se considerar que a PMS verificada na presente pesquisa, em ambas as espécies avaliadas, nas diferentes áreas de cultivo e modalidades de semeadura, foram satisfatórias durante o período de entressafra, demonstrando a eficiência e viabilidade dos sistemas de produção na região em estudo. Tal fato se deve principalmente, à ausência do pisoteio animal, às condições climáticas favoráveis (Figura 1), uma vez que temperaturas baixas prejudicam o desenvolvimento destas espécies forrageiras, ao fornecimento da irrigação e à adequada fertilidade do solo, o que aliados à adubação nitrogenada, proporcionou o estabelecimento satisfatório dos capins, assim como o rápido rebrote após o manejo de corte. Desta forma, os sistemas produtivos apresentados na presente pesquisa, podem ser considerados tecnicamente viáveis, proporcionando o bom estabelecimento dos capins Xaraés e Tanzânia, seja em função do consórcio ou sucessão às culturas do milho e do sorgo forrageiro.

Os valores satisfatórios para PMS verificadas na presente pesquisa, devem-se ainda, ao elevado valor cultural (%VC) e à alta taxa de semeadura das sementes utilizadas. Tal fato garantiu excelente germinação e estabelecimento da pastagem, inclusive quando estas foram implantadas no período de outono, após a colheita das culturas produtoras de grãos. Os valores médios de temperatura e fotoperíodo verificados durante a condução do experimento (Figura 1), também foram essenciais no desenvolvimento dos capins, bem como ao efeito de irrigação. Conforme Müller et al. (2002), no inverno, o crescimento das gramíneas forrageiras tropicais é influenciado por temperaturas baixas. Desta forma, pode-se considerar que a temperatura durante a fase de condução do experimento foi adequada, apresentando-se numa faixa ideal, sendo os valores médios sempre superiores a 20°C, característicos da região em estudo.

Segundo McWilliam (1978), a temperatura ideal para o crescimento das gramíneas de clima tropical varia de 30°C a 35°C, enquanto que, de 10°C a 15°C, o crescimento é praticamente nulo, o que provocaria a estacionalidade na produção de forragem. Cardoso (2001) relata que temperaturas noturnas abaixo de 15°C não permitem atividade metabólica satisfatória e formação de tecidos da parte aérea de forrageiras tropicais. Além disso, baixas temperaturas e o menor número de horas de luz

determinam mudanças fisiológicas na forrageira, desencadeando o processo reprodutivo e afetando o crescimento, fato este não verificado na presente pesquisa, até porque os cortes foram efetuados a cada 45 dias. De acordo com Müller et al. (2002), avaliando o capim-mombaça, concluíram que no cerrado, os principais atributos responsáveis pela sua produtividade, foram a temperatura mínima do ar (abaixo de 20°C) e a baixa umidade do solo.

Deve-se considerar ainda, os fatores relacionados ao histórico da área de cultivo, que se apresentava há 8-9 anos sob SPD, com acúmulo de palhada na superfície do solo, o que pode ter fornecido, pelo processo de decomposição e mineralização dos resíduos vegetais, nutrientes necessários ao bom desenvolvimento dos capins utilizados nesta pesquisa. Também, os atributos químicos (Tabela 1) e físicos do solo (Tabela 2), demonstraram-se adequadas, podendo proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento das espécies vegetais.

A adubação fornecida às culturas produtoras de grãos, é outro fator de extrema importância, uma vez que existe o efeito residual dos adubos utilizados, assim como à própria adubação nitrogenada durante o manejo de corte (70 kg ha^{-1} de N corte⁻¹). Neste contexto, a umidade do solo e do ar, tornam-se tão relevantes quanto os fatores citados anteriormente em proporcionar adequado desenvolvimento das forrageiras, em que o uso da irrigação na presente pesquisa foi determinante na obtenção da excelente PMS em todos os tratamentos. Sendo assim, os fatores edafoclimáticos verificados na área em que foi realizado o presente estudo foram satisfatórios, proporcionando elevada PMS e garantindo a viabilidade dos diferentes sistemas produtivos analisados.

Os dados encontrados na literatura para produtividade de forragem em função de formas de semeadura das espécies forrageiras na ILP, são ainda inconsistentes. Borghi; Crusciol (2007) relataram que nas regiões de Cerrado, a semeadura do capim após a colheita dos grãos de milho visando fornecer forragem durante o outono/inverno e parte da primavera não é viável, por efeito climático. Entretanto, tais informações discordam dos resultados obtidos na presente pesquisa, tendo em vista as produtividades satisfatórias dos sistemas de cultivo em que as forrageiras foram implantadas após o cultivo do milho e do sorgo para ensilagem (Tabelas 24 e 25), demonstrando a possibilidade de utilização destas espécies, independentemente da época de semeadura. Porém, tal fato só foi possível, provavelmente devido ao histórico da área de cultivo e

principalmente devido ao fornecimento de água por irrigação, não existindo assim, fatores que prejudicassem o desenvolvimento dos capins.

Contudo, cabe ressaltar-se que, geralmente, as condições verificadas na presente pesquisa não se aplicam à maioria das propriedades rurais, sendo necessário portanto, realizar-se mais pesquisas de longa duração, visando a obtenção de maior sustentabilidade destes sistemas produtivos, inclusive com maiores produtividades das culturas. Segundo Kluthcouski et al. (2000), nos cultivos consorciados, o capim é semeado em momento com disponibilidade de água e temperatura adequada, em que após a colheita do milho ainda ocorrem algumas chuvas, permitindo a formação da pastagem. Tais autores afirmam ainda que, esta modalidade de cultivo seja a mais indicada para as propriedades na região em estudo.

Sendo assim, com base nos resultados apresentados na presente pesquisa, pode-se inferir a eficiência em se produzir forragem no período de maior escassez de alimentos volumosos aos animais nos sistemas produtivos avaliados (Tabelas 24 e 25). Desta forma, a forragem produzida após a colheita das culturas graníferas, geralmente utilizada como alternativa ao pastejo pelos animais, pode ser ceifada mecânica ou manualmente em apenas um ou diversos cortes (PARIZ et al., 2011a,b,c; CRUSCIOL et al., 2011; MATEUS et al., 2011; COSTA et al., 2012a; CRUSCIOL et al., 2012; BORGHI et al., 2013; ALBUQUERQUE et al. 2013a), e ser utilizada para fenação, fornecimento em cocho como componente volumoso na formulação de dietas de confinamento, ou armazenada na forma de silagem (PARIZ et al., 2010), com posterior formação de palhada para continuidade do SPD (PARIZ et al., 2011a). Outra opção é a realização do consórcio com vistas apenas à formação de palhada para as culturas do feijão (SILVEIRA et al., 2005b) ou da soja (CHIODEROLLI et al., 2010, 2012). Entretanto, nesse caso, não se caracteriza ILP, e sim, apenas SPD.

Neste contexto, a elevação da altura de corte das culturas graníferas para produção de silagem e das forrageiras durante e após o consórcio, como o efetuado na presente pesquisa (aproximadamente 0,30 m em relação à superfície do solo), pode também ter contribuído para a melhor formação e perfilhamento da pastagem para utilização na época seca do ano. De acordo com Portes et al. (2000), quando a cultura produtora de grãos atinge o ponto de maturidade fisiológica, a forrageira passa a desenvolver seu hábito de crescimento cespitoso e após a operação de colheita da cultura granífera, todos os fotoassimilados produzidos e alocados no colmo da

forrageira servem para formação de novos perfilhos e folhas. Tal fato foi verificado na presente pesquisa, uma vez que a pastagem formada após a colheita do milho e do sorgo para ensilagem proporcionou excelente cobertura do solo, além de elevado aporte de massa durante o manejo de corte.

Verificou-se ainda que, o fornecimento de N às espécies forrageiras, aumentou seu potencial produtivo (Tabelas 24 e 25), demonstrando a importância da adoção deste manejo, que pode inclusive melhorar a qualidade nutricional da pastagem. Neste sentido, inúmeros autores afirmam a importância da adubação nitrogenada durante o manejo das espécies forrageiras, comprovando a eficiência da adubação em aumentar a produtividade e qualidade das forragens (BATISTA; MONTEIRO, 2006; BENETT et al. 2008; LEONEL et al. 2009; PARIZ et al. 2011c,d; COSTA et al. 2012a). Conforme Martha Júnior; Vilela; Sousa (2007), a resposta das pastagens de gramíneas tropicais ao N-fertilizante é expressiva até doses de 180 kg ha⁻¹ de N/ciclo de crescimento. Assim, o fornecimento de nutrientes, em quantidades e proporções adequadas, particularmente o N, assume importância fundamental no processo produtivo de pastagens, pois o nitrogênio do solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, apesar de fornecer este nutriente às culturas no SPD, não é suficiente para atender à demanda de gramíneas com alto potencial produtivo (FAGUNDES et al., 2006).

Solos com até cinco anos sob SPD apresentam alta exigência de N (ANGHINONI, 2007), visto que a imobilização desse nutriente é maior que a mineralização. Essa imobilização ocorre pela ação de microrganismos do solo, proporcionando maior demanda de N no processo de decomposição da cobertura morta (SEVERINO et al., 2006). Somente a partir de cinco anos de SPD a imobilização de N aproxima-se da mineralização disponibilizando o nutriente para as culturas (ANGHINONI, 2007), conforme verificado por Borghi et al. (2013), avaliando a cultura do milho em consórcio com capim-marandu e capim-mombaça.

Várias pesquisas têm demonstrado aumento na concentração de nutrientes e melhoria na qualidade bromatológica em espécies dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus*, com incremento das doses de N (SANTOS JR.; MONTEIRO, 2003; OLIVEIRA et al., 2005; PRIMAVERESI et al., 2005; PRIMAVERESI et al., 2006; BATISTA; MONTEIRO, 2007; COSTA et al., 2007; SILVEIRA; MONTEIRO, 2007; BENETT et al., 2008; BARDUCCI et al., 2009; COSTA et al., 2009; RIBEIRO; PEREIRA, 2010; SOUZA et al., 2010; CASTAGNARA et al., 2011; PARIZ et al., 2011a,c,d). Segundo Martuscello

et al. (2009), o aumento na produção de forragem com a aplicação de nitrogênio é fato esperado em ensaios dessa natureza, devido ao conhecido efeito do N no acúmulo de matéria seca, pois o suprimento de N é um dos fatores de manejo que controla os diferentes processos de crescimento das plantas.

Sendo assim, dos nutrientes, o N além de necessário à síntese de ácidos nucléicos, proteínas, hormônios, clorofila e vários outros compostos essenciais ao desenvolvimento das plantas, pode promover aumento na produção de forragem. De acordo com Silveira; Monteiro, (2007), a maior necessidade desse nutriente ocorre após o crescimento inicial da gramínea, quando passa a contribuir expressivamente para a produtividade de massa seca e a concentração de N na planta, pois causa alterações sobre número, tamanho, massa e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, além do alongamento do colmo, fatores esses relevantes tanto na produção de massa seca quanto no valor nutritivo da planta forrageira, com redução no teor de fibras e aumento na proteína bruta.

As doses de N requeridas para suprir a demanda pelas culturas variam em função das condições ambientais e do sistema de rotação adotado, e são maiores quando a rotação é realizada somente com gramíneas (CRUSCIOL et al., 2011), como na presente pesquisa. Além disso, o sistema de ILP sob SPD são de extrema complexidade, em função da magnitude das transformações do N no solo decorrente dos processos de mineralização/imobilização. Assim, o maior sucesso e eficiência dos sistemas de ILP são limitados pela carência de N, com alta dependência do uso de adubo nitrogenado para o sucesso da produção (ROSOLEM et al., 2011).

Segundo Martha Júnior; Vilela (2007), existe ainda os benefícios do efeito residual da adubação da cultura produtora de grãos na ILP, em que tal fato também pode ser comprovado no presente trabalho, tendo em vista a PMS obtida nos tratamentos sem adubação nitrogenada. Entretanto, segundo Barducci et al. (2009), em sistemas de ILP, a utilização de fertilizantes nitrogenados após a colheita da cultura produtora de grãos pode incrementar a disponibilidade do elemento ao sistema, proporcionando estabelecimento mais rápido da pastagem e aumento na produtividade de massa seca ao longo dos cortes/pastejos no período de outono/inverno pois, apesar da grande quantidade, a palha proveniente do milho não supre a demanda por N, principalmente, pelos processos de imobilização microbiana.

Pode-se inferir que os resultados obtidos na presente pesquisa, confirmam a viabilidade dos sistemas produtivos analisados na ILP sob SPD na região em estudo, garantindo além de elevada produção de silagem, satisfatória produção de forragem no período de maior escassez de alimentos aos animais. Porém, a correta recuperação ou implantação da pastagem visando a formação de pasto para o período de entressafra e posteriormente palhada para continuidade do SPD é dependente do manejo adequado além das condições climáticas. Cabe ressaltar-se ainda que, o pasto permaneceu verde durante todo o período de avaliação, mesmo nas parcelas em que não foi fornecido N às plantas, com visível rebrota durante o período seco. Tal fato deve-se ao aproveitamento dos adubos residuais pelas forrageiras, às condições climáticas favoráveis, à irrigação e ao melhor desenvolvimento radicular por ação da melhoria da fertilidade do solo com a adoção do SPD e também da ILP.

De maneira geral, não houve interação entre os atributos bromatológicos avaliados em função das espécies forrageiras, modalidades de semeadura, manejo da adubação nitrogenada e anos de cultivo na área em que foi cultivado o milho em antecessão (Tabela 26).

Verificou-se diferença significativa apenas para os teores de cinzas (CZ), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), proteína bruta (PB) e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (D) entre as espécies forrageiras, sendo de modo geral, os maiores valores para os componentes fibrosos obtidos no capim-tanzânia, e os maiores teores de PB e D no capim-xaraés.

Entre as modalidades de semeadura, os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e hemicelulose (HEM) foram maiores nas espécies implantadas no consórcio com o milho, e o teor de PB foi maior quando estas foram implantadas após a colheita do milho para ensilagem (Tabela 26). Em função do N em cobertura nas espécies forrageiras durante o manejo de corte, verificou-se diferença apenas para os teores de CZ e PB, sendo os maiores valores de PB verificados quando do uso de 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹. Entre os anos de cultivo, de maneira geral, os melhores resultados foram obtidos no primeiro ano agrícola, com maiores teores de PB, nutrientes digestíveis totais (NDT) e D. Em contrapartida, os maiores teores dos componentes FDN, CEL e LIG foram verificados no segundo ano de avaliação.

Tabela 26. Teores percentuais de cinzas (CZ), fibra em detergente neutro (FDN), em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade (D) *in vitro* da matéria seca do capim-xaraés e capim-tanzânia (média de 3 cortes no período de inverno/primavera) em função da modalidade de semeadura e adubação nitrogenada após a colheita da cultura do milho para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	CZ	FDN	FDA	HEM	CEL	LIG	PB	NDT	D
<u>Espécie (E)</u>									
Capim-xaraés	11,5b	66,7	34,7b	32,0a	29,9b	2,4b	11,7a	56,0	61,9a
Capim-tanzânia	12,4a	67,0	36,0a	31,0b	31,1a	2,7a	10,7b	55,8	60,8b
<u>Semeadura (S)</u>									
Consórcio	11,9	67,7a	35,7	32,0a	30,8	2,5	9,5b	55,6	61,1
Sucessão	12,0	66,0b	35,1	31,9b	30,3	2,7	12,9a	55,8	61,6
<u>Dose (D)</u>									
0	12,2a	66,8	35,4	31,4	30,6	2,5	10,3b	55,9	61,3
70	11,7b	66,9	35,4	31,6	30,4	2,7	12,2a	55,9	61,3
<u>Ano (A)</u>									
2010/2011	12,0	64,6b	32,4	32,3a	28,6b	2,0b	12,0a	56,8a	63,7a
2011/2012	12,0	69,1a	38,4	30,7b	32,4a	3,1a	10,5b	55,0b	59,0b
E	0,000	0,676	0,009	0,006	0,002	0,005	0,013	0,674	0,009
S	0,441	0,005	0,197	0,007	0,166	0,094	0,000	0,085	0,196
D	0,015	0,847	0,995	0,757	0,704	0,136	0,000	0,848	0,995
A	0,885	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bloco	0,897	0,929	0,999	0,884	0,908	0,881	0,341	0,929	0,999
E x S	0,110	0,210	0,928	0,067	0,767	0,987	0,403	0,210	0,930
E x D	0,592	0,932	0,090	0,201	0,413	0,707	0,716	0,931	0,090
E x A	0,504	0,058	0,120	0,343	0,823	0,058	0,054	0,058	0,120
S x D	0,226	0,232	0,583	0,106	0,449	0,827	0,185	0,234	0,583
S x A	0,730	0,119	0,184	0,111	0,104	0,173	0,495	0,119	0,184
D x A	0,828	0,101	0,258	0,106	0,977	0,436	0,202	0,100	0,257
E x S x D	0,573	0,822	0,102	0,139	0,330	0,609	0,466	0,823	0,102
E x S x A	0,977	0,418	0,209	0,085	0,793	0,221	0,836	0,419	0,209
S x D x A	0,876	0,087	0,537	0,061	0,530	0,200	0,741	0,086	0,538
E x S x D x A	0,965	0,180	0,782	0,084	0,200	0,140	0,324	0,181	0,782
CV (%)	10,86	6,14	9,65	8,36	8,27	21,22	23,68	3,06	4,33

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

A diferença entre os teores bromatológicos para as espécies forrageiras analisadas, tanto na área onde foi cultivado o milho, quanto na área em que foi cultivado o sorgo (Tabela 27), apresentaram o mesmo comportamento, em que o capim-xaraés demonstrou os menores teores dos componentes fibrosos em comparação ao capim-tanzânia, demonstrando assim, melhor qualidade bromatológica.

Do mesmo modo, os maiores teores dos componentes fibrosos, foram verificados nos capins que foram implantados no consórcio com as culturas produtoras de grãos, independentemente da espécie forrageira analisada. Tal fato se deve, à maior

idade destes capins nesta modalidade de cultivo, uma vez que foram implantadas em dezembro/2010 e novembro/2011, para os dois anos de avaliação, respectivamente, havendo maior acúmulo dos componentes fibrosos na parede celular. Entretanto, apesar da diferença estatística verificada para os parâmetros bromatológicos entre as modalidades de semeadura, os resultados pouco diferiram numericamente, demonstrando a viabilidade de ambos os sistemas de cultivo analisados.

Tabela 27. Teores percentuais de cinzas (CZ), fibra em detergente neutro (FDN), em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade (D) in vitro da matéria seca do capim-xaraés e capim-tanzânia (média de 3 cortes no período de inverno/primavera) em função da modalidade de semeadura e adubação nitrogenada após a colheita da cultura do sorgo para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	CZ	FDN	FDA	HEM	CEL	LIG	PB	NDT	D
<u>Espécie (E)</u>									
Capim-xaraés	9,8	67,4	35,0b	32,4a	30,6b	2,6	9,8	55,7	61,6a
Capim-tanzânia	9,3	67,9	36,0a	31,9b	31,4a	2,6	9,9	55,5	60,9b
<u>Semeadura (S)</u>									
Consórcio	9,6	67,9	35,5	32,4	31,0	2,6	9,8	55,5	61,2
Sucessão	9,5	67,4	35,4	31,9	31,0	2,7	9,9	55,6	61,3
<u>Dose (D)</u>									
0	10,0a	67,7	35,1	32,5a	30,8	2,8a	9,2b	55,6	61,5
70	9,1b	67,6	35,8	31,8b	31,3	2,5b	10,4a	55,6	61,0
<u>Ano (A)</u>									
2010/2011	9,5	66,7b	33,0b	30,8a	30,4b	2,0b	9,9	56,0a	63,2a
2011/2012	9,5	68,5a	38,0a	30,5b	32,0a	3,2a	9,8	55,2b	59,3b
<u>ANAVA (P>F)</u>									
E	0,101	0,249	0,013	0,046	0,009	0,650	0,649	0,249	0,013
S	0,901	0,147	0,776	0,064	0,960	0,225	0,646	0,147	0,777
D	0,002	0,821	0,061	0,002	0,067	0,005	0,000	0,820	0,061
A	0,608	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,875	0,000	0,000
Bloco	0,341	0,657	0,861	0,928	0,873	0,941	0,055	0,660	0,862
E x S	0,057	0,496	0,330	0,120	0,370	0,502	0,329	0,497	0,088
E x D	0,239	0,525	0,721	0,124	0,992	0,784	0,325	0,526	0,722
E x A	0,832	0,753	0,988	0,603	0,173	0,129	0,290	0,755	0,989
S x D	0,886	0,722	0,581	0,162	0,589	0,259	0,590	0,723	0,583
S x A	0,890	0,118	0,880	0,260	0,976	0,946	0,341	0,118	0,879
D x A	0,823	0,661	0,593	0,895	0,736	0,309	0,057	0,661	0,593
E x S x D	0,250	0,290	0,454	0,130	0,234	0,992	0,226	0,290	0,452
E x S x A	0,750	0,230	0,197	0,104	0,143	0,549	0,215	0,227	0,197
S x D x A	0,901	0,487	0,956	0,239	0,712	0,487	0,478	0,490	0,954
E x S x D x A	0,684	0,292	0,450	0,611	0,134	0,191	0,257	0,292	0,452
CV (%)	19,77	3,91	7,23	5,23	6,48	18,49	13,40	1,99	3,27

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

A diferença verificada com relação ao fornecimento de N durante o manejo de corte, totalizando uma aplicação de 140 kg ha⁻¹ de N ano⁻¹ (70 kg ha⁻¹ corte⁻¹), já era esperado, uma vez que a resposta positiva do fornecimento de N à maioria das espécies forrageiras é conhecida e citada por diversos autores (SANTOS JR.; MONTEIRO, 2003; OLIVEIRA et al., 2005; PRIMAVESI et al., 2005; PRIMAVESI et al., 2006; BATISTA; MONTEIRO, 2007; COSTA et al., 2007; MARTHA JÚNIOR; VILELA; SOUSA, 2007; SILVEIRA; MONTEIRO, 2007; BENETT et al., 2008; BARDUCCI et al., 2009; COSTA et al., 2009; MARTUSCELLO et al., 2009; RIBEIRO; PEREIRA 2010; SOUZA et al., 2010; CASTAGNARA et al., 2011; PARIZ et al., 2011a,c,d). De acordo com Mays (1974), a adubação nitrogenada, até mesmo em áreas não irrigadas, apresenta efeitos consideráveis quanto à qualidade da forragem. Desta forma, fica evidente a importância da adoção desta prática, principalmente em sistemas de produção mais complexos como a ILP sob SPD, como o efetuado na presente pesquisa, uma vez que estes sistemas de produção são mais tecnificados, utilizam cultivares mais produtivas, sendo portanto, mais exigentes em adubação.

Segundo Andrade et al. (2000), dentre os macronutrientes, o N possui papel fundamental para a nutrição das plantas, por ser constituinte essencial das proteínas e interferir diretamente no processo fotossintético, pela sua participação na molécula de clorofila. Pariz et al. (2011c,d), em trabalho realizado em condições edafoclimáticas muito semelhantes às do presente estudo, verificaram que a adubação nitrogenada nos capins, após a colheita da cultura do milho, incrementou a PMS da forragem e melhorou a composição bromatológica dos capins dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* implantados por ocasião do consórcio com a cultura do milho, com aumento dos teores relativos de clorofila e PB, também na época de inverno/primavera, além de aumento significativo dos teores de NDT e redução dos teores de FDN e FDA até o mês de setembro.

Os melhores resultados verificados no primeiro ano de avaliação, devem-se principalmente, à maior precipitação pluvial durante este ano em comparação ao mesmo período do segundo ano agrícola (Figura 1), principalmente nos primeiros meses de implantação do experimento até o primeiro corte dos capins, ou seja, no período de novembro a junho dos anos agrícolas 2010/2011 e 2011/2012, respectivamente. A temperatura média e o fotoperíodo durante a condução do experimento, pouco variaram durante os períodos avaliados, não sendo portanto, um fator que prejudicasse o

desenvolvimento dos capins, tendo em vista que a região em estudo é caracterizada por altas temperaturas durante todo o ano. Apesar de ter sido fornecida água por irrigação na área em que foi realizada a presente pesquisa, a maior quantidade de chuvas no primeiro ano de avaliação, provavelmente garantiu maior umidade ao solo, o que favoreceu o maior desenvolvimento e estabelecimento dos capins, com maior produtividade da forragem, causando uma diminuição dos componentes fibrosos por efeito de diluição (Tabelas 26 e 27).

Neste sentido, diversos autores ao comparar pastagens perenes na época seca do ano, a partir da terceira rebrotação, verificaram que as forrageiras implantadas pelo consórcio com culturas graníferas apresentam maior produtividade de forragem e melhor qualidade bromatológica (KLUTHCOUSKI et al., 2000; CRUSCIOL et al., 2011; PARIZ et al., 2011c,d). De acordo com estes autores, no primeiro ano de cultivo, o sistema radicular do capim semeado por ocasião do consórcio com a cultura granífera, tem maior capacidade de absorver água e nutrientes em maiores profundidades, apresentando melhor desenvolvimento em relação aos capins das pastagens com algum grau de degradação, derivadas de rebrotas de perfilhos com menos reservas.

O estudo da qualidade nutricional da pastagem, é fator de extrema relevância, principalmente nestes sistemas produtivos mais complexos e tecnificados como a ILP sob SPD em cultivo irrigado. Sendo assim, o conhecimento dos componentes bromatológicos da forragem, torna-se fator imperativo a fim de se aumentar a eficiência produtiva nos sistemas de produção, visando maior ganho de peso animal, a viabilidade econômica e maior sustentabilidade na atividade. De acordo com Van Soest (1994), das frações estudadas na composição química das plantas, a fração fibrosa e a protéica são as mais comumente analisadas, pois seus teores podem ser afetados por diversos fatores, entre eles, a espécie ou cultivar, a fertilidade do solo e a idade da planta. Segundo este mesmo autor, o estudo dos teores de proteína bruta (PB), das fibras em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA), são fundamentais na análise qualitativa de gramíneas e leguminosas, pois esses parâmetros podem influenciar direta ou indiretamente o consumo de matéria seca (MS) pelo animal.

Sendo assim, apesar de ter-se verificado diferença significativa dos componentes fibrosos entre as espécies forrageiras analisadas, modalidades de semeadura, adubação nitrogenada e anos de cultivo (Tabelas 26 e 27), os resultados para estes parâmetros apresentaram-se adequados e condizentes com os encontrados na literatura, pouco

diferindo em relação às áreas de cultivo, ou seja, tanto após milho ou sorgo para ensilagem.

Segundo Van Soest (1994), a FDN é uma característica que está diretamente relacionada a velocidade de passagem do alimento pelo trato digestivo, e quanto menor o nível de FDN, maior o consumo de MS. Da mesma forma, o teor de FDN está diretamente relacionado a fatores como o ciclo da cultivar, temperaturas noturnas, teor de carboidratos solúveis, entre outros. De acordo com Mertens (2001), a FDN é o indicador de fibra total dos alimentos, sendo importante seu conhecimento na planta, pois está relacionado com a idade desta, isto é, quanto mais madura a planta, mais alto será seu teor de FDN e pior será a digestibilidade e, por conseguinte, menor o ganho animal. Ainda de acordo com Van Soest (1994), o alto teor de FDA indica maior proporção dos constituintes fibrosos mais resistentes à digestão, tais como as pentosanas, celulose, lignina e cutina, que são componentes da parede celular, responsáveis pela baixa digestibilidade da forragem. Sendo assim, a digestibilidade de um alimento está mais relacionada com a FDA do que com a FDN, pois a fração da fibra indigestível (a lignina) representa uma maior porção da FDA.

Os resultados médios verificados na presente pesquisa para os teores de FDN e FDA nas espécies estudadas, independentemente da área de cultivo e dos fatores avaliados durante a condução do experimento, estão de acordo com os verificados por diversos autores, caracterizando um material com qualidade nutricional satisfatória. Para o capim-xaraés, os resultados obtidos na presente pesquisa estão próximos aos verificados por Benett et al. (2008), com valores entre 69,64 e 64,66% no capim-marandu em monocultivo com as doses de 0 e 200 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, Borghi et al. (2006), verificaram 72% de FDN no mesmo capim consorciado nas entrelinhas do milho, enquanto que Pariz et al. (2011d), avaliando diferentes espécies do gênero *Urochloa* implantadas em função do consórcio com a cultura do milho, em condições de cultivo semelhantes às praticadas na presente pesquisa, verificaram valores médios de FDN variando entre 52,79 a 70,95% e de FDA entre 24,40 a 35,18%, em função dos cortes e adubação nitrogenada no período de entressafra. Do mesmo modo, Pariz et al. (2011e), avaliando a PMS e a composição bromatológica de diferentes espécies forrageiras em função de épocas de semeadura na ILP, verificaram valores médios de FDN de 76,7% e de 53,0% para FDA na *Urochloa briantha*. Castagnara et al. (2011) avaliando o capim-mulato em função da adubação nitrogenada, obtiveram valores

médios de FDN e FDA, durante o manejo de corte das forrageiras variando de 69,86 a 38,70 %, enquanto que Euclides et al. (2009), avaliando diferentes cultivares de *U. brizantha* em condições de pré-pastejo, verificaram valores médios de FDN de 70,1 a 78,7, de 73,0 a 80,7 e de 72,9 a 79,9% para os capins Marandú, Piatã e Xaraés, respectivamente.

Para o capim-tanzânia, os resultados verificados no presente trabalho também estão de acordo com os verificados na literatura. Castagnara et al. (2011), avaliando diferentes cultivares de *Megathyrsus maximum* em função da adubação nitrogenada, obtiveram valores médios de FDN e FDA, durante o manejo de corte das forrageiras, de 71,92 e 39,39 e de 73,54 e 41,96% para os capins Tanzânia e Mombaça, respectivamente. No geral, os teores de FDN foram inferiores aos 74,5 e 73,4% do capim-mombaça no período das águas e seco, respectivamente, relatados por Euclides et al. (2008) e aos 75,7% do capim-tanzânia relatado por Difante et al. (2009). Patês et al. (2008), trabalhando com capim-tanzânia adubado com nitrogênio e fósforo, também não verificaram alterações para FDN, com valores médios de 71,6%, independentemente da adubação. Resultados semelhantes foram constatados por Difante et al. (2010), que verificaram para o capim-tanzânia 78% de FDN. Valadares Filho et al. (2002), catalogando diversos trabalhos realizados no Brasil, obtiveram média de 75,3% de FDN, com desvio de 5,09%, em forragem verde de *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia. Santos et al. (2003), em pesquisa com diversas espécies forrageiras, avaliaram o desempenho produtivo e qualitativo, para a cultivar tanzânia cortada aos 35 dias de idade, obtendo 79,2% de FDN, em uma média de seis cortes.

Desta forma, pode-se destacar, em função dos trabalhos citados, que a composição dos componentes fibrosos verificados nos capins do gênero *Urochloa* são, de modo geral, inferiores aos capins do gênero *Megathyrsus*. Vale ressaltar-se que quanto maior o teor de FDA, menor será a digestibilidade, enquanto que o FDN tem correlação negativa com o consumo das forrageiras, considerando teores de 40% de FDA e 60% de FDN, como limitantes da digestibilidade e do consumo, respectivamente (Van SOEST, 1994). Portanto, como os teores de FDN e FDA na presente pesquisa situaram-se dentro desses limites (Tabelas 26 e 27), pode-se inferir que a forragem produzida foi de bom valor nutricional e de boa digestibilidade.

Entretanto, são encontrados trabalhos que atribuem a redução dos teores de FDN e de FDA à adubação nitrogenada (BENETT et al., 2008; PARIZ et al., 2011c,d).

Segundo Van Soest (1994), o N promove aumento na concentração de aminoácidos e proteínas, que se acumulam principalmente no conteúdo celular, acarretando diluição da parede celular e aumento de digestibilidade, como verificado nas Tabelas 26 e 27, pelo incremento dos teores de PB. Contudo, na literatura, a relação entre adubação nitrogenada e FDA é inconsistente. Barros et al. (2002) obtiveram aumento de 0,75% de massa seca no teor de FDA por kg de N aplicado.

