

ROLANDO PASQUINI NETO

**Efeitos da intensificação e integração como estratégias
para o manejo sustentável das pastagens nos sistemas de produção de
bovinos de corte da raça *Nelore*: produtividade da forragem,
desempenho animal e consumo alimentar**

Pirassununga

2022

ROLANDO PASQUINI NETO

Efeitos da intensificação e integração como estratégias para o manejo sustentável das pastagens nos sistemas de produção de bovinos de corte da raça Nelore: produtividade da forragem, desempenho animal e consumo alimentar

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof.^a. Dr.^a. Patrícia Perondi Anção Oliveira

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínia Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 4180 FMVZ	<p>Pasquini Neto, Rolando</p> <p>Efeitos da intensificação e integração como estratégias para o manejo sustentável das pastagens nos sistemas de produção de bovinos de corte da raça Nelore: produtividade da forragem, desempenho animal e consumo alimentar / Rolando Pasquini Neto. – 2022. 139 f. : il.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2022.</p> <p>Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.</p> <p>Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira.</p> <p>1. Intensificação sustentável. 2. Sistemas de pastejo. 3. Qualidade da alimentação. 4. Produção animal. 5. Nutrição. I. Título.</p>
-----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Efeitos da intensificação e integração do pastejo como estratégia para mitigar as emissões de metano nos sistemas de produção de bovinos de corte da raça Nelore: desempenho animal e consumo de forragem.", protocolada sob o CEUA nº 2562010420 (ID 008141), sob a responsabilidade de **Patrícia Perondi Anchão Oliveira** e equipe; *Rolando Pasquini Neto* - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 08/07/2020.

We certify that the proposal "Effects of grazing intensification and integration as a strategy for mitigating methane emissions in Nelore beef cattle production systems: Animal Performance and Forage intake.", utilizing 40 Bovines (40 males), protocol number CEUA 2562010420 (ID 008141), under the responsibility of **Patrícia Perondi Anchão Oliveira** and team; *Rolando Pasquini Neto* - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 07/08/2020.

Finalidade da Proposta: [Pesquisa](#)

Vigência da Proposta: de [12/2019](#) a [12/2021](#) Área: [Nutrição E Produção Animal](#)

Origem: [Animais provenientes de outros projetos](#)

Espécie: [Bovinos](#)

sexo: [Machos](#)

idade: [15 a 16 meses](#)

N: [40](#)

Linhagem: [Nelore](#)

Peso: [250 a 300 kg](#)

Local do experimento: O experimento será realizado na Embrapa - Pecuária Sudeste, em São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil.

São Paulo, 08 de julho de 2020

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna

Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Camilla Mota Mendes

Vice-Coordenador

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: PASQUINI NETO, Rolando

Título: Efeitos da intensificação e integração como estratégias para o manejo sustentável das pastagens nos sistemas de produção de bovinos de corte da raça *Nelore*: produtividade da forragem, desempenho animal e consumo alimentar

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: 12/04/2022

Banca Examinadora

Prof. Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Instituição: Embrapa Pecuária Sudeste Julgamento: APROVADO

Prof. Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane

Instituição: Embrapa Pecuária Sudeste Julgamento: APROVADO

Prof. Dr. Sérgio Raposo de Medeiros

Instituição: Embrapa Pecuária Sudeste Julgamento: APROVADO

A minha base, Rolando e Ana,
por darem significado à minha existência,
sempre incentivando os meus sonhos,
com muito carinho e amor.

A minha família, Pasquini e Tavares,
fontes das maiores riquezas do mundo,
da coragem, do respeito, da fé e da minha raiz,
que representam tudo o que sou e o que faço,
buscando ser alguém melhor a cada dia.

A todos os meus “camaradas”,
por proporcionarem, essencialmente,
os melhores momentos da minha vida.

A todos os meus professores,
pelas incontáveis referências de dedicação,
razões excepcionais de conhecimento,
e minhas maiores inspirações.

A Deus,
minha força e esperança,
que fornece tudo o que preciso.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia e ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP) da Universidade de São Paulo (USP) *campus* Fernando Costa em Pirassununga, por conceber a oportunidade de cursar o Mestrado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), principalmente, ao Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste localizado na Fazenda Canchim, em São Carlos, pelo desenvolvimento e realização de todas as atividades relacionadas ao projeto de pesquisa.

À Profa. Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira, minha orientadora, por toda paciência, confiança e ensinamentos, os quais, foram essenciais para a minha trajetória acadêmica.

Ao Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues, pelo acolhimento, auxílio e principalmente, incentivo inicial ao desafio, potencializando minha determinação durante o percurso.

Aos Profs. Drs. José Ricardo Macedo Pezzopane, Sérgio Raposo de Medeiros, André de Faria Pedroso, Alexandre Berndt, Teresa Cristina Alves e Alberto Carlos de Campos Bernardi, por toda contribuição no projeto Temático “17/20084-5”, compartilhando conhecimentos e experiências, além de suavizar estes anos “atípicos” com muita motivação, empenho e humor.

Ao grupo de pesquisa, a todos os colaboradores, funcionários e estagiários que puderam contribuir com a execução deste trabalho, especialmente, aos Drs. Flávio Perna Junior e Cristiam Bosi; aos Me. Willian Rufino Andrade e Gabriele Voltareli da Silva; aos amigos Willian Lucas Bonani, Althieres José Furtado, Murilo Trettel, Cristiane Barbosa Tropaldi, Lucas Avilé Colosso, Izabela Angelelli Bueno, Natália Spolare, Clara Moura Costaridis Diavolemenos, Gabriela Sales Pádua, Pamela Milhorini, Vinicius Moretti Gomes, Rafaela Vecchi, Bruna Sousa Paes de Barros, Luiz Henrique Cimento Junior, Kaik Fontana Octaviano, Vitor Luis Fagian, Patrick Baldan Angelini, Mariana Cristina Barbosa e Mariana Nunes Vieira de Melo; e aos Funcionários Gilmar Edson Botteon, Antônio Marcos da Silva, Emar José Fagundes e José Carlos dos Santos. Pessoas incríveis, dos quais tenho muito orgulho, pois apesar das diversas circunstâncias se mantiveram firmes, positivas e trabalhando com muitas demonstrações de amizade, companheirismo e verdadeiras superações. Agradeço imensamente a Deus por ter colocado tantas pessoas memoráveis em minha vida!

Ao Projeto Rural Sustentável - Cerrado, fruto da parceria entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Governo do Reino Unido, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) e a Rede ILPF e Embrapa.

Por fim, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por todo fomento ao projeto Temático “17/20084-5”, no qual possui grande importância científica.

“Se conseguimos enxergar longe, é porque estamos
sentados nos ombros de gigantes.”

