UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Daiane Cristine Seibt

AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS FORRAGEIROS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO

Santa Maria, RS
2019

Daiane Cristine Seibt

AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS FORRAGEIROS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutora em Zootecnia.**

Orientador: Prof. Clair Jorge Olivo

Santa Maria, RS
2019

Seibt, Daiane Cristine
AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS FORRAGEIROS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO / Daiane Cristine Seibt.- 2019.
63 f.; 30 cm

Orientador: Clair Jorge Olivo
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, RS, 2019

1. pastagens perenes 2. produção orgânica 3. baixos insumos I. Olivo, Clair Jorge II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Daiane Cristine Seibt

AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS FORRAGEIROS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutora em Zootecnia.**

Aprovada em 18 de fevereiro de 2019:

Clair Jorge Olivo, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Fernando Luiz Ferreira de Quadros, Dr. (UFSM)

Gilmar Roberto Meinerz, Dr. (UFFS)

André Fischer Sbrissia, Dr. (UDESC) – Videoconferência

Carine Lisete Glienke, Dra. (UFSC) – Videoconferência

Santa Maria, RS
2019

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho ocorreu, principalmente, pelo auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo e, de uma maneira especial, agradeço:

- a Deus, pelo dom da vida, pelas bênçãos proporcionadas e pela força para enfrentar todos os obstáculos ao longo do caminho trilhado em busca dos meus sonhos;

- aos meus pais, pelo amor dedicado a mim, por não medirem esforços para a minha formação acadêmica e por ser a base em que encontro forças para nunca desistir de seguir em frente;

- ao meu namorado Alan, por ser companheiro em todos os momentos, tirando minhas dúvidas, me apoiando nos momentos difíceis e assim tornando a vida mais leve e alegre;

- a minha irmã de coração Paola, pelo carinho e acolhimento oferecidos nos momentos de dúvidas e incertezas, por me acompanhar no dia da defesa e garantir que esta amizade será para sempre;

- as colegas de apartamento Pâmela e Sílvia, que deixaram a rotina diária muito mais leve e feliz;

- ao Professor Clair, pela orientação e conhecimento proporcionado desde a graduação até a conclusão do doutorado;

- a Gabriela Descovi Simonetti com quem dividi as alegrias e as responsabilidades da condução do experimento, com destaque para os cortes com a presença de fauna silvestre;

- aos colegas pós-graduandos do Laboratório de Bovinocultura de Leite, Vinicius, Maurício e Priscila com quem pude trocar ideias e experiências;

- a todos os estagiários do Tambo, que colaboraram, cada uma a sua maneira, para que esta conquista fosse possível, especialmente aos alunos Júlio, Guilherme, Marcello, Carine e Lucas que atuaram desde os cortes e separações até as aplicações de adubo orgânico;

- aos professores André Fischer Sbrissia, Carine Lisete Glienke, Fernando Luiz Ferreira de Quadros e Gilmar Roberto Meinerz pelas contribuições feitas para a conclusão do trabalho;

- a UFSM pela estrutura e aperfeiçoamento profissional proporcionado através do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia;

- a CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

Enfim a todos àqueles que fazem parte da minha vida e que são essenciais para eu ser, a cada dia nessa longa jornada, uma pessoa melhor e feliz: Muito Obrigada!

RESUMO

AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS FORRAGEIROS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO

AUTORA: Daiane Cristine Seibt
ORIENTADOR: Clair Jorge Olivo

O capim elefante tem grande importância em regiões de clima tropical e subtropical, especialmente em fazendas leiteiras. Normalmente, essa forrageira é estabelecida em monocultivo sob a produção convencional, sendo usados elevados níveis de fertilização nitrogenada. O estabelecimento em mistura com outras espécies, aliado ao uso de adubos orgânicos pode ser caracterizada como uma estratégia de produção mais sustentável. Nessas condições, poucos estudos foram desenvolvidos, tanto sob a produção convencional quanto sob a produção orgânica. O presente trabalho envolve dois estudos em que se objetivou avaliar a produtividade, o valor nutritivo e a dinâmica de crescimento de folhas e perfilhos do capim elefante, em pastos submetidos aos sistemas de produção convencional e orgânica em condições de pastejo. No primeiro estudo, com avaliação por meio de meta-análise, foram utilizados dados de 20 experimentos, somando 354 observações, de pastos de capim elefante sob condições de pastejo, entre 2002 e 2016. Os tratamentos foram constituídos por cinco sistemas de produção forrageira, quatro sob a produção convencional (1-4) e um sob a produção orgânica (5): 1) capim elefante em monocultivo + adubo químico; 2) capim elefante em mistura com outras gramíneas + adubo químico; 3) capim elefante em mistura com outras gramíneas + amendoim forrageiro + adubo químico; 4) capim elefante em mistura com outras gramíneas + trevo + adubo químico; 5) capim elefante em mistura com outras gramíneas + adubo orgânico. No segundo estudo, em que se avaliou as características morfogênicas do capim elefante, o experimento foi conduzido entre setembro de 2015 e maio de 2017. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de produção forrageira, dois sob a produção convencional (1-2) e um sob a produção orgânica (3): 1) capim elefante em monocultivo + adubo químico; 2) capim elefante em mistura com outras gramíneas + adubo químico; 3) capim elefante em mistura com outras gramíneas + adubo orgânico. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos, três repetições, com medidas repetidas no tempo. Para as variáveis produtivas do pasto, biomassa de lâminas foliares e taxa de acúmulo de forragem, os maiores resultados foram obtidos no sistema sob monocultivo, sobretudo no verão. Por outro lado, para o teor de proteína bruta, maiores valores foram observados nos sistemas com misturas forrageiras sob produção orgânica e consórcio com leguminosas. Para as características morfogênicas não foram observadas diferenças entre os sistemas de produção convencional em monocultivo e orgânica. Contudo, houve um padrão sazonal de variação nas respostas morfogênicas e composição estrutural do capim elefante caracterizada por maiores taxas de crescimento e proporção de lâminas foliares na primavera, diminuindo com o avanço do ciclo de produção, no verão até o outono. No entanto, houve comportamento inverso com aumento na taxa de aparecimento de perfilhos e diminuição de folhas em senescência, apontando manutenção da produtividade do capim elefante no final do período estival. Conclui-se que os sistemas em policultivo, sob produção convencional ou orgânica, apresentam produtividade equivalente ao sistema em monocultivo sob produção convencional.

Palavras-chave: Adubação química. Adubação orgânica. *Arachis pintoi*. Meta-análise. Morfogênese. *Pennisetum purpureum*. *Trifolium* sp.

ABSTRACT

AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS FORRAGEIROS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO

AUTHOR: Daiane Cristine Seibt
ADVISER: Clair Jorge Olivo

Elephant grass has great importance in regions of tropical and subtropical climate, especially in dairy farms. Normally, this forage is established in monoculture under conventional production, using high levels of nitrogen fertilization. The establishment in mixture with other species, combined with the use of organic fertilizers can be characterized as a more sustainable production strategy. Under these conditions, few studies were developed, either under conventional production or under organic production. The present work involves two studies in which the objective was to evaluate the productivity, nutritive value and growth dynamics of elephantgrass leaves and tillers in pastures submitted to conventional and organic production systems under grazing conditions. In the first study, with meta-analysis, we used data from 20 experiments, adding 354 observations, of elephantgrass pastures under grazing conditions between 2002 and 2016. The treatments consisted of five forage production systems, four under conventional production (1-4) and one under organic production (5): 1) elephant grass in monoculture + chemical fertilizer; 2) elephant grass in mixture with other grasses + chemical fertilizer; 3) elephant grass in mixture with other grasses + forage peanut + chemical fertilizer; 4) elephant grass in mixture with other grasses + clover + chemical fertilizer; 5) elephant grass in mixture with other grasses + organic fertilizer. In the second study, which evaluated the morphogenic characteristics of elephantgrass, the experiment was conducted between September 2015 and May 2017. The treatments consisted of three forage production systems, two under conventional production (1-2) and one under organic production (3): 1) elephant grass in monoculture + chemical fertilizer; 2) elephant grass in mixture with other grasses + chemical fertilizer; 3) elephant grass in mixture with other grasses + organic fertilizer. For this study, the experimental design was a completely randomized, with three treatments, three replications, with repeated measures in time. For the productive variables of the pasture, biomass of leaf blades and forage accumulation rate, the highest results were obtained in the monoculture system, especially in the summer. On the other hand, for crude protein content, higher values were observed in systems with forage mixtures under organic production and consortium with legumes. For the morphogenic characteristics no differences were observed between conventional production systems in monoculture and organic production. However, there was a seasonal pattern of variation in morphogenic responses and structural composition of elephantgrass characterized by higher growth rates and proportion of leaf blades in the spring, decreasing with the advancement of the production cycle, in summer through fall. However, there was an inverse behavior with increase of tillering rate and leaf senescence reduction, indicating maintenance of elephant grass productivity at the end of the summer period. It is concluded that the systems in with forage mixtures, under conventional or organic production, presented productivity equivalent to the monoculture system under conventional production.

Keywords: *Arachis pintoi*. Chemical fertilization. Meta-analysis. Morphogenesis. Organic fertilization. *Pennisetum purpureum*. *Trifolium* sp.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1 – AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO FORRAGEIRA CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO: META-ANÁLISE:

Figura 1 – Efeito dos meses do ano na massa de forragem do pasto ao pré-pastejo. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016. 25
Figura 2 – Efeito dos meses do ano na biomassa de lâminas foliares de capim elefante ao pré-pastejo. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016. 26
Figura 3 – Efeito dos meses do ano na massa de forragem presente nas entrelinhas ao pré-pastejo. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016. 26
Figura 4 – Efeito da interação entre sistemas de produção forrageira e meses do ano na taxa de acúmulo de forragem. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016. 29
Figura 5 – Efeito dos meses do ano na produção de forragem. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016. 29
Figura 6 – Efeito da interação entre sistemas de produção forrageira e meses do ano na taxa de lotação. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016. 30

ARTIGO 2 – RESPOSTAS MORFOGÊNICAS DO CAPIM ELEFANTE SUBMETIDO AOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA:

Figura 1 – Precipitação pluviométrica mensal e temperatura média registradas no período experimental e precipitação e temperatura normal para o respectivo período. 42

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1 – AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO FORRAGEIRA CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO: META-ANÁLISE:

Tabela 1 – Composição morfológica do capim elefante em diferentes sistemas forrageiros (SF) e composição botânica da forragem presente nas entrelinhas em sistemas em policultivo. Massa de forragem ao pré-pastejo. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016. 27

Tabela 2 – Valor nutritivo do capim elefante e da forragem presente nas entrelinhas em diferentes sistemas forrageiros. Santa Maria, 2002-2016. 31

ARTIGO 2 – RESPOSTAS MORFOGÊNICAS DO CAPIM ELEFANTE SUBMETIDO AOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA:

Tabela 1 – Número total de folhas, taxa de aparecimento foliar e taxa de aparecimento de perfilhos do capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017. 46

Tabela 2 – Número de folhas em alongamento e taxa de alongamento foliar do capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017. 47

Tabela 3 – Número de folhas em senescência e taxa de senescência foliar do capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017. 48

Tabela 4 – Número de folhas verdes, filocrono e duração de vida das folhas do capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017. 49

Tabela 5 – Massa de forragem, composição morfológica e densidade de perfilhos de capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017. 50

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 9
1.1 INTRODUÇÃO 9
1.2 HIPÓTESES 10
1.2.1 Hipótese geral 10
1.2.2 Hipóteses específicas 10
1.3 OBJETIVOS 10
1.3.1 Objetivo geral 10
1.3.2 Objetivos específicos 10
1.4 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO 11
1.4.1 Capim elefante 11
1.4.2 Sistemas de produção com capim elefante 12
1.4.3 Análise conjunta de experimentos 14
1.4.4 Avaliação morfogênica do capim elefante 16
2 ARTIGO 1 – AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO FORRAGEIRA CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO: META-ANÁLISE 19
2.1 RESUMO 19
2.2 ABSTRACT 20
2.3 INTRODUÇÃO 20
2.4 MATERIAL E MÉTODOS 21
2.4.1 Base de dados e tratamentos 21
2.4.2 Manejo da área experimental 22
2.4.3 Manejo e avaliação dos pastos 24
2.4.4 Análise estatística 24
2.5 RESULTADOS 25
2.6 DISCUSSÃO 32
2.7 CONCLUSÕES 36
2.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 36
3 ARTIGO 2 – RESPOSTAS MORFOGÊNICAS DO CAPIM ELEFANTE SUBMETIDO AOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA 39
3.1 RESUMO 39
3.2 ABSTRACT 40
3.3 INTRODUÇÃO 40
3.4 MATERIAL E MÉTODOS 41
3.5 RESULTADOS 45
3.6 DISCUSSÃO 51
3.7 CONCLUSÕES 54
3.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 54
4 DISCUSSÃO GERAL 57
5 CONCLUSÕES 57
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58

1 APRESENTAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

Com o aumento crescente da população mundial, também mais preocupada com o meio ambiente, os sistemas de produção animal são desafiados a aumentar os níveis de produção e reduzir o impacto ambiental (LEMAIRE et al., 2014). Para atender esse nicho de mercado tem se buscado o uso de sistemas de produção que visem, além do aumento da produção, a utilização de espécies forrageiras mais adaptadas e que garantam a estabilidade dos sistemas ao longo do tempo, através do uso de práticas mais sustentáveis como o uso de misturas forrageiras e a produção orgânica (VAN WAGENBERG et al., 2017). Entre as forrageiras, o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) destaca-se pelo alto potencial forrageiro, com produção superior a 30 t/ha em sistemas com misturas forrageiras (BRATZ et al., 2019) e facilidade de adaptação às condições climáticas predominantes em quase todo o País (PEREIRA et al., 2014), sendo cultivado de forma exclusiva, na maioria das propriedades (OLIVO et al., 2014).

Desde o ano 2000 foram conduzidas mais de 20 pesquisas com capim elefante em distintos sistemas forrageiros, submetido às avaliações sob condições de pastejo, no Laboratório de Bovinocultura de Leite, do Departamento de Zootecnia (UFSM). A variedade utilizada é a Merckeron Pinda, tendo sido selecionada dentre outras 26, quanto à produção, teor protéico e digestibilidade da forragem, preferência animal e resistência às geadas. Essa variedade foi utilizada em diferentes comparações: cultivo puro x cultivo em associação com gramíneas; cultivo em associação com gramíneas x leguminosas; sistema convencional de produção x sistema orgânico. Destaca-se que todos os experimentos têm como característica em comum, a avaliação no decorrer de um ano agrícola, uso do pastejo com lotação rotacionada com vacas em lactação. Essa paridade, entre experimentos, proporciona maior precisão e confiabilidade dos resultados na medida em que avaliações similares forem agrupadas.

A partir da união das experimentações realizadas com capim elefante observou-se a carência de estudos em que se avalia a dinâmica de crescimento do capim elefante, submetido aos distintos sistemas de produção forrageira, sob condições de pastejo. Estudos sobre a morfogênese das plantas podem contribuir para compreender as diferenças entre os sistemas de produção, além de avaliar o manejo e a sustentabilidade dos pastos (RODOLFO et al., 2015; ZIECH et al., 2016; CONFORTIN et al., 2017). Assim, foi conduzida pesquisa

experimental para avaliar as características morfogênicas do capim elefante, sob os sistemas de produção convencional e orgânica, nas diferentes estações do ano.

1.2 HIPÓTESES

1.2.1 Hipótese geral

A produção de forragem, o valor nutritivo e as características morfogênicas de pastos de capim elefante variam de acordo com o sistema de produção utilizado.

1.2.2 Hipóteses específicas

Sistemas forrageiros estabelecidos em policultivo, com associação de espécies, em períodos prolongados de uso dos pastos, aumentam a produção de forragem ou no mínimo apresentam produção equivalente ao sistema convencional em monocultivo.

Sistemas sob produção orgânica ainda que apresentem rendimentos forrageiros inferiores nos primeiros anos, aumentam gradualmente sua produção ao longo do tempo.

Sistemas forrageiros estabelecidos em policultivo apresentam diferenças nas características morfogênicas das espécies cultivadas em associação.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a produtividade, o valor nutritivo e a dinâmica de crescimento de folhas e perfilhos do capim elefante, em pastos submetidos aos sistemas de produção convencional e orgânica em condições de pastejo.

1.3.2 Objetivos específicos

Avaliar a massa de forragem ao pré-pastejo, composição estrutural, produção e valor nutritivo da forragem e taxa de lotação dos pastos de capim elefante sob a produção convencional e orgânica, envolvendo misturas com outras gramíneas e consórcio com leguminosas, em condições de pastejo ao longo dos anos.

Avaliar a dinâmica do crescimento de folhas e perfilhos do capim elefante sob a produção convencional e orgânica, no decorrer de dois anos agrícolas, em períodos representativos das distintas estações do ano. Além de estimar a massa de capim elefante e determinar seus componentes morfológicos, densidade populacional de perfilhos e o número de folhas vivas por perfilho.

1.4 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

1.4.1 Capim elefante

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) apresenta grande potencial de produção de matéria seca, alcançado mais de 50 t/ha/ano na condição de capineira (OLIVEIRA et al., 2013) e valores superiores a 30 t/ha/ano em sistemas sob policultivo em condições pastejo (BRATZ et al., 2019). Essa forrageira também possui facilidade de adaptação às condições climáticas predominantes em quase todo o País. No entanto, apresenta redução do crescimento no período hibernal, devido às geadas e baixas temperaturas quando cultivada na região Sul, ou por déficit hídrico, quando cultivada em outras regiões do País, implicando em grandes variações na produção de forragem (OLIVO et al., 2009) e também no valor nutritivo (MEINERZ et al., 2008), limitando o desempenho animal.

Pastagens de capim elefante, quando bem manejadas, podem suprir as necessidades alimentares de vacas em lactação, na época das águas, para uma produção de leite entre 12 e 14 kg/vaca/dia, em regime exclusivo de pasto, com capacidade de suporte de 2,5 UA/ha (DERESZ, 2001). Normalmente, o capim elefante é manejado de forma convencional, sendo estabelecido singularmente e utilizados altos níveis de adubação (OLIVO et al., 2009), pois gramíneas tropicais podem responder à adubação nitrogenada em doses mais elevadas (SILVEIRA LOBO et al., 2014). Nesta sistemática, além dos custos de produção elevados, relatos sobre a degradação dos pastos e ataque de insetos-praga em diferentes regiões do País são decorrentes (DERESZ, 2001; DALL'AGNOL et al., 2004; LIMA et al., 2004).