Cecato et al. (2004), com a aplicação de quantidades crescentes de N não constataram melhorias na digestibilidade *in vitro* da massa seca do capim-Marandu, muito embora, tenha promovido redução da FDN e FDA. No mesmo trabalho, a aplicação de doses crescentes de N (até 600 kg ha⁻¹) proporcionou incremento nos teores de PB na forragem, sendo os maiores valores verificados no período de verão, independente da menor relação lâmina foliar/colmo. Resultados semelhantes aos descritos anteriormente foram obtidos por Costa et al. (2007), em Latossolo Vermelho Eutrófico textura argilosa, avaliando o capim-Marandu em estágio moderado de degradação, por um período de três anos, onde o aumento das doses de N até 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, promoveu acréscimos expressivos no teor de PB e redução nos teores de FDN e FDA, sendo que o maior teor de PB foi obtido no terceiro ano de recuperação.

No entanto, em ambos os anos agrícolas, os teores de FDN e FDA não foram influenciados pela adubação nitrogenada (Tabelas 26 e 27), pelo provável efeito de mineralização da matéria orgânica (MO) do solo (histórico de 8-9 anos em SPD), pela irrigação da área e pelo efeito residual de cultivos antecessores, além do que, pela altura de corte (aproximadamente 0,30 m em relação à superfície do solo) e estágio de desenvolvimento precoce das forrageiras, com intervalo de corte de 45 dias, em que os teores de fibras podem também serem minimizados por efeito dos tratamentos.

Uma alternativa para se diminuir os teores dos componentes fibrosos das espécies forrageiras, seria a antecipação do momento de corte, porém, tal procedimento reduziria a PMS, o que na presente pesquisa foi priorizado, uma vez que aos 30 dias, momento em que seria realizado o primeiro corte, havia pouca quantidade de massa, devido às condições climáticas com menores temperaturas e baixa precipitação (Figura 1), sendo determinado então, o corte com 45 dias. Ainda, a altura de corte de 0,30 m em relação à superfície do solo, para todas as espécies forrageiras, demonstrou-se ideal para colher maior quantidade de folhas, uma vez que alturas inferiores provavelmente

elevariam os teores de FDN e FDA, em virtude da maior participação de colmos no material amostrado.

Com relação aos componentes fibrosos CEL, HEM e LIG, verificou-se que os valores obtidos para ambas as espécies forrageiras (Tabelas 26 e 27), em função das variáveis analisadas, estão de acordo com os dados demonstrados na literatura para condições semelhantes às realizadas na presente pesquisa (BENETT et al., 2008; PARIZ et al., 2011c,d,e), demonstrando a viabilidade dos sistemas produtivos estudados. De maneira geral, estes componentes bromatológicos apresentaram o mesmo comportamento da FDN e FDA, sendo os maiores valores médios de CEL e LIG proporcionados pelo capim-tanzânia, sem adubação nitrogenada, principalmente no segundo ano agrícola.

Conforme Silva; Queiroz (2002), a CEL representa a maior parte da FDA, e a HEM, mais digerível que a celulose, integra a FDN. Portanto, são interessantes maiores teores de hemicelulose e menores de celulose, já que os ruminantes desdobram esses componentes por meio de sua flora bacteriana em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente acético, propiônico e butírico, que representam a maior fonte de energia quando a alimentação desses animais é a base de forragem.

Os resultados apresentados na presente pesquisa corroboram com Silva; Queiroz (2002) ao relatarem 30,2% de celulose para o capim-ruziziensis e 33,8% no capim-colonião. Comparando tais resultados com os obtidos por Araújo et al. (2007), com média de 41,85% aos 75 dias após a emergência (DAE) na primavera/verão, os verificados na presente pesquisa são inferiores, em virtude provavelmente da menor idade (45 dias) e à maior altura de corte dos capins (0,30 m em relação à superfície do solo), o que proporcionou maior quantidade de folhas e menor de colmos.

Do mesmo modo, os teores médios de HEM estão de acordo com os verificados por diversos autores, principalmente em trabalho realizados em condições edafoclimáticas semelhantes às do presente trabalho (BENETT et al., 2008; PARIZ et al., 2011c, d, e). Segundo Silva; Queiroz (2002), a fração hemicelulose é em geral, menos resistente a tratamento químico e mais digerível que a celulose, porém menos que os carboidratos solúveis e o amido. Ainda de acordo com os mesmos autores, os valores médios para o capim-colonião, estão em torno de 27,5% de hemicelulose. Assim, do ponto de vista da digestibilidade dos componentes da parede celular, torna-se interessante elevar o teor de hemicelulose, com o intuito de diminuir os de FDA,

composto principalmente por lignina e celulose, já que a hemicelulose é calculada pela diferença entre os teores de FDN e FDA.

Com relação aos teores médios de LIG (Tabelas 26 e 27), apesar da diferença significativa entre as espécies forrageiras, adubação nitrogenada e entre os anos agrícolas, pode-se considerar que estes foram baixos, podendo proporcionar maior digestibilidade da forragem. De acordo com Van Soest (1994), a importância da lignina na nutrição animal está relacionada ao fato de existirem fortes evidências de que os polissacarídeos da parede celular, tais como celulose, hemicelulose e pectatos, ao serem isolados, apresentam maior degradação por microrganismos do rúmen ou por enzimas. A degradação é raramente completa, e diminui com o aumento do teor de lignina, além de ser influenciada pela espécie e idade da planta; por isso, menores teores de lignina são desejáveis na forragem a fim de melhorar a digestibilidade e aproveitamento de nutrientes pelos animais (SILVA; QUEIROZ, 2002).

De maneira geral, os teores de LIG foram bastante semelhantes entre as épocas de corte, ficando entre 2,0 e 3,2%, independentemente das variáveis analisadas e anos de cultivo (Tabelas 26 e 27). Estes valores são semelhantes aos relatados por Euclides et al. (2008), nos capins Massai e Mombaça e por Difante et al. (2009), no capim-tanzânia, bem como, abaixo dos 4 a 12% relatados por Silva; Queiroz (2002). A idade de corte adotada para os capins (45 dias), não proporcionaram tempo suficiente para maior desenvolvimento vegetativo e maior acúmulo de componentes da parede celular, apesar do histórico da área e condições climáticas e de cultivo favoráveis (Figura 1). Leonel et al. (2009), avaliando arranjos de semeadura do capim MG-5 em função do consórcio com a cultura do milho, verificaram teores de LIG na modalidade de semeadura com duas fileiras do capim na entrelinha do milho, de 5,34 a 9,15%, em função de dias após a semeadura das plantas.

Os teores médios de PB, de maneira geral, foram maiores nas pastagens que foram cultivadas na área em que havia a cultura do milho, em comparação às espécies na área em que havia sido cultivado o sorgo (Tabelas 26 e 27). Tal fato se deve, provavelmente pela menor competição exercida pelo milho quando em consórcio com as espécies forrageiras, e pela mais rápida decomposição da palhada do milho, quando comparado ao sorgo, criando condições mais favoráveis ao suprimento de nutrientes pelas forrageiras nesta área, uma vez que as condições climáticas, adubação e irrigação foram iguais para as duas áreas. Os teores de PB do presente trabalho foram

satisfatórios, visto que foram superiores aos 7% considerados por Van Soest (1994) como mínimo para manutenção da população de microorganismos do rúmen de bovinos, visto que, abaixo desse nível, ocorreria restrição ao consumo voluntário, por reduzir a atividade de microorganismos e a taxa de digestão de celulose, aumentando o tempo de retenção da forragem no rúmen.

Em condições semelhantes às do presente estudo, Pariz et al. (2011d), avaliando espécies do gênero *Urochloa* implantados por ocasião do consórcio com a cultura do milho, obtiveram teores médios de 7,45 a 23,94% para PB em cortes a cada 30 dias de intervalo. Pode-se considerar portanto, que os valores obtidos para o capim-xaraés, independentemente dos fatores avaliados durante a condução do experimento, foram satisfatórios (Tabelas 26 e 27).

Do mesmo modo, para o capim-tanzânia, os resultados também podem ser considerados adequados, uma vez que Santos et al. (2003), trabalhando com diversas espécies forrageiras para avaliar o desempenho produtivo e qualitativo, observaram para o cultivar Tanzânia, cortado aos 35 dias de idade, valores de 7,2% de PB, em uma média de seis cortes. Balsalobre et al. (2003), simulando o pastejo de capim-tanzânia em área irrigada, por meio de amostras coletadas ao longo de um ano, observaram tendência de aumento na composição protéica ao longo do ano, variando de 11,3 a 14,6% de PB, provavelmente devido às correções de solo e às adubações nitrogenadas (80 kg ha^{-1} de N pastejo⁻¹) e potássica (80 kg ha^{-1} de K_2O pastejo⁻¹). Souza et al. (2010), avaliando o capim-tanzânia verificaram teores de 8,6% de PB na testemunha, e de 12,3%, quando foram utilizadas as doses máximas de nitrogênio e P_2O_5 , enquanto que Castagnara et al. (2011) avaliando cultivares de *Megathyrus maximum* e *Urochloa brizantha*, constataram em três cortes a cada 42 dias, valores médios de PB de 8,55%, 9,77% e 10,03% para os capins Mombaça, Mulato e Tanzânia, respectivamente.

De acordo com Magalhães et al. (2007), elevados teores de PB nas frações da planta em função da adubação nitrogenada, indicam que o N pode ficar retido nos tecidos das plantas, possivelmente na forma inorgânica. Van Soest (1994) menciona que o N provoca aumento na concentração de aminoácidos e proteínas que acumulam principalmente no conteúdo celular, acarretando diluição da parede celular e aumento de digestibilidade. Desta forma, estes resultados podem ser comprovados na presente pesquisa, tendo em vista a diferença significativa entre os tratamentos em função do fornecimento de N (Tabelas 26 e 27). Os valores médios verificados no presente

trabalho, podem estar relacionados ainda ao histórico da área de cultivo, à idade de corte dos capins (45 dias), que pode ter favorecido a manutenção de folhas e colmos jovens, tendo menores teores dos componentes fibrosos.

A altura de corte também pode influenciar este fator, uma vez que alturas mais elevadas proporcionam menor quantidade de colmos e hastes, apresentando maior quantidade de folhas, o que melhora a qualidade bromatológica do capim. Até mesmo o fornecimento de irrigação pode influenciar na qualidade bromatológica das pastagem, tendo em vista que Vanzela et al. (2006), trabalhando com capim-mombaça na região Oeste do Estado de São Paulo, observaram que os teores de PB variaram de 9,7 a 13,8% no cultivo em sequeiro e de 10,1 a 14,9% no cultivo irrigado.

Sendo assim, as condições verificadas durante a condução do experimento foram satisfatórias, o que aliado aos fatores climáticos, favoreceram o bom desenvolvimento dos capins com altas produtividades de forragem, com boa qualidade bromatológica. Também, a maior PMS dos capins, pode causar ainda um efeito de diluição dos nutrientes nas forragens, uma vez que há menor concentração de nutrientes com maiores produtividades. Porém, quando o objetivo é a produtividade de nutrientes ou a qualidade bromatológica em área (hectare), torna-se mais importante, a maior produção de massa seca, o que irá proporcionar maior quantidade de nutrientes por área. Assim, no presente trabalho, procurou-se explorar essas ferramentas de manejo (adubação nitrogenada e altura de corte), a fim de se obter uma forragem de melhor qualidade e em quantidade satisfatória.

No geral, os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram superiores no primeiro ano de cultivo, demonstrando mais uma vez a melhor qualidade da forragem produzida neste ano. Sendo assim, os teores médios ficaram próximos dos 55% relatados como ideais por Van Soest (1994) em forrageiras tropicais (Tabelas 26 e 27), bem como aos 56,79% no capim-marandu relatado por Benett et al. (2008), utilizando a mesma metodologia de cálculo adotada na presente pesquisa. Souza et al. (2010), avaliando o capim-tanzânia com corte realizado a 0,40 m em relação à superfície do solo, verificaram valores de NDT de 52,2% para o tratamento sem adubação e de 53,9%, para as maiores doses de adubação nitrogenada e fosfatada. Da mesma maneira, Balsalobre et al. (2003), simulando o pastejo de capim-tanzânia em área irrigada, observaram teores calculados de NDT que variaram de 55,2 a 59,3%, maiores na primavera e no verão, provavelmente, devido às maiores doses de nitrogênio e potássio

aplicados e às correções de solo. Desta forma, pode-se considerar a eficiência dos sistemas produtivos analisados em fornecer pastagem de qualidade, com valores de NDT adequados.

Por outro lado, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (D) é a medida da proporção do alimento consumido que é digerida e metabolizada pelo animal. Em princípio, a digestibilidade potencial de todos os componentes da planta, exceto a lignina, é de 100%, contudo, a digestão completa nunca acontece devido às incrustações de hemicelulose e celulose pela lignina, que tem efeito protetor contra a ação dos microrganismos do rúmen (WHITEMAN, 1980). Desta forma, a digestibilidade apresenta correlação com o consumo voluntário. Portanto, a baixa digestibilidade implica em maior tempo de retenção da forragem no rúmen, promovendo limitações de consumo de ordem física. Cerca de 40 a 60% das variações de consumo entre as forrageiras podem ser atribuídas às diferenças na digestibilidade (REIS; RODRIGUES, 1993).

Os valores obtidos para digestibilidade (D) podem ser considerados satisfatórios em todos os tratamentos, apesar de terem sido verificadas diferenças significativas, em que os maiores valores foram proporcionados, de modo geral, pelo capim-xaraés, principalmente no primeiro ano agrícola (Tabelas 26 e 27). Desta forma, Hill et al. (1993), em avaliações em pequenas parcelas, durante três anos, permitiram observar que o capim-Tifton 85 apresentou digestibilidade média de 60,3%, enquanto que Cecato et al. (2004), avaliando o efeito da adubação nitrogenada e fosfatada no capim-marandu, verificaram valor médio de 59,7% para DMS. Cunha et al. (2007), avaliando a composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca do capim-tanzânia irrigado, registraram um valor médio de 72,4%. Fica evidente, portanto, a boa qualidade do material produzido na presente pesquisa, demonstrando a possibilidade de utilização destas espécies forrageiras nestes sistema de produção na ILP.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que o sistema de ILP por meio do cultivo consorciado pode suprir a necessidade do agricultor tanto na produção de silagem de milho e de sorgo quanto para formação de pastagem. Dessa forma, ressalta-se que a consorciação pode ser vantajosa tanto para a forrageira quanto para as culturas produtoras de grãos, produzindo matéria seca de qualidade mesmo em condições de competitividade por fatores de produção. Além disso, a fertilidade do solo da área experimental, aliada à adubação de cobertura com ureia, resultou em elevada

produtividade de silagem de milho e de sorgo, além de forragem no período de entressafra, mesmo em condições de cultivo consorciado, indicando a viabilidade desse sistema de produção irrigado.

Assim como o verificado para a qualidade bromatológica, o conhecimento dos teores nutricionais em espécies forrageiras é de fundamental importância, principalmente para determinação do manejo correto da pastagem, no tocante à adubação e à adequada nutrição dos animais. Neste sentido, o manejo da adubação aliado ao correto manejo do solo, tornam-se fatores de extrema importância nos sistemas de cultivo, principalmente naqueles mais complexos como a ILP sob SPD, em que o conhecimento da necessidade de nutrientes requeridos pelas plantas forrageiras, proporcionam produtividade elevada e qualidade da pastagem.

Por outro lado, quando o objetivo é a formação de palhada para a manutenção e continuidade do SPD, como no caso da presente pesquisa, o conhecimento dos teores nutricionais, assim como o acúmulo de nutrientes por estas espécies, tornam-se fundamentais, especialmente no que se refere à ciclagem de nutrientes, o que a longo prazo pode trazer inúmeros benefícios às culturas em sucessão, demonstrando a potencialidade e benefícios destes sistemas produtivos. Sendo assim, objetivou-se determinar os teores nutricionais, assim como a PMS e acúmulo de nutrientes no capim-Xaraés e Tanzânia (Tabelas 28 e 29), nos diferentes sistemas de cultivo analisados, após o manejo de corte e adubação nitrogenada, visando a formação de palhada para continuidade do SPD na ILP.

A importância na determinação destes parâmetros nestes sistemas produtivos, se dá, principalmente, tendo em vista a relevância do SPD no cenário agrícola brasileiro, em que este sistema é o grande responsável pelo significativo aumento da produtividade e a continuidade da exploração agrícola no país. Tal fato se deve, principalmente pelas características dos solos cultivados, principalmente os da região de cerrado, uma vez que estes possuem baixa fertilidade natural, e a palhada fornecida pelas espécies forrageiras, ou na rotação de culturas, proporciona, a longo prazo, melhorias significativas nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Para o sucesso do SPD, é de fundamental importância a utilização de espécies adaptadas às condições edafoclimáticas da região e a prática da rotação de culturas de forma a proporcionar a manutenção permanente de uma quantidade mínima de massa vegetal sobre a superfície do solo. Sendo assim, o efeito benéfico dos resíduos vegetais

é acrescido conforme o maior tempo de permanência deste sobre o solo. Entretanto, este tempo é dependente do tipo de resíduo, ou seja, da espécie vegetal utilizada, do tamanho das partículas, da quantidade de palha e da composição química, principalmente a relação C/N.

Desta forma, verificou-se que houve diferença significativa entre os teores de nutrientes foliares, das relações carbono nitrogênio (C/N) e lignina em relação ao nitrogênio total (Lig/N), além da PMS e acúmulo de nutrientes pela palhada dos capins Xaraés e Tanzânia, na área em que foi cultivado o milho para ensilagem em antecessão, em ambos os anos agrícolas, respectivamente (Tabela 28). Entretanto, não foi verificada interação significativa entre as fontes de variação sobre os parâmetros avaliados.

Os teores foliares dos macronutrientes N, Ca e S foram maiores no capim-tanzânia, enquanto que a maior relação C/N foi proporcionada pelo capim-xaraés (Tabela 28). Entre as modalidades de cultivo, os maiores teores nutricionais foram verificados quando as espécies forrageiras foram implantadas em sucessão à cultura do milho, diferentemente do verificado para as relações C/N e Lig/N, que foram maiores nas espécies implantadas por ocasião do consórcio com o milho, pela sua maior idade fenológica.

Em função da adubação nitrogenada fornecida durante o manejo de corte das forrageiras, durante o período de inverno/primavera (70 kg ha^{-1} de N corte⁻¹), verificou-se que o incremento de N, melhorou a qualidade nutricional dos capins, com aumentos nos teores de N, K, Mg e S, em relação à testemunha (dose 0 de N). Na ausência de N foram verificados os maiores valores das relações C/N e Lig/N, demonstrando o efeito do nitrogênio na melhoria nutricional dos capins, principalmente no aumento dos teores de PB e redução de fibras. Entre os anos de cultivo, de modo geral, os maiores teores nutricionais (P, K e Mg) foram proporcionados no primeiro ano agrícola, inclusive com maior relação Lig/N.

A PMS dos capins, visando a formação de palhada para o SPD, diferiu estatisticamente em função dos tratamentos, sendo os maiores valores verificados no capim-tanzânia e, de modo geral, nos capins semeados em sucessão no primeiro ano agrícola (Tabela 28).

Tabela 28. Teores nutricionais, relações C/N, lignina/N total, produtividade de massa seca (PMS) e acúmulo de nutrientes em folhas de capim-xaraés e capim-tanzânia em função da modalidade de semeadura e adubação nitrogenada após a colheita da cultura do milho para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	g kg ⁻¹ de massa seca							kg ha ⁻¹							
	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N	Lig/N	PMS	N	P	K	Ca	Mg	S
<u>Espécie (E)</u>															
Capim-xaraés	14,5b	1,82	20,0	3,25b	2,58	1,19b	31,5a	1,57	5.806b	84,2b	10,6	116,1	18,8b	14,9b	6,9b
Capim-tanzânia	16,3a	1,73	20,6	3,84a	2,52	1,33a	27,8b	1,49	6.615a	107,8a	11,4	136,3	25,4a	16,6a	8,7a
<u>Semeadura (S)</u>															
Consórcio	12,8b	1,62b	18,7b	3,41b	2,41b	1,06b	34,6a	1,72a	4.825b	61,8b	7,8b	90,2b	16,4b	11,6b	5,1b
Sucessão	18,0a	1,94a	21,8a	3,69a	2,69a	1,46a	24,7b	1,34b	7.380a	132,8a	14,3a	160,8a	27,2a	19,8a	10,8a
<u>Dose (D)</u>															
0	13,9b	1,78	19,8b	3,45	2,41b	1,17b	32,9a	1,66a	5.780b	89,3b	11,4	120,2b	20,9b	15,5	7,5
70	16,9a	1,78	20,8a	3,64	2,69a	1,34a	26,3b	1,40b	6.425a	97,7a	10,4	127,2a	22,2a	15,5	7,7
<u>Ano (A)</u>															
1	16,1	1,59b	23,1b	3,49	2,48b	1,32a	28,7	1,25b	6.320a	101,7a	10,0	145,9a	22,0b	15,6b	8,3a
2	14,7	1,96a	17,5a	3,61	2,63a	1,20b	30,5	1,81a	6.159b	90,5b	12,1	107,8b	22,2a	16,2a	7,3b
<u>ANAVA (P>F)</u>															
E	0,009	0,054	0,059	0,000	0,293	0,001	0,007	0,398	0,002	0,008	0,787	0,763	0,050	0,040	0,050
S	0,000	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,012	0,002	0,017	0,000
D	0,000	0,896	0,003	0,166	0,000	0,001	0,000	0,020	0,039	0,025	0,582	0,002	0,050	0,322	0,147
A	0,058	0,000	0,000	0,403	0,024	0,017	0,175	0,000	0,045	0,000	0,311	0,000	0,000	0,000	0,000
Bloco	0,200	0,020	0,020	0,330	0,998	0,007	0,090	0,284	0,382	0,310	0,949	0,864	0,983	0,971	0,487
E x S	0,066	0,093	0,997	0,056	0,672	0,890	0,327	0,124	0,447	0,878	0,267	0,200	0,409	0,295	0,865
E x D	0,585	0,694	0,339	0,576	0,672	0,519	0,364	0,342	0,998	0,119	0,364	0,057	0,398	0,071	0,069
E x A	0,302	0,154	0,095	0,067	0,672	0,248	0,221	0,958	0,278	0,297	0,115	0,340	0,256	0,445	0,952
S x D	0,278	0,361	0,701	0,166	0,261	0,698	0,117	0,550	0,511	0,534	0,665	0,754	0,236	0,167	0,916
S x A	0,286	0,896	0,089	0,286	0,140	0,373	0,246	0,545	0,389	0,267	0,444	0,143	0,552	0,119	0,551
D x A	0,219	0,525	0,340	0,266	0,096	0,057	0,135	0,717	0,671	0,265	0,334	0,558	0,340	0,409	0,278
E x S x D	0,525	0,093	0,339	0,353	0,832	0,057	0,430	0,734	0,467	0,405	0,138	0,260	0,099	0,305	0,461
E x S x A	0,490	0,054	0,997	0,170	0,143	0,220	0,486	0,289	0,892	0,248	0,096	0,054	0,761	0,056	0,649
S x D x A	0,870	0,895	0,181	0,576	0,260	0,897	0,617	0,070	0,761	0,570	0,586	0,239	0,242	0,101	0,421
E x S x D x A	0,490	0,212	0,339	0,166	0,672	0,057	0,789	0,311	0,887	0,480	0,927	0,464	0,581	0,335	0,911
CV (%)	17,74	10,67	6,38	15,01	9,22	15,26	17,64	27,72	22,13	18,93	16,77	20,02	17,75	23,40	11,89

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Do mesmo modo, o acúmulo de nutrientes teve o mesmo comportamento dos teores nutricionais, sendo os maiores acúmulos verificados nos tratamentos advindos da maior PMS, por efeito acumulativo. Sendo assim, os maiores acúmulos foram verificados no capim-tanzânia, principalmente de N, Ca, Mg e S, assim como nas espécies que foram implantadas em sucessão ao milho (Tabela 28). A adubação nitrogenada também proporcionou maiores quantidades de nutrientes, destacando-se os acúmulos de N, K e Ca, e assim como o verificado para os teores nutricionais e PMS, os maiores valores foram proporcionados também no primeiro ano agrícola.

Assim como observado para as espécies forrageiras cultivadas na área com a cultura do milho em antecessão, verificou-se também diferença significativa entre os teores foliares nutricionais, das relações carbono nitrogênio (C/N) e lignina em relação ao nitrogênio total (Lig/N), além da PMS e acúmulo de nutrientes pela palhada dos capins Xaraés e Tanzânia, na área em que foi cultivada a cultura do sorgo forrageiro para ensilagem, em ambos os anos agrícolas, respectivamente (Tabela 29). Entretanto, não foi verificada interação significativa das fontes de variação.

O capim-tanzânia resultou nos maiores teores nutricionais de P, Ca e S, enquanto que o capim-xaraés proporcionou o maior teor de K (Tabela 29). Em função das modalidades de cultivo dos capins, os maiores teores de K e Ca foram obtidos nas espécies forrageiras implantadas por ocasião do consórcio, e os maiores teores de P, nas espécies implantadas em sucessão. Com relação à adubação nitrogenada, da mesma forma que o observado para os capins na área do milho, verificou-se que o incremento de N favoreceu a melhoria na qualidade nutricional das forrageiras, havendo maiores teores de N, K e S, com aplicação de 70 kg ha^{-1} de N corte⁻¹ durante o manejo de corte, sendo que na testemunha (dose 0 de N), observou-se maior relação C/N. De maneira geral, os maiores teores nutricionais foram verificados também no primeiro ano de cultivo, enquanto que no segundo ano verificou-se os maiores valores das relações C/N e Lig/N.

A PMS não diferiu significativamente entre as espécies forrageiras e modalidades de semeadura, entretanto verificou-se diferença para este atributo, por efeito da adubação nitrogenada, sendo que a aplicação de N resultou em aumento da produtividade, principalmente no primeiro ano de cultivo (Tabela 29).

Tabela 29. Teores nutricionais, relações C/N e lignina/N total, produtividade de massa seca (PMS) e acúmulo de nutrientes em folhas do capim-xaraés e capim-tanzânia em função da modalidade de semeadura e adubação nitrogenada após a colheita da cultura do sorgo para ensilagem, durante dois anos agrícolas e significância da ANAVA.

	g kg ⁻¹ na massa seca									kg ha ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N	Lig/N	PMS	N	P	K	Ca	Mg	S
<u>Espécie (E)</u>															
Capim-xaraés	14,8	1,80b	22,0a	2,94b	2,62	1,24b	29,5	1,34	6.252	92,5	11,2b	137,5a	18,3b	16,3b	7,7
Capim-tanzânia	14,8	1,93a	20,5b	4,02a	2,80	1,34a	30,5	1,49	6.229	92,2	12,0a	127,6b	25,0a	17,4a	8,3
<u>Semeadura (S)</u>															
Consórcio	14,7	1,63b	21,9a	3,86a	2,71	1,28	29,7	1,44	5.795	85,1b	9,4b	126,9	22,3a	15,7	7,4
Sucessão	14,9	2,10a	20,6b	3,10b	2,70	1,30	28,3	1,39	5.932	88,4a	12,4a	122,2	18,3b	16,0	7,7
<u>Dose (D)</u>															
0	14,1b	1,87	20,5b	3,50	2,72	1,26b	31,0a	1,40	5.711b	80,5b	10,7b	117,0b	19,9	15,5b	7,1
70	15,4a	1,85	22,0a	3,46	2,70	1,32a	29,0b	1,43	6.015a	92,6a	11,1a	132,3a	20,8	16,2a	7,9
<u>Ano (A)</u>															
1	16,1a	1,73b	24,9a	3,75a	2,74	1,49a	27,6b	0,94b	6.682a	107,5a	11,5b	166,3a	25,0a	18,3a	9,9a
2	13,5b	2,00a	17,6b	3,21b	2,68	1,09b	32,5a	1,89a	6.242b	84,2b	12,4a	109,8b	20,0b	16,7b	6,8b
	ANAVA (P>F)														
E	0,952	0,019	0,001	0,000	0,060	0,000	0,282	0,059	0,389	0,087	0,016	0,002	0,062	0,048	0,182
S	0,606	0,000	0,009	0,000	0,947	0,475	0,491	0,491	0,228	0,027	0,008	0,552	0,045	0,631	0,665
D	0,004	0,627	0,002	0,617	0,842	0,036	0,030	0,725	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,467	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bloco	0,031	0,088	0,961	0,798	0,999	0,698	0,072	0,996	0,998	0,018	0,925	0,271	0,241	0,156	0,205
E x S	0,693	0,334	0,346	0,446	0,842	0,310	0,152	0,833	0,387	0,445	0,735	0,453	0,152	0,680	0,905
E x D	0,250	0,130	0,141	0,137	0,552	0,362	0,367	0,878	0,227	0,347	0,306	0,849	0,927	0,653	0,408
E x A	0,162	0,334	0,685	0,173	0,947	0,200	0,182	0,168	0,981	0,282	0,156	0,174	0,948	0,278	0,224
S x D	0,435	0,130	0,787	0,319	0,595	0,113	0,101	0,757	0,182	0,209	0,142	0,590	0,817	0,096	0,205
S x A	0,160	0,150	0,210	0,376	0,212	0,080	0,132	0,354	0,582	0,419	0,896	0,965	0,785	0,913	0,633
D x A	0,290	0,334	0,109	0,802	0,552	0,362	0,061	0,110	0,578	0,462	0,221	0,100	0,423	0,293	0,098
E x S x D	0,182	0,185	0,251	0,085	0,063	0,304	0,176	0,201	0,194	0,514	0,129	0,685	0,706	0,707	0,845
E x S x A	0,103	0,153	0,083	0,532	0,241	0,476	0,193	0,066	0,999	0,230	0,665	0,831	0,936	0,261	0,810
S x D x A	0,997	0,186	0,787	0,454	0,212	0,476	0,200	0,885	0,289	0,470	0,340	0,542	0,354	0,146	0,591
E x S x D x A	0,073	0,150	0,141	0,153	0,947	0,113	0,128	0,566	0,133	0,387	0,557	0,311	0,823	0,437	0,876
CV (%)	11,10	10,99	8,64	11,40	13,85	8,08	12,08	21,26	27,89	22,15	23,41	25,07	19,80	29,47	11,44

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Da mesma maneira que o verificado para os teores nutricionais, os valores para acúmulo de nutrientes apresentou o mesmo comportamento, sendo as maiores quantidades obtidas nos tratamentos com maior PMS, por efeito acumulativo. A palhada do capim-tanzânia acumulou maior quantidade de P, Ca e Mg, enquanto que o capim-xaraés acumulou maior quantidade de K. Entre as modalidades de semeadura, houve maior acúmulo de N e P nas forrageiras implantadas em sucessão ao sorgo, e maior de Ca quando os capins foram implantados por ocasião do consórcio. A adubação nitrogenada, assim como o verificado para os teores nutricionais, proporcionou incremento nas quantidades de nutrientes pela palhada, principalmente de N, P, K e Mg. De modo geral, as maiores quantidades de nutrientes foram verificadas no primeiro ano de condução do experimento.

A diferença significativa verificada para os teores nutricionais entre as espécies forrageiras ocorre principalmente, por elas possuírem exigências diferenciadas em relação à fertilidade do solo, além de fatores climáticos. Tal diferença se dá ainda, em função das características produtivas individuais, sendo o capim-tanzânia mais competitivo que o capim-xaraés, uma vez que o manejo adotado durante o desenvolvimento das culturas foi o mesmo, independentemente da área de cultivo e ano agrícola.

Entretanto, comparando-se os capins nas áreas de cultivo (milho e sorgo), não houve diferença acentuada quanto aos teores nutricionais e, conseqüentemente quanto ao acúmulo de nutrientes (Tabelas 28 e 29), demonstrando que estas espécies cultivadas em antecessão, não prejudicaram o desenvolvimento dos capins, mesmo quando estes foram implantados por ocasião do consórcio. De acordo com Queiroz et al. (2002), dentre os fatores que influenciam as concentrações dos nutrientes nas forrageiras, destacam-se a espécie, a origem, as condições de cultivo, as condições ambientais durante o crescimento, a maturidade, a relação folha/colmo, o nível de inserção (topo ou base da planta) da fração amostrada e as características estruturais da parede celular.