Isaac Newton

RESUMO

PASQUINI NETO, R. **Efeitos da intensificação e integração como estratégia para o manejo sustentável das pastagens nos sistemas de produção de bovinos de corte da raça *Nelore*: produtividade da forragem, desempenho animal e consumo alimentar.** 2022. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

Estratégias de intensificação dos sistemas agropecuários são recomendadas para atender à crescente demanda mundial por alimentos, pois aumentam a qualidade e a produção das pastagens e o desempenho animal, diluindo as emissões de GEE pelos produtos gerados. Este estudo avaliou o efeito da intensificação em diferentes sistemas pastoris de produção de gado de corte sobre o desempenho das pastagens e dos animais. O experimento foi realizado de setembro de 2019 a setembro de 2020 na Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP. Quarenta tourinhos da raça *Nelore* (375 ± 30 kg e $22,2 \pm 0,7$ meses de idade) foram distribuídos aleatoriamente em cinco diferentes sistemas (8 animais/sistema), com duas repetições de área (10 unidades experimentais), sendo: 1) pastagem irrigada de *Megathyrus maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada na época seca com *Avena byzantina* e *Lolium multiflorum* (IAL); 2) pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação (SAL); 3) pastagem de sequeiro com *Urochloa brizantha* cv. Marandu e *Urochloa decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação (SML); 4) sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileiras (350 árvores/ha) sob manejo intensivo com moderada lotação (SSP); e 5) pastagem degradada de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação (DEG). Todas as pastagens foram submetidas a ajustes na taxa de lotação pela técnica “put and take”, manejadas sob lotação contínua para DEG e rotativa para IAL, SAL, SML e SSP com ciclos de pastejo de 36 dias. Todas as pastagens, com exceção de DEG, receberam calagem, adubação corretiva com P, K, S e micronutrientes e fertilizantes. Pastagens em IAL e SAL foram fertilizadas, respectivamente, com 600 e 400 kg N-ureia/ha/ano. Pastagens em SML e SSP receberam 200 kg N-ureia/ha/ano. Os animais de todos os sistemas receberam suplementação mineral-proteica *ad libitum* contendo NH_4NO_3 . Amostras das pastagens foram coletadas para avaliar a produção e qualidade da forragem. Os animais foram pesados no início do experimento e mensalmente até o momento do abate para determinação do desempenho. Marcadores (TiO_2 e FDNi) foram usados durante as estações climáticas do ano para calcular o consumo e, posteriormente, a

eficiência alimentar. Os dados foram analisados utilizando SAS (SAS Inc., Cary, NC, EUA), considerando efeitos fixos: os sistemas, as estações climáticas e a interação entre eles. Houve períodos caracterizados por intenso déficit hídrico, reduzindo o potencial produtivo das pastagens. Os melhores resultados das pastagens foram no sistema IAL, seguidos de SAL e SML, com melhores produções e qualidade da forragem, que aumentaram o consumo, eficiência alimentar, desempenho animal e a produtividade por área, quando comparados com SSP e DEG; resultando em melhor aproveitamento da proteína bruta fornecida (pastagem+suplemento). Devido à interação sistema*estação do ano e ao déficit hídrico (severo) ocorrido, foi possível observar que os melhores resultados foram associados aos sistemas que apresentaram melhor produção e qualidade da pastagem, além do desempenho animal no período seco do ano.

Palavras-chave: Intensificação sustentável. Sistemas de pastejo. Qualidade da alimentação.
Produção animal.

ABSTRACT

PASQUINI NETO, R. **Effects of intensification and integration as a strategy for sustainable pasture management in *Nellore* beef cattle production systems:** forage productivity, animal performance and feed consumption. 2022. 139 p. Dissertation (Master's Degree) – College of Veterinary Medicine and Animal Science, University of São Paulo, Pirassununga, 2022.

Strategies to intensify agricultural beef systems are recommended to meet the growing world demand for food, as they increase pasture quality production and animal performance, diluting GHG emissions by the products generated. This study evaluated the effect of intensification in different grazing systems of beef cattle production on pasture and animal performance. The experiment was conducted from September 2019 to September 2020 at Embrapa Southeast Livestock, São Carlos, SP. Forty *Nellore* bullocks (375 ± 30 kg and 22.2 ± 0.7 months of age) were randomly distributed in five different production systems (8 animals/system), with two area replications (10 experimental units), being: 1) intensively managed and irrigated *Megathyrus maximus* cv. Tanzania pasture with a high stocking rate, overseeded in the dry season with *Avena byzantina* and *Lolium multiflorum* (IAL); 2) intensively managed rainfed *Megathyrus maximus* cv. Tanzania pasture with a high stocking rate (SAL); 3) intensively managed rainfed pasture with a mix of *Urochloa brizantha* cv. Marandu and *Urochloa decumbens* cv. Basilisk with a moderate stocking rate (SML); 4) intensively managed silvopastoral system with *Urochloa decumbens* cv. Basilisk pasture and Brazilian native trees (350 trees/ha) with moderate stocking rate (SSP); and 5) extensively managed rainfed degraded pasture with a mixture of *Urochloa brizantha* cv. Marandu and *Urochloa decumbens* cv. Basilisk with a low stocking rate (DEG). All pastures were subjected to stocking rate adjustments by the “put-and-take” technique, managed under continuous grazing for DEG and rotational grazing for IAL, SAL, SML and SSP with grazing cycles of 36 days. All pastures, except DEG, received liming and corrective fertilization with P, K, S and micronutrients and fertilizers. Pastures in IAL and SAL were fertilized, respectively, with 600 and 400 N-urea/ha/year. Pastures in SML and SSP received 200 kg N-urea/ha/year. Animals from all systems received *ad libitum* mineral-protein supplement containing NH_4NO_3 . Pasture samples were collected to assess forage production and quality. The animals were weighed at the beginning of the experiment and monthly until the time of slaughter to estimate performance. Markers (TiO_2 and NDFi) were used during the seasons to estimate voluntary feed intake and, subsequently, feed efficiency. Data were analyzed using SAS (SAS Inc., Cary, NC, USA),

considering the fixed effects: systems, climatic seasons of the year and the interaction between them. There were periods characterized by intense water deficit, reducing the productive potential of the pastures. The best pasture results were in IAL systems, followed by SAL and SML, with better yields and forage quality, which increasing intake, feed efficiency, animal performance and productivity per area, when compared with SSP and DEG; resulting in better use of the crude protein supplied (pasture+supplement). Due to the interaction system*season and the (severe) water deficit that occurred, it was possible to observe that the best results were associated with the systems that presented the best production and quality of the pasture, in addition to animal performances in the dry period of the year.

Keywords: Sustainable intensification. Grazing systems. Feed quality. Animal production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais fatores que afetam o desempenho (kg/ animal) e a produtividade (kg/ hectare) animal em pastagens (adaptado de Mott e Moore, 1985).	40
Figura 2 – Balanço hídrico, pluviosidade (mm) e temperatura (°C) durante o período experimental (setembro de 2019 a setembro de 2020).	46
Figura 3 – Vista aérea da área experimental.	47
Figura 4 – Croqui da projeção das copas das árvores do sistema consorciado com floresta nativa (Silvipastoril – SSP), com destaque para uma parcela da área experimental.	48
Figura 5 – Capacidade de água disponível (CAD) e parâmetros de armazenamento de água (ARM) do solo, incluindo o manejo por aspersão de lâminas de água (mm) no sistema IAL durante o período experimental (setembro de 2019 a setembro de 2020).	51
Figura 6 – Animais experimentais.	52
Figura 7 – Representação esquemática de uso da gaiola de exclusão e corte da forragem em pasto sob lotação contínua.	55
Figura 8 – Leitura da altura de três perfilhos. (a) Sistema IAL; (b) Sistema DEG.	56
Figura 9 – Subdivisão das frações coletadas nos sistemas. (a) Fração 1; (b) Fração 2.	56
Figura 10 – Representação esquemática da amostragem das MF dos restolhos de forragem pós – pastejo realizada nos sistemas IAL e SAL.	59
Figura 11 - Esquema dos dias de aplicação de TiO ₂ e coleta de fezes dos animais experimentais dentro de cada período de cada estação do ano.	66
Figura 12 – Desdobramento da interação sistema de produção*estações climáticas sobre as características da área foliar (AFE e IAF) e das composições morfológicas (folha, colmo e MSM) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).	75
Figura 13 – Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre a característica de produção (Restolho de Forragem Pós-Pastejo) e estruturais (Altura de Entrada e Saída) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).	79
Figura 14 – Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características produtivas das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).	83