Um fator relevante que pode ser utilizado como variável de qualidade é a composição química, considerada um dos principais fatores de influência sobre eficiência de utilização das plantas forrageiras pelos animais. Na Região do Baixo Parnaíba, MA, em que se avaliou o valor nutritivo do capim elefante submetido à adubação orgânica e mineral em condições de capineira, observou-se, para a adubação com 20 t de esterco bovino (8,7 g de N/kg), e 300 kg de N/ha na forma de ureia, valores de 7,73 e 12,78; 79,24 e 76,40; 48,89 e 53,69 %,

respectivamente para PB, FDN e DISMS (PARENTE et al., 2012). Na Região Central do RS, em que se avaliou o capim elefante, cv. Merckeron Pinda em condições de pastejo, estabelecido em linhas e cultivado com espécies de crescimento espontâneo nas estrelinhas, observaram valores médios de 17,9; 52,3; 69,0 e 60,0 %, respectivamente, para PB, FDN, DISMO e NDT, a partir de amostras de simulação de pastejo (DIEHL et al., 2014). Observa-se que há grande variação na composição química do capim elefante, de acordo com a forma de coleta das amostras, através de capineira ou simulações de pastejo. Ocorrem, ainda, diferenças de acordo com as épocas do ano em que são avaliadas as características de valor nutritivo do capim elefante, com melhores resultados na primavera e outono, período em que há menor crescimento desta forrageira, em relação ao observado no verão (OLIVO et al., 2017). Pesquisas recentes trazem uma mudança de paradigma entre produtividade e qualidade, em que se torna desejável diminuir o intervalo entre pastejos para manter a estrutura forrageira do pasto mais acessível ao consumo pelos animais e com maior valor nutritivo em detrimento do aumento da produção de forragem total (CARVALHO et al., 2015).

Embora o elevado potencial dessa forrageira, poucos são os estudos sobre o capim elefante envolvendo misturas com outras gramíneas, sendo mais escassas pesquisas envolvendo essa forrageira sob a produção orgânica.

1.4.2 Sistemas de produção com capim elefante

A agricultura convencional praticada nos dias de hoje visa, acima de tudo, a produção, deixando em segundo plano a preocupação com a conservação do meio ambiente e a qualidade nutricional dos alimentos. Nesse sistema, se busca a maior produtividade através da utilização intensa de insumos externos, o que, em curto prazo, traz resultados econômicos visíveis como o aumento da produção e eficiência agrícola.

O manejo das pastagens nas propriedades leiteiras está baseado na estratégia convencional de produção. Neste sistema, normalmente as culturas são estabelecidas e manejadas de forma singular, com adubação baseada no uso de fertilizantes químicos, especialmente adubação nitrogenada (OLIVO et al., 2014). Possivelmente, o uso de técnicas consideradas mais sustentáveis na produção agrícola como o uso de forrageiras perenes, a adubação orgânica, a mistura com outras espécies, o consórcio com leguminosas, poderia minimizar a utilização de adubos nitrogenados, além de contribuir para equilibrar a oferta de forragem e a qualidade da dieta no decorrer do ano agrícola (SEUFERT et al., 2012).

Nesse contexto, o uso de pastagens constituídas por espécies forrageiras de diferentes ciclos produtivos envolvendo o capim elefante, aliado a inclusão de leguminosas, contribui para equilibrar e estender a produção de forragem no decorrer do ano e melhorar o valor nutritivo (LÜSCHER et al., 2014; TAMBARA et al., 2017; SCHULTZE-KRAFT et al., 2018) quando comparado ao cultivo singular. Esses resultados estão associados à maior sustentabilidade do sistema forrageiro e a produtividade animal, consequentemente.

1.4.2.1 Consórcio gramínea x leguminosa

A principal expectativa do uso de leguminosas em consórcio é a melhoria da produção animal em relação à pastagem de gramínea exclusiva e à redução de custos de produção. A consorciação é considerada uma técnica mais sustentável de produção, contribuindo com aporte de nitrogênio para o ecossistema. Agregando-se leguminosas ao sistema possibilita-se melhor distribuição de forragem no decorrer do tempo (DIEHL et al., 2014; OLIVO et al., 2017), além de reduzir custos com adubação, minimizando também os impactos ambientais devido, principalmente, a menor utilização de adubos nitrogenados, com manutenção do valor nutritivo (SEUFERT et al., 2012). Assim, uma das alternativas é a introdução de leguminosas adaptadas às condições edafoclimáticas da região. A presença da leguminosa na composição do pasto melhora o desempenho animal, aporta maior quantidade de nutrientes (TAMBARA et al., 2017) e propicia melhoria de parâmetros ruminais, podendo reduzir a produção de metano, sendo uma alternativa de menor impacto quanto à necessidade de investimentos e além do forte apelo ambiental e produtivo que pode representar (LÜSCHER et al., 2014; SCHULTZE-KRAFT et al., 2018).

Parte do nitrogênio fixado pela leguminosa pode ser transferida direta ou indiretamente para gramínea associada. A transferência direta ocorre por meio de produtos nitrogenados secretados pelos nódulos presentes nas raízes, por fluxo de nitrogênio através de hifas de micorrizas que se interconectam as raízes das duas espécies. A transferência indireta, por mecanismos de reciclagem que ocorrem subterraneamente, por meio de senescência das raízes e nódulos, e superficialmente, através decomposição dos seus resíduos (VENDRAMINI et al., 2014; SCOTTI et al., 2015). Simulações, baseadas em modelos teóricos, indicam que a composição botânica com cerca de 30% de leguminosa na pastagem consorciada proporciona equilíbrio às perdas de nitrogênio do sistema, contribuindo para manter a fertilidade do solo e a produtividade em longo prazo (THOMAS, 1992).

Estudos com consórcio de leguminosas com capim elefante são raros e conduzidos em curto prazo. Associa-se às dificuldades de se consorciar essa gramínea que apresenta taxas elevadas de acúmulo de forragem em comparação com as leguminosas de menor crescimento.

1.4.2.2 Adubação química x orgânica

Em sistemas agropecuários, a dinâmica da matéria orgânica do solo pode ser influenciada não só pelo manejo por meio da seleção de culturas e de formas de preparo do solo, mas também pela adição de fertilizantes químicos e/ou materiais orgânicos, que influenciam positivamente nos processos biológicos de decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo (PARENTE et al., 2012; LIU et al., 2017).

A adubação nitrogenada favorece a taxa de crescimento cultural diretamente, por meio da rápida restauração do índice de área foliar e do incremento da taxa de assimilação líquida. A taxa de assimilação líquida varia inversamente com a idade média das folhas (PACIULLO et al., 1998), assim como em razão do progressivo auto-sombreamento das mesmas.

A adubação com resíduos de origem animal (utilizados nos sistemas de produção orgânica) é uma opção viável para manter os níveis de fertilidade, para reduzir os custos, aumentar a produtividade, melhorar as propriedades químicas e físicas do solo, além de diminuir a poluição e aumentar a eficiência de uso quando utilizados após tratamento prévio adequado (MENEZES e SALCEDO, 2007). Uma vantagem relevante da adubação mediante utilização de esterco de curral, ao contrário daquela com o uso de formulação química, é a reciclagem de nutrientes e melhoria das condições sanitárias das instalações, apresentando economia de tempo e trabalho (OLIVEIRA et al., 2011). Estudos conduzidos com capim elefante demonstram melhor produtividade da gramínea com utilização de adubo orgânico em relação à adubação química, através da elevação do índice de saturação de bases acima de 60% e melhoria do teor de matéria orgânica no solo (OLIVEIRA et al., 2013). As desvantagens da adubação orgânica, quando comparada à adubação química, são a baixa concentração de nutrientes, o custo relacionado ao manejo do esterco e a volatilização do nitrogênio (MALAVOLTA, 1989).

1.4.3 Análise conjunta de experimentos

A meta-análise é definida como um procedimento estatístico para a obtenção de uma medida comum entre várias pesquisas distintas e relacionadas, resultando numa opção mais

confiável do que simplesmente obter uma média de resultados publicados (GLASS, 1976). A meta-análise foi desenvolvida inicialmente para análise de dados nas ciências sociais, na educação, na medicina e, mais tarde, na agricultura.

Os principais objetivos e justificativas da meta-análise são sumarizados por Lovatto et al. (2007) nos seguintes pontos: obtenção de novos resultados ao explorar base de dados composta por vários estudos, síntese de resultados contraditórios, aumento da precisão analítica devido ao maior número de informações, melhor representatividade pelo reagrupamento dos tratamentos com características diferentes, ajuda para planificação e geração de novas hipóteses ou reforça as hipóteses conhecidas, através da síntese de um conhecimento adquirido em um tema específico.

Assim, a análise conjunta de experimentos utiliza métodos e objetivos científicos, fundamentados na análise estatística, para sumarizar resultados obtidos em pesquisas anteriores. O reagrupamento de vários experimentos induz a uma melhor precisão na avaliação do efeito de tratamento, através de uma análise fundamentada em uma quantidade maior de informações, acompanhada do aumento de comparações entre os temas (LOVATTO et al., 2007). Essa condição nem sempre é possível em experimentos a campo, com animais em pastejo, onde os custos e o manejo exigido muitas vezes limitam o número de tratamentos explorados em cada trabalho (PÖTTER et al., 2010). Além disso, experimentos com animais em pastejo, medindo os efeitos de poucos fatores e realizados uma única vez, não podem servir de base para uma inferência mais abrangente de seus resultados (ST-PIERRE, 2007).

A análise conjunta de dados tem sido utilizada em pesquisas com vacas em lactação com enfoques variados. Com a crescente demanda dos consumidores por sistemas produtivos mais sustentáveis, os rendimentos de sistemas convencionais e orgânicos foram comparados, através da meta-análise (SEUFERT et al., 2012). No mesmo contexto, uma meta-análise baseada em experimentos com pastagens cultivadas organicamente na Noruega, foi conduzida para quantificar os efeitos dos fatores de manejo sobre a produção de forragem e a qualidade da alimentação (STEINSHAMN et al., 2016). Em outros estudos, através da análise conjunta de dados, verificou-se influência das características de estrutura de dossel, de diferentes forrageiras de estação quente, sobre o comportamento ingestivo de novilhas de corte (GLIENKE et al., 2016).

Embora os estudos demonstrem o potencial do uso da meta-análise em diferentes aspectos, há escassez de informações sobre o uso na avaliação de sistemas forrageiros em condições de pastejo, condições em que o conhecimento sobre a variabilidade produtiva e do

valor nutritivo da forragem, entre diferentes épocas do ano, é condição fundamental para se ajustar a dieta complementar dos animais (MEINERZ et al., 2008; OLIVO et al., 2014).

1.4.4 Avaliação morfogênica do capim elefante

O sucesso na utilização de pastagens não depende apenas da disponibilidade de nutrientes ou da escolha da espécie forrageira, mas também da compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e de sua interação com o ambiente e manejo (DA SILVA et al., 2015). Os mecanismos envolvidos no crescimento e desenvolvimento de folhas e perfilhos são descritos pela morfogênese, que é definida como a dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993). O estudo da morfogênese representa uma ferramenta para auxiliar na compreensão dos mecanismos adotados pelas plantas, sob diferentes condições de meio e/ou manejo, constituindo o primeiro passo para a definição de estratégias racionais do manejo de pastagens (LEMAIRE et al., 2009).

A produção de tecido foliar é um processo contínuo, regulado por fatores de ambiente como luz, temperatura, disponibilidade hídrica e de nutrientes e características do dossel (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993). As características morfogênicas são avaliadas no perfilho, podendo determinar o funcionamento e a coordenação dos meristemas em termos da taxa de expansão e a produção de novas células (LEMAIRE e AGNUSDEIZ, 2000). Numa gramínea em crescimento vegetativo, no qual apenas folhas são produzidas, a morfogênese pode ser descrita por três características básicas: taxa de aparecimento de folhas, taxa de expansão de folhas e duração de vida da folha (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

A produtividade de gramíneas forrageiras depende da contínua emissão de folhas e perfilhos, processo importante para a restauração da área foliar após pastejo ou corte e que garante a perenidade da forrageira (GOMIDE e GOMIDE, 2000). As características morfogênicas do pasto determinam as características estruturais como número e tamanho das folhas e densidade de perfilhos, responsáveis pelo índice de área foliar do relvado.

Na avaliação morfogênica de uma forrageira, o número de folhas verdes adultas por perfilho é, também, uma possível ferramenta de manejo, pois com a senescência das primeiras folhas após a estabilização, diminui tanto a eficiência fotossintética do relvado, quanto à eficiência de conversão de forragem em produto animal (DA SILVA et al., 2015), devendo esta condição ser evitada no manejo da pastagem. A duração de vida das folhas é o período no qual a folha permanece verde, compreendido desde o seu aparecimento até a sua total senescência (LEMAIRE, 1997). Desta forma, quando um perfilho atinge seu número máximo

de folhas vivas, passa a haver um equilíbrio entre a taxa de surgimento e senescência das folhas que alcançaram seu período de duração de vida . O número máximo de folhas vivas por haste é uma constante genotípica e pode ser calculado, assim como a duração de vida das folhas, expresso em número de intervalos de aparecimento de folhas, ou em número de filocronos. O conhecimento da duração de vida é fundamental no manejo da pastagem, pois, de um lado indica o teto potencial de rendimento da espécie (máxima quantidade de material vivo por área) e, por outro lado, é um indicador fundamental para a determinação, da intensidade de pastejo com lotação contínua ou da frequência do pastejo em lotação rotacionada, que permita manter índices de área foliar próximos da maior eficiência de intercepção e máximas taxas de crescimento (DA SILVA et al., 2015).

O crescimento e a persistência de gramíneas nos trópicos são frequentemente limitados pela deficiência de nitrogênio no solo, uma vez que esse nutriente acelera a formação e o crescimento de novas folhas e aumenta o vigor de rebrote, melhorando sua recuperação após o corte e resultando em maior produção e capacidade de suporte das pastagens (ROMA et al., 2012), além do desenvolvimento de um maior número de perfilhos (SALVADOR et al., 2016). A importância do nitrogênio define não só a taxa de aparecimento foliar, mas também a taxa de expansão foliar como componentes fundamentais na plasticidade fenotípica da planta. Isso é válido tanto em relação à planta, como indivíduo, através do número de folhas e duração da expansão, quanto em termos de comunidade de plantas, pela geração de novos perfilhos (SALVADOR et al., 2016). A taxa de expansão foliar é uma das características morfogênicas mais influenciadas pela adubação nitrogenada (DA SILVA et al., 2012; SILVEIRA LOBO et al., 2014; SOARES FILHO et al., 2015) e, na maioria dos trabalhos, sua resposta a doses de nitrogênio é linear e positiva.

O processo de acumulação de forragem pode ser mais bem compreendido através do efeito da adubação nitrogenada sobre a morfogênese das plantas, quando as medições são realizadas em perfilhos individuais (TIECHER et al., 2016). Estudos sobre a morfogênese normalmente estão associados ao capim elefante em cultivo singular, submetido à produção convencional. Nos diferentes sistemas de produção, a variação da intensidade luminosa, pode modificar a morfogênese e a estrutura da forrageira (CARVALHO et al., 2014), a origem dos perfilhos, traduzida pelas classes de basais e aéreos, também exerce influência sobre as taxas de crescimento e o acúmulo de forragem, podendo sua dinâmica ser alterada pelo manejo do pasto, além de apresentarem variações sazonais para cada classe (PEREIRA et al., 2015; FERNANDES et al., 2016).

Nesse sentido, estudos sobre as características morfogênicas, por meio da técnica de perfilhos marcados (CARRERE et al., 1997) são eficientes e auxiliam na identificação do ritmo de crescimento e desenvolvimento da forrageira e, desta forma, contribuem para validar estratégias de gestão, como por exemplo, a adubação nitrogenada, garantindo equilíbrio e sustentabilidade para a planta e o animal e a viabilidade econômica (CABRAL et al., 2012). Embora essa possibilidade, há poucos estudos sobre morfogênese do capim elefante em condições de pastejo, especialmente se relacionado à produção orgânica e cultivado em associação com outras espécies.

2 ARTIGO 1 – AVALIAÇÃO DE PASTOS DE CAPIM ELEFANTE EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO FORRAGEIRA CONVENCIONAL E ORGÂNICA SOB PASTEJO: META-ANÁLISE

2.1 RESUMO

O capim elefante tem alto potencial para produção de forragem em climas tropicais e subtropicais. Normalmente, essa forrageira é estabelecida em monocultivo sob a produção convencional, sendo usados elevados níveis de fertilização nitrogenada. Assim, objetivou-se avaliar, por meio de meta-análise, a produtividade e o valor nutritivo de pastos de capim elefante em diferentes sistemas de produção forrageira. Os dados foram obtidos a partir de experimentos do Laboratório de Bovinocultura de Leite da Universidade Federal de Santa Maria. Para avaliação foram utilizados dados de 20 experimentos, somando 354 observações, de pastos de capim elefante sob condições de pastejo, entre 2002 e 2016. Os tratamentos foram constituídos por cinco sistemas de produção forrageira, quatro sob a produção convencional (1-4) e um sob a produção orgânica (5): 1) capim elefante em monocultivo + adubo químico; 2) capim elefante em mistura com outras gramíneas + adubo químico; 3) capim elefante em mistura com outras gramíneas + amendoim forrageiro + adubo químico; 4) capim elefante em mistura com outras gramíneas + trevo + adubo químico; 5) capim elefante em mistura com outras gramíneas + adubo orgânico. Foram avaliadas as variáveis produtivas do pasto como massa de forragem, composição botânica e estrutural, taxa de acúmulo, produção de forragem e taxa de lotação. A composição química do pasto foi avaliada através da proteína bruta, fibra em detergente neutro, digestibilidade *in situ* da matéria seca e da matéria orgânica e estimado o teor de nutrientes digestíveis totais. Para comparar os tratamentos, as variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas pelo Teste T de Student, a 5% de probabilidade do erro. Para as variáveis produtivas do pasto, biomassa de lâminas foliares e taxa de acúmulo de forragem, os maiores resultados foram obtidos no sistema sob monocultivo, sobretudo no verão. Por outro lado, para o teor de proteína bruta, maiores valores foram observados nos sistemas com misturas forrageiras sob produção orgânica e consórcio com leguminosas. Dentre os consórcios, destaca-se o constituído com amendoim forrageiro.