Neste sentido, os teores nutricionais nos capins podem ser melhorados com a adubação da pastagem, principalmente a nitrogenada, ou com a adoção de sistemas de rotação de culturas com inclusão de leguminosas e ainda adoção do SPD, em que a palhada pode fornecer nutrientes às forrageiras nos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica. Atualmente, a ILP pode auxiliar no fornecimento de nutrientes pelo efeito residual da adubação na cultura produtora de grãos. Estes fatores,

aliados à irrigação e ao correto manejo da pastagem e do solo, proporcionam forragem de excelente qualidade além de palhada adequada para continuidade e manutenção do SPD.

Cabe ressaltar ainda, a elevada PMS verificada em todos os tratamentos, garantindo quantidade satisfatória de palhada para o SPD (Tabelas 28 e 29), após os 3 cortes para produção de forragem. O corte das forrageiras para formação de palhada foi realizado a aproximadamente 0,05 m em relação à superfície do solo e, apesar da diferença significativa entre as fontes de variação e principalmente em relação aos anos de cultivo, os sistemas produtivos analisados demonstraram-se eficientes em produzir palhada para continuidade do SPD na ILP na região em estudo. Tais resultados se devem em parte, às condições climáticas durante a condução da presente pesquisa, em que houve maior quantidade de chuvas no primeiro ano (Figura 1), o que pode ter favorecido o desenvolvimento dos capins, podendo até mesmo proporcionar maior desenvolvimento dos sistemas radiculares, devido à maior umidade do solo, fazendo com que houvesse além de maior PMS, maior acúmulo de nutrientes pelas forrageiras, mesmo se tratando de áreas irrigadas. Deve-se enfatizar ainda, as condições de temperatura e fotoperíodo adequados (Figura 1), o que proporcionou condições ideais para a produção dessas forrageiras.

A produtividade média de massa seca das espécies forrageiras foram relativamente altas, portanto, estas espécies podem ser consideradas excelentes opções como culturas produtoras de palhada, visando a implantação ou manutenção do SPD na região em estudo (Cerrado de baixa altitude). Neste contexto, Ruedell (1998) sugeriu uma adição anual em torno de 6.000 kg ha⁻¹ de massa seca, enquanto Bayer et al. (2000) sugeriram uma adição anual em torno de 10.000 a 12.000 kg ha⁻¹ de massa seca, ambos na região Sul do Brasil.

O uso eficiente da pastagem e posterior formação de palhada para o SPD, em sistemas intensivos de produção, é dependente de nutrição balanceada da planta forrageira. Segundo Brâncio et al. (2002), torna-se fator de extrema relevância na exploração racional da pecuária, que a pastagem seja de alto valor nutritivo, proporcionando alimentação ideal aos animais, com custo financeiro adequado. O estudo do valor nutritivo da forragem contribui ainda para a identificação dos fatores limitantes ao consumo de nutrientes e, conseqüentemente, a produção animal.

Sendo assim, pode-se inferir que os teores nutricionais em ambos os capins, apesar da diferença significativa principalmente com relação à espécie forrageira, adubação nitrogenada e ano de cultivo foram adequados, tanto quando o objetivo for a nutrição animal (WERNER et al., 1996; McDOWELL, 1999), evitando assim, a deficiência nutricional na pastagem (MALAVOLTA et al., 1986; MALAVOLTA, 1992), quanto à produção de palhada para o SPD. Deve-se considerar ainda, que a qualidade nutricional verificada na palhada dos capins xaraés e tanzânia, poderá promover melhorias no solo sob SPD, em que o fornecimento de N às forrageiras garante também maior absorção e acúmulo de nutrientes pela parte aérea, melhorando a qualidade nutricional das mesmas, o que poderia incrementar o processo de decomposição dos resíduos vegetais e liberação de nutrientes aos cultivos seguintes.

Para a caracterização de uma palhada de qualidade, além da quantidade de nutrientes existente nos resíduos vegetais, normalmente, avalia-se ainda a durabilidade e o tempo de permanência desta sobre a superfície do solo. Essa medida, pode ser realizada pela determinação da relação C/N dos resíduos vegetais (plantas de cobertura), onde o limite de 25 separa o fato de haver decomposição mais rápida abaixo deste limite. Por outro lado, quanto mais altos forem os conteúdos de lignina (LIG) e a relação C/N nos resíduos, tanto mais lenta será a sua decomposição.

Portanto, a determinação das relações C/N e Lig/N tornam-se importantes, principalmente no que diz respeito à qualidade e tempo de permanência da palhada sobre a superfície do solo, uma vez que maiores valores destas relações, indicam maior durabilidade do material vegetal, ou seja, fazem com que os resíduos vegetais permaneçam por maior período de tempo sobre o solo. No Cerrado, em que as condições climáticas contribuem para a rápida decomposição e mineralização dos resíduos vegetais, torna-se necessário realizar-se a correta escolha da espécie vegetal utilizada como planta de cobertura, a fim de proporcionar além de elevada quantidade de palha, maior permanência desta sobre a superfície do solo. A relação C/N das culturas de cobertura influi ainda na taxa de mineralização dos resíduos orgânicos, na imobilização e na liberação de nitrogênio ao solo, sendo a decomposição inversamente proporcional ao teor de lignina e à relação C/N dos resíduos (AMADO et al., 2002).

Pode-se verificar que os valores para a relação C/N em todos os tratamentos foram adequados para permanência sobre o solo e continuidade do SPD, sendo superiores ao limite de 25 (Tabelas 28 e 29). Tais resultados podem ter sido

influenciados pela maior quantidade de colmos nos capins, uma vez que estes foram coletados a 0,05 m em relação à superfície do solo, cerca de 30 dias após o 3º corte, permanecendo pouca quantidade de folhas. Provavelmente, os materiais possuíam maior quantidade de componentes da parede celular e conseqüentemente menores teores de N, elevando as relações C/N principalmente na ausência de adubação nitrogenada.

A importância da relação Lig/N também é enfatizada por diversos autores, uma vez que quanto maior a quantidade de colmos, maior a quantidade de componentes da parede celular, influenciando tanto na digestibilidade da forragem, quanto na permanência da palhada na superfície do solo no SPD. Dubeux Júnior et al. (2006) verificaram que a adubação nitrogenada em pastagem de capim-pensacola diminuiu a relação lignina/N total, a qual influenciou a velocidade de decomposição e a mineralização dos nutrientes contidos nos resíduos.

Os valores da relação Lig/N podem ser considerados baixos (Tabelas 28 e 29), sendo inferiores aos 5,5; 9,3 e 12,4, respectivamente, do capim-moa, do milho e do sorgo forrageiro avaliados aos 75 dias após a emergência (DAE) na primavera/início de verão visando a formação de palhada para o SPD, no mesmo local do presente trabalho (PARIZ et al., 2011e). Visto que avaliou-se a relação lignina/N total na massa seca residual (MSR) após o último corte simulando pastejo, predominavam colmos e quantidade mínima de folhas. Assim, pode-se afirmar que apesar da adubação nitrogenada diminuir a relação Lig/N total, tal atributo também é influenciado pela relação folha/colmo, idade do capim e época do ano.

De maneira geral, verificou-se que o acúmulo de nutrientes nos capins Xaraés e Tanzânia tiveram o mesmo comportamento apresentado pelos teores nutricionais na parte aérea das forrageiras, acompanhando a PMS (Tabelas 28 e 29). Podem-se destacar os altos valores acumulados na MSR principalmente de N e K, confirmando serem estes os nutrientes mais absorvidos e acumulados no tecido vegetal da maioria das plantas de cobertura. Estes resíduos culturais que permanecem na superfície do solo constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003), ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (ALCÂNTARA et al., 2000). Observa-se ainda, que os valores de N e K foram bem maiores que os normalmente incorporados ao solo pela adubação de semeadura,

demonstrando desta forma, a grande capacidade de aquisição de nutrientes por estas culturas nestes sistemas produtivos.

Malavolta (1980) relatou valores de produção de massa seca de forrageiras variando de 13 a 25 t ha⁻¹ e valores dos macronutrientes N, P e K, extraídos pela parte aérea de, respectivamente, 200 a 300 kg ha⁻¹, 30 a 70 kg ha⁻¹ e 200 a 500 kg ha⁻¹. Silva et al. (2003) constataram valores de 221,6 kg ha⁻¹ para N e 274,6 kg ha⁻¹ para K, como as quantidades desses nutrientes restituídas ao solo pelo milho coletado aos 55 dias de idade. De acordo com estes mesmos autores, essas quantidades vão depender do teor do nutriente no tecido vegetal e da produtividade de matéria seca da cultura. Magalhães et al. (2002), avaliando a PMS e a exportação de nutrientes pela parte aérea da *U. brizantha* implantada no sistema Barreirão, verificaram valores médios de 46,2 a 87,2 kg ha⁻¹ de N; 7,7 a 18,6 kg ha⁻¹ de P; 96,9 a 196,1 kg ha⁻¹ de K; 9,9 a 17,1 kg ha⁻¹ de Ca e de 9,0 a 19,6 kg ha⁻¹ de Mg, durante um período de 6 anos de adoção do sistema, sendo que os menores valores, foram verificados no último ano de avaliação, demonstrando a importância do manejo adequado dos sistemas produtivos, visando fornecer nutrientes ao sistema, para minimizar a degradação do solo e resultar em produtividades satisfatórias das culturas.

Em trabalho realizado por Torres, Pereira e Fabian (2008) avaliando o acúmulo de nutrientes em diferentes espécies vegetais, notaram que os maiores valores de N, K e Ca, foram obtidos com milho, sorgo, braquiária e crotalária, sendo estes relacionados à maior absorção destes elementos pelas plantas. O valor elevado de N nas gramíneas deve-se à alta produção de fitomassa seca e na leguminosa à fixação biológica de N. Torres et al. (2005), avaliando a taxa de decomposição e liberação de nutrientes em diversas espécies de cobertura na região de Cerrado, durante dois anos agrícolas, verificaram valores de N acumulado por *U. brizantha* de 130,8 a 41,6 t ha⁻¹, com produtividades de massa seca em torno de 6,0 e 2,1 t ha⁻¹. Em trabalho realizado por Lima et al. (2005), avaliando o acúmulo de nutrientes pela palhada de diferentes espécies forrageiras verificaram que o nutriente acumulado em maior quantidade, pelas espécies de sorgo de Guiné, milho e painço, foi o K, sendo seguido por N, Ca, Mg e P.

Segundo Primavesi et al. (2002) as gramíneas, pelo seu elevado potencial de produção de MS, em alguns casos, podem depositar mais N no solo que as leguminosas, como no caso do milho. Essas grandes quantidades de N acumuladas, por estarem

fixadas em compostos orgânicos, ficam à disposição da ciclagem no complexo planta-palha-solo, formado pelos agroecossistemas.

Em relação ao K, como este é o cátion mais abundante no citoplasma das células vegetais e não possuem função estrutural (MARSCHNER, 1995), formam ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003) e, portanto de fácil liberação dos restos vegetais. O K é normalmente o mineral mais abundante no tecido vegetal, e apresenta-se predominantemente na forma iônica K^+ , sendo que a decomposição dos restos vegetais o libera na sua totalidade rapidamente.

Os valores médios para acúmulo de fósforo, assim como o verificado na literatura, foram de maneira geral, menores em comparação ao acúmulo dos demais macronutrientes (N, K, Ca e Mg) conforme pode ser observado nas Tabelas 28 e 29. Entretanto, cabe ressaltar a importância deste elemento nos sistemas produtivos, principalmente nos solos da região em estudo, que historicamente, possuem baixo teor deste elemento em sua constituição natural, em que o seu fornecimento pela palhada, pode trazer inúmeros benefícios aos sistemas de produção. Apesar de estar presente em pequenas quantidades na MSR dos capins Xaraés e Tanzânia, pode-se concluir que os diferentes sistemas de manejo adotados na presente pesquisa, não interferiram no acúmulo deste elemento.

De acordo com Lima et al. (2005), a quantidade potencial de P a ser liberada dos tecidos orgânicos, normalmente ligados estruturalmente a moléculas protéicas e em compostos ligados ao transporte de energia, pode ficar disponível tanto para absorção do sistema radicular da cultura subsequente quanto para imobilização em compostos minerais de difícil solubilidade. Conforme Jones; Woodmansee (1979), cerca de 77% do P das folhas e 79% do P das raízes mortas ficam disponíveis para o crescimento das plantas cultivadas logo após o cultivo da cultura de cobertura. Desse total de P na parte aérea da planta, cerca de 60 a 80% são solúveis em água, a maior parte na forma orgânica (BROMFIELD; JONES, 1970).

Com relação aos valores verificados para os acúmulos de Ca, Mg e S na MSR dos capins (Tabelas 28 e 29), pode-se ressaltar a grande capacidade destas espécies forrageiras em absorver estes elementos, demonstrando mais uma vez a eficiência dos sistemas produtivos analisados na ILP sob SPD. Assim, como verificado para aos demais nutrientes, o acúmulo de Ca, Mg e S tornam-se de extrema importância, uma

vez que estes elementos são essenciais ao desenvolvimento da maioria das culturas, e no caso da área de cultivo em que foi implantado o presente experimento, por se tratar de solo de baixa a média fertilidade natural (região de cerrado) e por se encontrar no SPD há 8-9 anos, o acúmulo destes pode trazer benefícios aos cultivos subsequentes, uma vez que a prática da calagem e gessagem não são realizadas com frequência.

O uso eficiente da pastagem em sistemas intensivos de produção, depende de concentrações adequadas de elementos minerais na forragem, a fim de torná-los mais eficientes, competitivos e lucrativos. De acordo com Vitti et al. (2008), os sistemas de ILP são indicados por proporcionar palhada para o SPD e forragem na entressafra para o rebanho bovino. Portanto, a adoção destas práticas de manejo, assim como as efetuadas no presente trabalho podem trazer inúmeros benefícios aos sistemas produtivos, proporcionando maior sustentabilidade no setor agropecuário, minimizando possíveis impactos ambientais.

4.3 Experimento III – Produção da cultura da soja sob palhada de espécies forrageiras implantadas no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária e adubadas com N

Após a colheita das plantas para ensilagem e condução das forrageiras nos dois anos agrícolas (2010/2011 e 2011/2012), realizou-se a semeadura da cultura da soja, tendo em vista a importância desta cultura no cenário agrícola brasileiro, objetivando-se principalmente, quebrar o ciclo de cultivo de espécies gramíneas na área em que foi realizado o experimento. Desta forma, sabe-se que as espécies leguminosas, de modo geral, possuem capacidade de fixar N_2 atmosférico em simbiose com bactérias fixadoras, principalmente as do gênero *Rhizobium*, além de seus resíduos vegetais possuírem baixa relação C/N, o que favorece a rápida decomposição e liberação desse nutriente para a cultura sucessora, melhorando assim as condições do solo.

Sendo assim, torna-se importante avaliar-se o estado nutricional da cultura da soja, tendo em vista o histórico da área de cultivo (10 anos sob SPD), e principalmente tendo em vista que o seu cultivo foi realizado sobre palhada de espécies forrageiras de elevada relação C/N, que aliado às grandes quantidades de resíduos vegetais (Tabelas 28 e 29), podem ter comprometido a liberação de nutrientes pela palhada, uma vez que há uma diminuição da taxa de decomposição, que poderia comprometer a reciclagem de

nutrientes no sistema. Além disso, objetivou-se ainda, avaliar o efeito residual da adubação nitrogenada fornecida às espécies forrageiras, durante o manejo de corte, no período de inverno/primavera, e se estas espécies foram eficientes em fornecer o adequado suprimento de nutrientes à soja cultivada em sucessão.

A análise dos teores de nutrientes foliares na soja é um dos métodos mais eficientes para avaliar o estado nutricional da cultura e a disponibilidade dos nutrientes no solo. Neste contexto, determinou-se também o índice de clorofila foliar (ICF), para auxiliar na verificação do estado nutricional da cultura, uma vez que este índice tem alta correlação com o teor de N na folha por fazer parte da molécula de clorofila. Desta forma, o índice ICF nas folhas de soja diferiu por efeito das palhadas utilizadas no SPD, sendo os maiores valores verificados quando a soja foi cultivada sobre palhada do capim-tanzânia, na área antecessora do sorgo forrageiro (Tabela 30).

Tabela 30. Índice de clorofila foliar (ICF) e teores nutricionais em folhas de soja cultivada sob palhada de capim-xaraés e capim-tanzânia, implantadas por ocasião do consórcio ou sucessão às culturas do milho (M) e do sorgo (S), submetidas à adubação nitrogenada e significância da ANAVA.

	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹						
<u>Tratamento (T)</u>							
Capim-xaraés/M	26,6b	36,9	3,5	19,0	7,7a	4,2	2,5b
Capim-xaraés/S	27,2b	35,3	3,3	19,3	7,4b	4,3	2,7b
Capim-tanzânia/M	27,4b	36,6	3,6	19,7	7,0b	4,1	2,5b
Capim-tanzânia/S	29,6a	36,4	3,9	21,0	7,6a	4,4	3,0a
<u>Semeadura (S)</u>							
Consórcio	27,1	34,4	3,2b	18,5	7,6	4,3	2,5b
Sucessão	28,3	38,1	4,0a	21,0	7,3	4,2	2,8a
<u>Dose (D)</u>							
0	27,4	35,6	3,5	19,1b	7,4	4,1	2,6b
70	28,0	37,0	3,7	20,4a	7,5	4,3	2,7a
ANAVA (P>F)							
T	0,023	0,097	0,000	0,021	0,010	0,100	0,001
S	0,096	0,000	0,000	0,000	0,121	0,116	0,001
D	0,441	0,004	0,112	0,011	0,841	0,230	0,048
Bloco	0,606	0,876	0,918	0,528	0,999	0,999	0,312
T x S	0,846	0,000	0,060	0,050	0,200	0,310	0,252
T x D	0,121	0,276	0,200	0,204	0,504	0,123	0,260
S x D	0,447	0,001	0,491	0,598	0,053	0,241	0,307
T x S x D	0,468	0,104	0,199	0,156	0,055	0,364	0,153
CV (%)	10,04	5,11	8,99	9,55	8,29	3,53	13,21

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

De maneira geral, os teores de nutrientes foliares, principalmente os de Ca e S, foram maiores também quando a soja foi cultivada sobre a palhada do capim-tanzânia com o sorgo em antecessão (Tabela 30). Entre as modalidades de semeadura dos capins utilizados como palhada para o SPD, os teores de P e S foram maiores quando as espécies forrageiras foram semeadas em sucessão às culturas do milho e do sorgo. As doses de N aplicadas nas forrageiras durante o manejo de corte, influenciaram positivamente os teores de K e S na soja, demonstrando que o incremento de N no sistema, melhora inclusive a nutrição de espécies cultivadas em sucessão no sistema de rotação de culturas.

Não houve correlação entre os teores de N foliares e leituras ICF, bem como desta com a produtividade de grãos da soja, em que mesmo havendo diferença significativa entre os valores médios, principalmente em função da espécie utilizada como palhada, os valores foram bem próximos em todos os tratamentos, não sendo observados sintomas de deficiência de N nas plantas, apesar da grande quantidade de palhada existente na área, o que poderia ter prejudicado o desenvolvimento da soja.

Assim, recomenda-se mais estudos com este equipamento para garantir o manejo mais eficiente da adubação nitrogenada na cultura em questão, apesar de Rajcan et al. (1999), ter demonstrado que a concentração de N, de clorofila e as leituras fornecidas por medidores de clorofila estão fortemente correlacionadas. Entretanto, em trabalho realizado por Nogueira et al. (2010), os autores verificaram que o teor de clorofila foliar está diretamente relacionado à matéria seca e aos níveis de N no solo. Cabe ressaltar que, pelo histórico de 10 anos sob SPD da áreas, normalmente a mineralização supera a imobilização (ANGHINONI, 2007), além do mais, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium*, o que demonstrou sua eficiência de simbiose e fixação de N₂, independentemente das espécies vegetais antecessoras e manejo da adubação nitrogenada das gramíneas.

De modo geral, verificou-se ainda que os teores de nutrientes foliares na cultura da soja, principalmente de N, P, K e Ca apresentaram-se abaixo do considerado como ideal por Malavolta (2006), conforme pode ser verificado na Tabela 30. De acordo com este autor, para a cultura da soja, as faixas ideais para os macronutrientes encontram-se entre 55–58 g kg⁻¹ para o N, de 4–5 g kg⁻¹ para o P, de 22–25 g kg⁻¹ para o K, de 9–10 g kg⁻¹ para o Ca, de 3,5–4,0 g kg⁻¹ para o Mg e de 2,5–3,5 g kg⁻¹ para o S, com vistas a melhor entender ou interpretar os resultados da diagnose foliar.

Apesar da maioria dos nutrientes apresentar-se abaixo da faixa considerada como ideal para a cultura da soja, não verificou-se sintomas de deficiência destes na cultura em questão, mesmo após a grande exportação de nutrientes pelos dois anos de silagem. Tal fato demonstra que mesmo em sistemas de produção com elevado aporte de palhada na superfície do solo, e principalmente por se tratar de solos de região de cerrado, que possuem baixa fertilidade natural, os sistemas de produção foram eficientes em proporcionar o bom desenvolvimento da cultura da soja em sucessão.

De acordo com Rheinheimer et al. (1998), os resíduos vegetais que permanecem sobre a superfície do solo funcionam como uma espécie de reservatório de nutrientes que são liberados pela ação de microrganismos, aumentam a estabilidade estrutural do solo e ainda o protegem contra a erosão. A palhada pode promover ainda, aumento no teor de matéria orgânica do solo devido à decomposição dos resíduos vegetais, aumentando a fertilidade de solos ácidos com cargas dependentes de pH associadas à matéria orgânica.

De acordo com Macedo (2009), a adoção do SPD é altamente dependente da produção e manutenção de palhada sobre a superfície do solo. Nesse contexto, a utilização de culturas na entressafra objetivando a cobertura do solo e a ciclagem de nutrientes torna-se fator extremamente importante na diversificação da produção agrícola com sustentabilidade (PARIZ et al., 2011e). Do mesmo modo, a permanência da palhada na superfície do solo pode manter e proteger o sistema solo-planta, beneficiando a manutenção da umidade e favorecendo a biota do solo (CALVO et al., 2010).

Houve efeito da interação significativa palhada × modalidades de semeadura, para os teores foliares nutricionais de N e K na cultura da soja (Tabela 30), cujo desdobramento consta na Tabela 31. Assim, os maiores teores foliares de N foram verificados principalmente, quando a cultura da soja foi cultivada sob palhada do capins semeados em sucessão ao milho e ao sorgo, independentemente da espécie forrageira. O mesmo comportamento foi observado para os teores foliares de K, em que estes foram maiores quando as forrageiras foram implantadas em sucessão.

Os melhores teores nutricionais verificados na palhada dos capins que foram implantados em sucessão às culturas produtoras de grãos, se devem em parte à maior PMS proporcionadas por estas espécies em comparação às implantadas em função do consórcio com o milho e o sorgo (Tabelas 28 e 29). Consequentemente à maior PMS,

houve maior acúmulo de nutrientes por estas espécies, o que pode ter contribuído para a melhor nutrição da soja. Outro fator a ser considerado, é a menor relação C/N e Lig/N verificada na palhada destas espécies, o que pode ter favorecido o processo de decomposição destes resíduos vegetais e assimilação dos nutrientes pela cultura da soja.

Tabela 31. Desdobramento das interações significativas para os teores de N e K em folhas de soja cultivada sob palhada de capim-xaraés e capim-tanzânia, implantadas por ocasião do consórcio ou sucessão às culturas do milho (M) e do sorgo (S).

	N		K	
	Consórcio	Sucessão	Consórcio	Sucessão
Capim-xaraés/M	33,1Bb	40,7Aa	18,0Ab	20,0Aa
Capim-xaraés/S	34,4Ab	36,2Ba	17,5Bb	21,0Aa
Capim-tanzânia/M	34,3Ab	38,9Aa	19,5Aa	20,0Aa
Capim-tanzânia/S	35,9Aa	36,8Ba	19,0Ab	20,0Aa

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Desta forma, fica comprovado mais uma vez a importância da adoção destas práticas conservacionistas como a ILP sob SPD, a fim de melhorar o sistema produtivo, na melhoria da ciclagem de nutrientes e nas condições satisfatórias ao desenvolvimento das culturas. A rotação/sucessão de gramíneas na área em que foi realizada a presente pesquisa, na ILP, pode ter favorecido o desenvolvimento do sistema radicular da cultura da soja, uma vez que as espécies gramíneas utilizadas durante os dois anos agrícolas, possuem sistema radicular abundante, o que pode ter melhorado as condições de aeração do solo, permitindo uma melhor exploração deste pela soja e ter aumentado a absorção de nutrientes e água.

A determinação das características quantitativas como os componentes da produção (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa dos grãos) e produtividade de grãos, são extremamente importantes, uma vez que estas são as mais influenciadas pelo manejo da cultura. Sendo assim, a produtividade de grãos (PG) da soja é uma característica complexa que pode ser decomposta em seus componentes: número de plantas por unidade de área, número de vagens por plantas, número de grãos por vagem e a massa de grãos.

Verifica-se que, de maneira geral, o crescimento (AIV) e os componentes da produção da cultura da soja (NVP, NVC, NGP, NGV, EFP, M100) não foram influenciados pelo tipo de cobertura do solo, independentemente da espécie forrageira utilizada (Tabela 32). Entretanto, em função das modalidades de semeadura das espécies forrageiras utilizadas como palhada, verificou-se que houve diferença

significativa para a AIV, o NVC, o NGV e a M100, sendo os maiores valores verificados sob a palhada dos capins que foram implantados em sucessão às culturas do milho e do sorgo. Com relação à adubação nitrogenada fornecida às espécies forrageiras durante o manejo de corte (70 kg ha^{-1} de N corte⁻¹), verificou-se que o incremento de N proporcionou maiores valores de AIV, o que pode favorecer a colheita mecanizada da cultura.

Tabela 32. Altura de plantas (ALTP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), número de vagens por planta (NVP), número de vagens chochas (NVC), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), estande final de plantas (EFP), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos de soja cultivada sob palhada de capim-xaraés (X) e capim-tanzânia (T), implantadas por ocasião do consórcio ou sucessão às culturas do milho (M) e do sorgo (S), submetidas à adubação nitrogenada e significância da ANAVA.

	ALTP	AIV	NVP	NVC	NGP	NGV	EFP	M100	PG
	cm	cm					plantas ha ⁻¹	g	kg ha ⁻¹
Tratamento (T)									
X/M	73,5	11,6	56,8	5,2	106,0	1,87	243.056	15,0	2.968
X/S	70,2	11,8	52,3	4,5	101,0	1,94	245.833	15,6	2.859
T/M	75,0	12,0	48,1	3,7	94,9	2,01	251.736	15,0	3.020
T/S	67,1	11,4	51,3	4,5	94,7	1,87	242.708	15,0	2.797
Semeadura (S)									
Consórcio	64,4	11,3b	54,0	5,2a	98,6	1,83b	238.889	14,0b	2.483
Sucessão	78,4	12,1a	50,3	3,8b	99,7	2,01a	252.778	16,3a	3.339
Dose (D)									
0	74,2	11,3b	51,8	4,3	97,4	1,88	245.139	15,5	2.948
70	70,5	12,1a	52,4	4,7	100,8	1,96	246.528	14,9	2.874
ANAVA (P>F)									
T	0,007	0,590	0,302	0,280	0,468	0,379	0,862	0,854	0,698
S	0,000	0,020	0,260	0,009	0,851	0,010	0,104	0,000	0,000
D	0,255	0,031	0,854	0,507	0,569	0,245	0,869	0,302	0,615
Bloco	0,100	0,702	0,308	0,489	0,268	0,805	0,961	0,068	0,189
T x S	0,001	0,378	0,700	0,946	0,396	0,414	0,910	0,634	0,034
T x D	0,685	0,950	0,856	0,366	0,961	0,707	0,741	0,818	0,705
S x D	0,643	0,079	0,153	0,653	0,260	0,462	0,869	0,514	0,212
T x S x D	0,549	0,588	0,735	0,813	0,744	0,539	0,442	0,611	0,949
CV (%)	9,14	11,06	24,62	26,11	23,56	14,03	13,63	15,66	20,10

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

São diversos os trabalhos encontrados na literatura que avaliam o efeito de espécies utilizadas como plantas de cobertura do solo sobre o desenvolvimento da cultura da soja, sendo que a maior parte deles, demonstram a eficiência destes sistemas produtivos, assim como o verificado por esta pesquisa, uma vez que os componentes da

produção e produtividade de grãos da cultura, pouco foram influenciados pelos tratamentos avaliados. Em trabalho realizado por Correia; Durigan (2006), as plantas de soja cultivadas sobre palhada de *U. brizantha* (nos dois anos do estudo) e de *Eleusine coracana* (no segundo ano) tiveram maior produção de grãos, matéria seca da parte aérea e altura de plantas do que as plantas do tratamento testemunha. Correia et al. (2013), verificaram que o consórcio de milho com braquiária no primeiro ano do experimento, beneficiou o estande final de plantas, a altura de plantas e a produção de grãos de soja (cv. NK 7059 RR) em relação ao monocultivo de milho no mesmo período.

Segundo Carvalho et al. (2004), o desempenho da cultura da soja em sucessão a adubos verdes nos sistemas de plantio direto e de preparo convencional do solo, verificaram que a massa de 100 grãos (M100) não foi influenciada pelos fatores estudados. Desta forma, dentre os componentes da produção, a M100 de soja é o parâmetro que apresenta a menor variação percentual decorrente de alterações no ambiente de cultivo. Do mesmo modo, Pacheco et al. (2009) verificaram que o estande final de plantas, o número de vagens com dois e três grãos e a M100 de soja cultivada sobre palha de diferentes plantas de cobertura praticamente não tiveram alterações. No entanto, a produção de grãos foi influenciada pela presença de palha na superfície do solo, obtendo-se maior produtividade sobre cobertura de *U. ruziziensis* comparado à testemunha sem plantas de cobertura (pousio).

Santos et al. (2004), no município de Coxilha – RS, durante oito anos, também não verificaram diferenças entre as médias para massa de mil grãos, estatura de plantas e altura de inserção dos primeiros legumes, com soja cultivada após aveia branca e trigo para grãos nos cultivares de soja BR 16, de 1995/96 a 1997/98, BRS 137, em 1999/00 e 2000/01 e BRS 154, em 2001/01 e 2002/03, em sistemas de produção com ILP. Semelhantemente, Santos et al. (2013) não verificaram diferença na massa de mil grãos, na altura de plantas e na inserção dos primeiros legumes de soja entre os sistemas de produção com integração lavoura pecuária.

Muraishi et al. (2005), ao estudar diferentes manejos de espécies de cobertura do solo na produtividade do milho e da soja no SPD, em condições de cultivo semelhantes às do presente trabalho, verificaram que a massa de 100 grãos da cultura da soja produzida sob palha de *U. brizantha* e milheto diferiram significativamente em relação

ao sorgo, com valores de 12,81; 13,1; 12,2 g, respectivamente, sendo estes resultados, próximos aos verificados na presente pesquisa.

Com relação aos valores verificados para EFP, apesar de não ter sido observada diferença significativa em função das causas de variação, cabe ressaltar que este parâmetro esteve abaixo do estande desejado que era de 260.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 32). Tal fato se deve provavelmente à elevada quantidade de resíduos vegetais sobre a superfície do solo no momento da semeadura da cultura da soja (Tabelas 28 e 29), em que pode ter ocorrido o comprometimento da semeadura, ficando as sementes na superfície, em condições inadequadas para a germinação. Entretanto, a cultura da soja possui a capacidade de compensar o baixo estande, com maior desenvolvimento das plantas (ramificações laterais), as quais apresentam maior número de vagens e estas com provável maior quantidade de grãos e, conseqüentemente compensam na produtividade final (GAUDÊNCIO et al., 1990; PEIXOTO et al., 2000).

Verificou-se ainda o efeito das interações significativas entre as espécies forrageiras utilizadas como palhada × modalidades de semeadura para ALTP e PG da cultura da soja (Tabela 33). De maneira geral, os maiores valores para ALTP foram verificadas nas plantas de soja cultivadas na área em que os capins foram implantados em sucessão às culturas produtoras de grãos, principalmente sob palhada do capim-xaraés, independentemente se em sucessão ao milho ou ao sorgo, e no capim-tanzânia em sucessão ao milho. Para PG, verificou-se o mesmo comportamento, sendo as maiores produtividades obtidas também quando a soja foi cultivada sobre a palhada das espécies que foram implantadas em sucessão.