Figura 15 – Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).	90
Figura 16 – Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).	91
Figura 17 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre a característica nutricional das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).	92
Figura 18 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de desempenho de bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).....	96
Figura 19 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de desempenho e de capacidades de suporte de bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).....	98
Figura 20 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das amostras de pastejo simulado das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).....	102
Figura 21 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das amostras de pastejo simulado das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).....	103
Figura 22 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das amostras de pastejo simulado das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).....	104
Figura 23 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de consumo total em matéria seca por bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).....	107

Figura 24 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de consumo de forragem e suplemento mineral-proteico em matéria seca por bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).	109
Figura 25 - Desdobramento da interação sistema de produção*estações climáticas sobre as características de eficiência alimentar de bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).....	112
Figura 26 - Desdobramento da interação sistema de produção*estações climáticas sobre a característica de eficiência alimentar de bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -- Análise química de fertilidade do solo dos sistemas pastoris de produção de gado de corte em 2019, na profundidade de 0,00 a 0,20 m.	49
Tabela 2 – Calagem e correção de fertilidade do solo com superfosfato simples (SFS) e cloreto de potássio (KCl) dos sistemas pastoris de produção de gado de corte em 2019.....	49
Tabela 3 – Parâmetros edafoclimáticos e manejo da irrigação da pastagem por aspersão de lâminas de água (mm) no sistema IAL durante o período experimental (setembro de 2019 a setembro de 2020).....	50
Tabela 4 – Proporção e composição bromatológica do suplemento mineral-proteico.	54
Tabela 5 - Características da área foliar (AFE e IAF) e das composições morfológicas (folha, colmo e MSM) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) durante diferentes estações climáticas do ano.....	72
Tabela 6 – Características produtivas das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) durante um ano.	76
Tabela 7 – Característica produtiva (Restolho de Forragem) e estruturais (Alturas de Entrada e Saída) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano. ...	77
Tabela 8 – Características produtivas e estruturais da pastagem temperada em função do nível de intensificação do sistema pastoril de produção de gado de corte (IAL) no período da “seca”.	80
Tabela 9 - Características produtivas das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.	81
Tabela 10 – Características nutricionais das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) durante um ano.	84
Tabela 11 – Características nutricionais da pastagem temperada em função do nível de intensificação do sistema pastoril de produção de gado de corte (IAL) no período da “seca”. ..	86
Tabela 12 – Características nutricionais das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.	87

Tabela 13 – Características de desempenho de bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) durante um ano.	93
Tabela 14 – Características de desempenho e das capacidades de suporte (TLBE e TLUA) de bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano. ...	94
Tabela 15 – Características nutricionais das amostras de pastejo simulado das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.	100
Tabela 16 – Características de consumo voluntário em matéria seca de bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.	105
Tabela 17 – Características de eficiência alimentar de bovinos machos da raça <i>Nelore</i> em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
AF	Acúmulo de Forragem
AFE	Área Foliar Específica
AGV's	Ácidos Graxos Voláteis de Cadeia Curta
ARM	Armazenamento de Água
BE	Bovino Equivalente
BH	Balanço Hídrico
BRS	Sigla (BR: Brasil e S: Sementes) utilizada para identificar todas as cultivares lançadas pela Embrapa, protegidas junto ao SNPC e MAPA
CA	Conversão Alimentar
CAD	Capacidade de Água Disponível
CEUA	Comitê Institucional de Cuidado e Uso de Animais
CMS	Consumo Voluntário em Matéria Seca
CMS _f	Consumo Voluntário em Matéria Seca da Forragem
CMS _s	Consumo Voluntário em Matéria Seca do Suplemento
CNF	Carboidratos Não Fibrosos
CPPSE	Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DIVMS	Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca
EA	Eficiência Alimentar
ED	Energia Digestível
EE	Extrato Etéreo
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPM	Erro Padrão Médio
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FDNi	Fibra em Detergente Neutro Indigestível
GEE	Gases de Efeito Estufa
GPMD	Ganho de Peso Médio Diário

GPV	Ganho de Peso Vivo
GRC	Ganho de Rendimento de Carcaça
IAF	Índice de Área Foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IZ – APTA	Instituto de Zootecnia da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
LAPIG/ UFG	Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade de Goiás
Lig	Lignina
LNA	Laboratório de Nutrição Animal
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MF	Massa de Forragem
MO	Matéria Original
MS	Matéria Seca
MSM	Matéria Seca Morto
MM	Matéria Mineral
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
NIDN	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro
NIDA	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido
NIRS	Espectroscopia de Infravermelho Próximo
NNP	Nitrogênio Não-Proteico
NRC	National Research Council
PB	Proteína Bruta
PIB	Produto Interno Bruto
Plote	Soma dos PV de todos os animais em uma determinada unidade experimental
PRNT	Poder Relativo de Neutralização Total
PUSP – FC/ USP	Prefeitura da Universidade de São Paulo
PV	Peso Vivo
RC	Rendimento de Carcaça
RF	Restolho de Forragem
SAS	Statistical Analysis System

SISP	Serviço de Inspeção do Estado de São Paulo
SNPC	Serviço Nacional de Proteção de Cultivares
SPV	Sementes Puras Viáveis
TGI	Trato Gastrointestinal
TL	Taxa de Lotação
TLBE	Taxa de Lotação em Bovino Equivalente
TLUA	Taxa de Lotação em Unidade Animal
UA	Unidade Animal
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

C	Carbono
°C	Graus Celsius
Ca	Cálcio
CH ₄	Gás Metano
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de Carbono ou Gás Carbônico
CO ₂ eq	Medida internacional dos GEE expressa em equivalência em Dióxido de Carbono baseada no Potencial de Aquecimento Global
FADH ₂	Coenzima Dinucleotídeo de Flavina e Adenina
g	Gramma
Gg	Unidade de Medida Giga grama (1 Gg = 10 ⁶ kg)
Gt	Unidade de Medida Giga tonelada (1 Gt = 10 ¹² kg)
H ₂	Gás Hidrogênio
H ₂ O ₂	Peróxido de Hidrogênio
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
ha	Hectare
K	Potássio
KCl	Cloreto de Potássio
kg	Quilograma
m	Metro
mm	Milímetro
mg	Miligramma
MJ	Mega Joule
N	Nitrogênio
NaCl	Cloreto de Sódio
NADH	Coenzima Dinucleotídeo de Nicotinamida e Adenina
NADPH	Coenzima Fosfato de Dinucleotídeo de Nicotinamida e Adenina
N ₂ O	Óxido Nitroso
NH ₃	Amônia
NH ₄ NO ₃	Nitrato de Amônio
O ₂	Gás Oxigênio
P	Fósforo

R ²	Coeficiente de Determinação
S	Enxofre
SFS	Superfosfato Simples
TiO ₂	Dióxido de Titânio