Palavras-chave: *Arachis pintoi*. Chorume suíno. Esterco bovino. Fertilização nitrogenada. *Pennisetum purpureum*. *Trifolium* sp.

2.2 ABSTRACT

Elephant grass has high potential for forage production in tropical and subtropical climates. Normally, this forage is established in monoculture under conventional production, using high levels of nitrogen fertilization. The objective of this study was to evaluate the productivity and nutritive value of elephant grass pastures in different forage production systems by meta-analysis. The data were obtained from experiments of the Milk Cattle Laboratory of the Federal University of Santa Maria. For the evaluation, data from 20 experiments were used, adding 354 observations, of elephant grass pastures under grazing conditions, between 2002 and 2016. The treatments consisted of five forage production systems, four under conventional production (1-4) and one under organic production (5): 1) elephant grass in monoculture + chemical fertilizer; 2) elephant grass in mixture with other grasses + chemical fertilizer; 3) elephant grass in mixture with other grasses + forage peanut + chemical fertilizer; 4) elephant grass in mixture with other grasses + clover + chemical fertilizer; 5) elephant grass in mixture with other grasses + organic fertilizer. The productive variables of the pasture were evaluated as forage mass, botanical and structural composition, accumulation rate, forage production and stocking rate. The chemical composition of the pasture was evaluated by crude protein, neutral detergent fiber, in situ dry matter and organic matter digestibility and the total digestible nutrient content. To compare the treatments, the variables were submitted to analysis of variance and the means were compared by Student's T-Test, at 5% probability of error. For the productive variables of the pasture, biomass of leaf blades and forage accumulation rate, the highest results were obtained in the monoculture system, especially in the summer. On the other hand, for crude protein content, higher values were observed in systems with forage mixtures under organic production and consortium with legumes. Among the consortia, the one made up with forage peanuts stands out.

Keywords: *Arachis pintoi*. Cattle manure. Nitrogen fertilization. *Pennisetum purpureum*. Pig slurry. *Trifolium* sp.

2.3 INTRODUÇÃO

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) representa uma gramínea amplamente conhecida por seu alto potencial para produção de forragem e difundida em todas as regiões tropicais e subtropicais (PEREIRA et al., 2014). Essa forrageira tem potencial para alcançar mais de 50 t de MS/ha/ano produzidas na condição de capineira (OLIVEIRA et al.,

2013) e valores superiores a 30 t de MS/ha/ano em sistemas com misturas forrageiras em condições de pastejo (BRATZ et al., 2019). Quando estabelecido e manejado sob condições apropriadas, o capim elefante pode persistir por décadas (OLIVO et al., 2017).

Na maioria dos sistemas produtivos, o capim elefante é submetido ao sistema convencional sob monocultivo, sendo usados altos níveis de adubo nitrogenado comercial. Nesta sistemática os índices produtivos são altos no verão, mas os custos de produção são elevados e há impactos ambientais (VAN WAGENBERG et al., 2017).

Uma das formas de tornar o uso de capim elefante mais sustentável é a sua utilização em mistura com outras forrageiras, com seu cultivo em linhas e entre elas o cultivo de outras espécies, gramíneas e leguminosas forrageiras de ciclos distintos (hibernal e estival) (SEUFERT et al., 2012; OLIVO et al., 2014). As misturas forrageiras podem ser utilizadas sob a agricultura convencional ou orgânica, proporcionando o uso dos pastos o ano inteiro, com distribuição da forragem entre as estações, além de possibilitar um ambiente pastoril mais favorável ao solo e ao animal (LÜSCHER et al., 2014; VAN WAGENBERG et al., 2017). O desafio é conciliar o manejo, em função de se ter várias espécies forrageiras, e priorizar que a cultura perene se perpetue na pastagem. Neste contexto foram desenvolvidos estudos de longo prazo. Os resultados de cada experimentação publicada corresponderam a um ano agrícola cada um, aproximadamente. Ressalta-se que nestas publicações, com estudos sob pastejo, limita-se a avaliação de dois ou três tratamentos, em função dos custos e do manejo exigido (PÖTTER et al., 2010). Assim, para garantir uma melhor precisão na avaliação dos tratamentos (sistemas de produção forrageira) é desejável uma quantidade maior de informações, acompanhada do aumento de comparações entre os sistemas (LOVATTO et al., 2007).

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar, por meio de meta-análise com dados de 20 experimentações, a produtividade e o valor nutritivo de pastagens, tendo como base o capim elefante, sob os sistemas de produção convencional e orgânica.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1 Base de dados e tratamentos

A base de dados para a meta-análise foi proveniente de experimentos conduzidos no Laboratório de Bovinocultura de Leite do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, (RS), entre 2002 e 2016. Os dados foram oriundos de 20

experimentos, cada um conduzido no decorrer de um ano agrícola, aproximadamente, com manejo similar, conforme metodologia descrita por Bratz et al. (2019) e Seibt et al. (2018). O uso comum das variáveis, massa de forragem ao pré-pastejo e taxa de lotação, nos experimentos possibilitou a inclusão dos trabalhos na base de dados.

Os tratamentos considerados para a meta-análise foram constituídos por cinco sistemas de produção forrageira, convencional (1-4) e orgânica (5): 1) Capim elefante em monocultivo + adubação química; 2) Capim elefante em policultivo em associação com gramínea de ciclo hibernal (azevém anual) e espécies ciclo estival (de crescimento espontâneo) + adubação química; 3) Capim elefante em policultivo em associação com gramínea de ciclo hibernal (azevém anual) e espécies de ciclo estival (de crescimento espontâneo + amendoim forrageiro estolonífero) + adubação química; 4) Capim elefante em policultivo em associação com gramínea e leguminosa de ciclo hibernal (azevém anual + trevo) e espécies de ciclo estival (de crescimento espontâneo) + adubação química; 5) Capim elefante em policultivo em associação com gramínea de ciclo hibernal (azevém anual) e espécies de ciclo estival (de crescimento espontâneo) + adubação orgânica.

Para avaliação considerou-se 354 observações, distribuídas nos cinco tratamentos e agrupadas de acordo com a época do ano em que foram conduzidos os ciclos de pastejo.

2.4.2 Manejo da área experimental

As áreas experimentais foram constituídas tendo como base o capim elefante, cv. Merckeron Pinda, submetido à agricultura convencional e orgânica, em monocultivo e em mistura (em associação com outras gramíneas e leguminosas forrageiras de ciclo estival e de ciclo hibernal).

O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento São Pedro (STRECK et al., 2008). O clima da região é Cfa, subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen (KUINCHTNER e BURIOL, 2016). Para o período, os valores de temperatura média, precipitação pluviométrica mensal e anual acumulada, foram de 19,4ºC; 145,9 mm/mês e 1749 mm/ano, respectivamente (INMET, 2017). As médias das normais climatológicas são de 19,2°C; 140,5 mm/mês e 1686 mm/ano, respectivamente para temperatura média, precipitação mensal e anual acumulada.

Com cultivo puro (monocultivo), o capim elefante foi estabelecido em linhas afastadas a cada 1,2 m. Em mistura, o capim elefante foi estabelecido em linhas afastadas entre 3 e 4 m. Nestas entrelinhas, durante o período estival permitiu-se o desenvolvimento de espécies de

crescimento espontâneo dos gêneros *Paspalum* spp., *Cynodon* spp., *Setaria* spp. e *Dichanthelium* spp., especialmente. No período hibernal cultivou-se nas entrelinhas o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.). Nas experimentações em que se estudaram os consórcios, cada leguminosa forrageira também foi estabelecida nas entrelinhas. As leguminosas usadas foram o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. and Greg.), cv. Amarillo, os trevos usados foram trevo branco (*Trifolium repens* L.) cv. Yi; trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.), cv. Estanzuela 116; trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi), cv. Yuchi.

Sob agricultura orgânica, usou-se a mesma técnica de estabelecimento, com o capim elefante sendo estabelecido em linhas afastadas, permitindo-se o desenvolvimento de espécies de crescimento espontâneo no ciclo estival e cultivou-se o azevém no período hibernal. Nesta estratégia de produção foram usados princípios desse tipo de agricultura (BRASIL, 2014), destacando-se o uso de adubos orgânicos e o não uso de pesticidas.

A adubação foi feita conforme análise de solo. Quando necessário fez-se a correção do solo para forrageiras perenes de ciclo estival. Nos sistemas de produção convencional, para adubação de base, de fósforo e potássio, e para adubação nitrogenada, foram usados adubos químicos. Na produção orgânica a complementação, de fósforo, potássio e nitrogênio, foi feita com adubos orgânicos. As comparações entre os distintos sistemas forrageiros foram feitas com base no adubo nitrogenado utilizado. As comparações variaram de 80 a 120 kg de N/ha/ano, sempre igual entre os sistemas, para o ano em análise. Para atender a demanda no sistema orgânico, normalmente usaram-se quantidades distintas de adubos orgânicos (esterco bovino e chorume de suínos), primeiro atendendo a demanda de nitrogênio e secundariamente tornando mais equilibradas as demandas de fósforo e potássio.

As áreas experimentais foram implantadas em meados do ano 2000. O cultivo do capim elefante foi feito somente uma vez, não sendo necessário replantio. As áreas experimentais foram usadas continuamente, sem interrupção, mantendo-se o mesmo manejo, mesmo em anos em que não se avaliou experimentalmente. Para as avaliações, foi utilizada uma área de 1,8 ha, dividida em piquetes (normalmente três repetições por tratamento). A cada ano, em meados de setembro fez-se a roçada do capim elefante, entre 30 e 40 cm do solo. Nos sistemas em mistura foram feitas duas roçadas nas entrelinhas, entre as fileiras do capim elefante.

2.4.3 Manejo e avaliação dos pastos

O manejo dos pastos no período estival teve como base o capim elefante, sendo o início da utilização determinada pela altura do capim elefante, com 1 m de altura, aproximadamente. No período hibernal, de tempo mais curto, de junho a outubro, o manejo do pasto foi determinado pela altura do azevém (25 cm). A técnica de pastejo foi de lotação rotacionada, com um a dois dias de ocupação. A oferta de forragem foi de 4 a 6% do peso corporal para a forragem presente nas entrelinhas e de 4% de lâminas foliares de capim elefante. Esse manejo normalmente permitiu, nos diferentes experimentos, resíduo substancial de lâminas foliares, contribuindo para recuperação rápida das plantas e ciclos de pastejo curtos, associados à melhor produtividade e valor nutritivo da forragem. Neste manejo também se permitiu o uso da pastagem em todo ano.

Como animais experimentais, foram usadas vacas em lactação da raça Holandesa, submetidas a duas ordenhas diárias. Os animais permaneciam cerca de 20 h/dia nas áreas experimentais. O restante do tempo foi destinado às duas ordenhas e a alimentação complementar de 0,9% do peso corporal.

Os pastos foram amostrados na entrada e na saída dos animais, determinando-se a massa de forragem ao pré-pastejo, composição botânica da pastagem e morfológica do capim elefante, taxa de acúmulo, produção de forragem e taxa de lotação.

Para estimar as variáveis de valor nutritivo, os pastos foram amostrados no início e no final de cada pastejo, por simulação de pastejo. A partir das amostras, foram feitas as seguintes análises: proteína bruta, fibra em detergente neutro, digestibilidade *in situ* da matéria seca e da matéria orgânica e estimado o teor de nutrientes digestíveis totais.

2.4.4 Análise estatística

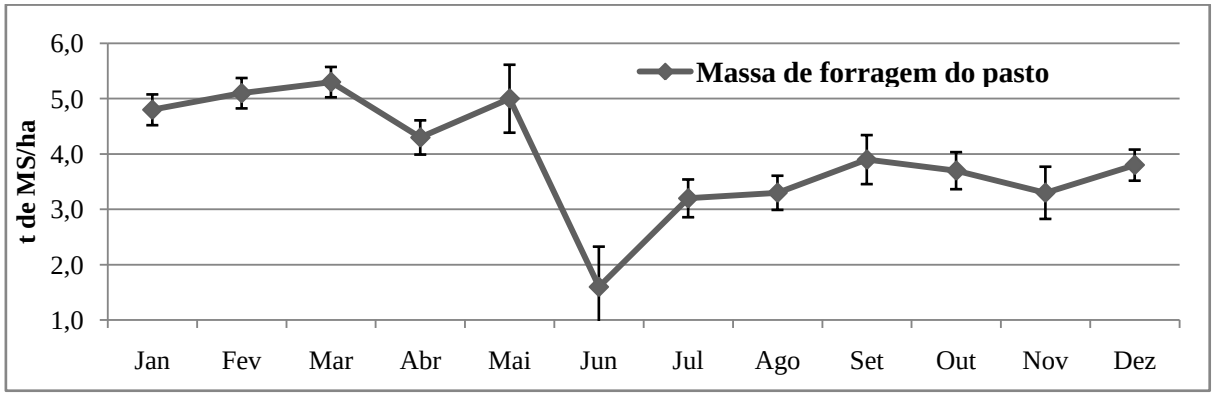
Para comparar os tratamentos, as variáveis que apresentaram normalidade foram submetidas à análise de variância pelo procedimento MIXED do programa estatístico SAS (SAS, 2016), utilizando-se o seguinte modelo matemático: $Y_{ijk} = m + T_i + r_k(T_i) + P_j + T_i*P_{ij} + \varepsilon_{ijk}$, em que Y_{ijk} representa as variáveis dependentes; m é a média de todas as observações; T_i é o efeito fixo dos tratamentos; $r_k(T_i)$ é o efeito aleatório da repetição dentro de cada tratamento (erro a); P_k é o efeito fixo dos períodos (meses ou estações do ano, em que os ciclos de pastejo foram conduzidos); T_i*P_{ij} representa a interação entre os tratamentos e períodos; ε_{ijk} é o efeito residual (erro b). Quando verificadas diferenças, as médias foram

comparadas pelo Teste T de Student, a 5% de probabilidade do erro. A interação entre tratamentos e períodos de avaliação foi desdobrada quando significativa. As variáveis também foram submetidas ao teste de correlação de Pearson.

2.5 RESULTADOS

Para a massa de forragem ao pré-pastejo, não foram observadas diferenças entre os sistemas forrageiros. Em relação aos meses do ano, foram observadas diferenças (Figura 1). O maior valor (P≤0,05) foi obtido em março, sem diferir do observado em janeiro, fevereiro e maio. O menor valor foi obtido em junho. Entre os meses de julho e dezembro os valores de massa de forragem não diferiram.

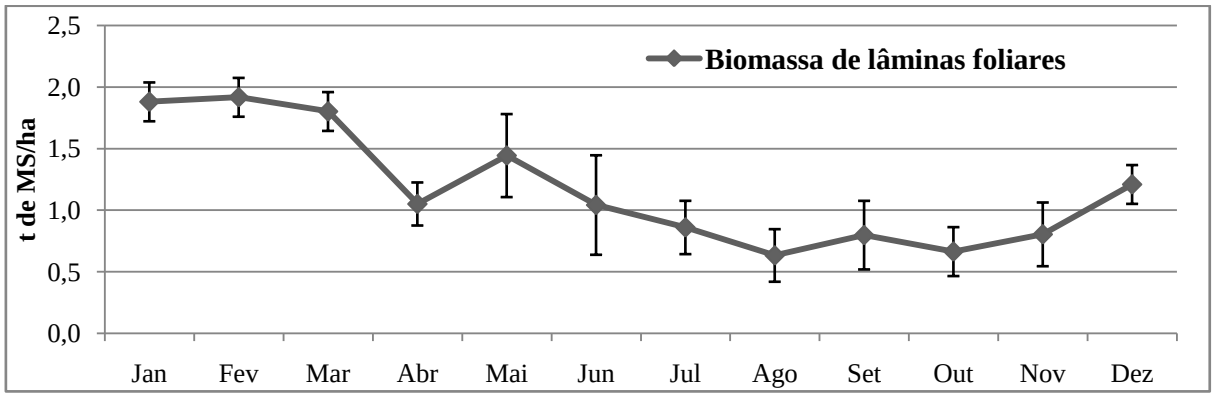
Figura 1 – Efeito dos meses do ano na massa de forragem do pasto ao pré-pastejo. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016.



Valores médios ± erro padrão.

Em relação à biomassa de lâminas foliares de capim elefante ao pré-pastejo, considerando os valores médios dos sistemas forrageiros, o maior valor (P≤0,05) foi obtido no sistema convencional sob monocultivo (2,3 t/ha), seguido do sistema orgânico (1,2 t/ha) que não diferiu do sistema convencional em policultivo (0,99 t/ha), que também não diferiu dos sistemas consorciados com leguminosas (0,68 t/ha). Considerando os valores médios dos sistemas forrageiros dentro dos meses do ano (Figura 2) foram observadas diferenças (P≤0,05), com superioridade de valores nos meses de verão e inferioridade na primavera.

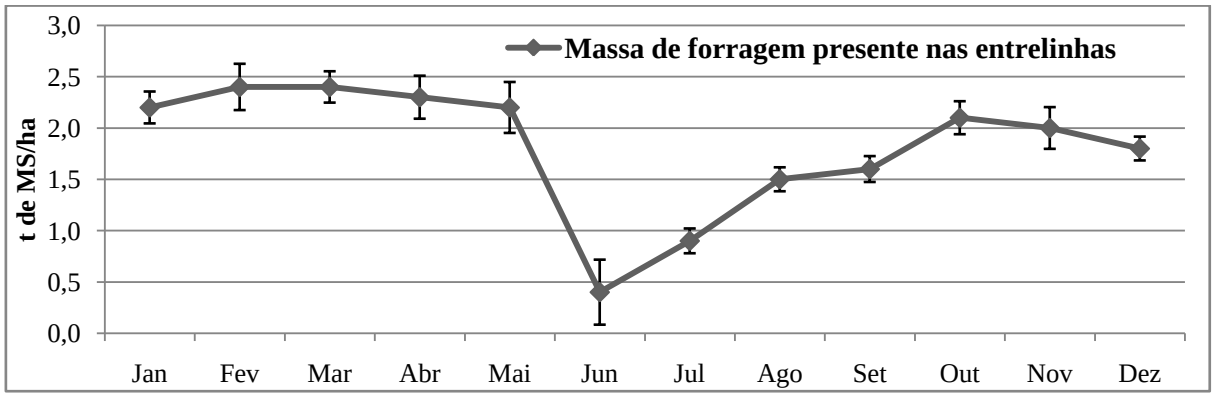
Figura 2 – Efeito dos meses do ano na biomassa de lâminas foliares de capim elefante ao pré-pastejo. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016.