Tabela 33. Desdobramento das interações significativas para altura de plantas (ALTP) e produtividade de grãos de soja cultivada sob palhada de capim-xaraés e capim-tanzânia, implantadas por ocasião do consórcio ou sucessão às culturas do milho (M) e do sorgo (S).

	ALTP		PG	
	Consórcio	Sucessão	Consórcio	Sucessão
Capim-xaraés/M	62,3Bb	84,7Aa	2.353Ab	3.584Aa
Capim-xaraés/S	60,1Bb	80,3Aa	2.200Ab	3.518Aa
Capim-tanzânia/M	70,7Ab	79,3Aa	2.685Ab	3.354Aa
Capim-tanzânia/S	64,6ABa	69,6Ba	2.694Aa	2.900Ba

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Os valores obtidos para ALTP, assim como a AIV, são de elevada importância, tendo em vista que estas características auxiliam no melhor rendimento na operação de

colheita da cultura. Pode-se considerar ainda, que os valores para ALTP foram satisfatórios para o cultivar utilizado, demonstrando a efetividade dos sistemas produtivos analisados em proporcionar condições satisfatórias ao desenvolvimento da cultura da soja, independentemente das espécies utilizadas como planta de cobertura. As condições climáticas e fotoperíodo verificados durante a condução do experimento (Figura 1), além da irrigação, foram determinantes em garantir o adequado desenvolvimento da cultura.

Em função das condições edafoclimáticas e histórico de cultivo, além do correto manejo da cultura, a PG verificada em todos os tratamentos pode ser considerada adequada para a região (Tabela 33). De maneira geral, os maiores valores para produtividade de grãos da soja foram verificadas nas áreas com maiores PMS e acúmulo de nutrientes pela palhada das espécies forrageiras (Tabelas 28 e 29) e nos tratamentos com os maiores teores nutricionais, principalmente de K (Tabelas 30 e 31), demonstrando que, quanto maior a disponibilidade desses nutrientes, maior a produtividade da cultura.

Carvalho et al. (2004) verificaram produtividade de 2.773 kg ha⁻¹ quando a cultura da soja foi semeada em sucessão ao milheto. Muraishi et al. (2005), ao avaliar diferentes manejos de espécies de cobertura do solo na produtividade do milho e da soja no SPD, em condições de cultivo semelhantes às do presente trabalho obtiveram produtividade de grãos da soja em torno de 3.200 kg ha⁻¹. De acordo com Correia et al. (2012), avaliando a influencia da palhada produzida pela cultura do milho em diferentes sistemas produtivos sobre o desenvolvimento da soja (cv. NK 7059 RR), verificaram que os tratamentos em consórcio não afetaram a produtividade da soja em rotação, com produtividades de 2.772; 2.816 e de 2.533 kg ha⁻¹ para o consórcio da cultura do milho com amendoim, calopogônio e cultivo do milho solteiro, respectivamente.

A PG estão próximas dos divulgados pela Conab (2012), indicando produtividade média para a cultura da soja de aproximadamente 50 sacas ha⁻¹ na região em estudo. Sendo assim, pode-se inferir que mesmo na presença de grande quantidade de palhada e severo ataque de pragas, como o ocorrido na presente pesquisa, as condições verificadas na área de cultivo, assim como o adequado manejo das culturas na ILP sob SPD foram eficientes em proporcionar o bom desempenho produtivo da cultura da soja. Outro benefício proporcionado por estes sistemas de produção foi que a

utilização dos capins-xaraés e tanzânia também foram eficientes na supressão de plantas daninhas, o que pode gerar economia nos custos de produção da atividade.

4.4 Experimento IV – Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de espécies forrageiras implantadas em função do consórcio ou sucessão ao cultivo das culturas do milho e do sorgo em função da adubação nitrogenada

Nas regiões de Cerrado, o clima é caracterizado pelas altas temperaturas no decorrer do ano e existência de estação seca prolongada no outono/inverno, o que dificulta a implantação de plantas de cobertura e principalmente a permanência da palhada sobre a superfície do solo (PACHECO et al., 2008; ANDREOTTI et al., 2008; TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008). Na tentativa de reverter este quadro, diversas culturas, principalmente gramíneas forrageiras estão sendo estudadas e utilizadas como plantas de cobertura nesta região (PRIMAVESI et al, 2002; KLIEMMAN et al. 2006; TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008; MENEZES et al., 2009; PARIZ et al., 2011a).

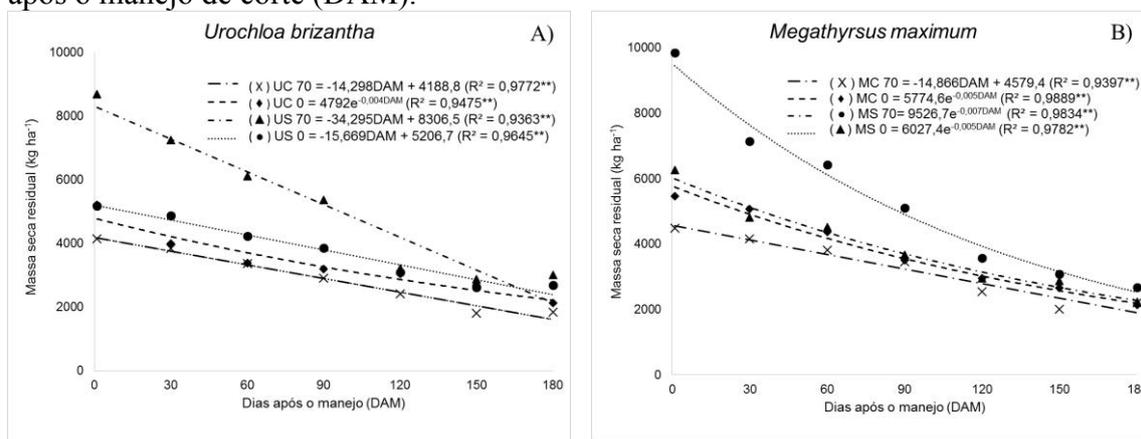
Sendo assim, o uso de plantas de cobertura, principalmente as do gênero *Urochloa* e *Megathyrsus* no SPD, favorecem a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Estas espécies podem restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos subsequentes, tendo em vista que estas plantas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial (BERNARDES et al. 2010; PARIZ et al. 2011a), através da decomposição dos seus resíduos (DUDA et al. 2003).

A presença de elevadas quantidades de palhada na superfície do solo pode proporcionar maiores produtividades das culturas subsequentes como o verificado por Ferreira et al. (2010), que relatam efeitos positivos de *M. maximum* (cv. Tanzânia, Mombaça e Massai), *U. decumbens*, *U. brizantha* (cv. Marandu, Piatã, e Xaraés), como também verificado no presente trabalho.

Verificou-se que a maior produtividade de palhada produzida pelas espécies forrageiras na área de milho para ensilagem, foi proporcionada pelos capins xaraés (aproximadamente 8.000 kg ha⁻¹) e tanzânia (cerca de 10.000 kg ha⁻¹), ambos implantados em sucessão ao cultivo do milho, e principalmente quando submetidos à adubação nitrogenada durante o manejo de corte das forrageiras, em que a maior taxa de

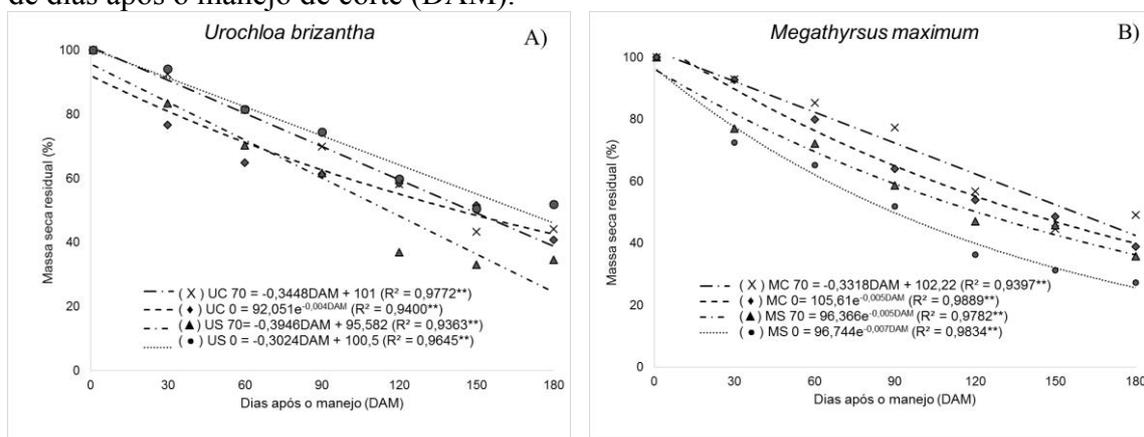
decomposição foi verificada até os 60 dias após o manejo (DAM) de corte e dessecação (Figuras 2A e 2B).

Figura 2. A) Massa seca residual (kg ha^{-1}) da *Urochloa brizantha* (U) e B) *Megathyrus maximum* (M) implantadas em consórcio (C) ou em sucessão (S) à cultura do milho, submetidas à adubação nitrogenada (0 ou 70 kg ha^{-1} de N corte $^{-1}$), em função de dias após o manejo de corte (DAM).



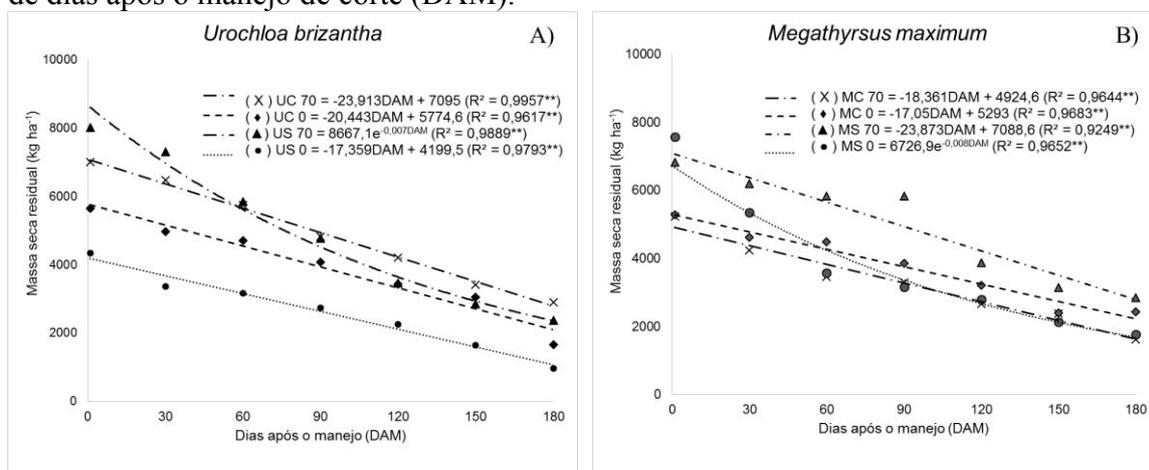
Quanto ao percentual de palha remanescente no solo na área em que foi cultivada a cultura do milho, pode-se verificar que estas foram muito semelhantes entre si, em ambos os capins e modalidades de semeadura (Figuras 3A e 3B), acompanhando a quantidade de massa seca residual. Nota-se que de modo geral, os tratamentos que produziram menor quantidade de palhada (Figuras 2A e 2B), tiveram maior taxa de decomposição inicial, o que influenciou na percentagem de resíduos vegetais na superfície do solo. Entretanto, cabe-se ressaltar a elevada porcentagem de massa seca residual presente na superfície do solo aos 180 dias após o manejo (DAM) de corte e dessecação das forragens. De maneira geral, esse residual manteve-se entre 25-50%, o que demonstra a eficiência destas espécies forrageiras em produzir palhada suficiente para manutenção e continuidade do SPD.

Figura 3. A) Massa seca residual (%) das espécies *Urochloa brizantha* (U) e B) *Megathyrsus maximum* (M) implantadas em consórcio (C) ou em sucessão (S) à cultura do milho, submetidas à adubação nitrogenada (0 ou 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹), em função de dias após o manejo de corte (DAM).



Da mesma maneira, avaliando-se estas mesmas espécies forrageiras utilizadas como plantas de cobertura na área em que havia sido cultivada a cultura do sorgo forrageiro, verificou-se a elevada produtividade de palhada em ambos os tratamentos (Figuras 4A e 4B). O capim-xaraés demonstrou maior potencial em produzir palhada quando estes foram adubados com N, como mencionado anteriormente, independentemente das modalidades de semeadura desta espécie, produzindo entre de 7.000 a 9.000 kg ha⁻¹ de massa seca, sendo que estes tratamentos apresentaram maior remanescência de palha aos 180 DAM. Por outro lado, para o capim-tanzânia, os maiores valores para produtividade de massa seca residual foi observado quando o capim foi implantado em sucessão ao sorgo (aproximadamente 7.000 kg ha⁻¹ de massa seca), independentemente da adubação nitrogenada durante o manejo de corte. De modo geral, verificou-se que quanto maior a produtividade de palhada, maior remanescência aos 180 DAM.

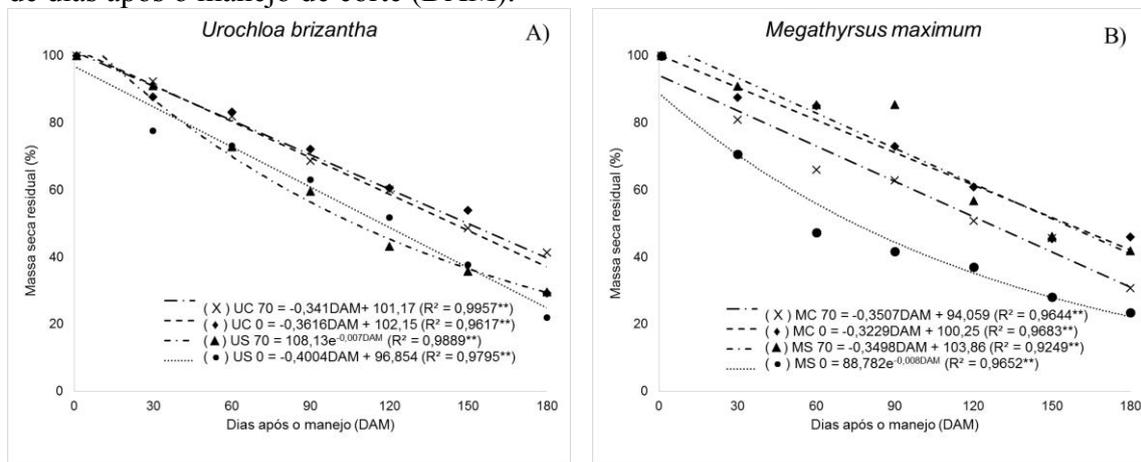
Figura 4. A) Massa seca residual (kg ha^{-1}) das espécies *Urochloa brizantha* (U) e B) *Megathyrsus maximum* (M) implantadas em consórcio (C) ou em sucessão (S) à cultura do sorgo, submetidas à adubação nitrogenada (0 ou 70 kg ha^{-1} de N corte $^{-1}$), em função de dias após o manejo de corte (DAM).



A percentagem de massa seca residual acompanhou a produtividade de massa seca também na área de sorgo (Figuras 5A e 5B). Entre os tratamentos com o capim-xaraés, houve pouca variação destes valores, entretanto, o capim-tanzânia quando implantado em sucessão ao sorgo, sem adubação nitrogenada durante o manejo de corte, proporcionou maior variação da porcentagem de palha em relação aos outros tratamentos, devido à sua menor relação C/N e Lig/N (Tabelas 28 e 29), em que tais fatores favoreceram a decomposição mais acelerada deste material. De modo geral, aos 180 DAM o percentual de massa seca residual presente na superfície do solo situou-se entre aproximadamente 20-45%, demonstrando nestes sistemas produtivos, a eficiência destas espécies forrageiras em produzir palhada para o SPD.

De maneira geral, pode-se considerar a eficiência destes sistemas produtivos, independentemente das espécies utilizadas como plantas de cobertura, modalidades de semeadura, fornecimento de N e até mesmo das áreas de cultivo em produzir palhada para o SPD nas condições em que foi realizada a presente pesquisa. Pode-se considerar ainda, que as condições climáticas no período de primavera/verão (Figura 1) e a grande quantidade de palhada reduziram a taxa de decomposição em ambos os sistemas analisados (Figuras 2, 3, 4 e 5), pois além do contato direto com a superfície do solo acelerar a decomposição da palhada (PARIZ et al., 2011a), uma parte desse material também é oxidado se transformando em CO_2 (SILVA; MENDONÇA, 2007). Assim, no geral, o remanescente de palhada aos 180 DAM foi superior a 1.000 kg ha^{-1} em todos os tratamentos, independentemente das modalidades de semeadura e áreas de cultivo.

Figura 5. A) Massa seca residual (%) das espécies *Urochloa brizantha* (U) e B) *Megathyrus maximum* (M) implantadas em consórcio (C) ou em sucessão (S) à cultura do sorgo, submetidas à adubação nitrogenada (0 ou 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹), em função de dias após o manejo de corte (DAM).



Dentre os fatores climáticos que mais influenciam a decomposição da palhada das espécies utilizadas como plantas de cobertura, destaca-se a temperatura e pluviosidade nas diferentes estações do ano (Figura 1). Pariz et al. (2011a) verificaram efeitos logarítmicos, com acelerada decomposição da palhada do capim-marandu aos 30 DAM no início do mês de novembro. No presente estudo, verificou-se também acelerada decomposição da palhada nos primeiros 30-60 dias após o manejo (DAM) de dessecação e corte das forrageiras, porém tal palhada protegeu o solo durante grande parte do desenvolvimento da cultura da soja em sucessão, garantindo menor variação na temperatura do solo, maior umidade e principalmente disponibilização de nutrientes durante o processo de decomposição da palhada, bem como, mineralização da matéria orgânica, conforme foi observado também em trabalho realizado por Torres et al. (2005).

O percentual de palhada remanescente aos 180 DAM situou-se entre 20 e 50% entre todos os tratamentos (Figuras 3 e 5). Da mesma forma, Kliemann et al. (2006) avaliando a taxa de decomposição de diversas espécies de cobertura, verificaram que o capim-marandu, em termos relativos, apresentou perdas de massa que corresponderam a 48% até os 150 dias de avaliação, e de 62%, para um período de 360 dias. De acordo com estes mesmos autores, as palhadas mais frágeis e menos persistentes, em ordem decrescente, foram do capim-mombaça, sorgo granífero, milheto, estilosantes, guandu e capim-marandu em cultivo exclusivo e em consórcio com o milho. Neste mesmo trabalho, aos 150 DAM a ordem decrescente de decomposição foi: sorgo (80%),

estilosantes (72%), guandu (65%), capim-mombaça (64%), milheto (58%), capim-marandu em cultivo exclusivo (56%) e em cultivo consorciado com milho (48%), sendo tais valores semelhantes aos verificados no presente estudo (Figuras 3 e 5). Pariz et al. (2011a) em trabalho realizado em condições semelhantes às da presente pesquisa, verificaram que aos 90 DAM, restavam sobre a superfície do solo apenas 30% da palhada dos capins Marandu e Ruziziensis manejados no início do mês de novembro.

Pesquisas com solos manejados sob SPD em condições tropicais têm indicado a necessidade de quantidades cada vez mais elevadas de palhada, sendo que Ruedell (1998) sugeriu uma adição anual de 6.000 kg ha⁻¹ de massa seca, enquanto que para Bayer et al. (2000) esse aporte deve ser de 10.000 a 12.000 kg ha⁻¹ de massa seca, ambos na região Sul do Brasil. Nesse contexto, os resultados do presente estudo demonstraram o elevado potencial de utilização dos capins Xaraés e Tanzânia em sistemas de ILP e/ou SPD, tanto na produtividade de forragem no inverno/primavera (Tabelas 28 e 29), quanto na deposição de palhada (Figuras 2 e 4). No entanto, em regiões de cerrado com inverno seco e quente, como do presente trabalho, pela rápida decomposição dos resíduos vegetais, o aporte pode ultrapassar essas quantidades supracitadas. Assim, quantidades tão elevadas de resíduos somente são possíveis em sistemas de produção que incluam a utilização de culturas de cobertura, rotação de culturas e mais recentemente a ILP.

A decomposição de resíduos culturais é um processo essencialmente biológico, do qual participam macro, meso e microrganismos. Fatores bióticos e abióticos determinam a velocidade do processo de decomposição e com excessão do K, a maior parte dos nutrientes contidos nesses resíduos, são liberados na mesma proporção do decréscimo da massa seca da palhada (AMADO, 2000). Desta forma, a sustentabilidade do SPD é altamente dependente da produção e manutenção de palhada sobre a superfície do solo (SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2008; MACEDO, 2009). Sendo assim, qualquer sistema racional de agricultura deve incluir a rotação de espécies como princípio básico e prioritário de estabilidade da produção. Além disso, devem-se alternar plantas com sistemas radiculares que permitam maior infiltração de água e a retirada de nutrientes de camadas mais profundas do perfil do solo, deixando-os na superfície após a mineralização da palhada (GASSEN; GASSEN, 1996).

Em trabalho realizado por Boer et al. (2007), avaliando a ciclagem de nutrientes em solo de Cerrado utilizando amaranto, milheto e capim-pé-de-galinha semeados na

entressafra, constataram que a maioria dos nutrientes são liberados de forma precoce para aproveitamento da safra seguinte, em razão da acelerada decomposição dos resíduos vegetais. Para compensar essa defasagem torna-se necessário o uso de técnicas que aumentem o acúmulo de palhada por parte das plantas de cobertura (KLIEMANN et al., 2006), sincronizando a decomposição com a taxa de liberação dos nutrientes e a demanda das culturas anuais semeadas em sucessão (GAMA-RODRIGUES et al., 2007).

Portanto, os resultados do presente estudo demonstram o potencial de utilização dos capins Xaraés e Tanzânia em períodos de entressafra, visando a formação de palhada para o cultivo da soja em sucessão, visto que além de depositarem no geral acima de 4.000 kg ha⁻¹ de palhada (Figuras 2 e 4), sua decomposição pode ser considerada lenta nas condições em que foram realizadas a presente pesquisa, mantendo o solo protegido de efeitos climáticos adversos por mais tempo, além de disponibilizarem nutrientes aos cultivos seguintes.

Em relação ao que foi discutido sobre a quantidade e a decomposição da massa seca residual (MSR) dos capins, a escolha da espécie para compor um programa de rotação ou sucessão de culturas deve levar em conta, entre outros fatores, o seu objetivo. Para espécies de cobertura do solo e suprimento inicial de palhada na implantação do SPD, deve-se optar por coberturas vegetais com elevada capacidade de PMS, persistência da palhada depositada sobre o solo, em função de uma alta relação lignina/N total, e eficiente reciclagem de minerais, funcionando como fonte gradativa de nutrientes. Já em SPD em fase mais avançada (transição) com 5 a 10 anos, semelhante ao qual se encontrava o solo do presente trabalho, inicia-se o acúmulo de matéria orgânica e palhada na superfície do solo, bem como a imobilização do N se aproxima da mineralização. Assim, torna-se interessante espécies capazes de disponibilizar rapidamente os nutrientes de sua palhada, o que acarretaria numa redução da dependência e minimizaria os custos com adubação das culturas em sucessão.

Verificou-se que a quantidade média de nutrientes contidos nos *litter bags*, assim como a liberação destes pela palhada dos capins Xaraés e Tanzânia durante o processo de decomposição da palhada, de maneira geral, apresentaram os maiores acúmulos nos tratamentos com maior PMS, por efeito acumulativo (Tabela 34). Com relação às espécies forrageiras, apesar da diferença significativa, principalmente para as quantidades de N, K, Ca e Mg, os valores médios pouco diferiram entre si. Entretanto,

cabe-se ressaltar o efeito significativo das modalidades de semeadura, assim como demonstrado anteriormente, por ter produzido maior quantidade de MS, conseqüentemente acumulou maior quantidade de nutrientes na palhada, além de se tratar de um material mais jovem em comparação às espécies que foram implantadas por ocasião do consórcio com as culturas produtoras de grãos. Em função da adubação nitrogenada, salienta-se novamente o efeito positivo desta prática, uma vez que o fornecimento de N às plantas, melhora sua qualidade nutricional, além de proporcionar aumentos significativos no acúmulo de nutrientes por seus resíduos vegetais.

A quantidade de nutrientes contidos na palhada em função dos dias após o manejo demonstrou comportamento semelhante aos resultados verificados por diversos autores (TORRES et al., 2005; KLIEMANN et al., 2006; PRIMAVESI et al., 2006; BOER et al., 2007; PARIZ et al., 2011a), em que verificou-se maiores acúmulos de N e K pela palhada das espécies forrageiras em comparação aos outros nutrientes, bem como a maior liberação destes da palhada no processo de decomposição, mais intensa principalmente nos primeiros 30 DAM, havendo destaque para o K (Figura 6).

Primavesi et al. (2006) avaliando o capim-marandu, verificaram que houve extração bem maior de K em relação ao N, mesmo no tratamento sem N, mas que recebeu K, indicando que o capim-marandu extrai muito K do solo. Tais autores verificaram ainda o acúmulo médio de N variando de 150 a 174 kg ha⁻¹ e de K entre 243 a 259 kg ha⁻¹ quando a fonte nitrogenada foi a ureia e o nitrato de amônio, respectivamente. Tais acúmulos de N foram semelhantes ainda aos relatados por Torres et al. (2005), avaliando a taxa de decomposição e liberação de nutrientes do capim-marandu na região de Cerrado.

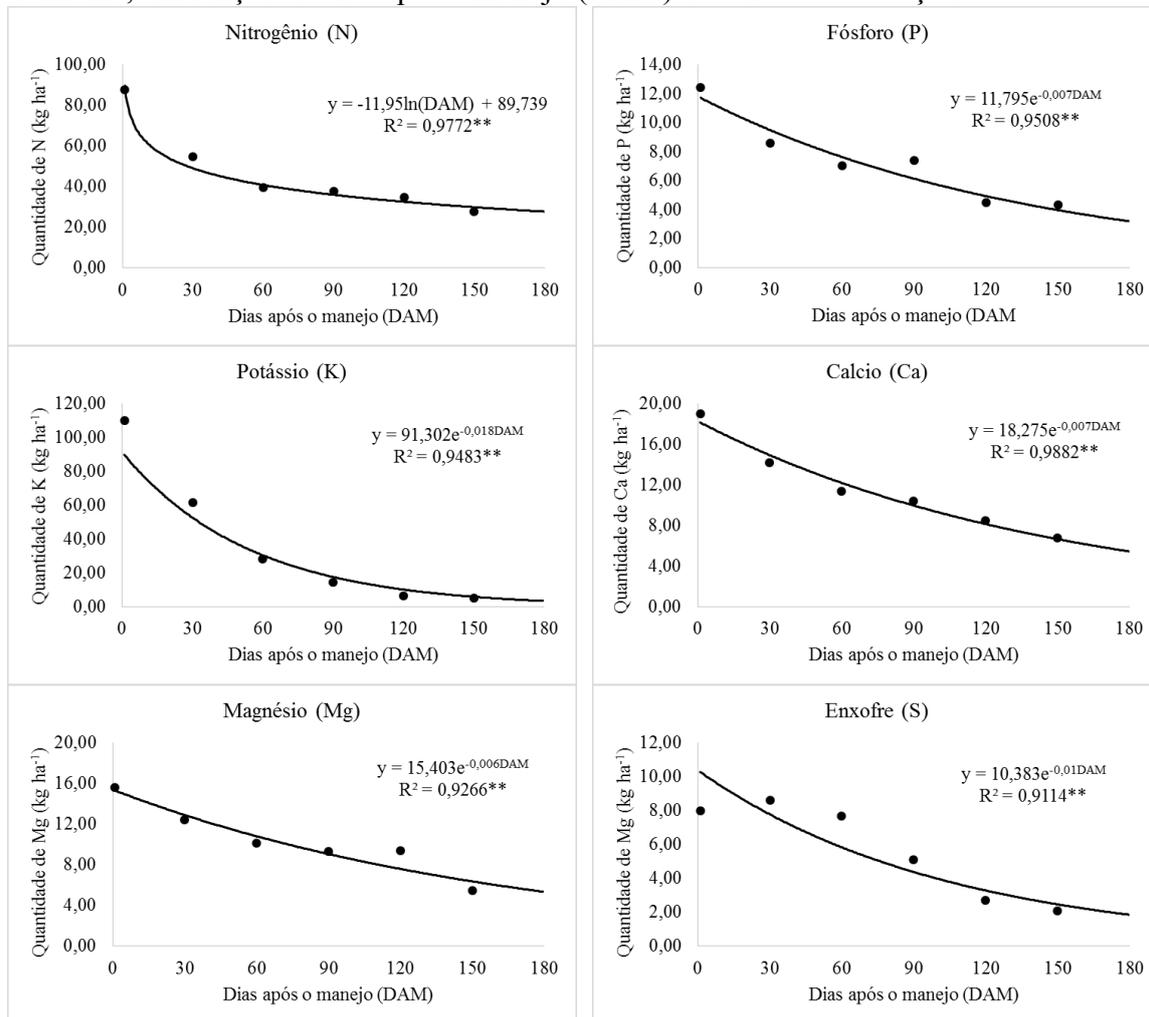
As maiores quantidades de nutrientes acumulados (Tabela 34) foram proporcionados pelos tratamentos que receberam adubação nitrogenada durante o manejo de corte das forrageiras (70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹), comprovando mais uma vez a importância do N nestes sistemas produtivos, em que nestes tratamentos também foram observadas as maiores PMS. Desta forma, os resultados de acúmulo de N demonstram a importância de um adequado programa de adubação das culturas nesse sistema integrado, uma vez que o fornecimento de N pode melhorar inclusive, a ciclagem de nutrientes no sistema.

Tabela 34. Acúmulo médio de nutrientes contidos nos *litter bags* (transformados para kg ha⁻¹) pela palhada do capim-xaraés e capim-tanzânia, implantadas por ocasião do consórcio (C) ou sucessão (S) às culturas do milho (M) e do sorgo (S), submetidas à adubação nitrogenada e significância da ANAVA.

	N	P	K	Ca	Mg	S
<u>Tratamento (T)</u>			kg ha ⁻¹			
Capim-xaraés/M	42,0b	6,4	29,3b	9,8b	8,9b	5,2
Capim-xaraés/S	44,8a	7,0	38,1a	10,8a	9,6b	5,0
Capim-tanzânia/M	47,7a	6,7	33,4a	11,6a	9,5b	5,3
Capim-tanzânia/S	40,0c	6,8	30,9b	10,7a	10,4a	4,6
<u>Semeadura (S)</u>						
Consórcio	39,1b	5,5b	27,0b	11,0	9,4	4,8
Sucessão	48,1a	7,9a	38,8a	10,5	9,8	5,2
<u>Dose (D)</u>						
0	41,8b	6,5	30,7b	10,8	9,6	5,0
70	45,4a	6,9	36,1a	10,5	9,7	5,0
			<u>ANAVA (P>F)</u>			
T	0,001	0,327	0,002	0,001	0,003	0,398
S	0,000	0,000	0,000	0,090	0,224	0,135
D	0,103	0,062	0,010	0,902	0,679	0,892
E	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bloco	0,000	0,742	0,032	0,120	0,046	0,084
T x S	0,299	0,173	0,221	0,106	0,133	0,104
T x D	0,131	0,245	0,162	0,099	0,081	0,310
T x E	0,280	0,566	0,122	0,352	0,300	0,468
S x D	0,130	0,140	0,149	0,959	0,338	0,087
S x E	0,118	0,126	0,097	0,212	0,316	0,226
D x E	0,410	0,095	0,698	0,314	0,324	0,709
T x S x D	0,656	0,106	0,927	0,216	0,366	0,225
T x S x E	0,340	0,075	0,388	0,534	0,254	0,575
S x D x E	0,805	0,325	0,681	0,132	0,432	0,745
T x S x D x E	0,508	0,360	0,228	0,207	0,489	0,916
CV (%)	23,89	24,50	24,65	31,22	31,23	26,60

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Figura 6. Equações de regressão para o acúmulo de macronutrientes pela palhada das espécies forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrus maximum* cv. Tanzânia, em função de dias após o manejo (DAM) de corte e dessecação.