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	26
2.	OBJETIVOS.....	28
3.	HIPÓTESE	28
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
4.1.	Emissão de Gases de Efeito Estufa, Manejo da Pastagem e Estratégias de Mitigação	29
4.2.	Intensificação dos Sistemas de Produção Animal	32
4.2.1.	Pastagem	32
4.2.2.	Valor Nutritivo e Consumo Animal	38
4.2.3.	Desempenho Animal e Uso de Suplementos	43
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	46
5.1.	Localização e Condições Edafoclimáticas	46
5.2.	Tratamentos.....	47
5.3.	Manejo dos Animais e Suplementação	52
5.4.	Caracterização dos Componentes Produtivos das Pastagens	54
5.4.1.	Massa, Acúmulo e Resíduo de Forragem das Pastagens	57
5.4.2.	Proporção dos Componentes Morfológicos, Área Foliar Específica e Índice de Área Foliar das Pastagens	59
5.5.	Caracterização dos Componentes Bromatológicos das Pastagens	61
5.6.	Desempenho Animal	62
5.7.	Consumo Voluntário em MS e Eficiência Alimentar.....	65
5.8.	Análise Estatística	70
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
6.1.	Produção e Valor Nutritivo da Forragem	71
6.1.1.	Componentes Produtivos e Morfológicos das Pastagens	71
6.1.2.	Componentes Bromatológicos das Pastagens	84
6.2.	Desempenho Animal	92
6.3.	Consumo Voluntário em MS e Eficiência Alimentar.....	99
7.	CONCLUSÃO	114
	REFERÊNCIAS.....	115
	APÊNDICE A	130
	APÊNDICE B.....	131
	APÊNDICE C	132
	APÊNDICE D	133
	APÊNDICE E.....	134
	APÊNDICE F	135

APÊNDICE G	136
APÊNDICE H	137
APÊNDICE I.....	138
APÊNDICE J	139
APÊNDICE K	140

1. INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas globais desempenham um importante papel relacionado à crescente necessidade alimentícia demandada pela população mundial. Contudo, com o aumento populacional, é evidente que a produção dos alimentos precisa melhorar em muitos aspectos, no intuito de garantir alimentos seguros e nutritivos e, principalmente, minimizar os impactos negativos ocasionados pelo mau uso da terra que contribuem para a degradação dos recursos naturais e que influenciam no aumento do fluxo das emissões de gases de efeito estufa (GEE) por unidade de produto alimentício (WILLETT et al., 2019; KU-VERA et al., 2020).

Dados da plataforma online “FAOSTAT” (FAO, 2018b) apontam que apenas no setor da agricultura em 2018 e nas emissões de GEE mundiais relacionadas ao uso da terra, atingiram 10,5 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Gt CO₂eq/ ano) e dentre as suas atividades, a agropecuária é a maior contribuidora com 6,0 Gt CO₂eq/ ano (57,1% do total) (GERBER et al., 2013), principalmente, na emissão dos gases metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), devido às fermentações entéricas dos animais, ao uso de fertilizantes nitrogenados e a partir do manejo e da deposição dos dejetos animais (ARORA, 2019).

Neste sentido, o Brasil, em meio às questões ambientais e alimentícias, em especial, aos avanços nos índices produtivos que se iniciaram na “Revolução Verde” na década de 1960 e que perduram até os dias de hoje, ocupa uma posição de destaque, principalmente, no setor agropecuário cárneo, sendo o maior exportador de carne bovina e possuindo o maior rebanho bovino comercial do mundo, com 2,5 milhões de toneladas e 213,7 milhões de cabeças, respectivamente (ABIEC, 2020). Entretanto, esse panorama é altamente questionado, alvo de críticas e cobranças (AIKING, 2014; RAMANKUTTY et al., 2018), considerando que o sistema de produção extensivo a pasto é o mais representativo (com aproximadamente 159,5 milhões de hectares) (IBGE, 2017) e grande parte desta exploração animal estar baseada em baixos índices zootécnicos (taxa de ocupação de 1,31 cabeças/ hectare, taxa de lotação de 1,06 unidades animais/ hectare e idade de abate acima de dois anos ou mais) refletindo a ineficiência desse modelo (ABIEC, 2020) quanto à sustentabilidade e a produtividade das atividades (GREGORINI et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2020).

Portanto, as preocupações com as consequências associadas destacam a necessidade urgente de promover alternativas sustentáveis e apropriadas que utilizem sistemas de produção de forma inteligente, recuperando as pastagens, diminuindo o impacto ambiental e preconizando o bem-estar animal (CARDOSO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2020). Neste cenário, a intensificação da produção de pastagens nos sistemas pastoris de corte pode aumentar

a eficiência produtiva dos animais (OLIVEIRA et al., 2018), atender ao aumento da demanda global de produtos cárneos e contribuir com a estabilidade social e financeira do país (PULIDO et al., 2018; FAO, 2019). Pois somente no ano de 2019 o valor do Produto Interno Bruto (PIB) desse setor foi de 8,5% (618,5 bilhões de reais) do PIB total (ABIEC, 2020).

Diante deste contexto, torna-se importante a adoção de estratégias de intensificação nos sistemas pastoris de gado de corte que promovam o melhor manejo fisiológico das pastagens e a manutenção da fertilidade do solo, com uso eficiente da calagem e da adubação, principalmente, para reverter o processo de degradação do solo e possibilitar melhora na qualidade e na obtenção de altas produções forrageiras durante todo o ano. Estratégias como a irrigação, a sobressemeadura de espécies temperadas na época “seca e fria” do ano e a integração de pastagens com florestas, possuem potencial para melhorar o uso dos recursos naturais e insumos, consequentemente, aumentando a eficiência dos sistemas pastoris e evitando impactos ambientais negativos.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da intensificação em diferentes sistemas de produção pastoris de corte a pasto, incluindo a integração pecuária com espécies florestais nativas do Bioma Mata Atlântica (sistema silvipastoril), sobre:

- a. a produção, o valor nutritivo e a caracterização morfológica das pastagens do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) e *Megathyrsus* (*syn. Panicum*), além das espécies *Avena byzantina* cv. São Carlos e *Lolium multiflorum* Lan. cv. BRS Ponteio sobressemeadas em um dos sistemas pastoris durante a época “seca” do ano;
- b. o desempenho, o consumo voluntário em matéria seca e a eficiência alimentar dos animais bovinos de corte da raça *Nelore* em recria-terminação, a capacidade de lotação dos sistemas pastoris.

3. HIPÓTESE

A hipótese é que a aplicação das tecnologias de intensificação nos sistemas pastoris de corte resulte em pastagens mais produtivas e com melhores valores nutritivos, favorecendo o consumo mais eficiente das pastagens produzidas e, conseqüentemente, o melhor desempenho animal.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Emissão de Gases de Efeito Estufa, Manejo da Pastagem e Estratégias de Mitigação

A atmosfera terrestre possui diversos gases capazes de absorver parte da radiação (energia) emitida pelo sol e irradiada pela superfície terrestre, sendo estes, responsáveis pela manutenção da temperatura climática natural do planeta, processo denominado efeito estufa. Contudo, com o aumento em intensidade das emissões destes gases (GEE), a partir das ações antrópicas descontroladas ao longo de 270 anos (com início no período pré-industrial em 1750), possibilitou que estes GEE se concentrassem na atmosfera (ARORA, 2019), impedindo que parte da radiação se dissipe normalmente para a estratosfera, absorvendo mais energia e resultando no aquecimento global (IPCC, 2019).

Como consequência dos processos industriais, segundo estimativas da FAO (FAO, 2019), o setor da agricultura, em um contexto global, contribui diretamente para o aumento das emissões antrópicas dos GEE devido a demanda alimentícia da crescente população mundial, cada vez mais rica e urbanizada, consumindo excessivamente. Cálculos sugerem que a demanda por alimentos ao longo dos anos mais do que quadruplicou de 1970 a 2012 (GERBER et al., 2013) e devem continuar a aumentar nos próximos anos, considerando 35,0% em relação aos níveis de 2012 até 2030 e em 50,0% até o ano de 2050 (FAO, 2018a).