Valores médios ± erro padrão.

Em relação à contribuição da forragem presente nas entrelinhas, considerando os sistemas com misturas forrageiras, não foram observadas diferenças entre os sistemas forrageiros. Contudo, foram observadas diferenças (P≤0,05) entre os meses do ano (Figura 3).

Figura 3 – Efeito dos meses do ano na massa de forragem presente nas entrelinhas ao pré-pastejo. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016.



Valores médios ± erro padrão.

Para as variáveis de composição morfológica do capim elefante (Tabela 1), houve efeito de sistema forrageiro para a fração colmo+bainha. Para todos os componentes houve efeito de estação do ano (P≤0,05), considerando a média dos sistemas.

Tabela 1 – Composição morfológica do capim elefante em diferentes sistemas forrageiros (SF) e composição botânica da forragem presente nas entrelinhas em sistemas em policultivo. Massa de forragem ao pré-pastejo. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016.

SF	Estações				Média	CV (%)
	Inverno	Primavera	Verão	Outono		
	Capim elefante					
	Lâmina foliar (%)					
Média	33,2 ^{d}	44,6 ^{c}	65,5 ^{a}	52,1 ^{b}	48,9	11,2
	Colmo + bainha(%)					
PC monocultivo[1]	40,7	28,6	31,8	38,1	34,8 ^{B}	7,7
PC policultivo[2]	45,2	32,9	29,7	40,3	37,0 ^{AB}	9,1
PC consórcio AF[3]	42,2	36,2	24,8	41,6	36,2 ^{B}	7,9
PC consórcio TV[4]	38,1	33,2	24,5	39,7	33,9 ^{B}	8,2
PO policultivo[5]	48,9	39,4	31,4	41,1	40,2 ^{A}	6,2
Média	43,0 ^{a}	34,1 ^{b}	28,4 ^{b}	40,1 ^{a}	36,4	7,8
CV (%)	12,6	12,5	7,9	5,6		
	Material morto (%)					
Média	23,8 ^{a}	21,3 ^{a}	6,1 ^{c}	7,8 ^{b}	14,7	16,8
	Forragem presente nas entrelinhas					
	Espécies de crescimento espontâneo (%)					
PC policultivo	26,1	31,4	82,1	89,7	57,3 ^{A}	10,9
PC consórcio AF	20,9	18,7	51,6	55,6	36,7 ^{C}	11,6
PC consórcio TV	19,4	18,5	71,4	81,1	47,6 ^{B}	10,4
PO policultivo	33,4	29,0	83,3	82,6	57,1 ^{A}	14,7
Média	25,0 ^{b}	24,4 ^{b}	72,1 ^{a}	77,3 ^{a}	49,7	11,9
CV (%)	12,5	11,5	10,3	10,4		
	Azevém (%)					
Média	51,9 ^{b}	57,9 ^{a}	-	-	54,9	9,0
	Leguminosa (%)					
PC consórcio AF	12,5 ^{A}	18,0 ^{A}	40,9 ^{A}	38,7 ^{A}	27,5	15,7
PC consórcio TV	15,0 ^{A}	19,3 ^{A}	20,7 ^{B}	11,9 ^{B}	16,7	22,0
Média	13,7	18,6	31,3	26,3	22,1	18,8
CV (%)	29,1	22,1	17,5	24,4		
	Material morto (%)					
Média	15,6 ^{a}	8,3 ^{b}	12,5 ^{b}	10,1 ^{b}	11,7	17,2

Letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste T de Student (P≤0,05). [1]Produção convencional (PC), com capim elefante em monocultivo; [2]PC, com capim elefante em policultivo; [3]PC, com capim elefante em policultivo + consórcio com amendoim forrageiro; [4]PC, com capim elefante em policultivo + consórcio com trevo; [5]Produção orgânica, com capim elefante em policultivo. CV=coeficiente de variação.

Para lâmina foliar, entre as estações houve maior (P≤0,05) participação no verão, seguido do outono, primavera e inverno. Para colmo+bainha, foram observados maiores valores para os pastos em policultivo, sem leguminosa. Entre as estações, menores (P≤0,05) valores de colmo+bainha foram obtidos na primavera e no verão e maiores no outono e

inverno. Já para material senescente, menores (P≤0,05) valores foram verificados no verão e outono e maiores no inverno e primavera.

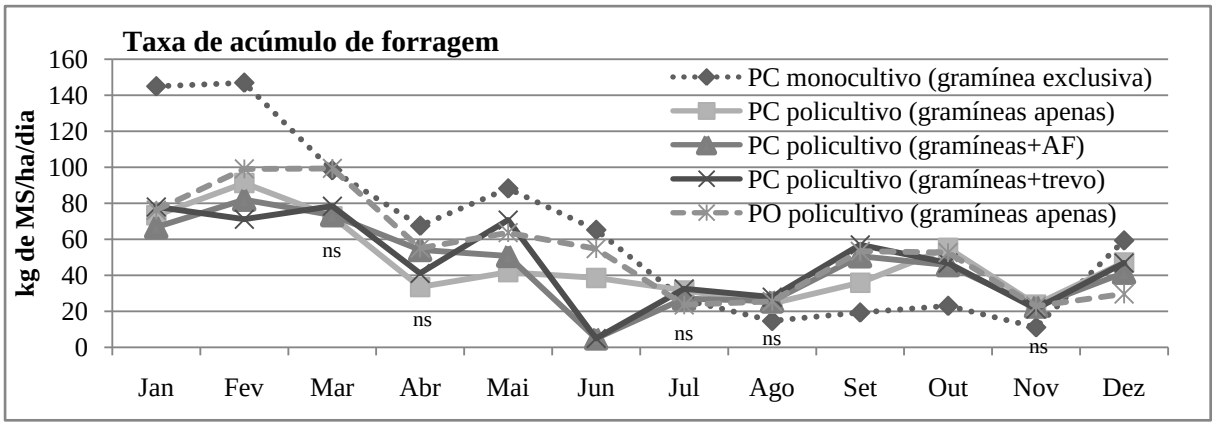
Quanto à composição botânica da forragem presente nas entrelinhas, considerando os sistemas em policultivo, houve diferença (P≤0,05) entre eles. Para as espécies de crescimento espontâneo, na média das estações do ano, o menor (P≤0,05) valor foi obtido no consórcio com amendoim forrageiro, os maiores nos sistemas sem leguminosa e com valor intermediário o consórcio com trevo. Considerando a média dos sistemas, houve diferença entre as estações do ano (P≤0,05), com aproximadamente 75% no verão e outono e de 25% de espécies de crescimento espontâneo no inverno e primavera. As espécies que mais contribuíram foram dos gêneros *Paspalum* spp., *Cynodon* spp., *Setaria* spp. e *Dichanthelium* spp., especialmente.

Para o azevém anual cultivado nas entrelinhas, no período hibernal, os valores foram similares entre os sistemas forrageiros. Entre as estações, maior (P≤0,05) participação foi observada na primavera, em relação ao inverno.

Com relação aos sistemas constituídos por consórcios, as proporções foram próximas entre o amendoim forrageiro e os trevos no inverno e na primavera. Nas demais estações, houve superioridade (P≤0,05) do amendoim forrageiro sobre a participação de trevo. Para a fração material morto, os valores foram similares entre os sistemas. No entanto, considerando a média dos sistemas, maior (P≤0,05) valor foi verificado no inverno. Na primavera, verão e outono, os valores de material morto foram menores e similares entre si.

Quanto à taxa de acúmulo diário de forragem (Figura 4), houve interação entre sistema forrageiro e mês de pastejo (P≤0,05). As maiores taxas de acúmulo de forragem foram obtidas em janeiro e fevereiro com capim elefante sob monocultivo. Contudo, nos demais meses o sistema em monocultivo não diferiu dos sistemas em policultivo, apresentando inclusive valores inferiores nos meses de setembro e outubro em relação aos demais sistemas.

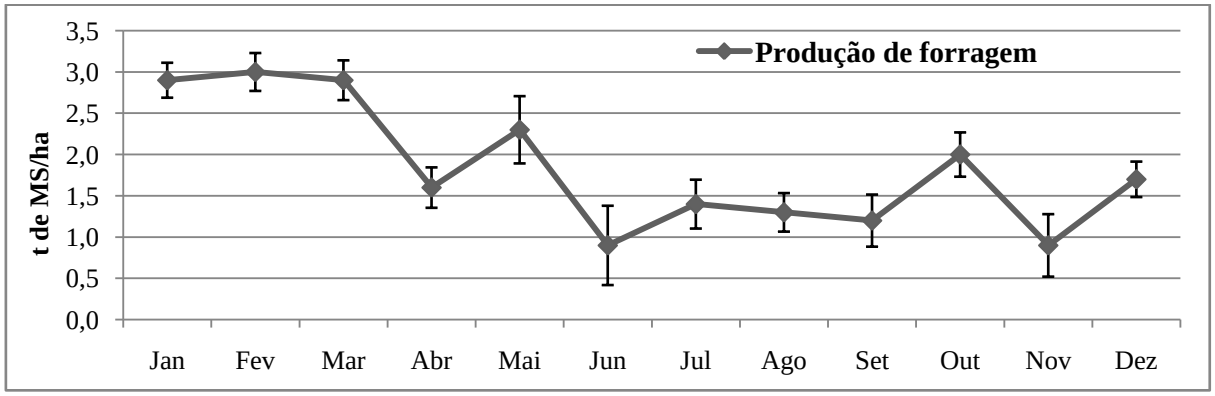
Figura 4 – Efeito da interação entre sistemas de produção forrageira e meses do ano na taxa de acúmulo de forragem. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016.



PC= Produção convencional; PO= Produção Orgânica; AF= Amendoim forrageiro. ns= não significativo (P>0,05). Erro padrão da média= 14,8.

Considerando a produção de forragem, não foram observadas diferenças entre os sistemas forrageiros, com produção média anual de 16,4 t/ha. Contudo, houve efeito do mês de pastejo (Figura 5). Os maiores valores (P≤0,05) para produção de forragem foram observados nos meses de janeiro, fevereiro e março, sem diferir do obtido em maio. Os menores valores foram observados nos meses de junho, setembro e novembro, sem diferir do obtido em julho e agosto. A produção de forragem guarda relação com a taxa de acúmulo diário de forragem (r = 0,88505; P<0,0001).

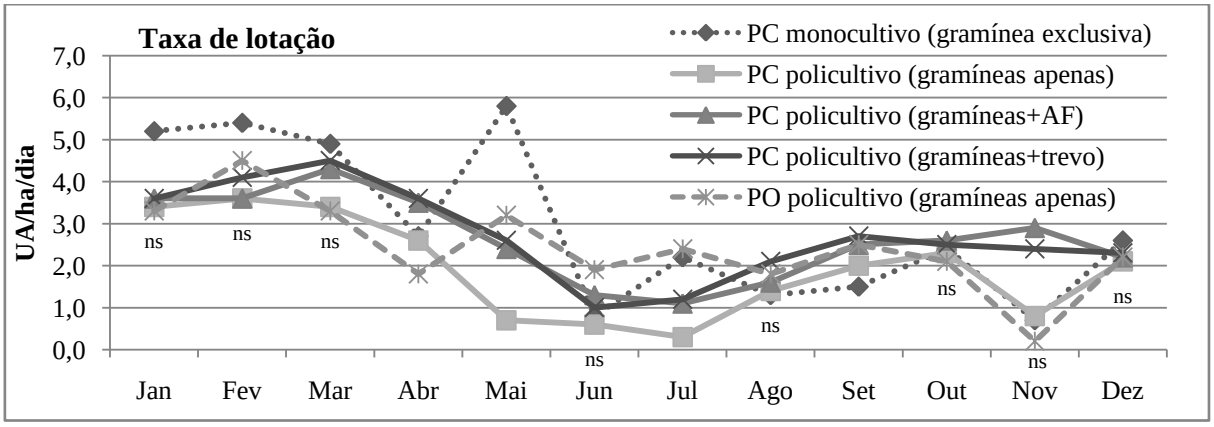
Figura 5 – Efeito dos meses do ano na produção de forragem. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016.



Valores médios ± erro padrão.

Para a taxa de lotação (Figura 6), houve interação entre sistema forrageiro e mês de pastejo (P≤0,05) e as diferenças guardam relação com a taxa de acúmulo de forragem (r = 0,61325; P<0,0001). No mês de abril, houve superioridade dos sistemas com leguminosas sobre os valores obtidos no sistema orgânico, sem diferir dos sistemas convencionais. Em maio, o valor observado no sistema sob monocultivo foi superior ao obtido nos demais sistemas, seguido do sistema orgânico, que não diferiu dos sistemas com leguminosas. Em julho, maior valor foi observado no sistema orgânico, sem diferir do sistema convencional em monocultivo. Em setembro, o valor observado no sistema com trevo foi superior ao obtido no sistema convencional em monocultivo, sem diferir dos demais.

Figura 6 – Efeito da interação entre sistemas de produção forrageira e meses do ano na taxa de lotação. Santa Maria, RS, Brasil. 2002-2016.



PC= Produção convencional; PO= Produção Orgânica; AF= Amendoim forrageiro. (UA=450 kg de peso corporal). ns= não significativo (P>0,05). Erro padrão da média= 0,69

Com relação às variáveis de valor nutritivo da forragem (Tabela 2), foram observados resultados distintos, tanto entre sistemas forrageiros quanto entre estações do ano. Para a fração proteína bruta (PB) do capim elefante, houve diferença (P≤0,05) entre os sistemas. O maior valor foi obtido no consórcio com amendoim forrageiro em comparação aos sistemas convencionais, sob monocultivo e policultivo (sem leguminosa). Comparando-se os sistemas em consórcio e sob produção orgânica, não houve diferença para o teor de PB do capim elefante.

Tabela 2 – Valor nutritivo do capim elefante e da forragem presente nas entrelinhas em diferentes sistemas forrageiros. Santa Maria, 2002-2016.

SF	Estações				Média	CV (%)
	Inverno	Primavera	Verão	Outono		
	Capim elefante					
	Proteína bruta (%)					
PC monocultivo[1]	17,1	15,6	15,4	15,3	15,8 ^{B}	9,8
PC policultivo[2]	16,4	16,2	15,1	14,8	15,6 ^{B}	15,1
PC consórcio AF[3]	17,2	20,1	16,3	16,1	17,4 ^{A}	7,7
PC consórcio TV[4]	18,0	19,6	15,4	15,0	17,0 ^{AB}	7,9
PO policultivo[5]	17,5	17,0	15,1	14,3	16,0 ^{AB}	11,8
Média	17,2 ^{a}	17,7 ^{a}	15,5 ^{b}	15,1 ^{b}		
CV (%)	15,4	13,5	4,8	7,0		
	Fibra em detergente neutro (%)					
Média	59,7 ^{bc}	58,8 ^{c}	62,8 ^{a}	61,9 ^{ab}	60,8	6,7
	Digestibilidade *in situ* da matéria seca (%)					
Média	72,4	71,6	71,7	72,5	72,0	7,8
	Digestibilidade *in situ* da matéria orgânica (%)					
Média	72,0	72,2	72,6	71,5	72,1	5,4
	Nutrientes digestíveis totais (%)					
Média	63,5	63,9	65,8	64,4	64,4	4,2
	Forragem presente nas entrelinhas					
	Proteína bruta(%)					
PC policultivo[2]	17,2	12,0	14,0	11,2	13,6 ^{C}	22,5
PC consórcio AF[3]	22,5	19,0	14,4	13,6	17,4 ^{A}	13,2
PC consórcio TV[4]	22,1	18,2	14,5	11,5	16,6 ^{AB}	13,9
PO policultivo[5]	18,0	13,9	14,1	11,4	14,3 ^{BC}	20,5
Média	20,0 ^{a}	15,8 ^{b}	14,3 ^{b}	11,9 ^{c}		
CV (%)	10,2	16,7	13,4	21,5		
	Fibra em detergente neutro (%)					
PC policultivo[2]	46,8	57,0	62,6	62,5	57,2 ^{B}	15,0
PC consórcio AF[3]	44,6	49,6	53,9	57,2	51,3 ^{B}	11,7
PC consórcio TV[4]	43,5	48,3	54,7	59,7	51,5 ^{B}	11,7
PO policultivo[5]	52,1	75,3	62,1	73,5	65,7 ^{A}	15,0
Média	46,7 ^{c}	57,5 ^{b}	58,3 ^{b}	63,2 ^{a}		
CV (%)	11,0	14,3	8,5	12,9		
	Digestibilidade *in situ* da matéria seca (%)					
Média	84,9 ^{a}	72,3 ^{b}	69,6 ^{b}	68,4 ^{b}	73,8	12,6
	Digestibilidade *in situ* da matéria orgânica (%)					
Média	82,5 ^{a}	70,3 ^{b}	69,6 ^{b}	62,1 ^{c}	71,2	10,4
	Nutrientes digestíveis totais (%)					
Média	70,9 ^{a}	61,7 ^{b}	62,5 ^{b}	57,9 ^{b}	63,3	9,2

Letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste T de Student ($P \leq 0,05$). [1]Produção convencional (PC), com capim elefante em monocultivo; [2]PC, com capim elefante em policultivo; [3]PC, com capim elefante em policultivo + consórcio com amendoim forrageiro; [4]PC, com capim elefante em policultivo + consórcio com trevo; [5]Produção orgânica, com capim elefante em policultivo. Análises feitas em amostras obtidas simulando pastejo. CV=coeficiente de variação.

Entre as estações, considerando-se a média dos sistemas forrageiros, não houve diferença para o teor de PB do capim elefante no inverno e primavera, sendo superiores (P≤0,05) aos obtidos no verão e outono.