As quantidades de nutrientes nos tratamentos que não receberam adubação nitrogenada, podem em parte, ter sido fornecidas pela mineralização da matéria orgânica (SILVA; MENDONÇA, 2007), em função do tempo de SPD do solo em estudo (ANGHINONI, 2007). Entretanto, a ausência da reposição desses nutrientes por meio de adubação química e/ou orgânica ao longo dos anos pode reduzir a disponibilidade para as plantas, tendo em vista principalmente a complexidade destes sistemas produtivos, principalmente quando são realizados cultivos consorciados e com alta taxa de exportação, como nas silagens produzidas no presente trabalho.

É de suma importância ressaltar ainda que nestes sistemas produtivos, mesmo aos 180 DAM das espécies forrageiras, em que grande parte do material vegetal havia se decomposto, ainda havia quantidades consideráveis de nutrientes estruturais na

palhada, principalmente de N, P, Ca e Mg (Figura 6), em que estes podem ainda ser utilizados pelos cultivos subsequentes.

A utilização de plantas de cobertura se encaixam perfeitamente em um sistema sustentável de produção, pois estas contribuem para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo (SOUZA NETO et al., 2008; WEBER; MIELNICZUK, 2009; SILVA et al., 2007; CASTOLDI et al., 2011), e nesse contexto, os resultados do presente trabalho demonstram o potencial de utilização das forragens utilizadas em sistemas de ILP sob SPD, tanto como forragem de qualidade para o inverno/primavera (entressafra) e/ou palhada para a cultura da soja em sequência na região do Cerrado, pois além de seus resíduos protegerem o solo contra a erosão, promovem ainda a ciclagem de nutrientes.

4.5 Experimento V- Alterações nos atributos químicos e físicos e acúmulo de carbono do solo no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto

Em sistemas de produção na ILP têm sido observadas melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (FONTANELI et al., 2000; SPERA et al., 2010a; SANTOS et al., 2011), tendo em vista principalmente o efeito das adubações nas culturas, assim como a intensificação da utilização da área agrícola, com cultivos realizados durante praticamente todo o ano, com a rotação de culturas, que permite a inclusão no sistema produtivo de espécies com diferentes sistemas radiculares, além de resíduos vegetais com variadas relações C/N, o que contribui para diferentes taxas de decomposição e ciclagem de nutrientes.

Não houve interação entre os atributos avaliados em função das fontes de variação. Os atributos químicos e físicos do solo, coletados ao final de cada ciclo produtivo no sistema de ILP da presente pesquisa não foram influenciados pela adubação nitrogenada fornecida às espécies forrageiras durante o manejo de corte, portanto, optou-se por não apresentar estes dados, uma vez que não houve diferença significativa. Entretanto, avaliando-se os valores médios dos atributos químicos do solo, verificou-se que houve diferença entre as áreas de cultivo e espécies forrageiras, sendo que os maiores valores, principalmente de P, MO, pH, K, Ca, Mg, SB, S, CTC e V% foram verificados na área em que havia sido cultivada a cultura do milho,

independentemente da espécie forrageira utilizada no sistema (Tabela 35). Conseqüentemente, a área em que foi realizado o cultivo da cultura do sorgo forrageiro, apresentou os maiores valores para H+Al e Al, independentemente da espécie forrageira utilizada no período de entressafra.

Entre as modalidades de semeadura das espécies forrageiras avaliadas nos sistemas produtivos, verificou-se que os maiores valores dos atributos químicos do solo foram obtidos quando os capins foram implantados em sucessão às culturas do milho e do sorgo, com os maiores valores para MO, Ca, Mg, SB, CTC e V% (Tabela 35). Constatou-se que houve uma menor degradação na qualidade química do solo conforme se deram os cultivos sucessivos durante as épocas de avaliação, sendo que nas últimas coletas foram verificados os maiores teores de nutrientes no solo.

Os resultados apresentados na presente pesquisa, levando-se em consideração as alterações nos atributos químicos do solo, se devem em parte, ao elevado acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, em que estes no processo de decomposição da massa vegetal residual, proporcionam um aporte de nutrientes ao solo, causando um estímulo da atividade biológica que resultaram em alterações na fertilidade do solo.

Entretanto, cabe-se ressaltar que os valores dos atributos químicos do solo, de maneira geral, foram inferiores aos avaliados anteriormente à instalação do experimento (Tabela 1). Porém, com os cultivos consecutivos na área, verificou-se que houve uma melhoria da fertilidade, principalmente após o cultivo das forrageiras na entressafra (Épocas 2 e 4 - E2 e E4, respectivamente) e após o cultivo da cultura da soja, ao final do ciclo de sucessão de gramíneas na área (Época 5 - E5). Sendo assim, pode-se afirmar que apesar dos cultivos subsequentes e da elevada exigência e extração de nutrientes pela maioria das culturas avaliadas, principalmente quando estas são consorciadas, os sistemas produtivos avaliados foram eficientes em manter os níveis de fertilidade do solo durante o período de condução do experimento, e inclusive, com aumento desses níveis com os cultivos no curto prazo, tendo em vista que a fertilidade do solo desempenha um papel de extrema importância no desenvolvimento das plantas e na sua produtividade.

Tabela 35. Atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,20 m durante a condução dos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, em função das espécies forrageiras utilizadas no período de entressafra (capim-xaraés e capim-tanzânia), implantadas por ocasião do consórcio ou sucessão às culturas do milho (M) e do sorgo (S) e significância da ANAVA.

Tratamento (T)	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB	CTC	S-SO ₄	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³	%	
<u>Tratamento (T)</u>													
Capim-xaraés/M	27,1a	22,5	4,8b	3,3b	19,6a	10,8b	38,9b	3,6b	33,7b	72,6a	5,5a	45,0b	12,5a
Capim-xaraés/S	16,5c	22,1	4,6d	2,3c	14,7b	9,3c	41,4a	4,9a	26,3d	67,7c	5,0a	38,1c	8,0b
Capim-tanzânia/M	24,2ab	22,5	4,9a	3,6a	21,1a	12,2a	36,0c	2,3c	36,9a	72,9a	4,1b	49,6	7,7c
Capim-tanzânia/S	17,7b	22,5	4,7c	2,4c	16,4b	10,7b	40,3a	3,9b	29,5c	69,9b	4,3b	42,1b	12,8a
<u>Semeadura (S)</u>													
Consórcio	21,4	21,8b	4,6b	2,9	13,1b	8,6b	42,0a	5,1a	25,7b	66,6b	3,8b	36,8b	18,6a
Sucessão	21,4	23,1a	4,9a	2,9	22,8a	12,9a	36,3b	2,2b	38,6a	74,9a	5,6a	50,6a	6,9b
<u>Épocas (E)</u>													
E1	24,1	20,6c	4,9a	2,8b	17,5b	10,3b	36,2c	3,5b	30,5b	66,7c	7,5a	44,4a	13,1a
E2	19,5	22,5b	4,8b	3,4a	17,3b	10,5b	39,7b	4,5a	31,2b	70,9a	3,2c	43,2b	14,5a
E3	24,2	23,7a	4,7c	2,5c	16,6b	10,2b	39,5b	4,2a	29,3b	68,8bc	4,0b	41,4b	15,3a
E4	18,3	22,9ab	4,7c	2,6c	18,0b	10,8b	42,0a	3,4b	31,4b	73,4a	4,9b	42,2b	12,2ab
E5	20,9	22,4b	4,8b	3,2a	25,0a	12,0a	38,4b	2,7c	35,6a	74,0a	3,9bc	47,2a	8,7b
<u>ANAVA (P>F)</u>													
T	0,004	0,818	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,001	0,000	0,000
S	0,987	0,000	0,000	0,638	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E	0,383	0,000	0,000	0,000	0,013	0,016	0,000	0,005	0,006	0,000	0,000	0,008	0,007
Bloco	0,184	0,050	0,000	0,103	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,621	0,010	0,000	0,000
T x S	0,553	0,054	0,159	0,210	0,174	0,132	0,063	0,078	0,178	0,222	0,765	0,171	0,974
T x E	0,828	0,525	0,882	0,290	0,804	0,909	0,949	0,994	0,805	0,101	0,677	0,933	0,999
S x E	0,360	0,182	0,354	0,208	0,835	0,501	0,549	0,863	0,649	0,226	0,726	0,451	0,650
T x S x E	0,253	0,881	0,677	0,360	0,507	0,813	0,857	0,856	0,467	0,161	0,343	0,635	0,840
CV (%)	29,27	9,14	3,66	24,27	25,68	21,44	12,04	23,81	21,74	21,32	9,10	15,57	29,01

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

O manejo adotado durante a condução dos experimentos, permitiu ainda que não houvesse somente a extração de nutrientes pelos cultivos consecutivos. As práticas de adubação mineral, inclusive as realizadas nas pastagens no período de entressafra, a produção de palhada para manutenção e continuidade do SPD, com acúmulo de resíduos vegetais, proporcionaram condições satisfatórias para que houvesse também a manutenção de nutrientes no sistema. Sendo assim, os sistemas produtivos apresentados por esta pesquisa foram determinantes na manutenção dos atributos químicos do solo em níveis satisfatórios para a região de Cerrado.

De maneira geral, os solos característicos da região em estudo são naturalmente ácidos, possuem baixa fertilidade natural, baixa reserva mineral e possuem matéria orgânica de baixa atividade. Em contrapartida, a maioria destes solos são profundos e possuem elevada estabilidade de agregados. Sendo assim, a capacidade produtiva desses solos é reduzida, porém o seu potencial é elevado, desde que sejam corrigidas as limitações nutricionais e adotados os manejos adequados que visem além de aumento na produtividade das culturas, melhorias também na qualidade do solo.

Portanto, torna-se necessária a adoção de práticas conservacionistas de manejo do solo e das culturas, tendo em vista principalmente, melhorá-lo química, física e biologicamente, principalmente quanto ao teor de matéria orgânica, criando condições favoráveis ao desenvolvimento agrícola. Assim, o SPD é uma excelente alternativa nestes sistemas produtivos, em que diversos autores verificaram que a presença de resíduos vegetais na superfície do solo podem proporcionar aumento nos valores de pH, dos teores de Ca e Mg trocáveis em camadas mais profundas do solo em detrimento ao teor de Al trocáveis, além de aumento nos teores de MO, C orgânico e de P nas camadas mais superficiais do solo (CAIRES et al., 1998; SILVEIRA; STONE, 2001; SANTOS et al., 2003; LOURENTE et al., 2010), resultados estes semelhantes aos verificados na presente pesquisa. Entretanto, a redução na disponibilidade de bases do solo pode estar associada à extração de nutrientes pelas culturas, principalmente em sistemas de rotação de culturas com alta exportação (silagem) como os avaliados no presente trabalho e, no caso do SPD, a um longo período sem aplicação de calcário.

No SPD, a ausência de movimentação do solo, além de cultivos subsequentes como no caso da presente pesquisa na ILP, utilizando-se sempre de adubações nas culturas, tanto de semeadura quanto em cobertura, fazem com que haja concentração de nutrientes em camadas inferiores a 0,05 m, conforme observado por Sá et al. (2001).

Esse acúmulo de nutrientes pode favorecer o desenvolvimento das culturas, uma vez que a maioria das raízes se concentram nos primeiros 0,20 m de profundidade.

Assim, dentre os parâmetros que constituem a fertilidade dos solos, cabe destacar o teor de MO, uma vez que esta torna-se imprescindível nos sistemas de produção atuais. A MO possui a capacidade de reter várias vezes mais água que a sua massa, além de poder ser usada como veículo de transporte dos nutrientes para as plantas. Desta forma, solos com teores adequados de MO se expandem com a água, de irrigação ou da chuva, retraem com a seca e criam condições favoráveis de arejamento para o desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, para o desenvolvimento geral da planta. Sendo assim, este parâmetro torna-se um fator limitante da produtividade e sustentabilidade das atividades agrícolas no país. De acordo com Lopes (1977), os teores de matéria orgânica na maioria dos solos de cerrado situam-se entre 2% e 3%, resultados estes condizentes com os obtidos na presente pesquisa. Este autor afirma ainda que, os baixos teores de MO nos solos, resultam em baixos conteúdos de nitrogênio, enxofre e boro potencialmente mineralizáveis.

Segundo Anghinoni (2007), a principal relação existente entre a fertilidade do solo e a disponibilidade de nitrogênio refere-se ao aumento nos teores de matéria orgânica. Porém, conforme Barducci et al. (2009), em sistemas de ILP, a utilização de fertilizantes nitrogenados nas forrageiras, após a colheita da cultura produtora de grãos, pode incrementar a disponibilidade do elemento ao sistema, proporcionando estabelecimento mais rápido da pastagem e aumento na produtividade de massa seca ao longo dos cortes/pastejos no período de outono-inverno, pois apesar da grande quantidade, a palha proveniente do milho não supre a demanda de nitrogênio, principalmente pelos processos de imobilização microbiana.

Nos primeiros 5-10 anos de SPD (fase em que se encontrava o solo do presente trabalho - inicial/transição), inicia-se o acúmulo de matéria orgânica, fósforo e palha na superfície e a imobilização de N aproxima-se da mineralização (ANGHINONI, 2007). Neste contexto, de acordo com Martha Júnior; Vilela (2007), a principal vantagem econômica da ILP na fase de pecuária reflete a elevada fertilidade do solo (efeito residual), que apesar de depender da adubação nitrogenada, geralmente dispensa a adubação com fósforo e potássio a médio prazo (até dois anos e meio).

Apesar dos teores de P, K, Ca, Mg e S verificados na presente pesquisa terem diminuído à partir do primeiro cultivo (Tabela 35) em relação aos teores iniciais no solo

(Tabela 1), cabe ressaltar que, principalmente para os teores de K, Ca e Mg, houve um ligeiro aumento conforme se adicionou resíduos vegetais provenientes dos capins cultivados no período de entressafra. Tal fato se deve, provavelmente, ao elevado acúmulo destes nutrientes, principalmente do K pelos capins utilizados como palhada para o SPD. Calonego et al. (2005), trabalhando com milheto, demonstraram que, à medida que a planta dessecada senesce e recebe chuvas, libera potássio, que é retornado ao solo. Por sua vez, Rosolem et al. (2005), também avaliando o milheto, demonstraram que, entre a aplicação do dessecante e a morte das plantas dessecadas, há perda de K do tecido vegetal para o solo.

No sistema de ILP em que não há período de pousio entre uma cultura e outra, ou seja, a área é vegetada durante praticamente todos os meses do ano, o K absorvido pelas culturas, permanece a maior parte do tempo no tecido vegetal, protegido de perdas por erosão e lixiviação. As maiores perdas de potássio nestes sistemas produtivos, se devem principalmente, pela colheita de grãos e colheita da parte aérea das culturas, como no caso da silagem. Dessa maneira, o aumento na produtividade de matéria seca das culturas, pela melhoria da fertilidade e pelo bom uso do solo, intensifica a ciclagem de K (SANTI et al., 2003; ROSSATO, 2004; FERREIRA et al. 2011).

Em sistemas de produção intensivos, como no caso do apresentado na presente pesquisa, ao contrário do que ocorre com a colheita de grãos, na qual a colhedora colhe uma ampla faixa em cada passada pela área (tamanho variável em função da plataforma da colhedora), a colheita para silagem com colhedoras de forragem de uma linha de 0,90 m, acopladas ao trator, eleva enormemente o trânsito na área, inclusive com o rodado do trator passando sobre quase todas as linhas de semeadura. Além disso, o peso da carreta carregada de material para ensilagem também não pode ser desconsiderado. O trânsito excessivo de máquinas na área, uma vez que há o cultivo de culturas durante todos os meses do ano, inclusive considerando-se as operações de semeadura, adubação, além das várias aplicações de inseticidas na cultura da soja, ao longo do tempo, podem prejudicar o desenvolvimento das culturas em sucessão, proporcionando alterações nos atributos físicos do solo, causando sua compactação. Tais consequências dependem ainda do clima da região e do tipo de solo.

Na presente pesquisa, tentou-se retratar um sistema de ILP, entretanto, por se tratar de condições experimentais, algumas premissas básicas do sistema não foram adotadas, principalmente pela ausência de condições satisfatórias para praticá-las.

Dentre elas destaca-se a ausência de animais durante o manejo das espécies forrageiras após a colheita das silagens, uma vez que existe a possibilidade de compactação do solo pelo pisoteio animal. Entretanto, tentou-se simular o pastejo, realizando os cortes dos capins com o auxílio de um triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton), posteriormente retirando-se o material vegetal da área.

O pisoteio animal é mais intenso que a pressão causada pelas máquinas agrícolas no solo. As máquinas agrícolas, apesar de terem peso maior do que os bovinos, exercem pressão menor sobre a superfície do solo, uma vez que o seu peso é distribuído em uma área maior (pneus). A pressão exercida sobre o solo é o agente causador da compactação e há evidências de que a compactação superficial está relacionada a essa pressão. Em contrapartida, a compactação subsuperficial está mais relacionada à carga total aplicada por eixo das máquinas agrícolas, independentemente da pressão exercida sobre a superfície (HAMZA; ANDERSON, 2005). Entretanto, diversos autores afirmam que o pisoteio animal, desde que haja palha na superfície do solo, não causa maiores prejuízos aos atributos físicos do solo, principalmente nos referentes à compactação do solo, indicando ainda a possibilidade de cultivo de culturas, principalmente a soja, em sucessão ao pastejo de animais (SILVA et al. 2000; FLORES et al. 2007; LOPES et al. 2009).

O manejo incorreto do solo pode provocar o declínio de produção das culturas de modo geral, tendo em vista que estes são decorrentes da degradação das propriedades físicas e da exportação dos nutrientes, bem como do esgotamento das reservas do solo. Assim, práticas conservacionistas, como as adotadas no presente trabalho e o correto uso da adubação podem beneficiar o sistema de produção. A intensidade das alterações dos atributos do solo, principalmente dos físicos, podem variar de acordo com a textura, o teor de matéria orgânica (LARSON et al., 1980; SMITH et al., 1997), o teor de umidade do solo (CORREA; REICHARDT, 1995) e a biomassa vegetal sobre o solo (SILVA et al., 2000, 2003).

Atributos como a densidade, a porosidade e a resistência mecânica à penetração têm sido amplamente utilizados na avaliação do estado físico do solo, principalmente no que concerne à sua compactação. Desta forma, como já mencionado anteriormente, a adubação nitrogenada fornecida às forrageiras durante o manejo de corte na entressafra, em ambas as áreas, não influenciou os atributos físicos do solo, portanto, esses dados não foram apresentados (Tabela 36).

Tabela 36. Macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT) e densidade do solo (Ds) nas camadas de 0 – 0,10 e de 0,10 - 0,20 m, durante a condução de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária em função das espécies forrageiras utilizadas no período de entressafra (capim-xaraés e capim-tanzânia), implantadas por ocasião do consórcio ou sucessão às culturas do milho (M) e do sorgo (S) e significância da ANAVA.

Tratamento (T)	MA10	MI10	PT10	MA20	MI20	PT20	Ds10	Ds20
	m ³ m ⁻³						g cm ⁻³	
Capim-xaraés/M	0,066b	0,343a	0,409b	0,084	0,336	0,417	1,57a	1,52b
Capim-xaraés/S	0,076a	0,340a	0,416a	0,081	0,333	0,414	1,54b	1,52b
Capim-tanzânia/M	0,065b	0,337b	0,402c	0,078	0,333	0,411	1,59a	1,55a
Capim-tanzânia/S	0,070a	0,343a	0,414a	0,084	0,330	0,414	1,56a	1,53ab
<u>Semeadura (S)</u>								
Consórcio	0,070	0,341	0,411	0,080	0,335a	0,414	1,56	1,53
Sucessão	0,068	0,341	0,409	0,083	0,331b	0,414	1,56	1,53
<u>Épocas (E)</u>								
E1	0,052c	0,350a	0,402c	0,062d	0,340b	0,402c	1,60a	1,56a
E2	0,069b	0,345a	0,414a	0,085b	0,338b	0,423a	1,55b	1,51b
E3	0,063b	0,349a	0,412a	0,077c	0,344a	0,418a	1,57b	1,52b
E4	0,069b	0,337b	0,406b	0,087b	0,324b	0,412b	1,55b	1,53b
E5	0,094a	0,323c	0,417a	0,096a	0,319b	0,415b	1,54b	1,53b
T	0,042	0,014	0,002	0,388	0,259	0,277	0,008	0,022
S	0,518	0,881	0,407	0,221	0,029	0,871	0,884	0,736
E	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Bloco	0,439	0,000	0,186	0,012	0,005	0,910	0,434	0,101
T x S	0,261	0,196	0,162	0,342	0,209	0,224	0,310	0,350
T x E	0,530	0,159	0,845	0,852	0,321	0,756	0,573	0,698
S x E	0,320	0,420	0,197	0,142	0,856	0,606	0,267	0,260
T x S x E	0,665	0,828	0,621	0,489	0,699	0,967	0,788	0,797
CV (%)	27,23	2,78	4,12	20,87	3,76	3,51	4,12	2,88

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Assim, verificou-se que entre os atributos, macroporosidade (MA10), microporosidade (MI10) e porosidade total (PT10), na camada de 0 - 0,10 m, tiveram influência significativa das áreas de cultivo e espécies forrageiras utilizadas no período de entressafra, sendo os maiores valores destes parâmetros obtidos na área de cultivo do sorgo para ensilagem, independentemente da espécie forrageira utilizada na entressafra (Tabela 36). Para estes mesmos atributos na camada de 0,10 - 0,20 m (MA20, MI20 e PT20) não foram verificados efeitos significativos, entretanto, para a densidade do solo (Ds), nas duas camadas avaliadas, as áreas de cultivo e as espécies influenciaram significativamente, sendo os maiores valores obtidos quando a espécie forrageira utilizada foi o capim-tanzânia, independentemente da cultura antecessora, milho ou sorgo. De maneira geral, as modalidades de semeadura das forrageiras não

influenciaram os atributos físicos do solo, com excessão à MI20, em que as espécies implantadas por ocasião do consórcio, proporcionaram o maior valor.

Os atributos MA, MI e PT, em ambas as profundidades de coleta, foram inferiores aos observados antes da instalação do experimento (Tabela 2), principalmente nas primeiras épocas de avaliação durante a condução do experimento (Tabela 36). Entretanto, para os valores de Ds, verificou-se aumento destes valores, comparados aos iniciais conforme foram realizados os cultivos consecutivos na área. Pode-se verificar ainda, as alterações na porosidade do solo durante a condução do experimento, em que houve diferença significativa para ambos os atributos nas duas camadas, em que estes foram aumentando, conforme os sucessivos cultivos. Com relação à Ds, verificou-se efeito oposto, em que durante os cultivos, houve uma redução gradativa dos valores.

Ressalta-se que a Ds foi maior na camada mais superficial do solo, sendo que quanto maior a densidade, menor a porosidade a total. Tal fato se deve provavelmente ao histórico da área de cultivo e ao tempo de adoção do SPD (aproximadamente 10 anos), em que o não revolvimento do solo, pode causar adensamento das camadas superficiais do solo, devido principalmente ao tráfego de máquinas, que na presente pesquisa foi intenso, uma vez que trata-se de um sistema de ILP, caracterizado pela intensidade de cultivos na área.

De acordo com o citado por Carneiro et al. (2009), em solos argilosos, valores de Ds em torno de $1,27 \text{ kg dm}^{-3}$ tornam-se impeditivos ao crescimento radicular, porém a Ds possui estreita relação entre as suas frações texturais e valores críticos para os atributos físicos do solo. Apesar dos valores verificados na presente pesquisa para este atributo, em todas as épocas de avaliação, estarem acima deste valor considerado crítico (Tabela 36), não foi observado qualquer tipo de impedimento ao desenvolvimento das culturas, uma vez que foram verificadas elevadas produtividades em todos os sistemas de produção, além do mais, por efeito de irrigação, a água como lubrificante natural, pode ter minimizado este efeito de aumento da Ds.

A Ds apresentou redução em seus valores à partir da segunda época de avaliação (E2) (Tabela 36). Sendo assim, estes resultados estão condicionados ao aumento da porosidade total, em que a redução nos valores da DS, provavelmente, ocorreu por causa do solo ser explorado por espécies vegetais que possuem sistemas radiculares diferentes, uma vez que após a decomposição da massa radicular, contribuem para formação de uma arquitetura de poros permanentes, conferindo ao solo maior

macroporosidade e, conseqüentemente, menor densidade. Esse comportamento também foi observado por diversos autores na mesma região em estudo, que obtiveram melhorias nesses atributos do solo quando utilizaram-se da rotação de culturas, principalmente com o consórcio do milho com espécies forrageiras tropicais, de pastagem e da cultura da soja em sucessão (NARIMATSU, 2008; CHIODEROLI et al., 2012; MENDONÇA et al., 2012).

Tomando-se como objetivo o manejo adequado do solo para fins conservacionistas, Spera et al. (2009) afirmaram que o aumento de macroporos é o aspecto mais importante, e o valor do volume de macroporos menor que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ pode tornar-se crítico. Entretanto, conforme o relatado por Lanzasova et al. (2007), os valores abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, semelhantes aos obtidos neste trabalho, não interferiram na produção das culturas utilizadas nos diferentes sistemas produtivos, tendo em vista que estas atingiram bons valores de produção.

Secco et al. (2004), avaliando níveis de compactação sobre cultivares de soja, num Latossolo Vermelho distroférico, verificaram que os estados de compactação obtidos pela passagem de um rolo compressor, mesmo com valores de densidade do solo de $1,5 \text{ g dm}^{-3}$ e de macroporosidade menores que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada de 0,05 – 0,10 m, não foram suficientes para alterar a produtividade de grãos das cultivares de soja testadas. Em trabalho realizado por Mendonça et al. (2012), avaliando as alterações dos atributos físicos do solo no sistema ILP sob SPD, em condições edafoclimáticas semelhantes às do presente estudo, verificaram valores para MA, MI, PT e Ds muito próximas das observadas na presente pesquisa. De acordo com estes mesmos autores, a sucessão milho e soja resultou em melhoria nos atributos físicos do solo, independentemente do uso de forrageiras consorciadas com milho, sendo este sistema de rotação de culturas indicado em região de Cerrado no SPD para melhoria dos atributos físicos do solo.

Nesta mesma linha de pesquisa, Chioderoli et al. (2012), também confirmaram os benefícios dos sistemas integrados de produção na mesma região do presente estudo, indicando que o sistema de ILP pode melhorar as condições físicas e químicas do solo em razão da maior produção de palha proporcionada pelo consórcio, o que melhora a cobertura do solo, promove aporte de matéria orgânica, favorece a infiltração de água, com maior exploração do perfil do solo pelas raízes, diminui o processo erosivo e conseqüentemente mantém a estabilidade do sistema.

Segundo Marchão et al. (2007), a inclusão de pastagens na rotação de culturas permite uma melhoria da qualidade física do solo por efeito da combinação de três fatores principais: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem, presença de um denso sistema radicular atuando como agente agregante e aumento da atividade da macrofauna do solo. De acordo com estes mesmos autores, a utilização de pastagens em áreas de lavoura, por períodos de dois anos ou mais, pode contribuir para a melhoria da qualidade física dos solos. Quando nesse sistema ocorre pequeno aumento na densidade do solo – principalmente na camada de 0 – 0,15 m, a concentração de raízes na camada superficial pode minimizar o problema.

Machado et al. (2007) observaram que, em rotação lavoura-pastagem, com média de três anos, havia de 5 a 10 t ha⁻¹ de massa seca de raízes de *U. brizantha*, na camada de 0 – 0,20 m de solo, dependendo do manejo imposto. Também Santos et al. (2007) e Sarmiento et al. (2008) constataram que mais da metade da massa de raízes de espécies de braquiária e de colonião concentram-se na camada de 0 – 0,10 m do solo. Sendo assim, estes sistemas produtivos, assim como os retratados pela presente pesquisa, podem contribuir para a descompactação do solo, melhorando o ambiente para o desenvolvimento das culturas na área, em que no caso, os capins Xaraés e Tanzânia utilizados como plantas forrageiras se mostraram como excelentes opções para esta finalidade, tendo em vista que após o período de cultivo destas (E2 e E4, respectivamente), foram verificados os menores valores de Ds (Tabela 36).

A compactação do solo pode reduzir o desenvolvimento radicular da maioria das culturas, prejudicando suas produtividades (KIRKEGAARD et al., 1993; MAGALHÃES et al., 2000; SILVA; ROSOLEM, 2002; ROSOLEM et al., 2002). Sendo assim, torna-se necessário a adoção de práticas de manejo que visem favorecer o desenvolvimento das raízes das culturas, tendo em vista a importância destas não somente em proporcionar a sustentação das plantas, uma vez que estas são responsáveis ainda pelas reservas de nutrientes utilizados para suprir os processos metabólicos do vegetal e durante o processo de decomposição, aumentar os teores de matéria orgânica do solo, melhorar a infiltração de água e promover a abertura de espaços porosos, que podem beneficiar os cultivos subsequentes na área.

Assim, a adoção de sistemas de produção, como os relatados por esta pesquisa, podem ser considerados como excelentes alternativas visando melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, principalmente pelo elevado incremento de

material vegetal na superfície do solo e pela rotação de culturas, utilizando-se espécies vegetais com diferenças morfológicas em seus sistemas radiculares, que podem inclusive, diminuir a compactação do solo. Tal fato foi verificado na presente pesquisa, tendo em vista que após o cultivo, houve uma melhoria física do solo, comparando-se aos valores iniciais (Tabela 2).

O uso intensivo do solo pode predispor-lo à formação de camadas compactadas, à redução da estabilidade dos agregados e ao aparecimento, em maior número, de microporos, aumentando a propensão à erosão. Entre as consequências diretas da compactação do solo estão as reduções da porosidade e da infiltração de água e o aumento da resistência à penetração de raízes (KIRKEGAARD et al., 1993), com efeitos sobre sua distribuição e morfologia (SILVA; ROSOLEM, 2002). Uma das estratégias para amenizar os efeitos da compactação é o cultivo de espécies com sistema radicular vigoroso, as quais estabelecem canais que favorecem o desenvolvimento de raízes da cultura subsequente (WANG et al., 1986).

A determinação da resistência mecânica à penetração (RMP), torna-se fator de extrema importância nos sistemas produtivos, tendo em vista que solos compactados podem inviabilizar a atividade agrícola, causando enormes perdas em produtividade das culturas. Sendo assim, não verificou-se diferença significativa para este parâmetro em função das áreas de cultivo e espécies forrageiras utilizadas no período de entressafra, assim como entre as modalidades de semeadura destas (Tabela 37). Entretanto, a RMP foi influenciada pelas épocas de avaliação durante o período de condução do experimento, sendo que nas avaliações realizadas após a colheita da silagem nos dois anos agrícolas (E1 e E3), respectivamente, principalmente na camada mais superficial, obtiveram-se os maiores valores de RMP, provavelmente devido ao excessivo tráfego de máquinas para a operação de colheita da silagem.

Os valores para umidade gravimétrica (UG), em ambas as profundidades de coleta, não diferiram significativamente entre as causas de variação e épocas de avaliação (Tabela 37), se mostrando adequadas para obtenção dos resultados de RMP na área de cultivo.

O estoque de carbono (EC) no solo, na camada de 0 - 0,20 m também não foi influenciado pela área de cultivo e espécies forrageiras, entretanto, este foi maior quando os capins foram implantados em sucessão às culturas produtoras de grãos, fator que já era esperado, tendo em vista a maior PMS destas espécies nesta modalidade de

cultivo (Tabelas 28 e 29). Entre as épocas de avaliação deste parâmetro, durante a condução do experimento, verificou-se que houve um aumento conforme os cultivos sucessivos, demonstrando a importância, mais uma vez, da rotação de culturas e do incremento de resíduos vegetais no solo, a fim de melhorar sua qualidade.

Tabela 37. Resistência mecânica à penetração (RMP), umidade gravimétrica (UG) nas camadas de 0 – 0,10, 0,10 – 0,20 e de 0,20 – 0,40 m de profundidade e estoque de carbono (EC) na camada de 0 – 0,20 m nos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, em função das espécies forrageiras utilizadas no período de entressafra (capim-xaraés e capim-tanzânia), implantadas por ocasião do consórcio ou sucessão às culturas do milho (M) e do sorgo (S) e significância da ANAVA.