Neste aspecto, os principais GEE relacionados com a agricultura e que compõem a atmosfera terrestre são o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e o dióxido de carbono (CO_2), alvos prioritários para mitigação das emissões antrópicas do planeta. No Brasil, considerando a posição de destaque da agricultura, sendo um dos maiores produtores de alimentos do mundo, a expansão da atividade agropecuária ao longo dos anos propiciou ser a área emissora mais representativa do país.

Segundo Estimativas Anuais de Emissão de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2019) em 2016, o setor agropecuário emitiu 439,2 Gg $\text{CO}_2\text{eq/ano}$ (33,6% do total das emissões no Brasil). Destas emissões, 11,8 Gg $\text{CO}_2\text{eq/ano}$ (56,5% do total) são da fermentação entérica dos animais (CH_4), 509,9 Gg $\text{CO}_2\text{eq/ano}$ (36,0% do total) da aplicação de fertilizantes nos solos (N_2O) e 630,9 e 15,8 Gg $\text{CO}_2\text{eq/ano}$ (4,1% do total) de ambos os gases (CH_4 e N_2O), respectivamente, através do manejo dos dejetos dos animais. Das emissões entéricas de CH_4 dos animais, 97,0% são provenientes das espécies bovinas, sendo 85,9% de rebanhos de corte e 11,0% de rebanhos leiteiros, enquanto o restante é proveniente de outras espécies animais e do manejo de seus dejetos.

A fermentação entérica nos animais ruminantes envolve processos oxidativos, nos quais, estão diretamente relacionados com a qualidade e com as taxas de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos ofertados (PATRA, 2017; GOOPY et al., 2020); liberando continuamente o gás hidrogênio (H_2) e formando diferentes subprodutos, dentre eles, os gases CH_4 e CO_2 entéricos e os ácidos graxos voláteis de cadeia curta (AGV's – acético, propiônico e butírico) (SAMARINI et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2021). O gás H_2 quando em acúmulo no rúmen é rapidamente utilizado como fonte de energia pelos microrganismos metanogênicos (pertencentes ao domínio *Archaea*) para manter o bom funcionamento do ecossistema ruminal, reduzindo-o em gás CO_2 e formando o gás CH_4 entérico, o qual, não é aproveitado energeticamente pelo metabolismo dos animais (HENRY et al., 2018; KU-VERA et al., 2020) e em consequência, 95,0% é emitido através da eructação, enquanto o restante por flatulências (BEAUCHEMIN et al., 2020; THOMPSON; ROWNTREE, 2020).

Dietas baseadas em pastagens ou em alimentos ricos em fibras favorecem a produção do ácido acético, resultando em maior liberação líquida de H_2 (SAMARINI et al., 2011; BERCHIELLI, et al., 2012) e, que conseqüentemente, contribuem para a maior emissão do CH_4 entérico dos animais (BEAUCHEMIN et al., 2009; GUYADER et al., 2016). Neste aspecto, a capacidade produtiva animal implica na relação de suprimento do H_2 disponível para produção de CH_4 , gerando uma maior quantidade de CH_4 entérico por quilograma de alimento ingerido (kg de CH_4 / kg de alimento ingerido) (BEAUCHEMIN et al., 2009). E em função das pastagens serem a base da alimentação das espécies bovinas no país (BERCHIELLI, et al., 2012), torna-se necessário a busca constante na melhoraria da forragem, aumentando sua digestibilidade e diminuindo as frações fibrosas para contribuir com a redução da emissão de CH_4 entérico.

Além das questões envolvendo a dieta dos animais, ainda temos os tópicos das emissões do complexo solo-planta-animal-atmosfera (FAO, 2018a). Práticas de desmatamento e o mau uso da terra, aumentando as áreas extensivas e acelerando a degradação dos solos, implicam em diversos distúrbios, comprometendo as propriedades físicas e biológicas deste complexo, potencializando as emissões de CO_2 , N_2O e CH_4 (GERBER et al., 2013; VALE et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020).

De acordo com ALVES (2017), a emissão de CO_2 está relacionada, principalmente, com o desmatamento das florestas, removendo a cobertura vegetal, comprometendo a biodiversidade e aumentando as áreas de pastejo para a criação de bovinos (ARORA, 2019); seguido pela rápida implantação e degradação das pastagens, exaurindo a capacidade fértil do solo por meio do metabolismo aeróbio de microrganismos que quebram os agregados de carbono (C) e que levam à exposição do solo, propiciando, principalmente, ao maior efluxo de

CO₂ para a atmosfera (GERBER et al., 2013; FAO, 2019). A maior emissão de N₂O em solos agrícolas ocorre pelo fluxo da ciclagem de nitrogênio (N) no sistema solo-planta, através do aumento da disponibilidade das formas minerais de N no solo, seja por meio da adição sintética de fertilizantes, adubos orgânicos e da deposição de resíduos agrícolas e das excretas dos animais (CARDOSO et al., 2019; KLEIN et al., 2020). Enquanto, o CH₄ é emitido pela ação fermentativa dos microrganismos metanogênicos excretados e acumulados através da deposição dos dejetos (fezes) dos animais em solos alagados ou compactados (CARDOSO et al., 2016), dificultando a difusão de oxigênio (O₂) no solo.

Complementarmente, traçar estratégias de mitigação dos GEE tem-se tornado de grande interesse científico e público, nos últimos anos, pois ao contrário da maioria das atividades antrópicas, a pecuária estabelecida em pastagens não é apenas emissora e permite sequestrar GEE durante o seu ciclo de produção (CARDOSO et al., 2016; FLORINDO et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020). Entretanto, a ineficiência da utilização adequada das pastagens no Brasil, que em grande parte se apresentam em estágios de degradação (OLIVEIRA SILVA et al., 2017) possui maior capacidade de produção de GEE quando comparadas as pastagens intensivas (BEAUCHEMIN et al., 2009; GUYADER et al., 2016), que devido à tecnificação podem contribuir com a redução da emissão de CO₂ através do estoque de C no solo.

Neste contexto, o importante é promover um balanço entre as emissões e o sequestro de GEE em uma atividade, possibilitando que seja possível retirar mais poluentes do que os emitir. E as pastagens e o componente arbóreo quando bem manejadas, durante o ciclo de C na fotossíntese podem converter o CO₂ atmosférico em massa vegetal (podendo servir de alimento aos animais) e auxiliar na conservação do estoque de C existente no solo (por meio da deposição de material orgânico das perdas de pastejo ou pela morte e deposição de raízes no solo), como no fuste das árvores dos sistemas integrados com pastagens e florestas (TORRES et al., 2017; BOSI et al., 2020a; DOMICIANO et al., 2020).

SAKAMOTO (2018), enfatiza que atualmente existem diversas estratégias de mitigação dos GEE na agropecuária e elas consistem em três categorias: 1) aumento da produção animal, com a melhoria dos índices zootécnicos de forma intensiva (CARDOSO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2018); 2) manejo adequado do solo, realizando a implementação de práticas que possibilitem melhorar o valor nutritivo das pastagens com diversas alternativas sustentáveis (DEMARCHI et al., 2016; CARDOSO et al., 2020a); e 3) manejo alimentar, fornecendo alimentos de boa qualidade que irão atuar diretamente na fermentação e nos produtos da fermentação dos ruminantes (RICHARDSON et al., 2019; KOSCHECK et al., 2020), manipulando as intensidades de emissões de GEE dos animais.