Para a digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e matéria orgânica (DISMO) e teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) do capim elefante, não houve diferença entre sistemas e estações. Para o teor de fibra em detergente neutro (FDN) do capim elefante, houve efeito de estação do ano (P≤0,05), com maior teor no verão e outono e menor na primavera.

Quanto à forragem presente nas entrelinhas dos sistemas em policultivo, maior valor de PB foi verificado nos consórcios com amendoim forrageiro e trevo spp. Entre as estações, maior (P≤0,05) valor foi obtido no inverno e menor no outono, com valores intermediários na primavera e no verão. Para DISMS e NDT, houve efeito (P≤0,05) de estação do ano, com maior valor no inverno. Quanto a FDN, maior (P≤0,05) valor foi obtido no sistema sob produção orgânica. Entre as estações, maior (P≤0,05) valor de FDN foi verificado no outono e menor no inverno, com valores intermediários na primavera e no verão.

2.6 DISCUSSÃO

A similaridade entre os sistemas forrageiros para massa de forragem ao pré-pastejo aponta que a associação, tendo como base o capim elefante, equilibra com o valor obtido com capim elefante sob monocultivo.

Comparando-se a biomassa de lâminas foliares de capim elefante, na massa de forragem ao pré-pastejo, verificou-se valor intermediário no sistema sob produção orgânica. Destaca-se que nas comparações entre os sistemas, convencional e orgânico, foram usados valores de adubação semelhantes de N, P e K. No entanto, os fertilizantes orgânicos também agregam matéria orgânica e micronutrientes minerais, podendo, assim, ter havido efeito cumulativo (SCHERER e NUNES NESI, 2009; VENDRAMINI et al., 2014), implicando em maior valor de biomassa de lâminas foliares de capim elefante no sistema orgânico, em relação aos demais sistemas em policultivo. Além disso, à distribuição do esterco em cobertura, com aplicação localizada, diminui a competição por nutrientes entre a comunidade microbiana do esterco e as raízes e, dessa forma, aumenta o desempenho das plantas (LIU et al., 2017).

Os menores valores de capim elefante, observados no inverno, estão associados ao efeito do frio. Nos sistemas em policultivo, a disponibilidade de forragem nessa época pode ser aumentada com plantio de cultura de inverno, nas entrelinhas do capim elefante. Assim,

deve-se realizar o plantio mais cedo, entre março e abril, proporcionando maior disponibilidade de forragem no inverno. A menor produção do capim elefante na primavera está associada ao ataque da cigarrinha das pastagens (*Deois flavopicta*). Nos últimos anos esse problema tem sido minimizado com uso de METARRIL®, agente biológico cujos ingredientes ativos são esporos do fungo *Metarhizium anisopliae*.

Para composição morfológica do capim elefante, a similaridade entre os sistemas forrageiros, para a fração lâmina foliar, indica que o tipo de agricultura (convencional ou orgânica) e a presença ou não de leguminosas, não influenciaram na participação desse componente. Entre as estações do ano, houve comportamento típico, com maior valor de lâminas foliares no verão e menor no inverno, por se tratar de cultura de ciclo estival. Destaca-se que essa forrageira apresentou alta contribuição de lâminas foliares mesmo no período hibernal. Essa é uma contribuição importante em regiões de clima subtropical, pois em períodos como no outono e início do inverno, normalmente há baixa contribuição de forrageiras de ciclo estival e as de ciclo hibernal ainda apresentam baixa disponibilidade. Para colmo+bainha do capim elefante, o maior valor verificado no sistema orgânico pode estar associado ao uso da fertilização orgânica.

Nas entrelinhas (entre as fileiras constituídas pelas touceiras de capim elefante), a presença de espécies de crescimento espontâneo de ciclo estival foi menor no sistema sob consórcio com amendoim forrageiro. Esse resultado demonstra que a presença de leguminosas forrageiras, em função da sua ocupação na área, contribui no controle de espécies de crescimento espontâneo, normalmente menos consumidas pelos animais (SEIBT et al., 2018).

Para o azevém anual, presente nas entrelinhas no inverno e primavera, a participação na massa de forragem ao pré-pastejo, próxima de 55%, aponta boa resposta dessa cultura em associação, tanto com leguminosas quanto com espécies de crescimento espontâneo.

Comparando-se as leguminosas, destaca-se que, no período estival, o amendoim forrageiro apresenta participação superior na composição botânica do pasto se comparado a participação do trevo spp. Esse resultado deve-se, no caso das espécies de trevo, ao efeito do calor, especialmente no verão, afetando o desenvolvimento dessas espécies. Para o amendoim forrageiro, por tratar-se de uma espécie de ciclo estival, há o efeito do frio e especialmente das geadas, crestando a parte área das plantas (HAKALA e JAUHIAINEN, 2007). No entanto, com a elevação da temperatura, há rápida rebrotação (DIEHL et al., 2014). Destaca-se também que o amendoim forrageiro apresenta alta resistência ao pisoteio e sombreamento (OLIVO et al., 2017).

Já o valor de material morto nas entrelinhas, está associado às perdas por pisoteio das vacas e ao sombreamento pelas touceiras de capim elefante. A presença de material morto auxilia na redução da compactação do solo, em função do deslocamento dos animais e uso de máquinas (em roçadas feitas nos períodos hibernal e estival).

Para a taxa de acúmulo de forragem, os maiores valores foram obtidos nos meses de janeiro e fevereiro no sistema constituído somente por capim elefante. Essa é uma resposta esperada em função do maior potencial de produção do capim elefante em relação às demais espécies presentes nos sistemas forrageiros em policultivo. Os valores observados são elevados, considerando a baixa quantidade de fertilizantes utilizada, especialmente de adubo nitrogenado (em média de 115 kg de N/ha/ano). Nos demais meses do ano, a taxa de acúmulo não foi diferente entre os sistemas forrageiros, demonstrando que a associação do capim elefante com outras espécies implica em produção que não difere do cultivo do capim elefante em monocultivo. Ressalta-se que com a mistura de plantas forrageiras cria-se um ambiente pastoril diversificado, caracterizado como mais sustentável (LÜSCHER et al., 2014; DA SILVA et al., 2015).

Para a taxa de lotação, destaca-se o bom desempenho dos sistemas em policultivo, constituídos pelos consórcios, possivelmente em função da contribuição das leguminosas, com a degradação de parte das raízes, nódulos e folhas (HAKALA e JAUHIAINEN, 2007), contribuindo com as gramíneas associadas (LUDWIG et al., 2010). Com o sistema sob produção orgânica, há resposta similar a dos consórcios, associada ao uso de adubos orgânicos que, aplicados em superfície, aumentam a disponibilidade de nutrientes para as raízes das plantas. Exceção deve ser feita em novembro, período em que os consórcios apresentaram taxas de lotação maiores em relação aos sistemas em policultivo sem leguminosa. No sistema forrageiro sob monocultivo houve maior variabilidade na taxa de lotação em função de haver apenas uma cultura no pasto.

Sobre o valor nutritivo da forragem, a diversidade de espécies nos sistemas forrageiros em policultivo cria um ambiente pastoril mais favorável ao solo (LÜSCHER et al., 2014; DA SILVA et al., 2015) e permite aos animais condições para seleção da dieta volumosa, por apresentarem ciclos de produção e valor nutritivo distintos (DIEHL et al., 2014; VAN WAGENBERG et al., 2017). Para o teor de PB do capim elefante, destaca-se o maior valor em consórcio com o amendoim forrageiro, quando comparado ao sistema em policultivo sem leguminosa. Esse resultado indica que houve efeito associativo da leguminosa sobre a gramínea acompanhante (LUDWIG et al., 2010). Entre as estações, valores mais elevados de PB do capim elefante foram obtidos no inverno e primavera. Neste período mais frio, há

menor desenvolvimento dessa forrageira e, consequentemente, com menor teor de fibra, implicando em melhor valor nutritivo da forragem (DIEHL et al., 2014; DE BEM et al., 2015). Para FDN, o efeito verificado, foi somente de estação do ano, com menores valores no inverno, associado ao menor crescimento do capim, e na primavera devido à rebrotação.

Para as variáveis DISMS, DISMO e NDT, a não diferença entre os sistemas está associada ao manejo do capim elefante, com altura de pastejo entre 1,00 e 1,10 m de altura, sob lotação rotacionada com intervalos médios inferiores a 30 dias, assertiva confirmada pela similaridade entre os sistemas para a fração lâmina foliar. A partir desse manejo verificou-se que, mesmo tratando-se de forrageira de ciclo estival, o valor nutritivo do capim elefante pode ser mantido elevado ao longo do ano em clima subtropical.

Para a forragem presente nas entrelinhas, maior valor de PB foi obtido no consórcio com amendoim forrageiro, que apresentou maior participação na massa de forragem no período estival em relação à participação de trevo, confirmando o potencial das leguminosas em aumentar os teores protéicos do pasto (TAMBARA et al., 2017). Essa forrageira aceita bem o consórcio com capim elefante, considerando que esta é uma planta cespitosa e o amendoim forrageiro se desenvolve bem nas entrelinhas e também junto às touceiras do capim elefante, por se desenvolver mesmo em áreas parcialmente sombreadas. A similaridade entre o sistema sob consórcio com trevo spp. e o sistema orgânico aponta que esse tipo de agricultura contribui para melhorar o teor proteico da forragem, se comparado com sistema sob produção convencional. O maior valor proteico da forragem presente nas entrelinhas, no inverno, está associado à presença do azevém que, tratando-se de gramínea de ciclo hibernal, apresenta melhor valor nutritivo se comparado às gramíneas de ciclo estival, como as espécies de crescimento espontâneo presentes (BARBEHENN et al., 2004). O menor valor proteico, no outono, deve-se à maturação das espécies de crescimento espontâneo, que em sua maioria são de ciclo estival.

Para FDN da forragem presente nas entrelinhas, o maior valor verificado no sistema orgânico é atribuído à presença de espécies de crescimento espontâneo, como guanxuma (*Sida santaremnensis*), erva-de-bicho (*Polygonum persicaria*) e buva (*Conyza bonariensis*), mais fibrosas. Entre as estações do ano, o menor valor de FDN está associado à presença do azevém em período vegetativo. Nessa condição as gramíneas de ciclo hibernal apresentam melhor valor nutritivo se comparado às gramíneas de ciclo estival (BARBEHENN et al., 2004).

Sob lotação rotacionada e submetido ao baixo uso de insumos, a perenidade do capim elefante é mantida, nos sistemas de produção avaliados, bem como o valor nutritivo nas

distintas estações do ano. Considerando que os pastos vêm sendo utilizados continuamente desde meados do ano 2000, não houve necessidade de renovação e/ou replantio do capim elefante.

2.7 CONCLUSÕES

Para as variáveis produtivas do pasto, os maiores resultados, de biomassa de lâminas foliares e taxa de acúmulo de forragem, foram obtidos no sistema sob monocultivo, sobretudo no verão. Por outro lado, nos sistemas com misturas forrageiras sob produção orgânica e consórcio com leguminosas, foram observados maiores valores de proteína bruta. Conclui-se que os sistemas em policultivo, sob produção convencional ou orgânica, apresentaram produtividade equivalente ao sistema em monocultivo sob produção convencional.

2.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBEHENN, R. V. et al. C3 grasses have higher nutritional quality than C4 grasses under ambient and elevated atmospheric CO^2. **Global Change Biology,** v. 10, n. 9, p. 1565-1575, 2004.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 17, de 18 de junho de 2014.** Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil 2014.

BRATZ, V. F. et al. Response of elephant grass to grazing under an organic production system. **Revista Ciência Agronômica,** v. 50, n. 1, p. 159-168, 2019.

DA SILVA, S. C. et al. Ecophysiology of C4 forage grasses—Understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture,** v. 5, n. 3, p. 598-625, 2015.

DE BEM, C. M. et al. Dynamic and nutritive value of forage systems submitted to the conventional and organic production. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal,** v. 16, n. 3, p. 513-522, 2015.

DIEHL, M. S. et al. Massa de forragem e valor nutritivo de capim elefante, azevém e espécies de crescimento espontâneo consorciadas com amendoim forrageiro ou trevo vermelho. **Ciência Rural,** v. 44, n. 10, p. 1845-1852, 2014.

HAKALA, K.; JAUHIAINEN, L. Yield and nitrogen concentration of above-and below-ground biomasses of red clover cultivars in pure stands and in mixtures with three grass species in northern Europe. **Grass and Forage Science,** v. 62, n. 3, p. 312-321, 2007.

INMET. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Dados diários.** . Santa Maria: Instituto Nacional de Meteorologia 2017.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia,** v. 2, n. 1, p. 171-182, 2016.

LIU, S. et al. Spatio-temporal patterns of enzyme activities after manure application reflect mechanisms of niche differentiation between plants and microorganisms. **Soil Biology and Biochemistry,** v. 112, p. 100-109, 2017.

LOVATTO, P. et al. Meta-análise em pesquisas científicas-enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 36, n. suppl 0, p. 285-294, 2007.

LUDWIG, R. L. et al. Produção e qualidade do Arachis pintoi. **Enciclopédia Biosfera,** v. 6, n. 11, p. 2-15, 2010.

LÜSCHER, A. et al. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. **Grass and Forage Science,** v. 69, n. 2, p. 206-228, 2014.

OLIVEIRA, T. S. D. et al. Qualidade química do solo e características produtivas do Capim-Elefante submetido à adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável,** v. 3, n. 1, p. 99-104, 2013.

OLIVO, C. J. et al. Forage mass and stocking rate of elephant grass pastures managed under agroecological and conventional systems. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 43, n. 6, p. 289-295, 2014.

OLIVO, C. J. et al. Forage systems mixed with forage legumes grazed by lactating cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 39, n. 1, p. 19-26, 2017.

PEREIRA, L. E. T. et al. Components of herbage accumulation in elephant grass cvar Napier subjected to strategies of intermittent stocking management. **The Journal of Agricultural Science,** v. 152, n. 6, p. 954-966, 2014.

PÖTTER, L. et al. Suplementação com concentrado para novilhas de corte mantidas em pastagens cultivadas de estação fria. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 39, n. 5, p. 992-1001, 2010.

SAS. **SAS user's guide: statistics**. Cary, NC: SAS Institue Inc., , 2016. 1686.

SCHERER, E. E.; NUNES NESI, C. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia,** v. 68, n. 3, p. 715-721, 2009.

SEIBT, D. C. et al. Forage production in mixed grazing systems of elephant grass with arrowleaf clover or forage peanut. **Revista Ceres,** v. 65, p. 174-180, 2018.

SEUFERT, V. et al. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. **Nature,** v. 485, n. 7397, p. 229–232, 2012.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. Porto Alegre: EMATER, 2008. 222.

TAMBARA, A. A. C. et al. Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 39, n. 3, p. 235-241, 2017.

VAN WAGENBERG, C. et al. Animal Board Invited Review: Comparing conventional and organic livestock production systems on different aspects of sustainability. **Animal,** v. 11, n. 10, p. 1839-1851, 2017.

VENDRAMINI, J. et al. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** v. 9, n. 2, p. 308-315, 2014.

3 ARTIGO 2 – RESPOSTAS MORFOGÊNICAS DO CAPIM ELEFANTE SUBMETIDO AOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA

3.1 RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar as características morfogênicas do capim elefante, sob os sistemas de produção orgânica e convencional. O experimento foi conduzido entre setembro de 2015 e maio de 2017. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas forrageiros à base de capim elefante, cv. Merckeron Pinda, submetidos aos diferentes sistemas de produção, estabelecidos da seguinte forma: Na produção convencional, um tratamento foi constituído pelo capim elefante cultivado puro (monocultivo) e fertilizado com ureia, e outro foi constituído pelo capim elefante em mistura com outras gramíneas (policultivo), fertilizado com ureia. Na produção orgânica, o capim elefante foi cultivado em associação com outras gramíneas e fertilizado com esterco de bovinos e chorume de suínos. Manteve-se o mesmo valor de N aplicado entre os sistemas (100 kg/ha/ano). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos (sistemas forrageiros), três repetições, com medidas repetidas no tempo (estações do ano). Houve melhor desempenho das respostas morfogênicas do capim elefante submetido aos sistemas de produção orgânica em policultivo e convencional sob monocultivo, com maior número de folhas, número de folhas em alongamento e número de folhas verdes por perfilho. Verificou-se padrão sazonal, com destaque para maior taxa de aparecimento de perfilhos e menor taxa de senescência no verão e outono. No entanto, houve comportamento inverso com aumento na taxa de aparecimento de perfilhos e diminuição de folhas em senescência, apontando para um bom desempenho do capim elefante no final do período estival. Os resultados demonstram o alto potencial do capim elefante nos distintos sistemas de produção e longo período de utilização, em três estações do ano.

Palavras-chave: Filocrono, *Pennisetum purpureum*, taxa de alongamento foliar, taxa de aparecimento foliar, taxa de senescência foliar.

3.2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the morphogenic characteristics of elephant grass, under organic and conventional production systems. The experiment was conducted between September 2015 and May 2017. The treatments were constituted by three forage

systems based on elephant grass, cv. Merckeron Pinda, submitted to the different production systems, established as follows: In the conventional production, a treatment was constituted by elephant grass cultivated singularly and fertilized with urea, and another one was elephant grass in mixture with other grasses, fertilized with urea. In organic production, elephantgrass was cultivated in association with other grasses and fertilized with cattle manure and pig slurry. The same value of N applied between treatments (100 kg / ha / year) was maintained. The experimental design was a completely randomized design, with three treatments (forage systems), three replications, with repeated measures in time (seasons). There was better performance of the morphogenic responses of elephant grass submitted to organic and conventional production systems under exclusive cultivation, with greater total number of leaves, number of leaves in length and number of green leaves. There was a seasonal pattern, with a higher rate of tiller appearance and lower senescence rate in summer and fall. However, there was an inverse behavior with increase of tillering rate and leaf senescence, suggesting a good performance of elephant grass at the end of the summer period. The results show that there was high performance of elephant grass submitted to organic agriculture.

Key words: Phyllochron. *Pennisetum purpureum*. Leaf elongation rate. Leaf appearance rate. Leaf senescence rate.