	RMP10	RMP20	RMP40	UG10	UG20	UG40	EC
	MPa			%			t ha ⁻¹
<u>Tratamento (T)</u>							
Capim-xaraés/M	2,44	2,65	2,46	22,1	22,1	23,2	40,3
Capim-xaraés/S	2,56	2,71	2,61	22,2	23,1	23,2	39,3
Capim-tanzânia/M	2,60	2,75	2,48	21,9	22,4	23,3	40,8
Capim-tanzânia/S	2,51	2,63	2,48	22,0	22,4	23,0	40,8
<u>Semeadura (S)</u>							
Consórcio	2,51	2,68	2,54	22,5	22,1	23,1	39,1b
Sucessão	2,54	2,69	2,48	22,0	22,4	23,2	41,3a
<u>Épocas (E)</u>							
E1	3,38a	3,06a	2,57a	22,0	21,8	22,9	37,7c
E2	1,65c	2,21c	2,36c	22,6	22,0	23,1	40,1b
E3	3,09a	2,72b	2,44b	22,4	22,2	22,5	42,3a
E4	2,49b	2,75b	2,67a	22,4	22,2	22,8	40,8b
E5	2,09b	2,68b	2,51a	22,8	21,7	22,5	40,0b
<u>ANAVA (P>F)</u>							
T	0,859	0,692	0,238	0,532	0,088	0,806	0,373
S	0,869	0,854	0,256	0,091	0,207	0,678	0,000
E	0,000	0,000	0,011	0,677	0,340	0,200	0,000
Bloco	0,509	0,018	0,702	0,080	0,102	0,310	0,038
T x S	0,615	0,654	0,123	0,746	0,766	0,346	0,075
T x E	0,331	0,811	0,372	0,315	0,366	0,100	0,392
S x E	0,054	0,290	0,078	0,067	0,819	0,385	0,164
T x S x E	0,302	0,993	0,185	0,572	0,186	0,089	0,961
CV (%)	24,00	19,65	14,42	8,88	7,53	6,05	9,53

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Torna-se importante salientar que os resultados verificados para RMP, nas três profundidades avaliadas (0 - 0,10; 0,10 - 0,20 e de 0,20 - 0,40 m), foram inferiores aos verificados antes da instalação do experimento (Tabela 2), demonstrando a viabilidade dos sistemas produtivos em melhorar, pela rotação de culturas, os níveis de compactação do solo. De maneira geral, nas camadas mais superficiais (0 - 0,10 e 0,10 -

0,20 m), os valores para RMP foram maiores que os verificados na camada mais profunda (0,20 - 0,40 m), demonstrando que no SPD, em razão da menor mobilização do solo, a compactação superficial e a redução da macroporosidade do solo são comuns. Entretanto, tal fato não prejudicou o desenvolvimento das culturas nos sistemas produtivos, tendo em vista as elevadas produções obtidas em todas as modalidades de cultivo.

Segundo Beutler et al. (2001), a resistência mecânica do solo à penetração aumenta com a compactação do solo, sendo restritiva ao crescimento radicular das culturas quando estes valores se encontram acima da faixa entre 1,5 a 3,0 MPa. Desta forma, a compactação do solo tem sido verificada pelo aumento da densidade e da relação entre macro e microporosidade (ALBUQUERQUE et al., 1995; SECCO et al., 2005). Entretanto, no SPD a densidade do solo pode diminuir com o tempo de adoção do sistema, o que aliado aos sistemas de ILP, têm demonstrado redução na compactação do solo, devido ao aumento no teor de matéria orgânica, melhorando sua estrutura (STONE; SILVEIRA, 2001; COSTA et al., 2003; MARCOLAN; ANGHINONI, 2006; FLORES et al., 2007; SPERA et al., 2010b; CHIODEROLI et al., 2012; MENDONÇA et al. 2012), o que comprova a eficiência destes sistemas de produção na melhoria física do solo, semelhante ao verificado na presente pesquisa.

Em revisão realizada por Carvalho et al. (2010b), é enfatizada a importância do uso e manejo inadequado do solo, uma vez que além de contribuir para a emissão de gases do efeito estufa, prejudica o ambiente, trazendo problemas relacionados à sua sustentabilidade devido à degradação da matéria orgânica do solo, o que atinge negativamente os seus atributos físicos e químicos, bem como sua biodiversidade. Por outro lado, práticas adequadas de manejo, que visam a manutenção ou mesmo o acúmulo de carbono no sistema solo-planta, podem atenuar os efeitos do aquecimento global. Desta forma, torna-se importante enfatizar a importância da avaliação de sistemas produtivos como os apresentados pela presente pesquisa, uma vez que estes baseiam-se nas premissas básicas para obtenção de uma agricultura/pecuária sustentável na região de cerrado, que é uma região com grande capacidade para a produção e expansão agrícola nacional.

Torna-se importante salientar ainda que, os valores para o estoque de carbono (EC) verificados na presente pesquisa, em todas as épocas de avaliação (Tabela 37) foram maiores que os verificados no início da instalação do experimento, que se

encontrava em média, em torno de $37,0 \text{ t ha}^{-1}$ na camada de 0 - 0,20 m de profundidade, demonstrando a importância das práticas conservacionistas adotadas na presente pesquisa, como a rotação de culturas e acúmulo de palhada na superfície do solo pelas plantas de cobertura no SPD, fazendo com que ocorresse um incremento da quantidade de C no solo. Além dos benefícios às culturas, o sequestro de carbono no solo pode diminuir a emissão de gases do efeito estufa, causando menor impacto ambiental na atividade agrícola. De acordo com Kerr (2005), o aumento destes gases na atmosfera tem causado discussões na comunidade científica, devido à elevação da temperatura da biosfera terrestre.

Desta forma, os resíduos de matéria seca das plantas, além de proporcionar um incremento no EC do solo, permitem ainda recuperar os teores de matéria orgânica do solo a valores próximos ao original (FREITAS et al., 2000; WENDLING et al., 2005). Além disso, resíduos vegetais são indispensáveis para aumentar o tamanho e a estabilidade dos agregados, favorecer o controle da erosão e a resistência do solo à compactação. De acordo com Bayer et al. (2006a), no SPD, torna-se necessário a entrada de cerca de $4 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de carbono ao sistema para compensar a quantidade perdida na decomposição dos resíduos orgânicos, o que dificilmente é obtido com culturas anuais em monocultivo, para que o sistema seja considerado eficiente e sustentável.

Sendo assim, o SPD pode ser considerado uma atividade com potencial para sequestrar carbono no solo. Como os cultivos são realizados sem haver o revolvimento do solo, as espécies vegetais envolvidas no sistema de rotação de culturas (BAYER et al., 2000; LOVATO et al., 2004; DIEKOW et al., 2005) e a quantidade e manejo dos resíduos culturais depositados na superfície do solo podem favorecer o acúmulo de C, com a proteção física da matéria orgânica do solo. Tais processos dependem ainda das condições climáticas (FANG; MONCRIEFF, 2001), do tipo de solo e da região de cultivo (SIX et al., 1999; BAYER et al., 2002).

Siqueira Neto et al. (2009) avaliando o sequestro de carbono (C) num Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa sob SPD, verificaram que os estoques de C no solo aumentaram com o tempo de implantação do SPD e que o aporte de resíduos culturais e a rotação de culturas com uso de leguminosas reduziram a mineralização da matéria orgânica, o que favoreceu o acúmulo de C no solo. Do mesmo modo, Costa et al. (2008), avaliando o potencial de sistemas de preparo de solo e de culturas na

conservação de C em um Argissolo Vermelho no sul do país, verificaram que o SPD, associado à inclusão de culturas com alta adição de resíduos vegetais ricos em C e N resultaram em balanço positivo de C no solo, sendo que estes resultados foram semelhantes aos verificados na presente pesquisa.

Em regiões de clima tropical, as condições climáticas favorecem a rápida decomposição da matéria orgânica do solo (MOS), fazendo com que haja menor acúmulo de C em relação as regiões de clima temperado. Apesar dessa maior taxa de decomposição de MOS, os solos em regiões de clima tropical podem estocar aproximadamente 32 % do total de C orgânico contido nos solos do planeta (ESWARAN et al., 1993).

Em trabalho realizado por Six et al. (2002), os autores relataram que o acúmulo anual de C em solos do mundo cultivados sob SPD foi de $0,33 \pm 0,11 \text{ t ha}^{-1} \text{ de C ano}^{-1}$. Do mesmo modo, Bayer et al. (2006b), avaliando a taxa de acúmulo de C em áreas sob SPD no Cerrado, com a sucessão de cultivos soja/milho, reportaram taxas anuais de acúmulo de C de 0,30 e 0,60 t ha^{-1} em solos sob Cerrado com textura média e argilosa, respectivamente. De acordo com Corazza et al. (1999), avaliando o acúmulo de C em solos na região de Cerrado, constataram valores próximos a $1,43 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Segundo Bernoux et al. (2006), o acúmulo anual de C em solos cultivados no SPD para todo o Brasil apresentou valor médio de $0,65 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, quando comparado ao plantio convencional. Estes resultados são semelhantes aos observados na presente pesquisa, em que observou-se incremento no EC durante a condução do experimento nos sistemas produtivos, principalmente nas épocas com maior incremento de resíduos vegetais na superfície e raízes no perfil do solo pelas espécies gramíneas (Tabela 37).

Com base nos resultados obtidos, pode-se inferir que os sistemas produtivos testados demonstraram-se viáveis na região de Cerrado, com obtenção de produtividades adequadas das culturas em todos os sistemas, inclusive mostrando-se ambientalmente sustentáveis, tendo em vista o incremento de palhada na superfície do solo, a ciclagem de nutrientes pela decomposição dos resíduos vegetais e pelo sequestro de carbono no solo. Portanto, é possível inferir-se ainda que, em todos os sistemas produtivos testados, obteve-se cobertura vegetal do solo, com melhorias das condições químicas, físicas e biológicas, assim como o verificado em trabalhos realizados por Cazetta et al. (2005) e Lara-Cabezas; Brancalhão (2012).

4.6 Experimento VI – Desempenho econômico de Sistemas de Integração lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto

Os investimentos iniciais com o preparo de solo e a calagem não foram considerados na presente pesquisa, uma vez que estas práticas não foram realizadas, principalmente por se tratar de uma área com 8 anos de adoção do sistema plantio direto (SPD) no momento da instalação dos experimentos. Tal fato contribuiu para reduzir os custos iniciais com a implantação dos consórcios para produção de silagem, das espécies forrageiras na entressafra e da cultura da soja em sucessão.

Os custos operacionais (operações e insumos) registrados no experimento para a obtenção do desempenho econômico dos sistemas de produção avaliados foram extrapolados para um hectare (Tabela 38). Este modelo de estrutura de custo operacional total (COT) foi utilizado em todos os sistemas de produção, nos dois anos agrícolas avaliados, incluindo a produção das silagens, assim como a implantação e manejo das espécies forrageiras durante o período de entressafra e a cultura da soja em sucessão na ILP. Verifica-se que as operações que mais oneraram os custos de produção das silagens produzidas na pesquisa foram com a colheita do material para ensilagem, seguidos do transporte da forragem e irrigação da área, totalizando, portanto, mais de 57% dos gastos efetivos com as operações nos dois anos agrícolas avaliados (Tabela 38).

De maneira geral, observa-se que os custos com os insumos, principalmente para os fertilizantes e sementes, foram os componentes que mais oneraram os sistemas produtivos analisados. No caso das espécies forrageiras, o elevado preço das sementes é justificado ao seu alto valor cultural (VC), de 76 e 72% para a *U. brizantha* e *M. maximum* respectivamente, apresentando uma participação média nos gastos de aproximadamente 43,6% do Custo Operacional Efetivo (COE) no primeiro ano (2010/2011) e de 50,4% no segundo ano agrícola (2011/2012). O aumento nos custos de produção no segundo ano de avaliação advém principalmente pela elevação nos custos das sementes, insumos e defensivos agrícolas em comparação ao primeiro ano, e também pelo fato da semente de milho ser um híbrido simples (AG 8088 YG) utilizado no ano agrícola 2011/2012 com elevado custo financeiro no mercado, chegando ao dobro do preço do híbrido triplo utilizado na primeira safra. Assim, essa oscilação de

preços ao longo dos anos pode influenciar nos resultados econômicos dos sistemas produtivos.

Tabela 38. Estimativa do custo operacional total da produção de silagem para o tratamento MB (milho em consórcio com a *U. brizantha* cv. Xaraés) em um hectare sob sistema plantio direto. Selvíria, Mato Grosso do Sul. Safra 2010/2011.

Descrição	Especificação	Coeficiente	Valor	Valor
			Unitário	Total
			—R\$	—
A- Operações				
Dessecação	HM	0,5	50,00	25,00
Roçagem (Triton)	HM	1	45,00	45,00
Semeadura do milho	HM	0,7	130,00	91,00
Semeadura do capim	HM	0,7	130,00	91,00
Adubação de cobertura do milho	HM	0,6	50,00	30,00
Colheita do milho/capim silagem	HM	3	105,00	315,00
Transporte da silagem	HM	1,50	70,00	105,00
Compactação da silagem	HM	1,50	55,00	82,50
Pulverização (2x)	HM	1,00	50,00	50,00
Irrigação (pivô)	mm	100,00	1,33	133,00
Subtotal A				967,50
B- Insumos				
B1- Fertilizantes				
Adubo N-P-K (08-28-16)	kg ha ⁻¹	250	1,10	275,00
Ureia (cobertura)	kg ha ⁻¹	200	1,40	280,00
B2- Sementes				
Milho (BG 7049)	sc ha ⁻¹	1	200,00	200,00
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Xarés	kg ha ⁻¹	7	13,50	94,50
B3- Defensivos Agrícolas				
Herbicida Glyphosate	l ha ⁻¹	4,00	12,00	48,00
Inseticida imidacloprido + tiodicarbe	l ha ⁻¹	0,3	115,00	34,50
Inseticida metomil (2x)	l ha ⁻¹	1,2	16,80	20,16
Inseticida triflumurom (2x)	l ha ⁻¹	0,2	149,00	29,80
Subtotal B				981,96
Custo Operacional Efetivo (COE)				
(A+B)				1.949,46
C- Outras Despesas ⁽¹⁾				97,47
Subtotal C				97,47
Custo Operacional Total (COT)				
(A+B+C)				2.046,93

⁽¹⁾ 5% do COE

O alto custo com adubação ocorreu em função da elevada exigência do consórcio das culturas produtoras de grãos com as forrageiras com objetivo de alta produção de silagem (alta exportação) (Tabelas 4 e 15).

Um fator importante a ser considerado, foi a não aplicação de herbicidas normalmente utilizados nas culturas de milho e sorgo, uma vez que a ausência desta operação gera economia ao produtor, pelo fato do consórcio das culturas graníferas com espécies forrageiras inibir a emergência ou até mesmo o desenvolvimento de plantas daninhas que podem acarretar problemas de competição e colheita das culturas produtoras de grãos. De acordo Entz et al. (2002), em trabalho realizado no norte das grandes planícies dos Estados Unidos, avaliando a diversificação de sistemas de cultivo com forrageiras, verificaram um aumento na produtividade das culturas de grãos, e redução na pressão das plantas daninhas, o que melhorou também a qualidade física do solo, visto que a forrageira tem efeito supressor na germinação e emergência destas. Além disso, esse sistema acelerou a formação da pastagem destinada ao consumo animal.

Os valores dos custos operacionais totais (COT) para cada sistema de produção de silagem, nos dois anos em avaliação, assim como os valores para produtividade de massa seca (PMS), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) produzidos por área estão apresentados na Tabela 39. Verifica-se que entre os sistemas de produção, os maiores COT foram proporcionados pelo milho em consórcio com a *U. brizantha* cv. Xaraés (MU), com um custo de produção de R\$ 2.046,93 e de R\$ 2.385,40 por hectare, para os dois anos em avaliação, respectivamente. Da mesma maneira, o sistema que proporcionou os menores custos de produção foi o sorgo cultivado exclusivamente, ou seja, solteiro (SS), com um custo total de produção de R\$ 1.815,93 e de R\$ 1.941,62 também para os dois anos (Tabela 39).

As culturas do milho e do sorgo são as mais adaptadas e utilizadas no processo de ensilagem em condições de Cerrado. Tal fato se deve pela facilidade de cultivo, altas produtividades e principalmente pela qualidade da silagem produzida, sem necessidade da utilização de aditivos para estimular a fermentação. Em contrapartida, devido à necessidade de suplementação alimentar em animais no período de seca (inverno), período este em que há maior escassez de alimentos volumosos, o processo de ensilagem tem sido amplamente estudado com o intuito de suprir tais deficiências, melhorando o valor nutritivo da dieta, podendo reduzir os gastos com a utilização de concentrados e melhorando a eficiência produtiva das propriedades rurais, com maior lucro e sustentabilidade no setor agrícola.

Tabela 39. Custo operacional total (COT), produtividade de massa seca (PMS), quantidade de proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) (kg ha⁻¹) de silagens de milho (M) e sorgo (S) em função do consórcio com *U. brizantha* (U) e *M. maximum* (T) em sistemas produtivos na ILP no sistema plantio direto. Selvíria. Mato Grosso do Sul. Safras 2010/2011 e 2011/2012.

Tratamentos	COT	PMS	PB	NDT
	R\$ ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Safra 2010/2011				
SS [#]	1.815,93	27.930	1.078	19.464
ST	1.998,95	21.780	1.296	14.927
SU	2.010,71	25.195	1.176	17.614
MS	1.852,16	28.550	1.640	20.526
MT	2.035,17	26.425	1.919	18.816
MU	2.046,93	27.113	1.627	19.230
Tratamentos	COT	PMS	PB	NDT
	R\$ ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Safra 2011/2012				
SS [#]	1.941,62	32.012	1.641	20.999
ST	2.132,72	35.087	1.498	22.527
SU	2.169,47	24.112	1.120	16.102
MS	2.158,55	32.212	2.245	22.997
MT	2.349,65	36.900	2.166	26.103
MU	2.386,40	30.588	1.797	22.020

[#] **SS**: sorgo semeado exclusivamente (solteiro); **ST**: sorgo em consórcio com o *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia; **SU**: sorgo em consórcio com a *Urochloa brizantha* cv. Xaraés; **MS**: milho semeado exclusivamente (solteiro); **MT**: milho em consórcio com o *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia e **MU**: milho em consórcio com a *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, respectivamente.

Deste modo, verificaram-se elevadas produtividades de massa seca (PMS) em todos os sistemas de produção analisados, com destaque para o tratamento MS no ano 2010/2011 e para o MT no ano 2011/2012, enquanto os sistemas ST e SU resultaram nas menores PMS, nos dois anos em avaliação, respectivamente (Tabela 39). Neste contexto, de acordo com Paziani et al. (2009), as características mais desejáveis em uma cultura para a ensilagem, são a elevada produção de matéria verde e seca, tanto no ponto de ensilagem como na maturidade fisiológica, as altas concentrações de proteína bruta e energia, fatores estes que garantem maior digestibilidade da forragem.

Verificaram-se ainda elevadas produções de proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) por área (Tabela 39), sendo estes fatores de extrema importância para adequada nutrição animal. Com relação à PB, foram constatadas elevadas produtividades, com valores entre 1.079 kg ha⁻¹ no tratamento SS a 1.640 kg ha⁻¹ no tratamento MS, no primeiro ano agrícola (2010/2011) e de 1.120 kg ha⁻¹ no

tratamento SU a 2.245 kg ha⁻¹ no tratamento MS no segundo ano de avaliação (Tabela 39). Tais resultados demonstram a eficiência destes sistemas produtivos, que podem resultar em elevadas quantidades de energia ha⁻¹, garantindo desta maneira, adequado valor energético em silagens na região em estudo.

De modo geral, os valores de NDT proporcionados pelas silagens ficaram entre 14.927 kg ha⁻¹ no tratamento ST a 20.526 kg ha⁻¹ no tratamento MS, para o primeiro ano agrícola, e valores entre 16.102 kg ha⁻¹ no tratamento SU a 26.103 kg ha⁻¹ no tratamento MT para o segundo ano agrícola, respectivamente, proporcionando desta maneira, um material com boa qualidade nutricional (Tabela 39). Desta forma, salientam-se novamente as vantagens destes sistemas de produção na ILP sob SPD.

A comparação destes dados com os de outros autores não é possível, tendo em vista, a escassez de trabalhos que quantificam a produção energética por área em forrageiras tropicais, principalmente quando estas são consorciadas. Os dados do presente trabalho foram superiores aos obtidos por Leonel et al. (2008), avaliando o consórcio do capim-braquiária e milho quanto à produtividade das culturas e as características qualitativas das silagens das plantas em diferentes idades. Os autores afirmaram ainda que, em todas as avaliações, os maiores valores de PMS, NDT e PB foram obtidos quando o milho foi consorciado com a braquiária. Entre esses estudos, destacam-se ainda os obtidos por Zago (2002), avaliando estes mesmos atributos em silagens de sorgo, que relatou produção de NDT de 4.400 a 10.800 kg ha⁻¹.

Na literatura são encontrados diversos trabalhos demonstrando que a combinação de alimentos volumosos pode melhorar a composição bromatológica das silagens. De modo geral, o mesmo também foi observado neste trabalho, o que pode ter ocorrido em função, principalmente, do nível tecnológico adotado na presente pesquisa, como a utilização de irrigação, à adubação de semeadura e cobertura e ao histórico da área, que se encontrava sob sistema plantio direto (SPD) há 8 anos, em que provavelmente a mineralização da matéria orgânica e a adequada fertilidade do solo, garantiram o suprimento nutricional satisfatório às espécies em consórcio, fazendo com que estas apresentassem boa qualidade bromatológica.

Assim, apesar das culturas do milho e do sorgo serem as mais utilizadas para a produção de silagem, seus custos de produção tem sido o fator limitante da utilização pelos pecuaristas, tornando-se de extrema importância o estudo sistematizado do seu custo de produção e das vantagens que este sistema pode proporcionar ao produtor rural.

Da mesma maneira, as forrageiras comumente utilizadas estão sujeitas à estacionaridade de produção, resultando em grande deficiência quantitativa e qualitativa de forragem no período de estiagem no Cerrado, de maneira que a silagem produzida no período de primavera/verão pode servir como alimento de elevada qualidade nutricional no período de inverno.

Na presente pesquisa verifica-se o reduzido custo de produção das silagens neste sistema produtivo (Tabela 39). Assim, os valores de produção variaram entre R\$ 0,06 a R\$ 0,09 para cada kg de matéria seca de silagem produzida, nos dois anos em avaliação. Entretanto, tais custos foram inferiores aos R\$ 0,20 por kg de massa seca de silagem de milho relatado no Anualpec (2012). Sendo assim, pode-se considerar que houve uma diluição dos custos devido à alta produtividade de massa seca.

Os custos na obtenção dos teores de PB e NDT por área também foram bastante atrativos, com valores mínimos de R\$ 1,06 a R\$ 1,68 para cada kg PB produzido por hectare, para os tratamentos MT e SS no primeiro ano agrícola, e de R\$ 0,96 a R\$ 1,94 para cada kg de PB, para os tratamentos MS e SU, no segundo ano de avaliação, respectivamente. Os valores médios da produção de NDT, nos dois anos avaliados, variaram entre R\$ 0,09 a R\$ 0,13 para cada kg de NDT produzido por hectare. Portanto, os valores dos custos de produção obtidos no presente trabalho demonstraram as vantagens da utilização destas espécies na produção de silagem de qualidade e os reduzidos custos na produção de alimentos energéticos na região em estudo, levando-se em consideração as mesmas condições adotadas na presente pesquisa.

De maneira geral, apesar das culturas cultivadas exclusivamente (SS e MS) terem apresentado maiores valores absolutos dos parâmetros avaliados (PMS, PB e NGT), com exceção ao COT, os sistemas em consórcio apresentaram a conveniência de deixar a pastagem pré-estabelecida, acarretando redução nos custos durante o ano ao produtor rural, pela produção de forragem na entressafra, período este caracterizado pela escassez de alimentos, de maneira que esta pastagem poderia servir como alimento de boa qualidade nutricional aos animais à pasto ou fornecidos diretamente no cocho. Portanto, a otimização de sistemas intensivos de produção pecuária, como os demonstrados por esta pesquisa, dependem ainda da produção de silagem de baixo custo e de alto valor nutritivo, para que o giro de capital investido seja feito no menor tempo possível (BRONDANI et al., 2000).

Considerando-se que nestes sistemas de produção, a pastagem pode ser utilizada no período de entressafra, torna-se importante avaliar além da produtividade dos capins durante o manejo de corte, os custos pertinentes à esta atividade. No caso da presente pesquisa, nos tratamentos em que as espécies forrageiras foram implantadas por ocasião do consórcio com as culturas do milho e do sorgo (semeadura concomitante), os custos de implantação destas foram inseridos na avaliação econômica da produção de silagem, uma vez que nesta etapa do presente experimento, os capins já estavam estabelecidos na área. De maneira geral, estas modalidades de cultivo se mostraram economicamente viáveis, uma vez que verificaram-se elevadas produtividades de massa seca e energia ha^{-1} .

Desta forma, para a avaliação econômica das espécies forrageiras utilizadas na entressafra na ILP, considerou-se apenas os custos de implantação das espécies que foram semeadas nas áreas em que as culturas do milho e do sorgo estavam sendo cultivadas exclusivamente, principalmente com o objetivo de verificar a viabilidade econômica das pastagens implantadas em sucessão nestes sistemas produtivos, uma vez que as condições climáticas neste período, podem não ser ideais para o desenvolvimento dos capins. Sendo assim, os custos verificados para a implantação dos capins Xaraés e Tanzânia foram fixos, independentemente da área de cultivo, uma vez que foram adotados os mesmos procedimentos para semeadura em ambas as espécies.

De modo geral, em ambos os anos de avaliação, os custos com a implantação da *U. brizantha* foram mais elevados, devido principalmente ao maior custo das sementes desta espécie forrageira em comparação ao *M. maximum* (Tabela 40). Cabe salientar que para reduzir os custos de implantação das pastagens, novas pesquisas com semeadura dos capins misturados aos adubos de semeadura das culturas produtoras de grãos em menores espaçamentos deveriam ser avaliados, reduzindo uma operação agrícola. Esta sistemática não se aplicaria na presente pesquisa, pois o milho foi semeado à 0,90 m entrelinhas, e portanto, com semeadura das forrageiras neste espaçamento, haveria muitas falhas na pastagem em sucessão.

Tabela 40. Estimativa do custo operacional total da implantação das espécies forrageiras *U. brizantha* cv. Xaraés e *M. maximum* cv. Tanzânia após a colheita das culturas do milho e do sorgo em um hectare na ILP sob SPD. Selvíria, Mato Grosso do Sul. Safra 2010/2011.

Custo de Implantação da <i>U. brizantha</i>				
Descrição	Especif.	Coeficiente	Valor Unitário	Valor Total
A- Operações			R\$	R\$
Roçagem (Triton)	HM	0,5	55,00	27,50
Semeadura da <i>U. brizantha</i>	HM	0,7	130,00	91,00
Subtotal A				118,50
B- Insumos				
B2- Sementes				
<i>U. brizantha</i> cv. Xaraés	kg ha ⁻¹	7	13,50	94,50
Subtotal B				94,50
Custo Operacional Efetivo (A+B)				213,00
C- Outras Despesas ⁽¹⁾				10,65
Subtotal C				10,65
Custo Operacional Total (A+B+C)				223,65
Custo de implantação do <i>M. maximum</i>				
Descrição	Especif.	Coeficiente	Valor Unitário	Valor Total
A- Operações			R\$	R\$
Roçagem (Triton)	HM	0,5	55,00	27,50
Semeadura do <i>M. maximum</i>	HM	0,7	130,00	91,00
Subtotal A				118,50
B- Insumos				
B2- Sementes				
<i>M. maximum</i> cv. Tanzânia	kg ha ⁻¹	7	11,90	83,30
Subtotal B				83,30
Custo Operacional Efetivo (A+B)				201,80
C- Outras Despesas ⁽¹⁾				10,09
Subtotal C				10,09
Custo Operacional Total (A+B+C)				211,89

⁽¹⁾ 5% do COE

Independentemente da área em que as espécies forrageiras foram cultivadas, os custos verificados durante o manejo destes capins, no período de entressafra, foram os mesmos para ambas as espécies forrageiras, uma vez que foram adotados os mesmos procedimentos em todos os tratamentos (manejo de corte e adubação nitrogenada). Os custos diferiram apenas com relação aos tratamentos com e sem o fornecimento de N durante o manejo de corte (Tabela 41). Nas pastagens que não receberam adubação nitrogenada, os custos durante este período foram provenientes da irrigação da área durante os meses de abril à outubro, além da roçagem dos capins, uma vez que o pastejo foi simulado. Entretanto, nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada durante o manejo de corte (70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹, totalizando 140 kg ha⁻¹ de N ano⁻¹), os custos no período foram bem maiores, totalizando aproximadamente R\$ 924,00.

Tabela 41. Estimativa do custo operacional total durante o manejo de corte das espécies forrageiras *U. brizantha* cv. Xaraés e *M. maximum* cv. Tanzânia no período de entressafra, após a colheita das culturas do milho e do sorgo, em um hectare na ILP sob SPD. Selvíria, Mato Grosso do Sul. Safra 2010/2011.

Área milho e sorgo - Sem N				
Descrição	Especf.	Coefficiente	Valor Unitário	Valor Total
A- Operações				R\$
Roçagem 4 x (Triton)	HM	2	55,00	110,00
Irrigação	mm	100,00	1,55	155,00
Subtotal A				265,00
Custo Operaciona Efetivo (A+B)				265,00
C- Outras Despesas ⁽¹⁾				13,25
Subtotal C				13,25
Custo Operacional Total (A+B+C)				278,25
Área milho e sorgo - Dose 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹				
Descrição	Especf.	Coefficiente	Valor Unitário	Valor Total
A- Operações				
Roçagem 4 x (Triton)	HM	2	55,00	110,00
Adubação cobertura	HM	1	55,00	55,00
Irrigação	mm	100,00	1,55	155,00
Subtotal A				320,00
B- Insumos				
B1- Fertilizantes				
Ureia	kg ha ⁻¹	311,11	1,80	560,00
Subtotal B				560,00
Custo Operaciona Efetivo (A+B)				880,00
C- Outras Despesas ⁽¹⁾				44,00
Subtotal C				44,00
Custo Operacional Total (A+B+C)				924,00

⁽¹⁾ 5% do COE

Avaliando-se o custo operacional total (COT) da atividade na condução das espécies forrageiras durante o período de entressafra na ILP, nos dois anos de avaliação, verificaram-se os elevados valores obtidos nos tratamentos com fornecimento de N, mesmo quando os capins foram implantadas por ocasião do consórcio com as culturas produtoras de grãos, uma vez que estes custos não foram considerados nesta etapa (Tabela 42). Os maiores custos foram constatados nos tratamentos em que os capins Xaraés e Tanzânia foram implantados em sucessão às culturas produtoras de grãos (US - 70 e TS - 70), seguidos dos tratamentos em que estas espécies foram implantadas em função do consórcio (UC - 70 e TC - 70), ambos submetidos à adubação nitrogenada durante o manejo de corte.

Tabela 42. Custos de implantação e condução das pastagens após a colheita das culturas do milho e do sorgo para ensilagem e custo operacional total (COT) da atividade em sistemas produtivos na ILP no sistema plantio direto. Selvíria. Mato Grosso do Sul. Safras 2010/2011 e 2011/2012.