4.2. Intensificação dos Sistemas de Produção Animal

4.2.1. Pastagem

Com uma área territorial de 851,5 milhões de hectares, o Brasil apresenta por volta de 351,3 milhões de hectares dedicados total ou parcialmente à exploração agrária e, desta área total, 159,5 milhões de hectares são baseados em pastagens tropicais naturais (29,7%) e plantadas (70,3%) (IBGE, 2017), com indícios de degradação em 97,7 milhões de hectares (somando as classes leve, moderada e severa) segundo informações recentes das séries de mapas processados anualmente pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade de Goiás (LAPIG/ UFG) (FERREIRA JÚNIOR, 2020).

De acordo com DIAS-FILHO, (2014), o conceito de “degradação” de uma determinada pastagem é relativo à sua capacidade produtiva ideal para o tipo de ecossistema ou ambiente em que se encontra ou no qual foi formada. Ou seja, considerar uma pastagem em estágio de degradação, poderia estar associado com a diminuição gradual ou acentuada de seu vigor e de sua capacidade natural de recuperação para sustentar sua produtividade agrícola na área que está inserida (OLIVEIRA SILVA et al., 2017), pois embora biologicamente produtiva, pode apresentar uma capacidade aquém de suas expectativas (DIAS-FILHO, 2014). Adicionalmente, esta pastagem não será capaz de atender as exigências dos animais em pastejo, refletindo em menores capacidades zootécnicas (CARDOSO et al., 2020a; GREGORINI et al., 2017), além de não conseguir tolerar efeitos abióticos e bióticos satisfatoriamente, como por exemplo, insetos, doenças e a infestação de ervas daninhas (DIAS-FILHO, 2014; OLIVEIRA SILVA et al., 2017).

Neste entendimento, considerando a presença dessas áreas de pastagens degradadas como consequência das ações antrópicas diretas, exaurindo todos os recursos naturais disponíveis do solo sem a realização da recomposição dos nutrientes (CARDOSO et al., 2020a; OLIVEIRA et al., 2020); o manejo adequado das pastagens, promovendo a utilização de estratégias sustentáveis para diminuir os impactos ambientais se destaca (WEZEL et al., 2015; CARDOSO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2020).

Conforme CARDOSO et al. (2020a), as estratégias de manejo das pastagens mais utilizadas nas condições tropicais são a modificação da duração e da frequência de pastejo durante os estágios de rebrota das pastagens (BOVAL; DIXON, 2012; BOVAL et al., 2014); o ajuste das taxas de lotação animal nos sistemas, de acordo com as características de oferta das forragens (COSTA; QUEIROZ, 2013; SILVA et al., 2013; RUGGIERI et al., 2020); a aplicação de corretivos e de fertilizantes para o aporte nutricional dos solos e das pastagens (LEMAIRE

et al., 2008; DUBEUX et al., 2017; CARDOSO et al., 2019; KLEIN et al., 2020); e, por fim, o consórcio com outras forragens, como as temperadas, usadas no período “seco e frio” do ano, para melhorar o desempenho animal em condições em que a temperatura é limitante, mas há oferta de água por irrigação, podendo citar dentre elas, as espécies leguminosas *Avena byzantina* e *Lolium multiflorum* (OLIVEIRA et al., 2005).

No Brasil, as espécies forrageiras cultivadas mais utilizadas para a produção de bovinos são do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) e *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) (SANTOS et al., 2015). A partir de suas introduções em 1980, as espécies forrageiras do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*), viabilizaram novas áreas para a pecuária de corte, principalmente em solos ácidos e de baixa fertilidade, característicos do bioma Cerrado (CEZAR et al., 2005; CORREA e SANTOS, 2009; SANTOS et al., 2015), flexibilizando seus usos e manejos (EUCLIDES et al., 2021). A renovação destes solos anteriormente degradados, apresentando capacidade de suporte inferior a 0,80 unidades animais/ hectare/ ano (DIAS-FILHO, 2014), possibilitou melhora, conseguindo suportar nestas mesmas regiões 1,20 cabeças/ hectare (ABIEC, 2020), exportando e possibilitando atender a grande necessidade alimentícia mundial (GREENWOOD, 2021).

CORREA e SANTOS (2009) e SANTOS et al. (2015), afirmam que as principais cultivares do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) em uso no Brasil, representando cerca de 64,0% da área total são:

- 1) *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) *decumbens* Stapf cv. Basilisk: apresentando 0,40 m de altura em média; hábito de crescimento semiprostrado; alta intensidade de perfilhamento; permitindo manejo de pastejo de entrada e saída, com 0,25 e 0,15 m, enquanto no sistema contínuo permite de 0,30 a 0,15 m, respectivamente; e temperatura basal de 17,3°C.
 - a) Atributos positivos: facilidade de estabelecimento, tolerância a solos ácidos e de baixa fertilidade e elevada resposta à adubação;
 - b) Atributos negativos: suscetibilidade à cigarrinha das pastagens, não é adaptada para solos mal drenados e é de difícil erradicação.
- 2) *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) *brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu: apresentando 0,53 m de altura em média; hábito de crescimento cespitoso; média intensidade de perfilhamento; permitindo manejo de pastejo de entrada e saída, com 0,30 e 0,20 m, enquanto no sistema contínuo permite de 0,35 a 0,30 m, respectivamente; temperatura basal de 17,3 °C.

a) Atributos positivos: resistência à cigarrinha das pastagens, elevada produção de matéria seca, alta qualidade de forragem, boa cobertura de solo e elevada resposta à adubação;

b) Atributos negativos: baixa tolerância a solos ácidos e de baixa fertilidade, exige mais cuidado e não é adaptada para solos mal drenados.

Na região Central do Brasil houve um incremento na utilização das cultivares do gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) nos últimos anos, em virtude de seu grande potencial de produção de matéria seca por unidade de área, boa qualidade e adaptabilidade, além de estabelecimento eficiente (CORREA e SANTOS, 2009; SANTOS et al., 2015; EUCLIDES et al., 2021).

Segundo CORREA e SANTOS (2009) e SANTOS et al. (2015), as principais cultivares do gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) em uso no Brasil são:

1) *Megathyrsus maximus* (*syn. Panicum*) *maximum* Jacques cv. Tanzânia: apresentando 1,09 m de altura em média; hábito de crescimento cespitoso; média intensidade de perfilhamento; permitindo manejo de pastejo de entrada e saída de 0,70 m e entre 0,40 a 0,35 m; e temperatura basal de 14,3 °C.

a) Atributos positivos: elevado valor nutritivo e alimentício, elevada resposta à adubação intensiva, resistência moderada à cigarrinha das pastagens, fácil uniformidade de pastejo e maior relação folha: colmo;

b) Atributos negativos: não adaptada a solos ácidos e de baixa fertilidade.

2) *Megathyrsus maximus* (*syn. Panicum*) *maximum* Jacques cv. Mombaça: apresentando 1,45 m de altura; hábito de crescimento cespitoso; média intensidade de perfilhamento; permitindo manejo de pastejo de entrada de 0,90 m e saída de 0,50 a 0,45 m; e temperatura basal de 14,3 °C.

a) Atributos positivos: elevada produção sob adubação intensiva, elevada qualidade, alto valor alimentício e resistência moderada à cigarrinha das pastagens;

b) Atributos negativos: não adaptada a solos ácidos e de baixa fertilidade, difícil uniformidade de pastejo e porte muito alto.