3.3 INTRODUÇÃO

Os produtores rurais têm sofrido grande pressão para que seja difundida a concepção da agricultura sustentável, que visa, além da produtividade, também a sustentabilidade dos sistemas em longo prazo (CORDEIRO et al., 2017). Nesse contexto, na produção com animais ruminantes é importante que o manejo dos pastos seja eficiente, buscando-se aliar a produtividade dos pastos ao máximo aproveitamento pelos animais. O desempenho das pastagens não depende apenas da disponibilidade de nutrientes no solo ou da escolha da espécie forrageira, mas também da compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e de sua interação com o ambiente e manejo (DA SILVA et al., 2012).

A produtividade de gramíneas forrageiras depende da contínua emissão de folhas e perfilhos, processo importante para a restauração da área foliar após o pastejo ou corte e que garante a perenidade da forrageira (GOMIDE e GOMIDE, 2000). Os mecanismos envolvidos no crescimento e desenvolvimento de folhas e perfilhos são descritos pela morfogênese, como a taxa de aparecimento foliar, a taxa de alongamento foliar e a duração da vida das folhas (LEMAIRE, 1997). Esses mecanismos podem apontar aspectos relevantes, contribuindo para

otimizar o manejo do pasto. Entre as forrageiras perenes de ciclo estival, o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) destaca-se pelo alto potencial forrageiro e facilidade de adaptação às condições climáticas tropicais e subtropicais (PACIULLO et al., 2008).

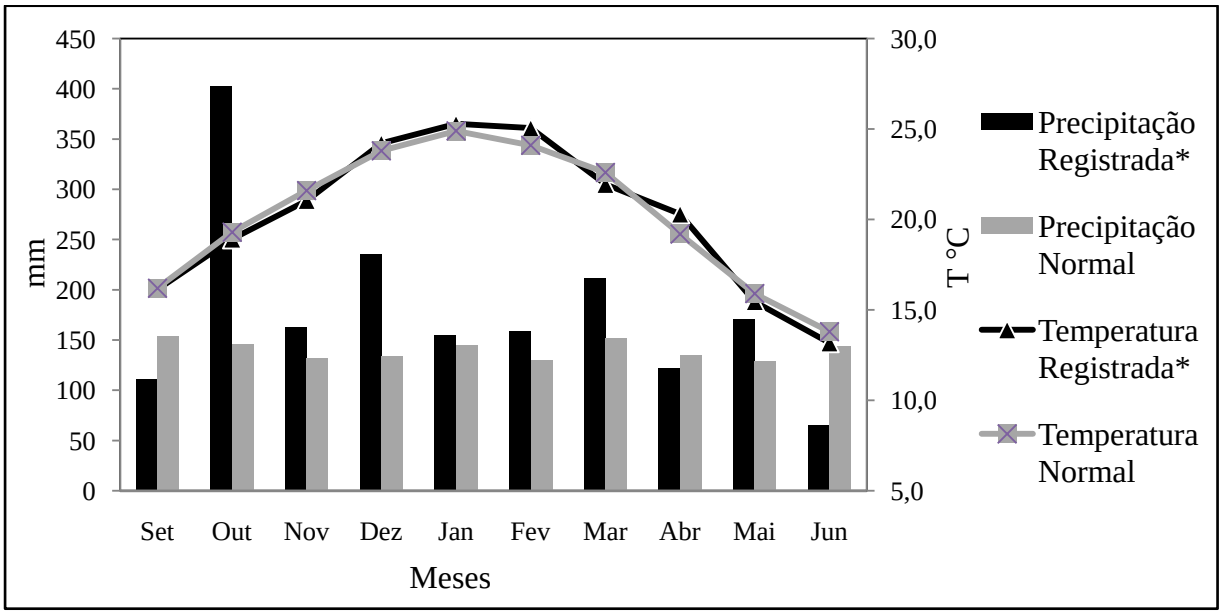
Normalmente, o capim elefante é submetido à agricultura convencional, sendo cultivado de forma exclusiva e a fertilização é feita com adubos químicos (OLIVO et al., 2014). Vários estudos sobre morfogênese com capim elefante têm sido conduzidos sob a estratégia de produção convencional, com contribuições relevantes para utilização adequada dessa cultura (SILVEIRA LOBO et al., 2014; PEREIRA et al., 2015; RODOLFO et al., 2015). Sob a produção orgânica, não são usados insumos químicos, a fertilização é feita com adubos orgânicos e com frequência seu cultivo é feito em associação com outras forrageiras. Nessas condições, o desenvolvimento do capim elefante é distinto, se comparado com àquele submetido à agricultura convencional, em monocultivo. Nesse contexto, estudos sobre as características morfogênicas do capim elefante, auxiliam na identificação do ritmo de crescimento e desenvolvimento da planta (CABRAL et al., 2012), gerando informações para o manejo mais efetivo dessa forrageira, tanto submetido à agricultura orgânica quanto convencional, sob monocultivo ou policultivo.

Assim, objetivou-se avaliar as características morfogênicas do capim elefante cultivado em associação com outras espécies e submetido à produção orgânica, em períodos representativos das distintas estações do ano, durante dois anos agrícolas.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi realizado na Universidade Federal de Santa Maria, situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, entre setembro de 2015 e maio de 2017. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento São Pedro (STRECK et al., 2008). O clima da região é o subtropical úmido (Cfa), conforme classificação de Köppen (KUINCHTNER e BURIOL, 2016). Os valores de temperatura média e precipitação pluviométrica acumulada, para os períodos de avaliação, na primavera (20/11 – 13/12), no verão (05/01 – 25/01) e no outono (01/04 – 25/04) foram de 22,6ºC e 48,4 mm, 25,0°C e 143,0 mm, e 19,6°C e 147,8 mm, respectivamente (INMET, 2017). Os valores observados guardam similaridade com as médias das normais climatológicas dentro dos respectivos períodos (Figura 1).

Figura 1 – Precipitação pluviométrica mensal e temperatura média registradas no período experimental e precipitação e temperatura normal para o respectivo período.



*Valores médios de dois períodos consecutivos (2015 a 2017).

Os tratamentos foram constituídos tendo como base o capim elefante, submetido à produção orgânica (1), sendo estabelecido em linhas equidistantes e entre elas associado com espécies forrageiras de ciclo estival e hibernal. O tratamento testemunha (2) foi constituído pelo capim elefante nas mesmas condições, mas submetido à produção convencional. Outro tratamento (3) foi constituído pelo capim elefante também submetido à produção convencional, mas estabelecido de forma exclusiva, em monocultivo, (tratamento representativo da realidade do que é feito na maioria das propriedades).

Para avaliação experimental, foi utilizada uma área de 8.072 m^2, dividida em nove piquetes (três por tratamento) na qual o capim elefante encontra-se estabelecido, desde 2001. Em seis piquetes, o capim elefante está estabelecido em linhas afastadas a cada 3 m, em que metade da área (três piquetes) é submetida à agricultura orgânica (BRASIL, 2014) e outra metade (três piquetes) à agricultura convencional. Nas entrelinhas, permite-se o desenvolvimento de espécies de crescimento espontâneo, no período estival, e, no período hibernal, faz-se o cultivo de azevém. Na área restante (três piquetes), o capim elefante é cultivado em monocultivo sob agricultura convencional. Os pastos vêm sendo manejados dentro de cada estratégia de produção. Nas comparações entre os sistemas, normalmente feitas em um ano agrícola, usa-se sempre o mesmo valor de adubo nitrogenado. Faz-se a

análise do solo a cada dois anos, sendo feita a adubação com P_2O_5 e K_2O e, se necessária, correção do solo. Para o presente estudo, os resultados de análise do solo foram os seguintes: pH-H_2O = 6,2; índice SMP = 6,4; argila = 20%; P = 27,6 mg/dm^3; K = 97,3 mg/dm^3; MO = 3,4 %; Al = 0,0 cmolc/dm^3; Ca = 9,5 cmolc/dm^3; Mg = 3,3 cmolc/dm^3; saturação de bases = 81,7% e saturação por Al = 0%.

Para a presente pesquisa, no mês de agosto de 2015, antes do início da utilização do capim elefante, foi feita uma roçada nas linhas constituídas pelas touceiras de capim elefante em toda área experimental, a 30 cm do solo, aproximadamente. O processo foi repetido em agosto de 2016.

A adubação de base foi realizada conforme a recomendação para gramíneas de estação quente (TEDESCO et al., 2004), sendo aplicados 60 kg ha/ano, tanto de P_2O_5, quanto de K_2O. Para a adubação nitrogenada foram usados 100 kg de N/ha/ano em ambas as estratégias de produção. Para o sistema sob produção convencional, fez-se a adubação de base com superfosfato simples e cloreto de potássio, e para a adubação nitrogenada (em cobertura), usou-se ureia, distribuída em quatro aplicações, nos meses de outubro, novembro, dezembro e fevereiro. Sob produção orgânica, a adubação foi constituída por esterco de bovinos (23,8 m^3/ha/ano; 36% de MS) e chorume de suínos (41 m^3/ha/ano; 5% de MS), distribuídas em três aplicações, em julho, novembro e fevereiro. A composição química, com base na MS, do esterco de bovinos foi de 0,63; 1,44 e 0,41%; do chorume de suínos foi de 0,25; 0,31; 0,076% de N, P e K, respectivamente.

Os pastos foram manejados sob o método de pastejo com lotação rotacionada. A oferta de forragem foi de 4% da massa de lâminas foliares de capim elefante em relação ao peso corporal dos animais. Nos sistemas com misturas forrageiras, a oferta foi de 8% da massa de forragem presente nas entrelinhas. A densidade de lotação foi calculada para um dia de ocupação. O critério adotado para o início da utilização dos pastos foi a altura do dossel do capim elefante, próximo de 1 m (VOLTOLINI et al., 2010). Nos sistemas com misturas forrageiras, para o cálculo da densidade de lotação, foi considerada a porcentagem de ocupação do capim elefante na área e da forragem presente nas entrelinhas. Para avaliação experimental foram utilizadas vacas em lactação da raça Holandesa. Os animais permaneceram na pastagem das 17 às 7 horas, e das 9 às 15 horas, sendo retirados apenas para as duas ordenhas diárias. Após cada ordenha, os animais recebiam suplementação alimentar na ordem de 0,9% do peso corporal ao dia. Fora das unidades experimentais as vacas foram mantidas em manejo similar, com pastagens da época e mesmo critério de complementação alimentar.

Para determinar as variáveis morfogênicas, empregou-se a técnica de perfilhos marcados (CARRERE et al., 1997). Após o primeiro pastejo realizado na primavera (novembro de 2015), foram escolhidas, intencionalmente, três touceiras (uma por piquete), representativas de cada sistema forrageiro (tratamento). Em cada touceira (unidade experimental), sete perfilhos foram marcados com o auxílio de fitas de tecido sintético colorido, perfazendo um total de 21 perfilhos marcados por tratamento. Em cada estação do ano, foram registrados os dados dentro de um ciclo de pastejo, durante o período de descanso do pasto. As avaliações foram realizadas semanalmente, com início cinco dias após a retirada dos animais e término antes do próximo pastejo. O mesmo protocolo foi feito nas demais estações, sendo escolhidas novas touceiras e marcados novos perfilhos.

Em cada avaliação foram medidos, com o auxílio de uma régua milimetrada, o comprimento da fração verde das lâminas foliares completamente expandidas (com a lígula aparente); lâminas em expansão (sem lígula visível) medidas a partir da lígula da última folha completamente expandida; lâminas em senescência (apenas a porção verde de cada lâmina); aparecimento de novos perfilhos, a partir de gemas axilares do perfilho marcado. Para o cálculo da soma térmica em graus-dia (GD) utilizou-se a média entre a temperatura máxima e mínima diária, diminuindo o valor de 10ºC, considerada como temperatura mínima basal de crescimento das gramíneas tropicais. A partir desses valores foram calculadas as seguintes variáveis: taxa de alongamento foliar, obtida ao se subtrair o comprimento total inicial de lâminas foliares do comprimento total final e, dividindo-se a diferença pela soma térmica acumulada no período (mm/GD) ou pelo número de dias envolvidos (mm/dia); taxa de aparecimento de folhas, estimada através do coeficiente angular da regressão entre o número de folhas produzidas por um perfilho e a soma térmica acumulada no período correspondente; taxa de aparecimento de perfilhos axilares, estimada através do coeficiente angular da regressão entre o número de perfilhos axilares por um perfilho e a soma térmica acumulada no período correspondente; filocrono, calculado a partir do valor inverso do coeficiente angular da taxa de aparecimento, expresso em GD ou dias; duração de vida das folhas, obtida por meio do produto do filocrono com o número de folhas verdes por perfilho; taxa de senescência foliar, calculada dividindo-se a diferença entre o comprimento inicial do tecido verde e o seu comprimento final pela soma térmica acumulada no período (mm/GD) ou pelo número de dias envolvidos (mm/dia).

Após as avaliações semanais, antecedendo ao novo pastejo, as touceiras foram cortadas a 50 cm do solo, para estimativa da massa de forragem e contagem do número de perfilhos basilares. A amostra de cada touceira foi pesada e homogeneizada, retirando-se uma

subamostra para estimativa da composição morfológica do capim elefante. Esses componentes foram secos em estufa de ar forçado a 55ºC até peso constante para determinação dos teores de matéria parcialmente seca, calculando-se, a seguir, a participação de cada componente. A partir da massa de forragem e do número de perfilhos por unidade de área, foi estimado o peso de cada perfilho.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos (sistemas forrageiros), três repetições (touceiras), com medidas repetidas no tempo (estações do ano). Para comparar os tratamentos, as variáveis que apresentaram normalidade foram submetidas à análise de variância pelo procedimento *MIXED* (SAS, 2016), utilizando-se o seguinte modelo matemático: $Y_{ijk} = m + T_i + r_k(T_i) + P_j + T*P_i + \varepsilon_{ijk}$, em que Y_{ijk} representa as variáveis dependentes; m é a média de todas as observações; T_i é o efeito fixo dos tratamentos; $r_k(T_i)$ é o efeito aleatório da repetição dentro de cada tratamento (erro a); P_k é o efeito fixo dos períodos (estações do ano); $T*P_{ij}$ representa a interação entre os tratamentos e períodos; ε_{ijk} é o efeito residual (erro b). Quando verificadas diferenças, as médias foram comparadas pelo Teste T de Student, a 5% de probabilidade do erro. A interação entre tratamentos e períodos de avaliação foi desdobrada quando significativa a 5% de probabilidade do erro.

3.5 RESULTADOS

Durante o período experimental, de setembro de 2015 a maio de 2017, foram feitas avaliações em seis períodos, com duas observações em cada estação (primavera, verão e outono), com duração média de 23 dias para cada avaliação. O intervalo médio entre ciclos de pastejo foi de 30, 27 e 32 dias, nas respectivas estações.

Com relação ao número total de folhas por perfilho (Tabela 1), foram observadas diferenças ($P \leq 0,05$) entre os sistemas forrageiros, com menor número para o capim elefante no sistema convencional com misturas forrageiras, em comparação aos demais. Foi observado efeito de estação do ano ($P \leq 0,05$), com maiores valores na primavera e verão em relação ao outono.

Tabela 1 – Número total de folhas, taxa de aparecimento foliar e taxa de aparecimento de perfilhos do capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017.

Sistema de produção	Período			Média	CV (%)
	Primavera	Verão	Outono		
	Número total de folhas (nº/perfilho)				
PO policultivo[1]	10,46	10,56	9,79	10,27 A	2,11
PC policultivo[2]	9,77	9,42	9,07	9,42 B	2,30
PC monocultivo[3]	11,45	10,26	9,38	10,36 A	2,09
Média	10,56	10,08	9,41		
CV (%)	2,71	2,84	3,04		
	Taxa de aparecimento foliar (folhas/GD)				
PO policultivo	0,013 A	0,014 A	0,013 A	0,013	6,84
PC policultivo	0,013 A	0,009 B	0,012 A	0,012	7,86
PC monocultivo	0,014 A	0,013 A	0,012 A	0,013	7,02
Média	0,014	0,012	0,012		
CV (%)	5,4	6,06	6,05		
	Taxa de aparecimento foliar (folhas/dia)				
PO policultivo	0,18 A	0,21 A	0,14 A	0,18	6,84
PC policultivo	0,17 A	0,15 B	0,13 A	0,15	8,11
PC monocultivo	0,18 A	0,20 A	0,13 A	0,17	7,03
Média	0,18 a	0,19 a	0,13 b		
CV (%)	5,37	5,06	7,10		
	Taxa de aparecimento de perfilhos axilares (perfilhos/GD)				
PO policultivo	0,003	0,009	0,011	0,008	21,08
PC policultivo	0,003	0,007	0,011	0,007	24,68
PC monocultivo	0,003	0,009	0,008	0,007	24,75
Média	0,003 b	0,008 a	0,010 a		
CV (%)	24,19	15,34	12,63		

[1]Produção orgânica, com capim elefante em policultivo; [2]Produção convencional (PC), com capim elefante em policultivo; [3]PC com capim elefante em monocultivo. Letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste T de Student (P≤0,05). GD=graus-dia; CV=coeficiente de variação.

Considerando as variáveis morfogênicas, foram observadas diferenças de acordo com o método de cálculo, em dias ou graus-dia. Quanto à taxa de aparecimento foliar, tanto em folhas/dia quanto em folhas/GD, foi observada interação (P≤0,05) entre sistema forrageiro e estação do ano. Na primavera e no outono não foram observadas diferenças, contudo, no verão, no sistema convencional em policultivo, verificou-se menor valor em relação aos demais. Considerando as estações do ano, houve efeito (P≤0,05) para o aparecimento em folhas por dia, com diminuição da taxa no outono em relação ao observado no verão e na primavera. Para a taxa de aparecimento de perfilhos, não foram observadas diferenças entre os

sistemas forrageiros. Entre as estações do ano, maiores (P≤0,05) taxas de aparecimento de perfilhos foram observados no verão e outono.

Quanto ao número de folhas em alongamento (Tabela 2), houve efeito de sistema forrageiro (P≤0,05), com menor valor observado no sistema convencional em policultivo. Para a taxa de alongamento foliar, indiferente da forma calculada, houve interação (P≤0,05) entre sistema forrageiro e estação do ano. Na primavera e no outono não foram observadas diferenças. No verão, verificou-se maior (P≤0,05) taxa no sistema orgânico em relação aos demais. Entre as estações do ano, houve diferença para taxa de alongamento foliar entre os valores obtidos na primavera e no outono. Os valores referidos, de taxa de alongamento foliar, guardam relação (r = 0,89 ; P<0,0001) com a taxa de aparecimento foliar.