	Custos de implantação		Custos de condução		COT
	Safra 2010/2011	Safra 2011/2012	Safra 2010/2011	Safra 2011/2012	
Tratamentos	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹
US - 0[#]	223,65	245,80	278,25	285,23	1.032,93
UC - 0	0,00	0,00	278,25	285,23	563,48
US - 70	223,65	245,80	924,00	978,46	2.371,91
UC - 70	0,00	0,00	924,00	978,46	1.902,46
TS - 0	211,89	230,25	278,25	285,23	1.005,62
TC - 0	0,00	0,00	278,25	285,23	563,48
TS - 70	211,89	230,25	924,00	978,46	2.344,60
TC - 70	0,00	0,00	924,00	978,46	1.902,46

[#] US - 0 (*U. brizantha* implantada em sucessão, sem N), UC - 0 (*U. brizantha* implantada em função do consórcio, sem N), US - 70 (*U. brizantha* implantada em sucessão, dose 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹), UC - 70 (*U. brizantha* implantada em função do consórcio, dose 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹), TS - 0 (*M. maximum* implantado em sucessão, sem N), PC - 0 (*M. maximum* implantado em função do consórcio, sem N), TS - 70 (*M. maximum* implantado em sucessão, dose 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹), TC - 70 (*M. maximum* implantado em função do consórcio, dose 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹).

Apesar da adubação nitrogenada ter elevado o custo de produção das forrageiras, deve-se enfatizar que o fornecimento de N proporcionou aumento em produtividade (Tabelas 24 e 25), além de contribuir para melhoria na qualidade bromatológica (Tabelas 26 e 27), caracterizando um alimento com melhor valor nutritivo e com qualidade nutricional adequada (Tabelas 28 e 29). No caso da presente pesquisa, em que estas espécies forrageiras foram utilizadas ainda como palhada no SPD, a maior quantidade de nutrientes nos resíduos vegetais, aumentam a eficiência do sistema de produção, com melhor ciclagem de nutrientes, podendo inclusive melhorar os atributos químicos e físicos do solo. De acordo com Calvo et al. (2010), a permanência da palhada na superfície do solo é importante ainda para a manutenção e a proteção do sistema solo-planta, beneficiando a conservação da umidade e favorecendo a biota do solo e a ciclagem de nutrientes.

Portanto, torna-se pertinente ressaltar a importância da realização de uma avaliação criteriosa das condições ambientais e tecnológicas disponíveis na propriedade rural, assim como do capital a ser disponibilizado pelo agricultor antes da implantação desses sistemas produtivos. Os excelentes resultados produtivos verificados pelas culturas analisadas, só foram possíveis graças à adoção de práticas que proporcionaram condições ao adequado desenvolvimento das plantas em todos os sistemas de produção,

como a adubação e irrigação da área, o que elevou muito os custos de produção da atividade.

Apesar do alto custo com o manejo da pastagem nos tratamentos adubados, deve-se levar em consideração que pastagens adubadas, além de serem mais produtivas, garantem uma maior eficiência na alimentação animal, com maiores ganhos de peso. A maior produção dos capins exerce ainda um papel fundamental no ambiente de produção, melhorando os atributos do solo e como citado anteriormente, proporcionando palhada para continuidade do SPD na região em estudo, tendo em vista que pastagens degradadas impedem a utilização da área agrícola, prejudicando a rentabilidade do produtor rural.

Outra vantagem constatada com a presença da palhada das plantas na superfície do solo é a inibição do desenvolvimento de plantas daninhas, comumente encontradas nas lavouras comerciais. Assim, a presença da palhada pode ter contribuído para a economia na aplicação de herbicidas usualmente utilizados nestes sistemas produtivos, diminuindo assim, os custos de produção.

Em produção de animais ruminantes, a alimentação torna-se o componente que tem maior participação nos custos de produção. Restle et al. (2007), realizando a apreciação econômica da terminação de novilhos em confinamento, constataram que a alimentação foi o componente mais oneroso (77,2%), com o concentrado representando 75,5% e o volumoso 24,5% do custo da alimentação. Os autores ainda ponderam que uma alternativa importante para reduzir os custos com alimentação seria o uso de volumosos de qualidade para substituir parte dos nutrientes fornecidos pelo concentrado. Desta forma, pode-se considerar que os sistemas produtivos analisados por esta pesquisa na ILP, produziram alimento em quantidade e qualidade satisfatórias, tanto de silagem quanto de forragem no período de entressafra, o que em condições de cultivo semelhantes às relatadas neste trabalho, porém com a presença de animais, poderiam gerar resultados suficientes no que diz respeito ao ganho de peso e retorno econômico.

Os custos de recuperação de pastagens degradadas são de aproximadamente R\$ 2.500,00 ha⁻¹ (ANUALPEC, 2012). Em trabalho realizado por Pariz et al. (2009), avaliando diferentes capins em consórcio com a cultura do milho, verificaram margem de contribuição positiva em comparação com o milho semeado sem consórcio. Assim, o custo de formação da pastagem foi amortizado pela lavoura de milho. Portanto, na

presente pesquisa, os custos de produção de silagens foram inferiores aos R\$ 2.500,00 ha⁻¹, com a grande vantagem de ao final da colheita destas silagens, a pastagem estar implantada sem operações adicionais.

Avaliando-se o desempenho econômico da cultura da soja em sucessão nos sistemas produtivos, verificou-se que independentemente da área em que esta foi cultivada, da modalidade de semeadura e das espécies forrageiras antecessoras no SPD, a soja apresentou um custo de produção fixo em todos os tratamentos, correspondendo a R\$ 1.718,02 ha⁻¹ (Tabela 43). As operações que mais oneraram o custo de produção da soja foram os referentes às pulverizações, tendo em vista o severo ataque de pragas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura e a irrigação, correspondendo a aproximadamente 18,5% do COT de produção da cultura.

Entre os custos relacionados à utilização de insumos e fertilizantes, cabe-se destacar os elevados valores dispensados com a adubação de semeadura, que correspondeu a 42,7% do COT de produção. Apesar de ter-se verificado severo ataque de pragas na cultura da soja, causando, inclusive prejuízos à produtividade da cultura, os custos com aquisição de inseticidas não se tornaram um fator limitante da produção. Estes resultados demonstram a importância de se realizar a análise econômica, juntamente com a análise técnica dos sistemas de produção, para avaliar sua real aplicação em condições de produção e não apenas em condições experimentais.

A soja cultivar BRS Valiosa é extremamente exigente a fatores abióticos inerentes ao seu desenvolvimento, como água, luz e nutrientes. Desta maneira, estes fatores podem ser considerados decisivos para as altas produtividades desta lavoura no Centro-Oeste brasileiro, pois o regime pluvial e a temperatura média nestas regiões de Cerrado são altamente favoráveis ao cultivo de verão, além da topografia favorável à mecanização. Sendo assim, apesar do intenso ataque de pragas na cultura, pode-se considerar que a produtividade de grãos (PG) foi satisfatória em proporcionar rentabilidade na atividade (Tabela 44), além de estarem próximos aos resultados obtidos pela Conab (2012; 2013) com produtividades médias de 50 sacas ha⁻¹ na região em estudo. Tais resultados se devem em parte ao histórico da área de cultivo no momento da implantação da cultura (9-10 anos sob SPD), às condições climáticas favoráveis (Figura 1), ao uso da irrigação e às práticas conservacionistas adotadas na presente pesquisa, que proporcionaram condições satisfatórias ao desenvolvimento das plantas.

Tabela 43. Estimativa do custo operacional total da cultura da soja em um hectare na ILP sob SPD. Selvíria, Mato Grosso do Sul. Safra 2012/2013.

Descrição	Especf.	Coefficiente	Valor Unitário	Valor Total
			R\$	R\$
A- Operações				
Dessecação	HM	0,5	65,00	32,50
Semeadura e adubação da soja	HM	0,5	130,00	65,00
Colheita da soja (terceirizado)	HM	1	130,00	130,00
Pulverização (5x)	HM	2,50	65,00	162,50
Irrigação (pivô)	mm	100,00	1,55	155,00
Subtotal A				545,00
B- Insumos				
B1- Fertilizantes				
Adubo superfosfato simples	kg ha ⁻¹	500	1,11	555,00
Cloreto de potássio	kg ha ⁻¹	100	1,79	179,00
B2- Sementes				
Soja (BRS Valiosa RR)	kg	60	2,40	144,00
B3- Defensivos Agrícolas				
Herbicida Glyphosate	l ha ⁻¹	8,00	8,70	69,60
Fungicida Carboxina + thiran	l ha ⁻¹	0,05	26,64	1,33
Inoculante soja	l ha ⁻¹	0,2	5,98	0,90
Herbicida Pivot Imazetapir	l ha ⁻¹	0,2	22,30	4,46
Inseticida cipermetrina	l ha ⁻¹	0,6	36,77	22,06
Inseticida metomil	l ha ⁻¹	1,5	17,36	26,04
Fungicida Piraclostrobina + Epoxiconazole	l ha ⁻¹	1	75,42	75,42
Óleo Mineral	l ha ⁻¹	2	6,70	13,40
Subtotal B				1.091,21
Custo Operacional Efetivo (A+B)				1.636,21
C- Outras Despesas ⁽¹⁾				81,81
Subtotal C				81,81
Custo Operacional Total (A+B+C)				1.718,02

⁽¹⁾5% do COE

A produtividade da soja nos sistemas produtivos proporcionou lucratividade (LO) em todas as modalidades de cultivo, sendo os índices de lucratividade (IL) positivos para todos os sistemas (Tabela 44). Assim, pode-se considerar que o cultivo da soja na ILP sob SPD em condições semelhantes às verificadas no presente trabalho, podem minimizar os custos com o manejo da pastagem no período de entressafra. A alta produtividade e a redução de custos de produção são fatores-chave para que sistemas agrícolas sejam economicamente viáveis (FONTANELI et al., 2000) e apresentem menor risco de insucesso econômico ao longo do tempo (AMBROSI et al., 2001).

Tabela 44. Produtividade de grãos (PG), preços pagos ao produtor na região, custo operacional total (COT), receita bruta (RB), lucro operacional (LO) e indicadores de lucratividade (IL) da cultura da soja em sistemas produtivos na ILP no sistema plantio direto. Selvíria. Mato Grosso do Sul. Safra 2012/2013.

Tratamentos	PG*	sacas ha ⁻¹	R\$	<u>Área milho</u>			
	kg ha ⁻¹			COT	RB	LO	IL
				R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	(%)
US - 0[#]	3.615	60	60,36	1.718,02	3.636,69	1.918,67	52,76
UC - 0	2.325	39	60,36	1.718,02	2.338,95	620,93	26,55
US - 70	3.551	59	60,36	1.718,02	3.572,31	1.854,28	51,91
UC - 70	2.380	40	60,36	1.718,02	2.394,28	676,26	28,24
TS - 0	3.452	58	60,36	1.718,02	3.472,71	1.754,69	50,53
TC - 0	2.590	43	60,36	1.718,02	2.605,54	887,52	34,06
TS - 70	3.255	54	60,36	1.718,02	3.274,53	1.556,51	47,53
TC - 70	2.780	46	60,36	1.718,02	2.796,68	1.078,66	38,57

Tratamentos	<u>Área Sorgo</u>						
	PG*	sacas ha ⁻¹	R\$	COT	RB	LO	IL
	kg ha ⁻¹			R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	(%)
US - 0[#]	3.569	59	60,36	1.718,02	3.590,41	1.872,39	52,15
UC - 0	2.068	34	60,36	1.718,02	2.080,41	362,39	17,42
US - 70	3.466	58	60,36	1.718,02	3.486,80	1.768,77	50,73
UC - 70	2.331	39	60,36	1.718,02	2.344,99	626,96	26,74
TS - 0	3.237	54	60,36	1.718,02	3.256,42	1.538,40	47,24
TC - 0	2.725	45	60,36	1.718,02	2.741,35	1.023,33	37,33
TS - 70	2.562	43	60,36	1.718,02	2.577,37	859,35	33,34
TC - 70	2.662	44	60,36	1.718,02	2.677,97	959,95	35,85

[#] US - 0 (*U. brizantha* implantada em sucessão, sem N), UC - 0 (*U. brizantha* implantada em função do consórcio, sem N), US - 70 (*U. brizantha* implantada em sucessão, dose 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹), UC - 70 (*U. brizantha* implantada em função do consórcio, dose 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹), TS - 0 (*M. maximum* implantado em sucessão, sem N), PC - 0 (*M. maximum* implantado em função do consórcio, sem N), TS - 70 (*M. maximum* implantado em sucessão, dose 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹), TC - 70 (*M. maximum* implantado em função do consórcio, dose 70 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹).

O presente trabalho retratou sistemas de produção altamente tecnificados, o que justifica os elevados custos de produção. Entretanto, cabe destaque, o histórico de SPD (10 anos), com acúmulo de palhada, carbono e fósforo orgânicos na superfície do solo, bem como, a imobilização do N aproximando-se da mineralização, e o grande benefício de reagregação das partículas e aumento da porosidade do solo.

Considerando a importância da determinação dos custos de produção da atividade agrícola em sistemas de produção, Neves e Andia (2003), relataram que seu mérito não se deve somente a um componente isolado para a análise da rentabilidade de cada sistema, mas também como parâmetro essencial na tomada de decisão e de capitalização do setor rural. Portanto, o conhecimento dos custos da produção para o produtor rural, torna-se um indicativo da qualidade de sua administração no sistema agrícola, podendo garantir elevada rentabilidade no setor. De acordo com Menegatti e Barros (2007),

novas opções seguras, que permitam a diminuição do uso dos fatores de produção, sem afetar a produtividade e melhorar o ambiente, devem ser adotadas e analisadas com critério e atenção.

Diversos trabalhos demonstraram as vantagens econômicas dos sistemas de ILP sobre os sistemas tradicionais contínuos (COSTA; MACEDO, 2001; MACEDO, 2001; COBUCCI et al., 2007; MUNIZ et al., 2007; TRACY; ZHANG, 2008; MARTHA JÚNIOR; VILELA; SOUSA, 2008; TRECENTI; OLIVEIRA; HASS, 2008; MACEDO, 2009; PARIZ et al., 2009; CRUSCIOL et al., 2012; COSTA et al., 2012b) sendo que a maioria apresenta vantagens nas taxas de investimento e no valor presente líquido. No entanto, a baixa adoção destes sistemas nas propriedades rurais se deve principalmente à limitação de infra-estrutura, recursos financeiros, conhecimentos tecnológicos, aptidões pessoais e barreiras sociais (MACEDO, 2001).

Sistemas tradicionais de pastagem, embora apresentem resposta à adubação de manutenção, quando comparados aos não adubados e à pastagem degradada, não apresentam a mesma eficiência econômica, se comparados aos sistemas de ILP (COSTA; MACEDO, 2001). Contudo, os efeitos indiretos, tais como melhoria dos atributos do solo, embora não computados, também são vantajosos, e proporcionados pelos sistemas de ILP.

Os resultados obtidos na presente pesquisa demonstraram que os sistemas de ILP sob SPD, com os consórcios das culturas do milho e do sorgo com os capins Xaraés Tanzânia foram excelentes opções para diversificação da atividade agrícola com posterior formação de pastagem e cultivo da soja na mesma área, fatores estes que podem garantir maior sustentabilidade aos sistemas produtivos e garantir maior renda ao produtor rural, utilizando o solo durante todo o ano.

5 CONCLUSÕES

O consórcio de milho e sorgo forrageiro com os capins Xaraés e Tanzânia foram viáveis para a produção de silagens em quantidade e qualidade bromatológica, tanto quanto ao cultivo solteiro das culturas, em sistema plantio direto (SPD) no Cerrado.

A adubação nitrogenada refletiu em incremento na produtividade de matéria seca, na melhoria da qualidade bromatológica e nutricional dos capins, independentemente se implantados por ocasião do consórcio ou em sucessão ao milho e sorgo para silagem.

Os capins Xaraés e Tanzânia, independentemente das modalidades de semeadura, resultaram em adequada cobertura do solo, principalmente até os 90 dias após o manejo de dessecação e corte, com destaque quando adubados com nitrogênio.

Em condições irrigadas no Cerrado, visando o incremento da produtividade de soja, recomenda-se a semeadura do capim-xaraés após a colheita do milho para silagem em antecessão.

Os sistemas de produção de silagem, com alta exportação de nutrientes e tráfego de máquinas, foram eficientes em atenuar o processo de redução da fertilidade do solo, de sua qualidade física e na manutenção dos estoques de carbono.

Visando a sustentabilidade aliada à lucratividade, os sistemas produtivos de produção de silagem de milho e sorgo forrageiro, para posterior formação de pastagens foram economicamente viáveis, e a soja em sucessão apresentou índices de lucratividade positivos, mantendo a qualidade do solo e palhada suficiente para o SPD.

REFERÊNCIAS

- AGNES, E. L.; FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R. Situação atual da integração agricultura pecuária em Minas Gerais e na Zona da Mata Mineira. In: ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa: Ed. UFV, 2004. p. 251-267.
- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo. AgraFNP: 2011. p. 104-113.
- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo. AgraFNP: 2012. 482 p.
- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 277-288, 2000.
- ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 115-119, 1995.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, G. V.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para o sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 278-285, 2011.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J.; ALVES, D. D.; ALVARENGA, R. C.; BORGES, G. L. F. N. Consórcio de forrageiras tropicais com o sorgo granífero em duas localidades do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2013a.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R.; SOUZA, M. F. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 10-20, 2013b.
- ALMEIDA FILHO, S. L.; FONSECA, D. M.; GARCIA, R.; OBEID, J. A.; OLIVEIRA, J. S. e. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays* L.) e qualidade dos componentes da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 7-13, 1999.
- ALVARENGA, R.C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; NETO, M.M.G.; VIANC, M.C. M.; VILELA, L. Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 59-67, 2010.
- AMADO, T. J. C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO

NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2000. p. 105-111.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

AMARAL, R.C., BERNARDES, T.F., SIQUEIRA, G.R., REIS, R.A. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 532-539. 2007.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.

AMBROSI, I.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 10, p. 1213-1219, 2001.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ, V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1589-1595. 2000.

ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 109-115, 2008.

ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78 f. Tese (Livre-Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2004.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; V. ALVARES, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 873-928.

ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo. AgraFNP: 2010. p. 182-192.

ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2012. 378 p.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY -AOAC. **Official methods of analysis**. 13.ed. Washington: AOAC, 1995. 1015 p.

ARAÚJO, V. L.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo**

Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 59, n. 1, p. 168-174, 2007.

ASSMANN, T. S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A. L.; KOEHLER, H. S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 27, p. 675-683, 2003.

AVELINO, P. M.; NEIVA, J. N. M.; ARAUJO, V. L.; ALEXANDRINO, E.; BOMFIM, M. A. D.; RESTLE, J. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 208-215, 2011.

BALBINOT JÚNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de área agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.

BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JR., G. B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 890-911.

BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M.; SANTOS, P. M. et al. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim Tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 519-528, 2003.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N.; Produção de *Brachiaria brizantha* e *Megathyrsus maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Revista Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BARROS, C. O.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; MUNIZ, J. A.; ANDRADE, I. F.; SANTOS, R. A. Rendimento e composição química do capim-tanzânia estabelecido com milheto sob três doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1068- 1075, 2002.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Nitrogen and sulphur in marandu grass: relationship between supply and concentration in leaf tissues. Nitrogênio e enxofre no capim-marandu: relação entre suprimento e concentração nos tecidos foliares. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 1, p. 44-51, 2007.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1281-1288, 2006.

BAYER, C.; DICK, D. P.; RIBEIRO, G. M.; SCHEUERMANN, K. K. Carbon stocks in matter fractions as affected by land use and soil management with emphasis on no-tillage effect. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 401-406, 2002.

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTINNETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage a cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, p.101-109, 2000.
- BAYER, C.; LOVATO, T.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long term experiments. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, p. 217 - 226, 2006a.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil Tillage Reserch**, Amsterdam, v. 86, p. 237-245, 2006b.
- BELEZE, J. R. F.; ZEOULA, L. M. I.; CECATO, U.; DIAN, P. H. M.; MARTINS, E. N.; FALCÃO, A. J. S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação: produtividade, características morfológicas e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2003.
- BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho criollo (*Sorghum vulgare*). **Agronomia Tropical**, Aragua-Venezuela, v. 14, n. 4, p. 651-658, 1965.
- BENETT, C. C. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; BERGAMASCHINE, A. F.; FABRICIO, J. A. Produtividade e composição bromatológica do capim-Marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, 2008.
- BENÍCIO, L. P. F.; OLIVEIRA, V. A.; SILVA, L. L.; ROSANOVA, C.; LIMA, S. O. Produção de *Megathyrsus maximum* consorciado com sorgo sob diferentes fontes de fósforo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 5, n. 2, p. 55-60, 2011.
- BERGAMASCHINE, A. F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W.V., ISEPON, O.J., CORREA, L.A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p. 1454-1462, 2006.
- BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; AGUIAR, R. A.; MESQUITA, G. M. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e Mombaça, em condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 370-377, 2010.
- BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C. C.; BOURENNANE, H. Modeling vertical distribution carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). **Soil Science**, Baltimore, v. 163, p. 941-951, 1998.
- BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A. S.; SCOPEL, E.; RAZAFIMBELO, T.; BLAVET, D.; PICCOLO, M. C.; PAVEI, M. & MILNE, E. Cropping systems, carbono sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 26, p. 1-8, 2006.

- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PERREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na Região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 167-177, 2001.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 1269-1276, 2007.
- BORTOLINI, C. G. Rotação de culturas no sistema plantio direto. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 8., Tangará da Serra, 2005. **Anais...** Tangará da Serra: Gráfica e Editora Sanches, 2005. p. 115-118.
- BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, n. 4, p. 441-452, 1997.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C., Desenvolvimento da cultura do milho em consorciação com *Brachiaria brizanta* em sistema de plantio direto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 19-33, 2006.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no SPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, Madison, v. 53, n. 2, p. 629-636, 2013.
- BRÂNCIO, P.A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Avaliação de três cultivares de *Megathyrsus maximum* Jacq. Sob pastejo, composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1605-1613, 2002.
- BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C. **Silagem de alta qualidade para bovinos**. In: RESTLE, J. (Ed.). Eficiência na produção de bovinos de corte. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. p. 147-184.
- BROMFIELD, S. M.; JONES, O. L. The effect of sheep on the recycling of phosphorus in hayed-off pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 21, n. 4, p. 699-711, 1970.
- BRUNO, O. A.; ROMERO, L. A.; GAGGIOTTI, M. C. et al. Cultivares de sorgos forrajeros para silaje. 1. Rendimiento de matéria seca y valor nutritivo da la planta. **Revista Argentina Producción Animal**, Buenos Aires, v. 12, n. 2, p. 157-162, 1989.

- BYRNE, F.; ROBERTSON, M. J.; BATHGATE, A.; HOQUE, Z. Factors influencing potential scale of adoption of a perennial pasture in a mixed crop-livestock farming system. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 103, n. 7, p. 453-462, 2010.
- CAETANO, H.; OLIVEIRA, M. D. S.; FREITAS JÚNIOR, J. E.; RÊGO, A. C.; CARVALHO, M. V.; RENNÓ, F. P. Nutritional characteristics and in vitro digestibility of silages from different corn cultivars harvested at two cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 4, p. 708-714, 2011.
- 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.
- CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.
- CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 99-108, 2005.
- CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação c/n de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.
- CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. R.; FURLAN, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 45-71. (Boletim técnico, 100).
- CAPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do valor energético à partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.
- CARDOSO, G. C. Alguns fatores práticos da irrigação de pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., Viçosa, 2001. **Anais...** Viçosa: UFV, 2001. p. 243-260.
- CARDOSO, G. C.; GARCIA, R.; SOUSA, A. L. et al. Desempenho de novilhos Simental alimentados com silagem de sorgo, cana-de-açúcar e palhada de arroz tratada ou não com amônia anidra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2132-2139, 2004.

- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 147-157, 2009.
- CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L.S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 87, p. 259-273, 2010a.
- CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 277-289, 2010b.
- CARVALHO, M. A. C.; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema plantio direto e convencional em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 11, p. 1141-1148, 2004.
- CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V. et al. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurchecido ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1000-1005, 2007.
- CARVALHO, M. A.; YAMASHITA, O. M.; ROQUE, C. G.; NOETZOLD, R. Produtividade de arroz no sistema integração lavoura- pecuária com o uso de doses reduzidas de herbicida. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 33-39, 2011.
- CASTAGNARA, D. D.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; BAMBERG, R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, n. 232, p. 931-942, 2011.
- CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 139-146, 2011.
- CASTRO, F. G. F.; NUSSIO, L. G.; HADDAD, C. M.; CAMPOS, F. P.; COELHO, R. M.; MARI, L. J.; TOLEDO, P. A. Características de fermentação e composição químico-bromatológica de silagens de capim-tifton 85 confeccionadas com cinco teores de matéria seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 7-20, 2006.
- CAVALCANTE, A. C. R.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R.; et al. Consumo e digestibilidade de dietas contendo feno de capim-tifton 85 e silagem de milho para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002. Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD ROM.
- CAZETTA, D. A.; FORNESIERI FILHO, D.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura de solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 575-580, 2005.

CECATO, U.; PEREIRA, L. A. F.; JOBIM, C. C.; MARTINS, E. N.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A. O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 409-416, 2004.

CECCON, G. **Palha e pasto com milho safrinha em consórcio com braquiária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 2 p. (Circular técnica).

CEZAR, E. **Técnicas simples e baratas evitam a degradação das pastagens**. 2007. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/index.php?pagina=bancodenoticias/03082007_degradacao.htm>. Acesso em: 24 maio 2013.

CHIESA, E. D.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, I. L.; MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; SANTI, M. A. M. Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Revista Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2008.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 37-43, 2012.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

COBUCCI, T.; WRUCK, J.; KLUTHCOUSKI, J.; CAVALCANTE, L. M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; CARNEVALLI, R. A.; TEIXEIRA, S. R.; POLINÁRIA, A.; TEIXEIRA, M. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 240, p. 64-79, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011/2012 – Sétimo Levantamento – Agosto/2012**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 23 ago. 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas relativas às safras 1976/77 a 2012/2013 de área plantada, produtividade e produção**. Brasília, DF: CONAB, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t>> Acesso em: 5 mar. 2013.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte e depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 425-432, 1999.

CORONEL, D. A. **Fontes de crescimento e orientação regional das exportações brasileiras do complexo soja**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, p. 107-114, 1995.

CORRÊA, C. E. S.; RODRIGUES, J. A. S.; GONÇALVES, L. C. Determinação da produção de matéria seca e das proporções de colmo, folha e panícula de treze híbridos de sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, p. 374-376, 1996.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Influência do tipo e quantidade de resíduos vegetais associados a herbicidas residuais no desenvolvimento da cultura da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 421-432, 2006.

CORREIA, N. M.; FUZITA, W. E.; DANIEL, B. Cultivo consorciado de milho com amendoim forrageiro e calopogônio e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 575-586, 2012.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 65-76, 2013.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FOUTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, p. 527-535, 2003.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, R. B.; OLIVEIRA, M. A.; MEDEIROS, L. S. Doses e fontes de nitrogênio na composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em estágio moderado de degradação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ; FMVZ/Unesp, 2007. (CD-ROM).

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 323-332, 2008.

COSTA, F. P.; MACEDO, M. C. M. Economic evaluation of agropastoral systems: some alternatives for Central Brazil. In: WORKSHOP ON AGROPASTORAL SYSTEM IN SOUTH AMERICA, 2001, Japan. **Proceedings...** Japan: JIRCAS, 2001. p. 57-62. (Working Report, 19).

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012a.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GIOIA, M. T.; TARSITANO, M. A. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S. Análises técnicas e econômicas no sistema de integração lavoura-

pecuária submetido à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, p. 597- 605, 2012b.

COSTA, N. R.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUALBERTO, R.; SOUZA, L. S.; MONTALVÃO, P. C. Densidades e formas de semeadura do capim-braquiária e produtividade do milho na integração lavoura-pecuária. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 4, p. 61-68, 2013.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, M. A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 1, p. 115-123, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATEUS, G. P. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 125, p. 2-15, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1234-1240, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M. An innovate crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. et al. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 11-37.

CUNHA, F. F.; SOARES, A. A.; PEREIRA, O. G.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; ABREU, F. V. S. Composição bromatológica e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca do capim tanzânia irrigado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 25-33, 2007.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D. P.; KÖGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 year. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, p. 87-95, 2005.

DIFANTE, G. S.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JR., D. et al. Ingestive behaviour, herbage intake and grazing efficiency of beef cattle steers on Tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1001-1008, 2009a.

DIFANTE, G. S.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JR., D. et al. Desempenho e conversão alimentar de novilhos de corte em capim-tanzânia submetido a duas intensidades de pastejo sob lotação rotativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 33-41, 2010.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V. Fluxo de nutrientes em ecossistemas e pastagens: impacto no ambiente e na produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006, p. 439-505.

DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H.; TEIXEIRA, M. G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, p. 139-147, 2003.

ELFEINK, O.; STEFANIE, J. W. H.; DRIEHUIS, F. et al. **Silage fermentation process and their manipulation**. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE. Rome: FAO, 2000. p.17-30.

ELIZALDE, H. F. El valor nutritivo de los ensilajes. **Revista Argentina Producción Animal**, Buenos Aires, v. 15, n. 1, p. 103-121, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

ENTZ, M. H.; BARON, V. S.; CARR, P. M.; MEYER, D. W.; SMITH JÚNIOR, S. R.; McCAUGHEY, W. P. Potential of forages to diversify cropping systems in the Northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 2, p. 240-250, 2002.

ESWARAN, H.; van den BERG, E.; REICH, P. Organic carbon in soils of the world. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 57, p. 192- 194, 1993.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALLE, C. B.; BARBOSA, R. A.; GONÇALVES, W. V.; OLIVEIRA, M. P. Produção de forragem e características estruturais de três cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 1805-1812, 2008.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALLE, C. B.; DIFANTE, G. S.; BARBOSA, R. A.; CACERE, E. R. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 1, p. 98-106, 2009.

EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, supl. esp., p. 151-168, 2010.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MORAIS, R. V.; MISTURA, C.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, M. E. R.; LAMBERTUCC, D. M. Avaliação das características estruturais do capim braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 30-37, 2006.

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

FANG, C.; MONCRIEFF, J. B. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. **Soil Biology Biochemistry**, Elmsford, v. 33, p. 155-165, 2001.

FERNANDES, L. O.; MACHADO, H. C.; MENDONÇA, V. J. C.; LANDIN, A. M. S.; PAIVA, D. C. Produção animal em diferentes gramíneas, associadas ou não ao sorgo AG 2501, no processo de renovação de pastagens. **FAZU em Revista**, Uberaba, p. 36-45, 2004.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análise de variância. Lavras: UFLA/DEX, 1999.

FERREIRA, J. J. Estágio de maturação do milho e do sorgo o ideal para ensilagem. In: CRUZ, J. C. et al. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 405-428.

FERREIRA, A. C. B.; LAMAS, F. M.; CARVALHO, M. C. S. C.; SALTON, J. C.; SUASSUNA, N. D. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 6, p. 546-553, 2010.

FERREIRA, E. V. O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M. H.; MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 161-169, 2011.

FINLAYSON, J. D.; LAWES, R. A.; METCALF, T.; ROBERTSON, M. J.; FERRIS, D.; EWING, M. A. A bio-economic evaluation of the profitability of adopting subtropical grasses and pasture-cropping on crop-livestock farms. **Agricultural Systems**, Oxford, v.106, n. 1, p. 102-112, 2012.

FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1608-1615, 2000.

FLORES, J. P. C. et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 771-780, 2007.

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P.; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 11, p. 2129-2137, 2000.

FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; RODRIGUES, J. A. S.; MIYAGI, E. S.; SILVA, A. G.; PERON, H. J. M. C.; ABREU, J. B. R.; BASTOS, D. C. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 3, p. 383-391, 2011.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M. C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 157-170, 2000.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L.; CARDOSO, A. A.; JAKELAITIS, A. Formação da pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para a silagem no sistema plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, Taastrup, v. 28, n. 4, p. 579-585, 2008.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LIMA, A. E. S.; BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Megathyrus* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, p. 157-163, 2012.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; CELESTRINO, T. S.; LOPES, K. S. M. Desempenho agrônomo da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 589-595, 2013.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GAUDÊNCIO, C. A. A. et al. **População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o centro-sul do Estado do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 1990. (Comunicado técnico, 47).

GOMES, S. O.; PITOMBEIRA, J. B.; NEIVA, J. N. M.; CÂNDIDO, M. J. D. Comportamento agrônomo e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, p. 221-227, 2006.

GONÇALVES, L. C. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. III – Quebra de compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 51, n. 6, p. 571-576, 1999.