Considerando as condições climáticas nas regiões tropicais e na maior parte do Brasil, existem duas estações bem definidas ao longo do ano, definidas como: período das “águas” (limitando-se durante as estações primavera e verão) e da “seca” (no outono e inverno) (CARDOSO et al., 2020a). Durante o período das águas, existem diversos fatores que favorecem o desenvolvimento das plantas forrageiras, principalmente, condições ambientais ideais, como precipitação pluvial, temperatura e radiação solar (CORREA e SANTOS, 2009;

SANTOS et al., 2015; CARDOSO et al., 2020a); enquanto na seca, a limitação destes fatores climáticos marca o período com baixo desenvolvimento das plantas forrageiras (DEMARCHI et al., 2016; OLIVEIRA SILVA et al., 2017). Consequentemente, as pastagens tropicais nesta época “seca e fria” do ano perdem suas capacidades produtivas, mesmo com o incremento de fertilizantes (DUBEUX et al., 2017; KLEIN et al., 2020), pois apesar do aporte de nutrientes, não há precipitação pluvial e temperaturas suficientes para o desenvolvimento da forragem.

Neste aspecto, conhecendo os fatores abióticos que afetam a produtividade forrageira e tendo instrumentos que permitam monitorar as condições climáticas (ALLEN et al., 1998; CORREA e SANTOS, 2006) é possível estabelecer um planejamento sobre o manejo das pastagens (SANTOS et al., 2015; OLIVEIRA SILVA et al., 2017), propondo técnicas que minimizem os efeitos estacionais e assegurem a produtividade das pastagens durante todo o período de produção (CARDOSO et al., 2020a).

A irrigação das pastagens é uma técnica que visa eliminar o efeito do estresse hídrico, suprimindo a deficiência total ou parcial de água do solo e atendendo à demanda hídrica das forragens pelo período de cinco a seis meses no ano (CORREA e SANTOS, 2006), dependendo das propriedades físicas do solo, da evapotranspiração e das capacidades produtivas das forragens de uma determinada região (SILVEIRA et al., 2019). A sobressemeadura de espécies de regiões temperadas sobre as forragens tropicais se torna outra estratégia quando a temperatura é limitante, melhorando principalmente, o incremento e a qualidade da oferta de forragem aos animais em pastejo, desde que sejam corrigidos os problemas de falta de água (OLIVEIRA et al. 2005).

Segundo SANTOS et al. (2015), as principais espécies de clima temperado cultivadas em uso no Brasil, especificamente, na região Sul do Brasil e utilizadas durante o período seco são:

- 1) *Avena byzantina* cv. São Carlos: apresentando 1,20 m de altura em média; hábito de crescimento cespitoso; com alta intensidade de perfilhamento; permitindo manejo de pastejo de entrada de 0,90 m e saída de 0,50 a 0,45 m; temperatura basal de 4,4 °C.
 - a) Atributos positivos: adaptado a temperaturas baixas, pouco exigente em fertilidade do solo, elevada qualidade e alto valor alimentício;
 - b) Atributos negativos: não adaptada a solos ácidos, arenosos e de baixa fertilidade.
- 2) *Lolium multiflorum* Lan. cv. BRS Ponteio: apresentando 0,30 m de altura em média; hábito de crescimento cespitoso; com alta intensidade de perfilhamento; permitindo

manejo de pastejo de entrada de 0,25 m e saída de 0,10 m; temperatura basal de 6,4 °C.

a) Atributos positivos: adaptado a temperaturas baixas, alta capacidade de rebrota, elevada proporção de folhas: colmos, resistente a umidade excessiva dos solos, elevada qualidade e alto valor alimentício;

b) Atributos negativos: não adaptada a solos ácidos, arenosos e de baixa fertilidade.

De acordo com COSTA, (2004), as taxas dos processos morfológicos e fisiológicos das forragens (fases vegetativa, de transição e reprodutiva) estão interrelacionadas, seguindo uma sequência de eventos padrões muito similares até a senescência foliar (morte), de forma que, a arquitetura de uma forragem é determinada pelo tamanho, número e pelo arranjo de seus componentes (folha e colmo) no ambiente. Quando em interação no sistema solo-planta-animal, a complexidade dos fatores torna necessário promover o equilíbrio dinâmico entre os componentes do sistema de produção, principalmente, para assegurar ao componente pastagem sua capacidade de rebrota e perenidade após uma série de alterações em sua morfologia e fisiologia, ocasionadas geralmente, pelas intensidades e frequências de desfolhações por cortes mecânicos ou pelos pastejos sucessivos do componente animal (COSTA, 2004; SILVA et al., 2013; CARDOSO et al., 2020a; RUGGIERI et al., 2020).

Neste contexto, as relações de “causa-efeito” das interações entre os componentes do sistema de produção propiciam transformações nas características estruturais das forragens como: variações na altura de resíduo, no tamanho da folha, na relação folha: colmo, na densidade populacional de perfilhos e no número de folhas vivas por perfilho (CARDOSO et al., 2020a); que por sua vez, permitem verificar o potencial de rendimento de uma pastagem sobre as perturbações impostas (COSTA, 2004).

RUGGIERI et al. (2020), em um estudo com sete anos de duração, avaliando os efeitos das intensidades de pastejo de bovinos de corte sob lotação contínua em sistemas intensificados de produção a pasto com diferentes manejos de altura de *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) *brizantha* cv. Marandu observaram efeitos significativos sobre as massas de forragem anual e nas proporções de folha e colmo. Na média dos anos, a massa de forragem aumentou linearmente com as alturas impostas, evidenciando valores de 5230, 7810 e 9860 kg de matéria seca/ hectare para as alturas de 0,15, 0,25 e 0,35 m, respectivamente. Enquanto os resultados da composição morfológica evidenciaram que a proporção média de folhas diminuiu linearmente de 40,0 para 37,5% com o aumento da altura do pasto, e a proporção de colmo aumentou linearmente de 42,6 para 45,2% para as alturas de 0,15, 0,25 e 0,35 m, respectivamente.

Neste aspecto, obter o conhecimento sobre as características morfogênicas e estruturais das forragens é fundamental para garantir o manejo correto e uso eficiente das pastagens (BOVAL; DIXON, 2012; BOVAL et al., 2014), pois tanto a planta como o animal em pastejo são influenciados por essas características (SANTOS et al., 2015; OLIVEIRA SILVA et al., 2017), principalmente, quando as interações aumentam em complexidade, como por exemplo, com a integração do componente arbóreo no sistema de produção (GEREMIA et al., 2018; BOSI et al., 2020a; DOMICIANO et al., 2020).

GEREMIA et al., (2018), estudaram as características produtivas e morfológicas da cultivar *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) *brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. BRS Piatã em diferentes regimes de sombreamento em sistemas intensivos e integrados de produção a pasto sob lotação intermitente de bovinos de corte e observaram que nos sistemas com a presença moderada (MS, com 338 árvores/ hectare) e intensa (IS, com 714 árvores/ hectare) do componente arbóreo (Eucalipto), a radiação fotossinteticamente ativa foi reduzida em 18,1 e 55,0%, respectivamente, em relação ao sistema a pleno sol (FS). Conseqüentemente, a massa de forragem foi reduzida, apresentando valores de 2900 e 1200 kg de matéria seca/ hectare/ ano para os sistemas MS e IS em relação a 3450 kg de matéria seca/ hectare/ ano para o FS. Em relação à altura das forragens, evidenciaram aumento linear para os sistemas com maiores sombreamentos; enquanto para a proporção folha: colmo, os resultados morfológicos demonstraram que a proporção média de folhas diminuiu e a proporção de caules aumentou linearmente com o aumento do sombreamento nas forragens. Estrategicamente, os autores manejaram os animais de acordo com o regime de sombreamento, através do índice de 95,0% de interceptação luminosa para as forragens, ou seja, isso considera diferentes ambientes de luz para o mesmo “alvo” de interceptação e, respectivamente, os intervalos de pastejo em que os animais foram submetidos aumentaram na medida do nível de sombra durante todo o experimento. Neste contexto, o desempenho dos animais diminuiu na mesma proporção do acúmulo de forragem produzida nos sistemas com maiores sombreamentos, indicando a importância de um planejamento estratégico para combinar árvores e pastagens no mesmo ambiente e otimizar a produtividade animal nos sistemas integrados.