Tabela 2 – Número de folhas em alongamento e taxa de alongamento foliar do capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017.

Sistema de produção	Período			Média	CV (%)
	Primavera	Verão	Outono		
	Número de folhas em alongamento (nº/perfilho)				
PO policultivo[1]	4,96	5,32	4,94	5,07 A	2,70
PC policultivo[2]	4,41	4,33	4,46	4,40 B	3,11
PC monocultivo[3]	5,29	4,93	4,78	5,00 A	2,74
Média	4,89	4,86	4,73		
CV (%)	3,14	3,16	3,25		
	Taxa de alongamento foliar (mm/GD)				
PO policultivo	1,75 A	1,87 A	1,41 A	1,68	6,39
PC policultivo	1,92 A	1,38 B	1,30 A	1,53	6,99
PC monocultivo	1,91 A	1,58 B	1,24 A	1,58	6,78
Média	1,86 a	1,61 b	1,32 c		
CV (%)	4,94	5,7	6,98		
	Taxa de alongamento foliar (mm/dia)				
PO policultivo	22,79 A	28,88 A	16,19 A	22,62	5,60
PC policultivo	23,66 A	20,78 B	14,28 A	19,57	6,47
PC monocultivo	24,82 A	23,93 B	14,13 A	20,96	6,04
Média	23,75 a	24,53 a	14,87 b		
CV (%)	4,94	4,78	7,89		

[1]Produção orgânica, com capim elefante em policultivo; [2]Produção convencional (PC), com capim elefante em policultivo; [3]PC com capim elefante em monocultivo. Letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste T de Student (P≤0,05). GD=graus-dia; CV=coeficiente de variação.

Em relação ao número de folhas em senescência (Tabela 3) não foram observadas diferenças entre os sistemas forrageiros. Foi verificado efeito de estação do ano (P≤0,05), com maior número de folhas em senescência na primavera em relação às demais estações. Também para a taxa de senescência foliar em mm/GD não foram observadas diferenças entre sistemas forrageiros, verificando-se efeito de estação do ano (P≤0,05), com diminuição dos valores da primavera até o outono. Considerando a mesma variável em mm/dia, foram observadas diferenças (P≤0,05) entre os sistemas forrageiros, com menor taxa de senescência no sistema convencional em policultivo em relação aos demais.

Tabela 3 – Número de folhas em senescência e taxa de senescência foliar do capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017.

Sistema de produção	Período			Média	CV (%)
	Primavera	Verão	Outono		
	Número de folhas em senescência (nº/perfilho)				
PO policultivo[1]	2,09	0,91	1,07	1,36	11,61
PC policultivo[2]	1,51	1,18	0,89	1,19	13,19
PC monocultivo[3]	1,56	1,27	0,88	1,23	12,75
Média	1,72 [a]	1,12 [b]	0,94 [b]		
CV (%)	11,03	16,90	20,08		
	Taxa de senescência foliar (mm/GD)				
PO policultivo	1,50	1,05	0,51	1,02	6,56
PC policultivo	1,28	0,90	0,68	0,95	7,02
PC monocultivo	1,18	1,03	0,82	1,01	6,62
Média	1,32 [a]	0,99 [b]	0,67 [c]		
CV (%)	9,34	12,42	18,37		
	Taxa de senescência foliar (mm/dia)				
PO policultivo	18,56	10,49	4,51	11,18 [A]	4,79
PC policultivo	14,25	9,56	6,17	10,00 [B]	5,35
PC monocultivo	14,12	11,73	7,93	11,26 [A]	4,75
Média	15,64 [a]	10,59 [b]	6,20 [c]		
CV (%)	7,08	10,45	17,85		

[1]Produção orgânica, com capim elefante em policultivo; [2]Produção convencional (PC), com capim elefante em policultivo; [3]PC com capim elefante em monocultivo. Letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste T de Student (P≤0,05). GD=graus-dia; CV=coeficiente de variação.

Considerando o número de folhas verdes (Tabela 4), houve diferença (P≤0,05) entre os sistemas forrageiros, com menor número de folhas no sistema convencional em policultivo em relação aos demais sistemas. Em relação ao filocrono, em dias ou graus-dia necessários para o aparecimento de uma folha, foram observadas diferenças somente entre estações do

ano, com maiores valores no outono (P≤0,05). Esse resultado guarda relação com a taxa de aparecimento foliar (r = -0,88; P<0,0001). Para a duração de vida da folha, considerando esta variável em dias, houve efeito de estação do ano (P≤0,05), com maior valor observado no outono em relação às demais estações. A duração de vida da folha guarda relação com o filocrono (r = -0.83; P<0,0001).

Tabela 4 – Número de folhas verdes, filocrono e duração de vida das folhas do capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017.

Sistema de produção	Período			Média	CV (%)
	Primavera	Verão	Outono		
		Número de folhas verdes (nº/perfilho)			
PO policultivo[1]	8,44	9,84	9,11	9,13 A	2,88
PC policultivo[2]	8,33	8,47	8,31	8,37 B	3,14
PC monocultivo[3]	9,90	9,20	8,63	9,24 A	2,85
Média	8,89	9,17	8,68		
CV (%)	3,23	3,14	3,31		
		Filocrono (GD)			
PO policultivo	81,89	80,90	95,99	86,26	8,51
PC policultivo	84,89	118,88	97,36	100,38	7,31
PC monocultivo	78,88	82,69	96,55	86,04	8,53
Média	81,89 b	94,15 a	96,63 a		
CV (%)	8,51	7,40	7,21		
		Filocrono (dias)			
PO policultivo	6,24	5,22	9,18	6,88	9,75
PC policultivo	6,37	7,67	9,57	7,87	8,53
PC monocultivo	5,94	5,23	9,43	6,87	9,78
Média	6,18 b	6,04 b	9,39 a		
CV (%)	10,03	10,27	6,60		
		Duração de vida da folha (GD)			
PO policultivo	843,53	826,80	890,72	853,68	7,27
PC policultivo	848,04	1097,34	835,31	926,90	6,70
PC monocultivo	892,50	859,79	854,06	868,78	7,14
Média	861,35	927,97	860,03		
CV (%)	6,68	6,20	6,69		
		Duração de vida da folha (dias)			
PO policultivo	64,01	53,50	84,65	67,38	7,28
PC policultivo	60,09	70,95	82,45	71,16	6,89
PC monocultivo	67,16	54,51	83,34	68,34	7,18
Média	63,75 b	59,65 b	83,48 a		
CV (%)	7,30	7,80	5,58		

[1]Produção orgânica, com capim elefante em policultivo; [2]Produção convencional (PC), com capim elefante em policultivo; [3]PC com capim elefante em monocultivo. Letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste T de Student (P≤0,05). GD=graus-dia; CV=coeficiente de variação.

Para a massa de forragem de capim elefante (Tabela 5), foram observadas diferenças (P≤0,05) entre os sistemas forrageiros, com maiores valores para àqueles constituídos por misturas forrageiras sobre o sistema em monocultivo.

Tabela 5 – Massa de forragem, composição morfológica e densidade de perfilhos de capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2015-2017.

Sistema de produção	Período			Média	CV (%)
	Primavera	Verão	Outono		
		Massa de forragem (kg de MS/m²)			
PO policultivo[1]	0,23	0,30	0,32	0,28 ^{A}	6,86
PC policultivo[2]	0,33	0,28	0,24	0,29 ^{A}	6,81
PC monocultivo[3]	0,21	0,25	0,24	0,24 ^{B}	8,26
Média	0,26	0,28	0,27		
CV (%)	9,31	8,53	8,84		
		Lâmina foliar (%)			
PO policultivo	87,34	76,25	63,22	75,61 ^{A}	2,13
PC policultivo	86,07	73,61	56,91	72,19 ^{B}	2,23
PC monocultivo	89,18	79,99	61,69	76,95 ^{A}	2,09
Média	87,53 ^{a}	76,62 ^{b}	60,61 ^{c}		
CV (%)	1,93	2,21	2,79		
		Colmo+bainha (%)			
PO policultivo	8,89 ^{B}	13,34 ^{A}	29,14 ^{A}	17,12	7,55
PC policultivo	13,83 ^{A}	13,78 ^{A}	30,47 ^{A}	19,36	6,67
PC monocultivo	10,82 ^{AB}	15,06 ^{A}	23,53 ^{B}	16,47	7,85
Média	11,18	14,06	27,71		
CV (%)	11,35	9,02	4,58		
		Material senescente (%)			
PO policultivo	3,78 ^{A}	10,41 ^{A}	7,64 ^{B}	7,27	9,32
PC policultivo	0,11 ^{B}	12,61 ^{A}	12,62 ^{A}	8,45	8,03
PC monocultivo	0,01 ^{B}	4,96 ^{B}	14,78 ^{A}	6,58	10,31
Média	1,29	9,33	11,68		
CV (%)	23,46	11,58	9,24		
		Densidade de perfilhos basilares (nº/m²)			
PO policultivo	47,33	51,33	44,00	47,56 ^{B}	6,98
PC policultivo	61,55	59,33	47,33	56,07 ^{A}	6,51
PC monocultivo	43,00	42,67	44,00	43,22 ^{B}	7,68
Média	50,63	51,11	45,11		
CV (%)	8,10	7,44	8,44		
		Massa de perfilhos (g de MS/perfilho)			
PO policultivo	5,05	5,90	7,23	6,06	8,54
PC policultivo	4,62	4,89	5,24	4,92	10,92
PC monocultivo	4,84	5,93	5,58	5,45	9,49
Média	4,84 ^{b}	5,57 ^{ab}	6,02 ^{a}		
CV (%)	10,76	8,98	8,31		

[1]Produção orgânica, com capim elefante em policultivo; [2]Produção convencional (PC), com capim elefante em policultivo; [3]PC com capim elefante em monocultivo. Letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste T de Student (P≤0,05). MS=matéria seca; CV=coeficiente de variação.

Para as variáveis de composição morfológica do capim elefante, houve interação (P≤0,05) entre sistema forrageiro e estação do ano, para colmo mais bainha e material senescente. Em relação à participação de lâmina foliar, verificou-se maior valor (P≤0,05) no sistema convencional em monocultivo e no sistema orgânico em relação ao sistema convencional em policultivo. Foi observado, também, efeito de estação do ano (P≤0,05), com diminuição da participação de lâminas foliares ao longo do desenvolvimento da planta, da primavera ao outono. Para a participação de colmo mais bainha do capim elefante, na primavera, houve superioridade do sistema convencional em policultivo sem diferir do sistema sob monocultivo. Já no outono foram observados maiores valores da fração colmo mais bainha para os sistemas em policultivo em relação ao monocultivo. Entre as estações houve aumento (P≤0,05) de colmo mais bainha com o decorrer da utilização do pasto. Quanto à participação de material senescente, na primavera verificou-se maior valor do sistema orgânico em relação aos demais. No verão, foram observados maiores valores nos sistemas com misturas forrageiras, contudo, no outono, verificou-se menor participação no sistema orgânico em relação aos demais sistemas.

Considerando a densidade de perfilhos, houve diferença (P≤0,05) entre os sistemas forrageiros, com maior densidade no sistema convencional com misturas forrageiras em comparação aos demais. Para a massa de forragem por perfilho, houve efeito de estação do ano (P≤0,05), com aumento da primavera para o outono.

3.6 DISCUSSÃO

O maior número de folhas por pefilho do capim elefante nos sistemas orgânico em policulivo e convencional em monocultivo está associado ao melhor desempenho desses pastos, que apresentaram, também, maior número de folhas em alongamento e, após as avaliações morfogênicas, maior porcentagem de lâminas foliares na composição morfológica. Valores similares entre 9,08 e 11,53 folhas por perfilho foram obtidos com capim elefante cv. Pioneiro, adubado com 200 kg de N/ha e avaliado em parcelas entre novembro e junho (SALES et al., 2014).

Entre as estações, o maior número de folhas por perfilho verificado na primavera e verão deve-se ao efeito da maior temperatura verificada nestas estações do ano (Figura 1), afetando o crescimento das forrageiras de ciclo estival (TAIZ e ZEIGER, 2009). Também na primavera e verão, a maior taxa de aparecimento foliar está associada à maior taxa de alongamento foliar, pois através da aceleração no alongamento das lâminas, a folha seguinte é

levada ao seu aparecimento mais precocemente (DA SILVA et al., 2015). O valor médio dos sistemas, de 0,17 folhas por perfilho/dia, é similar ao obtido com capim elefante cv. Napier adubado com 275 kg de N/ha, de 0,165 folhas por dia, avaliado sob lotação intermitente durante dois anos (PEREIRA et al., 2015) e superior ao obtido com cv. Pioneiro, com valores entre 0,118 e 0,158 folhas por dia (SALES et al., 2014).

Para taxa de aparecimento de perfilhos, o aumento dos valores da primavera ao outono está relacionado às características da planta de hábito cespitoso e pelo manejo empregado com ciclos de pastejo curtos. Nessas condições, ocorre emissão de perfilhos axilares em resposta ao dano físico ou remoção do meristema apical pelos animais durante o pastejo (DA SILVA et al., 2015).

A maior taxa de alongamento foliar verificada no verão no sistema sob produção orgânica pode ser atribuída ao uso dos adubos orgânicos, influenciando positivamente a dinâmica da matéria orgânica no solo, aumentando a capacidade de troca de cátions, permitindo a retenção e gradual liberação dos nutrientes para o sistema radicular da planta (VENDRAMINI et al., 2014; SCOTTI et al., 2015). Valores menores de taxa de alongamento entre 0,75 e 1,11 mm/GD (SALES et al., 2014) e de 10,6 mm/dia (PEREIRA et al., 2015), foram obtidos com capim elefante na região Sudeste.

Quanto ao número de folhas em senescência por perfilho, a similaridade observada entre os sistemas e os baixos valores obtidos no verão e outono, estão relacionados ao manejo do capim elefante, com uso próximo de 1,0 m e ciclos de pastejo curtos, implicando em menor participação de material senescente (DE BEM et al., 2015). Também no verão e outono verificaram-se menores taxas de senescência foliar por perfilho. Os menores valores nesse período apontam que o manejo utilizado, baseado na biomassa de lâminas foliares do capim elefante, é eficiente para o máximo aproveitamento com baixa perda de folhas por senescência. Os maiores valores de taxa de senescência, verificados na primavera, devem-se ao acelerado crescimento do capim elefante, observado pela maior taxa de alongamento foliar nessa estação. Taxas entre 1,45 e 2,90 cm/dia foram obtidas com capim elefante em condições de pastejo, em que se avaliaram duas alturas de pré-pastejo (90 e 120 cm) com dois níveis de desfolha (remoção de 50 ou 70% da altura inicial pré-pastejo) (RODOLFO et al., 2015). Essa resposta sugere que a taxa de lotação na primavera pode ser maior, a fim de diminuir as perdas pela maior taxa de senescência nesse período.

Comparando-se os dois sistemas em policultivo, de composição morfológica similar, o maior valor número de folhas verdes por perfilho verificado no sistema orgânico em relação ao convencional é atribuído ao uso de adubos (esterco de bovinos e chorume de suínos) que

elevam o teor de matéria orgânica e o índice de saturação de bases do solo (OLIVEIRA et al., 2013). Ressalta-se também que, mesmo mantendo-se o mesmo nível de N, P e K (como critério metodológico de comparação principal entre os sistemas), com adubos orgânicos há adição de microminerais, contribuindo para um melhor desempenho do capim elefante (SCHERER e NUNES NESI, 2009). Já no sistema sob produção convencional, o uso de adubos nitrogenados sintéticos implica em maior disponibilidade de N para as plantas, contudo as perdas por volatilização e lixiviação podem ser altas quando não manejado adequadamente (MARTHA JR et al., 2004), implicando em menor desempenho da pastagem, consequentemente.

Os menores valores de filocrono verificados na primavera (em GD) e primavera-verão (em dias) devem-se ao ritmo de crescimento dessa forrageira de ciclo estival. Os menores valores de filocrono implicam em menor duração de vida da folha, pois toda aceleração da velocidade de surgimento é acompanhada de diminuição equivalente de sua duração (DA SILVA et al., 2015). Valores de 8,1 e 7,8 folhas por perfilho para duas alturas de pré-pastejo (0,9 e 1,2 m) foram observados com cv. Pioneiro, adubado com 250 kg de N/ha e avaliado de janeiro a junho em Lages/SC, região de menor temperatura em relação às verificadas no presente trabalho (RODOLFO et al., 2015). O melhor desempenho do sistema convencional em monocultivo está associado à menor competição com outras plantas, como ocorre nas entrelinhas nos sistemas em policultivo, com o cultivo do azevém no período hibernal.

Da massa de forragem, obtida no final da avaliação morfogênica e antecedente a um novo pastejo, destacam-se os elevados valores de lâminas foliares, próximo a 75%. Entre as estações, da primavera ao outono, confirma-se declínio, normalmente esperado, de lâminas foliares e aumento das frações colmo mais bainha e material senescente. No outono, esse declínio está atribuído a condição do capim elefante, que se encontra em estádio reprodutivo, o que aumenta a taxa de crescimento dos colmos e, também, a senescência em relação ao crescimento foliar (SOUSA et al., 2013).

Para densidade de perfilhos, o maior valor observado no sistema convencional em policultivo deve-se a maior disponibilização de nutrientes com a adubação mineral em relação ao sistema sob produção orgânica e ao menor sombreamento em relação ao sistema convencional sob monocultivo. No sistema convencional em policultivo, o maior número de indivíduos apresenta uma resposta compensatória desse sistema que, dessa forma, equilibra com os demais, mesmo com respostas morfogênicas inferiores. No sistema sob produção orgânica, a disponibilização mais lenta não permite aumento de número de perfilhos no verão, mas permite uma sobrevivência até o outono. Nesse contexto, a adoção de sistemas que unam

as duas estratégias de produção é interessante para favorecer, ao mesmo tempo a rápida disponibilização de nutrientes dos adubos minerais, além de permitir uma ação mais lenta dos adubos orgânicos. Entre as estações, os valores não diferiram, apontando que, indiferente do sistema de produção utilizado, o capim elefante apresenta estratégias de desenvolvimento compensatórias de acordo com o manejo adotado.