GONTIJO NETO, M. M.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G. et al. Avaliação de características agrônomicas de cinco híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. (CD ROOM).

GONTIJO NETO, M. M.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CACON, P. R.; CANDIDO, M. J. D.; MIRANDA, L. F. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescente de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade in vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 1640-1647, 2002.

GONTIJO NETO, M. M.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CACON, P. R.; QUEIROZ, A. C.; ZAGO, C. P.; CÂNDIDO, M. J. D.; MIRANDA, L. F. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Características agrônômicas, carboidratos solúveis e estruturais da planta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1975-1984, 2004.

GOURLEY, L. M.; LUSK, F. W. Sorghum silage quality as affected by soluble carbohydrate, tannins and other factors. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 32., 1977, Mississippi. **Proceedings...** Mississippi: Mississippi State University, 1977. p. 157-170.

HAIGH, P. M. Effluent production from grass treated with additives and made in large scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 54, p. 208-218, 1999.

HAILESLASSIE, A.; PEDEN, D.; GEBRESELASSIE, S.; AMEDE, T.; DESCHEEMAEKER, K. Livestock water productivity in mixed crop-livestock farming systems of the Blue Nile basin: Assessing variability and prospects for improvement. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 102, n. 1-3, p. 33-40, 2009.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 82, p. 121-145, 2005.

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 71-79, 2005.

HILL, G. M.; GATES, R. N.; BURTON, G. W. Forage quality and grazing steer performance from Tifton 85 and tifton 78 bermudagrass pastures. **Journal Animal Science**, Tokyo, v. 71. p. 3219-25. 1993.

HOANG, V. Analysis of productive performance of crop production systems: An integrated analytical framework. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 116, n. 1, p. 16-24, 2013.

JAYME, D. G.; PIRES, D. A. A.; GUIMARAES, JUNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L. C. C.; BORGES, I.; SALIBA, C. O. S.; JAYME, C. G. Composição bromatológica e perfil de fermentação

das silagens de cinco híbridos de capim-sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, p. 351-363, 2007.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L.; VIANA, R. G. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

JAREMTCHUK, A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M. T.; KOZLOWSKI, L. A.; COSTA, C.; MADEIRA, H. M. F. Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 181-188, 2005.

JAREMTCHUK, A. R.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; GONÇALVES, H. C.; OSTRENSKY, A.; KOSLOWSKI, L. A.; MADEIRA, H. M. F. Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas de corte. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 351-357, 2006.

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

JONES, M. B.; WOODMANSEE, R. G. Biogeochemical cycling in annual grassland ecosystems. **Botanical Review**, Bronx, v. 45, n. 2, p. 111-144, 1979.

JUNG, H. G. Forage lignin and their effects on fiber digestibility. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 1, p. 33-38, 1989

KAISER, E.; WEIB, K.; POLIP, L. V. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive. **Proceedings of the...** Auchincruive: [s.n.], 2002. p. 344-358.

KERR, R. A. How hot will the greenhouse world will be? **Science**, Washington, v. 309, p. 100, 2005.

KEPLIN, L. A. S. Recomendação de sorgo e milho (silagem) safra 1992/93. **CCLPL**, Castro, v. 1, n. 8, p. 16-19, 1992. (Encarte Técnico da Revista Batavo).

KIRKEGAARD, J. A.; SO, H. B.; TROEDSON, R. J. Effect of compaction on the growth of pigeon pea on clays soils. III. Effect of soil type and water regime on plant response. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 26, p. 163-178, 1993.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, p. 21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Sistema Santa Fé – tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. (Circular técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 185-223.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. de A. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 187).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Opções e vantagens da integração lavoura-pecuária a produção de forragens na entressafra. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, p. 16-29, 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Manejo sustentável dos solos dos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 59-104.

KUNG JR., L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. **Focus on Forage**, Wiscosin, v.3, n.13, 2001.

LANA, R. M. Q.; BUCK, G. B.; LANA, A. M. Q.; PEREIRA, R. P. Doses de multifosfato magnesiano aplicados a lanço em pré-semeadura, sob sistema plantio direto: cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1654-1660, 2007.

LANDERS, J. N. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience. In: _____. **Integrated crop management.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2007. v.5, 92 p.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavourapecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1131-1140, 2007.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; BRANCALIÃO, S. R. Avaliação técnico - econômica de milho, sorgo granífero e milheto em manejo exclusivo e consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 1, p. 1-24, 2012.

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C. Estimating critical stress in unsaturated soils from change in pore water pressure during confined compression. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, p. 1127-1132, 1980.

- LAUERS, J.G.; COORS, J.G.; FLANNERY, P.J. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1449-1455, 2001.
- LEONEL, F. P.; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; MARCO JÚNIOR, P.; LARA, L. A.; QUEIROZ, A. C. Consórcio capim-braquiária e milho: produtividade das culturas e características qualitativas das silagens feitas com plantas em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 37, n. 12, p. 2233-2242, 2008.
- LEONEL, F. P.; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; MARCO JÚNIOR, P.; LARA, L. A.; QUEIROZ, A. C. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-braquiária cultivado em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 177-189, 2009.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; Van SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- LIMA, E. V.; CRUSCIOL, A. C.; LEITÃO-LIMA, P. S.; CORRÊA, J. C. Espécies para cobertura e qualidade dos resíduos vegetais na implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 180- 194, 2005.
- LINDSAY, W.B.; MOORE, A.D. Integrated crop-livestock systems ins Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 111, n. 1, p.1-12, 2012.
- LINN, J.; KUEHN, C. The effects of forage quality on performance and cost of feeding lactating dairy cows. In: WESTWERN CANADIAN DAIRY SEMINAR, 1997, Alberta. **Proceedings of the...** Alberta: [s.n.], 1997. p. 236.
- LOPES, A. S. **Available water, phosphorus fixation and zinc levels in Brazilian Cerrado soils in relation to their physical, chemical and mineralogical properties.** These (PhD – Doctotorado) - Department of Soil Science, North Carolina State University, Raleigh, 1977.
- LOPES, I. V. Uma liderança ameaçada. **Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 58 p. 40- 41, 2004.
- LOPES, M. L. T.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T.; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. P. C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1499-1506, 2009.
- LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, M. C.; SILVA, M. A. G. Rotação de culturas e relações com atributos químicos e microbiológicos do solo e produtividade do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 829-842, 2010.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adições de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 175-187, 2004.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 257-283.

MACEDO, M. C. M. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, supl. esp., p.133-146, 2009.

MACEDO, C. H. O.; SANTOS, E. M.; SILVA, T. C.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; SILVA, A. P. G.; OLIVEIRA, J. S. Produção e composição bromatológica do sorgo (*Sorghum bicolor*) cultivado sob doses de nitrogênio. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 234, p. 209-216. 2012.

MACHADO, L. A. Z.; FABRÍCIO, A. C.; ASSIS, P. G. G.; MARASCHIN, G. E. Estrutura do dossel em pastagens de capim-Marandu submetidas a quatro ofertas de lâminas foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 1495-1501, 2007.

MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 3).

MAGALHÃES, R. T.; OLIVEIRA, I. P.; KLIEMANN, H. J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "Barreirão". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 13-20, 2002.

MAGALHÃES, A. F.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; SOUZA, R. S.; VELOSO, C. M. Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-braquiária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 1240-1246, 2007.

MAGALHÃES, R. T.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S. ; FONSECA, J. F. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, p. 747-751. 2010.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; LIEM, T. H.; PRIM AVESI, A. C. Exigências nutricionais das plantas forrageiras. In: CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, Piracicaba, 1986. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 31-76.

- MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 873-882, 2007.
- MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 163-170, 2006.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. A produção animal em pastagens no Brasil: uso do conhecimento técnico e resultados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006, p. 87-137.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens. In: MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. (Ed.). **Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 69-92.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. ; SOUSA, D. M. G. Adubação nitrogenada. In: _____. (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 117-144.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Economia de fertilizantes na integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 17, n. 4, p. 14-19, 2008.
- MARTINS, R. G. R.; GONCALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas de silagens de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 3, p. 346-349, 2003.
- MARTUSCELLO, J. A.; FARIA, D. J. G.; CUNHA, D. N. F. V.; FONSECA, D. M. Adubação nitrogenada e partição de massa em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. xaraés e *Megathyrsus maximum* x *Megathyrsus infestum* cv. massai. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 663-667, 2009.

- MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; OLIVEIRA, J. P. F. de. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1161-1169, 2011.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.
- MAY, A.; CAMPANHA, M. M.; SILVA, A. F.; COELHO, M. A. O.; PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; PEREIRA FILHO, I. A. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 278-290, 2012.
- MAYS, D. A. **Forage fertilization**. Madison: American Society of Agronomy Crop Science Society of America, 1974. 621 p.
- McDOWELL, L.R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3. ed. Florida: University of Florida, 1999. 89 p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow Bucks: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Wiley & Sons, 1981. 218 p.
- McWILLIAM, J. R. Response of pasture plants to temperature. In.: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relation in pasture**. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 17-34.
- MEKBIB, F. Farmer and formal breeding of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and the implications for integrated plant breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 152, p. 163-176, 2006.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 01, p. 87-95, 2004.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G.; DAVID, D. B. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 79-94, 2005.
- MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D. M. G.; CAMPO, R. J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 1053- 1060, 2008.
- MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 251-259, 2012.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 45, n. 1, p. 163-183, 2007.

MENEZES, M. D.; CURI, N.; MARQUES, J. J.; MELLO, C. R. ; ARAÚJO, A. R. Levantamento pedológico e sistema de informações geográficas na avaliação do uso das terras em sub-bacia hidrográfica de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1544-1553, 2009.

MERTENS, D. R. FDN fisicamente efetivo e seu uso na formulação de rações para vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE – NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, SIMLEITE. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 37-49.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B.; GALYEAN, M. L. VASCONCELOS, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brasil. **Journal of Animal Science**, Columbia, v. 87, n. 10, p. 3427-3439, 2009.

MITTELMANN, A.; SOBRINHO, F. S.; OLIVEIRA, J. S.; FERNANDES, S. B. V.; LAJÚS, C. A.; MIRANDA, M.; ZANATTA, J. C.; MOLETTA, J. L. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 684-690, 2005.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J.; FERREIRA, V. C. P. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, p. 385-390. 2000.

MOLINA, L. R.; RODRIGUEZ, N. M.; SOUZA, B. M. et al. Parâmetros de degradabilidade potencial da matéria seca da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, avaliados pela técnica *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 222-228, 2003.

MONDADORI, R. G.; FRIZZO, A.; ROCHA, M. G. Comparação entre híbridos de sorgo para produção de silagem. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 28.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45., 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA – Clima Temperado, 2000. p. 344-349.

MONTES, S. M. N. M.; FIRETTI, R.; GOLLA, A. R.; TARSITANO, M. A. A. Custos e rentabilidade da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) na região oeste do Estado de São Paulo: estudo de caso. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, p. 15-23, 2006.

MOTT, G.O. Measuring forage quantity and quality in grazing trials. In: SOUTHERN PASTURE AND FORAGE CROP IMPROVEMENT CONFERENCE, 37, 1980, Nashville. **Anais...** Nashville: AESA/ARS, 1980. p. 3-9.

- MORAES, A.; LANG, C. R.; ALVES, S. J.; PELISSARI, A.; CARVALHO, P. C. F. Integração agropecuária em sistema plantio direto In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 9, 2004, Chapecó. **Anais...** Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2004. p. 19-23.
- MUCK, R. E.; SHINNERS, K. J. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings of the...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry, 2001. p. 753-762. 2001.
- MÜLBACH, P.R.F. **Silagem: produção com controle de perdas.** In: LOBATO, J.F.P., BARCELLOS, J.O.J.; KESSLER, A. M. et al. (Eds.) Produção de bovinos de corte. Porto Alegre: EDIPUCRS, p.97-120, 1999.
- MÜLLER, M. S.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A. G.; OVEJERO, R. F. L. Produtividade do *Megathyrsus maximum* cv. Mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado. **Scientia Agricola**, Londrina, v. 59, p. 427-433, 2002.
- MUNIZ, L. C.; FIGUEIREDO, R. S.; MAGNABOSCO, C. U.; WANDER, A. E.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Análise econômica da integração lavoura e pecuária com a utilização do system dynamics. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEASR, 2007. (CD-ROM).
- MURAISHI, C. T. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 199-207, 2005.
- MURDOCH, J. C.; BALCH, D. A.; HOLDSWORTH, M. C. et al. The effect of chopping, lacerating and wilting of herbage on the chemical composition of silage. **Journal of the British Grassland Society**, Aberystwyth, v. 10, n. 2, p. 181-186, 1975.
- NARIMATSU, K. C. P. **Plantio direto de soja e milho no sistema de integração agricultura-pecuária: Condicionamento do solo e rotação de culturas.** 2008. 181 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 2008.
- NASCIMENTO, W. G.; PRADO, I. N.; JOBIM, C. C. et al. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 896-904, 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381 p.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BERNARDES, R. A. C.; ARBOITE, M. Z.; CERDÓTES, L.; PEIXOTO, L. A. O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, supl., p. 302-312, 2002a.

- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PELLEGRINI, L. G.; FREITAS, A. K. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, supl., p. 293-301, 2002b.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 438-452, 2004a.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NÖRNBERG, J. L. et al. Avaliação da qualidade e do valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 120-133, 2004b.
- NEUMANN, M.; BRONDANI, I. L.; NORBERG, J. L.; MELLO, R. O.; SOUZA, A. N. M.; PELLEGRINI, L. G. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. MOENCH). **Revista Brasileira de Milho**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 224-242, 2005.
- NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; RESTLE, J.; OST, P. R. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1395-1405, 2007a.
- NEUMANN, M. et al. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 847-854, 2007b.
- NEUMANN, M.; OST, P. R.; PELLEGRINI, L. G.; DEFAVERI, F. J. Comportamento de híbridos de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para silagem na região centro-sul do Paraná. **Ambiência Guarapuava**, Guarapuava, v. 4, p. 237-250, 2008.
- NEVES, E. M.; ANDIA, L. H. Custo de produção na agricultura. **Série Didática do Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo**, n. 96, p. 182-195, 2003.
- 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**, Champaign, v. 86, p. 2163-2169, 2003.
- NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1799-1805, 2006.
- NOCEK, J.E.; RUSSEL, J.B. Protein and energy as na integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, p. 2070-2107, 1988.
- NOGUEIRA, F. A. S. **Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem taninos e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação, em**

condições de laboratório. 1995. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

NOGUEIRA, P. D. M.; SENA JÚNIOR, D. G.; RAGAGNIN, V. A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 3, n. 2, p.117 – 124, 2010.

NUSSIO, L. G. Silagem de milho. In: PEIXOTO, A. M. et al. **Alimentação suplementar.** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1999. p. 27-46.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1998, p. 203-242.

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

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p.1121-1129, 2005.

OLIVEIRA, H. C.; PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, A. C.; ROCHA NETO, A. L.; MATOS NETO, U.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M.; OLIVEIRA, U. L. C. Perdas e valor nutritivo da silagem de capim-tanzânia amonizado com uréia. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 195-202, 2009.

OLIVEIRA, F. C. L.; JOBIM, C. C.; SILVA, 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.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P. et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo Sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 61-67, 2010.

OLIVEIRA, J. S.; SOBRINHO, F. S.; REIS, F. A.; SILVA, G. A.; ROSA FILHO, S. N.; SOUZA, J. J. R.; MOREIRA, F. M.; PEREIRA, J. A.; FIRMINO, W. G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 1, p. 45-50, 2007.

OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; DRIEHUIS, F.; KROONEMAN, J. et al. *Lactobacillus buchneri* can improve the aerobic stability of silage via a novel fermentation pathway: the anaerobic degradation of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 12., 1999, Uppsala. **Proceedings of the...** Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 1999. p. 266-267.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, p. 455-463, 2009.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.43, p.815-823, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S. et al. Composição química e digestibilidade *in vitro* de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, supl. 1, p.964-974, 2001.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLLI, C. A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Megathyrus* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 360-370, 2009.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Massa seca e composição bromatológica de quatro espécies de braquiárias semeadas na linha ou a lanço, em consórcio com milho no sistema plantio direto na palha. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 32, p. 147-154, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, F. A.; ULIAN, N. A.; FURLAN, L. C.; MEIRELLES, P. R. L.; CAVASANO, F. A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 2029-2037, 2011a.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011b.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; COSTA, N. R.; CAVALLINI, M. C.; ULIAN, N. A.; LUIGGI, F. G. Yield, chemical composition and chlorophyll relative content of Tanzania and Mombaça grasses irrigated and fertilized with nitrogen after corn intercropping. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 4, p. 728-738, 2011c.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; COSTA, N. R.; CAVALLINI, M. C. Produção, composição bromatológica e índice de clorofila de braquiárias após o consórcio com milho. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, p. 1041-1052, 2011d.

- PARIZ, C. M.; AZENHA, M. V.; ANDREOTTI, M.; ARAÚJO, F. C. M.; ULIAN, N. A.; BERGAMASCHINE, A. F. Produção e composição bromatológica de forrageiras em sistema de integração lavoura-pecuária em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1392-1400, 2011e.
- PARSONS, D.; NICHOLSON, C. F.; BLAKE, R. W.; KETTERINGS, Q. M.; RAMÍREZ-AVILES, L.; FOX, D.; TEDESCHI, L. O.; CHERNEY, J. H. Development and evaluation of an integrated simulation model for assessing smallholder crop-livestock production in Yucatán, Mexico. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 104, n. 1, p. 1-12, 2011.
- PATÊS, N. M. S.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P. et al. Produção e valor nutritivo do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 11, p. 1934-1939, 2008.
- PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; TANG, S. X.; GAN, J. L.; SHENG, X.; TAN, Z. L.; TAYO, G. O.; SUN, Z. H.; WANG, M.; REN, G. P. Morphological fractions, chemical composition and in vitro fermentation characteristics of maize stover of five genotypes. **Animal**, Cambridge, v. 2, n. 12, p. 1772-1779, 2008.
- PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.
- PEDROSO, A. F.; FREITAS, A. R.; SOUZA, G. B. Efeito de inoculante bacteriano sobre a qualidade da silagem e perda de matéria seca durante a ensilagem de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 48-52, 2000.
- PEIXOTO, C. P. et al. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89-96, 2000.
- PEREIRA, J. R.; REIS, R. A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 64-86.
- PEREIRA, M. N.; VON PINHO, R. G.; BRUNO, R. G. S. et al. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 358-363, 2004.
- PEREIRA, M. S.; GIMENES, N. S.; MOREIRA, A. L.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), cultivados para produção de silagem. **ARS Veterinaria**, Jaboticabal, v. 21, p. 183-192, 2005.

PEREIRA, D. H.; PEREIRA, O. G.; FILHOS, S. C. V. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 282-291, 2006.

PEREIRA, J. L. A. R.; VON PINHO, R. G.; SOUZA FILHO, A. X.; SANTOS, A. O.; FONSECA, R. G. Avaliação de componentes estruturais da planta de híbridos de milho colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 1, p. 47-55, 2011.

PESCE, D. M. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Porcentagem, perda e digestibilidade in vitro da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 3, p. 250-255, 2000.

FIGURINA, G. Factores que afectan el valor nutritivo y la calidad de fermentacion de ensilajes. In: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUÁRIA. (Ed.). **Pasturas y produccion animal de áreas organaderia intensiva**. Montevideo: INIA, 1991. p. 77-92. (Serie Tecnica, 15).

PINTO, A. P.; LANÇANOVA, J. A. C.; LUGÃO, S. M. B.; ROQUE, A. P.; ABRAHÃO, J. J. S.; OLIVEIRA, J. S.; LEME, M. C. J.; MIZUBUTI, I. Y. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1071-1078, 2010.

PIMENTEL, J. J. O.; SILVA, J. F. C.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Efeito da suplementação protéica no valor nutritivo de silagens de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5 p. 1042-1049, 1998.

PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R. et al. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 422-427, 2009.

PIRES, D. A. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SALES, E. C. J.; REIS, S. T.; JAYME, D. G.; CRUZ, S. S.; LIMA, L. O. B.; TOLENTINO, D. C.; ESTEVES, B. L. C. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 68-77, 2013.

PITTA, G. V. E; VASCONCELLOS, C. A.; ALVES; V. M. C. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 519-544.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

PLAYNE, M. J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 17, p. 262-268, 1966.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M. J. A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, p. 89-102, 2002.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M. J. A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, p. 89-102, 2002.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, p. 247-253, 2005.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; ORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006.

QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, J. A.; MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 1. Anatomia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 61-68, 2000.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 284 p.

RAJCAN, I.; DWYER, L.; TOLLENAAR, M. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 63, p. 13-17, 1999.

RAMOS, B. M. O.; SILVA, L. D. F.; RIBEIRO, E. L. A. et al. Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta da silagem de girassol em dois estádios vegetativos com e sem adição de casca de soja em ovinos. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.1067-1069.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal: Fundação para o Ensino e Pesquisa, 1993. 26 p.

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

RESTLE, J.; PACHECO, O. S.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, A. K.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I. L.; PÁDUA, J. T.; ARBOITTE, M. Z. Silagem de diferentes

híbridos de milho para produção de novilhos super jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 2066-2076, 2006.

RESTLE, J. et al. Apreciação econômica da terminação em confinamento de novilhos Red Angus superjovens abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 04, p. 978-986, 2007.

REZENDE, G. M.; PIRES, D. A. A.; BOTELHO, P. R. F.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SALES, E. C. J.; JAYME, D. G.; REIS, S. T.; PIMENTEL, L. R.; LIMA, L. O. B.; KANEMOTO, E. R.; MOREIRA, P. R. Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 171-179, 2011.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 713-721, 1998.

RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G. Valor nutritivo do Capim-Tifton 85 sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 560-567, 2010.

ROCHA, K. D.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, A. P.; PACHECO, L. B. B.; CHIZZOTTI, F. H. M. Valor nutritivo de silagens de milho (*Zea mays* L.) produzidas com inoculantes enzimbacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 389-395, 2006.

ROCHA JÚNIOR, V. R. et al. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem: I. características agronômicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, p. 506-511, 2000.

RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, E. R.; ROSA, B.; SOARES, T. V.; MELLO, S. Q. S. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, p. 37-48, 2006.

ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forragens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 6., 1980, Piracicaba. **Anais...** Esalq/USP, 1980. p.533-565.

ROSA, J. R. P.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, A. K. Avaliação do comportamento agrônomico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileiro de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 302-312, 2004.

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

- ROSOLEM, C. A.; PACE, L.; CRUSCIOL, C. A. C. Nitrogen management in maize cover crops rotations. **Plant and Soil**, The Hague, v. 264, p. 261-271, 2004.
- ROSOLEM, C. A.; SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Análise da situação geral. In: SORATTO, R. P.; ROSOLEM, C. A.; CRUSCIOL, C. A. C. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: alguns exemplos no Brasil Central**. Botucatu: FEPAF, 2011. p. 103-104.
- ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Potassium leaching from millet straw as affected by rainfall and potassium rates. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 36, n. 7-8, p. 1063-1074, 2005.
- ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, p. 109-115, 2002.
- ROSSATO, R. R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo em plantio direto**. 2004.106 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M. T. B. (Ed.). **A soja na rotação de culturas no plantio direto**. Cruz Alta: Fundacep/Fecotrigo, 1998. p. 1-34.
- RUFINO, M. C.; TITTONELL, P.; REIDSMA, P.; LÓPEZ-RIDAURA, S.; HENGSDIJK, H.; GILLER, K. E.; VERHAGEN, A. Network analysis of N flows and food self-sufficiency - a comparative study of crop-livestock systems of the highlands of East and southern Africa. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.85, n. 2, p. 169-186, 2009.
- RUIZ, B. O.; CASTILLO, Y.; ANCHONDO, A.; RODRÍGUEZ, C.;BELTRÁN, R.; LA O. O.; PAYÁN, J. Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, p. 163-172, 2009.
- RUSSELLE, M. P.; ENTZ, M. H.; FRANZLUEBBERS, A. J. Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, n. 2, p. 325-334, 2007.
- SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 65, p. 1486-1499, 2001.
- SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 69, p. 32-34, 2002.
- SANTOS J. R.; MONTEIRO, F. A. Nutrição em nitrogênio do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio e idades de crescimento. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 60, p. 139-146, 2003.

SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B.; SILVA, M. C. et al. Produtividade e composição química de gramíneas tropicais na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 821-827, 2003.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. Rendimento de grãos de soja em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e perenes, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 10, n. 1-2, p. 35-45, 2004.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, R. S. M.; OLIVEIRA, I. P.; MORAIS, R. F.; URQUIAGA, S. C.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Componentes da parte aérea e raízes de pastagens de *Brachiaria* spp. em diferentes idades após a reforma, como indicadores de produtividade em ambiente de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 2, p. 119-124, 2007.

SANTOS, H. P.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O.; KOCHANN, R.A.; ÁVILA, A. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 441-454, 2008a.

SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008b. 165 p.

SANTOS, M. V. F.; CASTRO, A. G. G.; PEREA, J. M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; HERNÁNDEZ, M. P. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 59, p. 25-43, 2010.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; DREON, G. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 6, n. 3, p. 474-482, 2011.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 8, n. 1, p. 49-56, 2013.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I - Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1075-1083, 2003.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; LUGÃO, S. M. B.; CRUZ, M. C. P.; CAMPOS, F. P.; FERREIRA, M. E.; OLIVEIRA, R. F. Sistema radicular do *Megathyrus maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p.27-34, 2008.

- SARTI, L. L.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; JACOBS, F. Degradação ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibra de silagens de milho e capim-elefante. **Ciência Animal Brasileira**. Goiânia, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2005.
- SCHIMIDT, P.; MARI, L. J.; NUSSIO, L. G.; PEDROSO, A. F.; PAZIANI, S. F.; WECHSLER, F. S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, supl., p.1666- 1675, 2007.
- SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; REIS, R. A.; COAN, R. M.; BERNARDES, T. F.; PANIZZI, R. C.; POIATTI, M. L.; PEDREIRA, M. S. Alterações químicas e microbiológicas nas silagens de capim-tifton 85 após a abertura dos silos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p. 464-471, 2005.
- SECCO, D.; REINERT, D.; REICHERT, J. M.; DA ROS, C. O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 797-904, 2004.
- SECCO, D.; DA ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 407-414, 2005.
- SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. Implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 45-52, 2006.
- SILVA, V. R.; REINERT, D.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 191-199, 2000.
- SILVA, A. A.; JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R. Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa: Ed. UFV, 2004. p. 117-169.
- SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 855-860, 2002.
- SILVA, F. L.; COLLIER, L. S.; LAURINDO, P. C.; MENDES, M. M.; FISCHER, E. C. Potencial de restituição de nutrientes através de plantas de cobertura em plantio direto no Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO: solo alicerce dos sistemas de produção, 29, 2003. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: USP, 2003. CD ROOM.
- SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; PIANA, A. T.; STRIDER, M. L.; JANDREY, D. B.; ENDRIGO, P. C. Produtividade do milho irrigado em sucessão a espécies inverniais para produção de palha e grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 987-993, 2008.

SILVA, F. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; CORREA, C. E. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BRITO, A. F.; MOURAO, 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 e panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 14-20, 1999a.

SILVA, F. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, J. A. S. et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 2. Avaliação do valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 21-29, 1999b.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. L. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para o cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Ciência Rural, v. 36, n. 3, p. 1011-1020, 2006.

SILVA, R.; SANTOS, A.; TABOSA, J. N.; GOMES, F.; ALMEIDA, C. Avaliação de diferentes genótipos de sorgo para forragem e silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 225-233, 2012.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, SBCS, 2007. p. 275-374.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVEIRA, C. P.; NACHTIGALL, G. R.; MONTEIRO, F. A. Testing and validation of methods for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 520-527, 2005a.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, 2005b.

SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Morfogênese e produção de biomassa do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 335-342, 2007.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 387-394, 2001.

SIQUEIRA NETO, M.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). I -

sequestro de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1013-1022, 2009.

SIX, J.; ELLIOT, E. T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-till systems. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 63, p. 1350-1358, 1999.

SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A. ; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 241, p. 155–176, 2002.

SMITH, C. W.; JOHNSTON, M. A.; LORENTZ, S. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. II. Soil properties affecting compactibility and compressibility. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, p. 335-354, 1997.

SOUZA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, N. 2, p. 255-260, 2008.

SOUSA, R. S.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; MAGALHÃES, A. F.; VELOSO, C. M. Composição química de capim-tanzânia adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1200-1205, 2010.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 129-136, 2009.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 37-44, 2010a.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de integração entre lavoura e pecuária, sob plantio direto, em alguns atributos físicos do solo após dez anos. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 695-704, 2010b.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 229-235, 1991.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 395-401, 2001.

SULC, R. M.; TRACY, B. F. Integrated crop-livestock systems in the U.S. Corn Belt. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, n. 2, p. 335-345, 2007.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p.

TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 867-876, 2011.

TORRES, J. L. R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 609-618, 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 421-428, 2008.

TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 3, p. 1211-1218, 2008.

TRECENTI, R.; OLIVEIRA, M. C.; HASS, G. **Integração lavoura-pecuária-silvicultura**. Brasília: MAPA/SDC, 2008. 54 p. (Boletim técnico).

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; SCARSI, M.; SGARBOSSA, M. Desenvolvimento inicial e produtividade da cultura do milho no sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 286-291, 2012.

VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, 2002. 297 p.

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

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; GARGANTINI, P. E.; LIMA, R. C. Qualidade de forragem de caim-Mombaça sob irrigação na região Oeste do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABEAS, 2006. CD-ROM.

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; GENRO, T. C. M.; SANCHEZ, L. M. B.; NÖRNBERG, J. L.; ORQIS, M. C.; FALKENBERG, J. R. Alterações bromatológicas nas silagens de milho submetidas a crescentes tempos de exposição ao ar após "desensilagem". **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 916-923, 2006.

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; VELHO, I. M. P. H.; GENRO, T. C. M.; KESSLER, J. D. Composição bromatológica de silagens de milho

produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, supl., p. 1532-1538, 2007.

VIANA, P. T.; PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, L. B.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T.; NASCIMENTO FILHO, C. S.; CARVALHO, A. O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 2, p. 292-297, 2012.

VIEIRA, V. C.; MORO, V.; FARINACIO, D.; MARTIN, T. N.; MENEZES, L. F. G. Caracterização da silagem de milho, produzida em propriedades rurais do sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.4, p. 462-469, 2011.

VILELA, H. H.; REZENDE, A. V.; VIEIRA, P. F.; ANDRADE, G.A.; EVANGELISTA, A. R.; ALMEIDA, G. B. S. Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 1192-1199, 2008.

VILLELA, T. E. A.; PINHO, R. G. V.; GOMES, M. S.; GROSS, M. R.; EVANGELISTA, A. R. Consequência do atraso na época de semeadura e de ensilagem do milho no valor nutritivo da silagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 54-61, 2003.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; ALFONSI, A. L. A. Dinâmica e absorção de nutrientes e novas tendências da nutrição de plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.122, p. 1-4, 2008.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; REZENDE, A. V. Influência da altura de corte das plantas 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.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

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.

VICTORIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIN, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos deve saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, 2003. p. 317-371.

WANG, J.; HESKETH, J.D.; WOOLLEY, J.T. Preexisting channels and soybean rooting patterns. **Soil Science**, Madison, v. 141, p. 432-437, 1986.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 429-437, 2009.

- WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, p. 487-494, 2005.
- WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação IAC, 1996. p. 263-274. (Boletim Técnico, 100).
- WIDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, Tempe, v. 63, p. 1636-1642, 1982.
- WIRSENIUS, S.; AZAR, C.; BERNDES, G. How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? **Agricultural Systems**, Oxford, v. 103, n. 9, p. 621-638, 2010.
- WHITEMAN, P. C. **Tropical pasture science**. New York: Oxford University Press, 1980. 392 p.
- WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 305 p.
- ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 169-217.
- ZAGO, C. P. Híbridos de milho e sorgo para silagem: características agronômicas e nutricionais. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 1, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 351-371.
- ZANINE, A. M.; MACEDO, J. G. L. Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Andalucía, v. 7, n. 4, p. 1-12, 2006.
- ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, supl. esp., p.170-189, 2009a.
- ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; MARI, L. J.; SCHMIDT, P.; DUARTE, A. P.; MOURÃO, G. B. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 452-461, 2009b.