3.7 CONCLUSÕES

As respostas morfogênicas e a composição estrutural do capim elefante sofrem influência, tanto dos sistemas de produção forrageira, quanto das estações do ano. Os pastos de capim elefante submetidos aos sistemas de produção orgânica em policultivo e convencional em monocultivo, destacam-se na emissão e alongamento de folhas, número de folhas verdes e na participação de lâminas foliares na massa de forragem. Já o sistema convencional em policultivo equilibra com maior número de perfilhos.

3.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 17, de 18 de junho de 2014.** Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil 2014.

CABRAL, W. B. et al. Morphogenetic traits and biomass accumulation of Brachiaria brizantha cv. Xaraés subjected to nitrogen doses. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 41, n. 8, p. 1809-1815, 2012.

CARRERE, P. et al. Tissue turnover within grass-clover mixed swards grazed by sheep. Methodology for calculating growth, senescence and intake fluxes. **Journal of Applied Ecology,** v. 34, n. 2, p. 333-348, 1997.

CORDEIRO, L. A. M. et al. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia,** v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017.

DA SILVA, S. C. et al. Ecophysiology of C4 forage grasses—Understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture,** v. 5, n. 3, p. 598-625, 2015.

DA SILVA, T. et al. Morfogênese e estrutura de Brachiaria decumbens em resposta ao corte e adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia,** v. 61, n. 233, p. 91-102, 2012.

DE BEM, C. M. et al. Dynamic and nutritive value of forage systems submitted to the conventional and organic production. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal,** v. 16, n. 3, p. 513-522, 2015.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de Panicum maximum Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

INMET. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Dados diários.** . Santa Maria: Instituto Nacional de Meteorologia 2017.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia,** v. 2, n. 1, p. 171-182, 2016.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. Simpósio Internacional sobre produção animal em pastejo, 1997, UFV. p.117-144.

MARTHA JR, G. et al. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science,** v. 59, n. 1, p. 80-90, 2004.

OLIVEIRA, T. S. D. et al. Qualidade química do solo e características produtivas do Capim-Elefante submetido à adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável,** v. 3, n. 1, p. 99-104, 2013.

OLIVO, C. J. et al. Forage mass and stocking rate of elephant grass pastures managed under agroecological and conventional systems. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 43, n. 6, p. 289-295, 2014.

PACIULLO, D. S. C. et al. Disponibilidade de matéria seca, composição química e consumo de forragem em pastagem de capim-elefante nas estações do ano. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,** v. 60, p. 904-910, 2008.

PEREIRA, L. E. T. et al. Regrowth patterns of elephant grass (Pennisetum purpureum Schum) subjected to strategies of intermittent stocking management. **Grass and Forage Science,** v. 70, n. 1, p. 195-204, 2015.

RODOLFO, G. R. et al. Levels of defoliation and regrowth dynamics in elephant grass swards. **Ciência Rural,** v. 45, n. 7, p. 1299-1304, 2015.

SALES, E. C. J. D. et al. Morphogenesis and productivity of Pioneiro elephant grass under different residual heights and light interceptions. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 36, n. 2, p. 137-143, 2014.

SAS. **SAS user's guide: statistics**. Cary, NC: SAS Institue Inc., , 2016. 1686.

SCHERER, E. E.; NUNES NESI, C. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia,** v. 68, n. 3, p. 715-721, 2009.

SCOTTI, R. et al. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. **Journal of soil science and plant nutrition,** v. 15, n. 2, p. 333-352, 2015.

SILVEIRA LOBO, B. et al. Parâmetros morfogênicos e produtividade do capim-Pioneiro submetido a doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias,** v. 35, n. 6, p. 3305-3318, 2014.

SOUSA, B. M. D. L. et al. Dynamics of forage accumulation in Elephant grass subjected to rotational grazing intensities. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 42, n. 9, p. 629-638, 2013.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. Porto Alegre: EMATER, 2008. 222.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** . Porto Alegre: Artmed, 2009. 848.

TEDESCO, M. et al. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: CQFS-RS/SC, 2004.

VENDRAMINI, J. et al. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** v. 9, n. 2, p. 308-315, 2014.

VOLTOLINI, T. V. et al. Características produtivas e qualitativas do capim-elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 39, n. 5, p. 1002-1010, 2010.

4 DISCUSSÃO GERAL

O rendimento forrageiro em sistemas em policultivo, tendo como base o capim elefante em associação com outras gramíneas, com e sem leguminosa, equilibra com o valor obtido com capim elefante sob monocultivo. O bom desempenho dos sistemas constituídos pelos consórcios se deve à contribuição das leguminosas na dieta animal, implicando em melhor valor nutritivo da forragem (DIEHL et al., 2014; DE BEM et al., 2015; TAMBARA et al., 2017). Além disso, com a degradação de parte das raízes, nódulos e folhas (HAKALA e JAUHIAINEN, 2007), observa-se efeito associativo sobre a gramínea acompanhante (LUDWIG et al., 2010). Com o sistema sob produção orgânica, há resposta similar à dos consórcios. Os valores obtidos no sistema orgânico estão associados, possivelmente, ao uso de fertilizantes orgânicos que agregam, também, matéria orgânica e micronutrientes minerais (SCHERER e NUNES NESI, 2009; VENDRAMINI et al., 2014) e à distribuição do esterco em cobertura que, aplicado dessa forma, aumenta o desempenho das plantas (LIU et al., 2017). Ressalta-se que com a mistura de plantas forrageiras cria-se um ambiente pastoril diversificado, caracterizado como mais sustentável (LÜSCHER et al., 2014; DA SILVA et al., 2015).

Para a participação de capim elefante e seus componentes morfológicos, observa-se o efeito das estações do ano, associado ao ritmo de crescimento dessa forrageira. O capim elefante apresenta maior desenvolvimento na primavera até o verão e declínio no outono, comportamento típico de uma cultura de ciclo estival. Na primavera, observa-se o acelerado crescimento do capim elefante, observado pela maior taxa de alongamento foliar nessa estação. No verão são observados os maiores valores produtivos, a exemplo da taxa de acúmulo de forragem, sendo estes elevados, considerando a baixa quantidade de fertilizantes utilizada, especialmente de adubo nitrogenado. No outono, a taxa de senescência foliar diminui em relação ao observado nas demais estações. Essa condição demonstra o potencial de utilização dessa forrageira até o outono

5 CONCLUSÕES

Para as variáveis produtivas do pasto, biomassa de lâminas foliares e taxa de acúmulo de forragem, os maiores resultados foram obtidos no sistema sob monocultivo, sobretudo no verão. Por outro lado, para o teor de proteína bruta, maiores valores foram observados nos sistemas com misturas forrageiras sob produção orgânica e consórcio com leguminosas. Para

as características morfogênicas não foram observadas diferenças entre os sistemas de produção convencional em monocultivo e orgânica. Contudo, houve um padrão sazonal de variação nas respostas morfogênicas e composição estrutural do capim elefante caracterizada por maiores taxas de crescimento e proporção de lâminas foliares na primavera, diminuindo com o avanço do ciclo de produção, no verão até o outono. No entanto, houve comportamento inverso com aumento na taxa de aparecimento de perfilhos e diminuição de folhas em senescência, apontando manutenção da produtividade do capim elefante no final do período estival. Conclui-se que os sistemas em policultivo, sob produção convencional ou orgânica, nas condições do presente estudo, apresentam produtividade equivalente ao sistema em monocultivo sob produção convencional.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBEHENN, R. V. et al. C3 grasses have higher nutritional quality than C4 grasses under ambient and elevated atmospheric CO^2. **Global Change Biology,** v. 10, n. 9, p. 1565-1575, 2004.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 17, de 18 de junho de 2014.** Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil 2014.

BRATZ, V. F. et al. Response of elephant grass to grazing under an organic production system. **Revista Ciência Agronômica,** v. 50, n. 1, p. 159-168, 2019.

CABRAL, W. B. et al. Morphogenetic traits and biomass accumulation of Brachiaria brizantha cv. Xaraés subjected to nitrogen doses. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 41, n. 8, p. 1809-1815, 2012.

CARRERE, P. et al. Tissue turnover within grass-clover mixed swards grazed by sheep. Methodology for calculating growth, senescence and intake fluxes. **Journal of Applied Ecology,** v. 34, n. 2, p. 333-348, 1997.

CARVALHO, P. D. F. et al. Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? **Animal Production Science,** v. 55, n. 3, p. 319-327, 2015.

CARVALHO, W. F. D. et al. Morfogênese e estrutura de Capim-Massai em diferentes sistemas de cultivo sob pastejo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável,** v. 4, n. 1, p. 28-37, 2014.

CHAPMAN, D.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Palmerston North and Rockhampton, 1993, Sir Publishing. p.95-104.

CONFORTIN, A. et al. Leaf tissue fluxes of Pampa biome native grasses submitted to two grazing intervals. **Grass and Forage Science,** v. 72, n. 4, p. 654-662, 2017.

CORDEIRO, L. A. M. et al. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia,** v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017.

DA SILVA, S. C. et al. Ecophysiology of C4 forage grasses—Understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture,** v. 5, n. 3, p. 598-625, 2015.

DA SILVA, T. et al. Morfogênese e estrutura de Brachiaria decumbens em resposta ao corte e adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia,** v. 61, n. 233, p. 91-102, 2012.

DALL'AGNOL, M. et al. Produção de forragem de capim-elefante sob clima frio: curva de crescimento e valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 33, n. 5, p. 1110-1117, 2004.

DE BEM, C. M. et al. Dynamic and nutritive value of forage systems submitted to the conventional and organic production. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal,** v. 16, n. 3, p. 513-522, 2015.

DERESZ, F. Milk yield of crossbred Holstein x Zebu cows grazing elephant grass pasture rotationally managed supplemented or not with concentrate. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 30, n. 1, p. 197-204, 2001.

DIEHL, M. S. et al. Massa de forragem e valor nutritivo de capim elefante, azevém e espécies de crescimento espontâneo consorciadas com amendoim forrageiro ou trevo vermelho. **Ciência Rural,** v. 44, n. 10, p. 1845-1852, 2014.

FERNANDES, P. B. et al. Morphogenetic and structural characteristics of clones of elephant grass managed under intermittent stocking. **Semina: Ciências Agrárias,** v. 37, n. 4, 2016.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. **Educational researcher,** v. 5, n. 10, p. 3-8, 1976.

GLIENKE, C. et al. Canopy structure, ingestive behavior and displacement patterns of beef heifers grazing warm-season pastures. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,** v. 68, n. 2, p. 457-465, 2016.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de Panicum maximum Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

HAKALA, K.; JAUHIAINEN, L. Yield and nitrogen concentration of above-and below-ground biomasses of red clover cultivars in pure stands and in mixtures with three grass species in northern Europe. **Grass and Forage Science,** v. 62, n. 3, p. 312-321, 2007.

INMET. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Dados diários.** . Santa Maria: Instituto Nacional de Meteorologia 2017.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia,** v. 2, n. 1, p. 171-182, 2016.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. Simpósio Internacional sobre produção animal em pastejo, 1997, UFV. p.117-144.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEIZ, M. Efficiency of Herbage Utilization. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, p. 265, 2000.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. **The ecology and management of grazing systems**, 1996.

LEMAIRE, G. et al. Defoliation frequency and leaf life span, two parameters for optimising herbage use efficiency in grazing systems. A review. **Grass and Forage Science,** v. 64, p. 341-353, 2009.

LEMAIRE, G. et al. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment,** v. 190, p. 4-8, 2014.

LIMA, M. L. P. et al. Concentração de nitrogênio uréico plasmático (nup) e produção de leite de vacas mestiças mantidas em gramíneas tropicais sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1616-1626, 2004.

LIU, S. et al. Spatio-temporal patterns of enzyme activities after manure application reflect mechanisms of niche differentiation between plants and microorganisms. **Soil Biology and Biochemistry,** v. 112, p. 100-109, 2017.

LOVATTO, P. et al. Meta-análise em pesquisas científicas-enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 36, n. suppl 0, p. 285-294, 2007.

LUDWIG, R. L. et al. Produção e qualidade do Arachis pintoi. **Enciclopédia Biosfera,** v. 6, n. 11, p. 2-15, 2010.

LÜSCHER, A. et al. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. **Grass and Forage Science,** v. 69, n. 2, p. 206-228, 2014.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989.

MARTHA JR, G. et al. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science,** v. 59, n. 1, p. 80-90, 2004.

MEINERZ, G. R. et al. Composição nutricional de pastagens de capim-Elefante submetido a duas estratégias de manejo em pastejo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 30, n. 4, p. 379-385, 2008.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 11, n. 4, p. 361-367, 2007.

OLIVEIRA, T. S. D. et al. Qualidade química do solo e características produtivas do Capim-Elefante submetido à adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável,** v. 3, n. 1, p. 99-104, 2013.

OLIVEIRA, T. S. D. et al. Composição químico-bromatológica do capim-elefante submetido à adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal,** v. 12, n. 1, p. 32-42, 2011.

OLIVO, C. J. et al. Forage mass and stocking rate of elephant grass pastures managed under agroecological and conventional systems. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 43, n. 6, p. 289-295, 2014.

OLIVO, C. J. et al. Forage systems mixed with forage legumes grazed by lactating cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 39, n. 1, p. 19-26, 2017.

OLIVO, C. J. et al. Forage production an stocking rate on elephantgrass pastures mixed with ryegrass, spontaneous growth species and white clover or forage peanut. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 38, n. 1, p. 27-33, 2009.

PACIULLO, D. S. C. et al. Disponibilidade de matéria seca, composição química e consumo de forragem em pastagem de capim-elefante nas estações do ano. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,** v. 60, p. 904-910, 2008.

PACIULLO, D. S. C. et al. Adubação Nitrogenada do Capim-elefante cv. Mott. 1. Rendimento Forrageiro e Características Morfofisiológicas ao Atingir 80 e 120 cm de Altura. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 27, p. 1069-1075, 1998.

PARENTE, H. N. et al. Crescimento e valor nutritivo do capim elefante submetido à adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável,** v. 2, n. 2, p. 132-141, 2012.

PEREIRA, L. E. T. et al. Components of herbage accumulation in elephant grass cvar Napier subjected to strategies of intermittent stocking management. **The Journal of Agricultural Science,** v. 152, n. 6, p. 954-966, 2014.

_____. Regrowth patterns of elephant grass (Pennisetum purpureum Schum) subjected to strategies of intermittent stocking management. **Grass and Forage Science,** v. 70, n. 1, p. 195-204, 2015.

PÖTTER, L. et al. Suplementação com concentrado para novilhas de corte mantidas em pastagens cultivadas de estação fria. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 39, n. 5, p. 992-1001, 2010.

RODOLFO, G. R. et al. Levels of defoliation and regrowth dynamics in elephant grass swards. **Ciência Rural,** v. 45, n. 7, p. 1299-1304, 2015.

ROMA, C. F. D. C. et al. Morphogenetic and tillering dynamics in Tanzania grass fertilized and non-fertilized with nitrogen according to season. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 41, n. 3, p. 565-573, 2012.

SALES, E. C. J. D. et al. Morphogenesis and productivity of Pioneiro elephant grass under different residual heights and light interceptions. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 36, n. 2, p. 137-143, 2014.

SALVADOR, P. R. et al. Sward structure and nutritive value of Alexandergrass fertilized with nitrogen. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias,** v. 88, n. 1, p. 385-395, 2016.

SAS. **SAS user's guide: statistics**. Cary, NC: SAS Institue Inc., , 2016. 1686.

SCHERER, E. E.; NUNES NESI, C. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia,** v. 68, n. 3, p. 715-721, 2009.

SCHULTZE-KRAFT, R. et al. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales,** v. 6, n. 1, p. 1-14, 2018.

SCOTTI, R. et al. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. **Journal of soil science and plant nutrition,** v. 15, n. 2, p. 333-352, 2015.

SEIBT, D. C. et al. Forage production in mixed grazing systems of elephant grass with arrowleaf clover or forage peanut. **Revista Ceres,** v. 65, p. 174-180, 2018.

SEUFERT, V. et al. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. **Nature,** v. 485, n. 7397, p. 229–232, 2012.

SILVEIRA LOBO, B. et al. Parâmetros morfogênicos e produtividade do capim-Pioneiro submetido a doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias,** v. 35, n. 6, p. 3305-3318, 2014.

SOARES FILHO, C. V. et al. Morphogenesis in pastures with Tanzania grass fertilized with nitrogen doses under a grazing system. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 37, n. 3, p. 235-241, 2015.

SOUSA, B. M. D. L. et al. Dynamics of forage accumulation in Elephant grass subjected to rotational grazing intensities. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 42, n. 9, p. 629-638, 2013.

ST-PIERRE, N. R. Meta-analyses of experimental data in the animal sciences. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 36, p. 343-358, 2007.

STEINSHAMN, H. et al. Yield and herbage quality from organic grass clover leys—a meta-analysis of Norwegian field trials. **Organic Agriculture,** v. 6, n. 4, p. 307-322, 2016.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. Porto Alegre: EMATER, 2008. 222.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** . Porto Alegre: Artmed, 2009. 848.

TAMBARA, A. A. C. et al. Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 39, n. 3, p. 235-241, 2017.

TEDESCO, M. et al. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: CQFS-RS/SC, 2004.

THOMAS, R. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science,** v. 47, n. 2, p. 133-142, 1992.

TIECHER, D. D. et al. Morphogenesis and structure of Tifton 85 cultivated in subtropical climate and fertilized with nitrogen. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 38, n. 4, p. 389-393, 2016.

VAN WAGENBERG, C. et al. Animal Board Invited Review: Comparing conventional and organic livestock production systems on different aspects of sustainability. **Animal,** v. 11, n. 10, p. 1839-1851, 2017.

VENDRAMINI, J. et al. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** v. 9, n. 2, p. 308-315, 2014.

VOLTOLINI, T. V. et al. Características produtivas e qualitativas do capim-elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 39, n. 5, p. 1002-1010, 2010.

ZIECH, M. F. et al. Morphogenesis in pastures of Coastcross-1 and Tifton 85 mixed with forage peanut, submitted to cutting management. **Semina: Ciências Agrárias,** v. 37, n. 3, p. 1461-1473, 2016.