Portanto, o correto estabelecimento da frequência de desfolha, regulando o comportamento ingestivo dos animais (tamanho e taxa de bocado e o tempo de pastejo, por exemplo) por meio da utilização de parâmetros considerando as relações de “causa-efeito” entre as interações dos componentes do sistema e através do controle das taxas de lotação e dos períodos de “ocupação” e “descanso” (quando em regimes intermitentes) (COSTA e QUEIROZ, 2013) permite realizar manejos conscientes entre as alturas máximas e mínimas das espécies

forrageiras, evitando perdas produtivas e proporcionando acúmulo de forragem para um novo ciclo de pastejo (COSTA e QUEIROZ, 2013). Assim, é possível otimizar a produção forrageira e gerar efeitos benéficos tanto ao desempenho animal quanto à pastagem (CORREA e SANTOS, 2009; SILVA et al., 2013; CARDOSO et al., 2020a; RUGGIERI et al., 2020).

4.2.2. Valor Nutritivo e Consumo Animal

Em um sistema de produção a pasto, o potencial de uma pastagem é determinado considerando a eficiência dos animais em pastejo por unidade de área (DIAS-FILHO, 2014), ou seja, o desempenho animal é mais um indicativo que pode ser utilizado para comparar as diferentes capacidades produtivas e qualitativas de uma pastagem em um sistema de produção (SANTOS et al., 2015; CARDOSO et al., 2020b). No entanto, este parâmetro é relativo, pois a condição “qualitativa” ou o termo “qualidade”, que faz referência às propriedades alimentares de uma pastagem, normalmente, está relacionada com a capacidade em que o animal em pastejo tem de consumir voluntariamente este alimento e transformá-lo em energia digestível (ED) para gerar desempenho (MEDEIROS et al., 2015). Ao passo que, o valor nutritivo é um conceito que se refere, principalmente, aos teores ou a composição dos nutrientes encontrados em um alimento, permitindo considerar os efeitos energéticos da disponibilidade dos nutrientes de um determinado alimento, os possíveis resultados de suas digestibilidades e a natureza dos produtos de sua digestão (EUCLIDES et al., 2021).

Neste aspecto, determinar a composição nutricional dos alimentos, especificamente, de pastagens, levando em conta suas taxas morfológicas e fisiológicas dentro da mesma espécie (COSTA, 2004; OLIVEIRA SILVA et al., 2017) que podem ser influenciadas diretamente pelas interações com o ambiente que estão inseridas, principalmente, pelas propriedades químicas e físicas do solo (SILVA et al., 2013; GREGORINI et al., 2017; CARDOSO et al., 2020a; OLIVEIRA et al., 2020) e pelos manejos a que são submetidas (CARDOSO et al., 2020a; GREGORINI et al., 2017), é uma tarefa complexa. Adicionalmente, tais informações devem estar dispostas, de modo que, a partir da quantificação dos compostos presentes nos alimentos, como por exemplo: proteínas, carboidratos estruturais e não estruturais, lignina, lipídeos, vitaminas e minerais essenciais (EUCLIDES et al., 2021), seja possível identificar limitações e auxiliar com alternativas suplementares os nutrientes necessários para as exigências animais (MEDEIROS et al., 2015; BARBIZAN et al., 2020; KOSCHECK et al., 2020).

As pastagens tropicais, geralmente, apresentam baixos teores de proteína bruta (PB) e altas concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA)

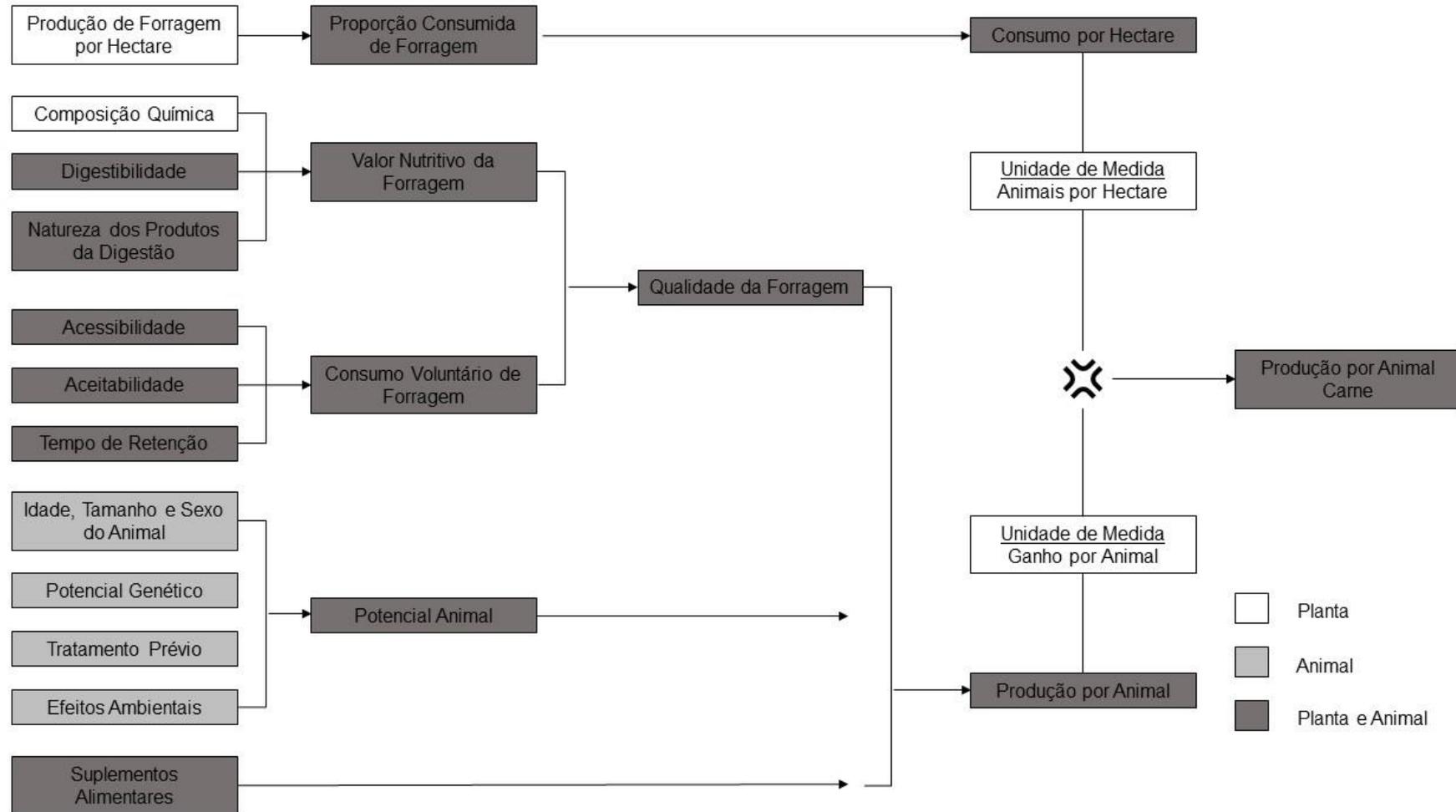
(RUFINO et al., 2020; RUGGIERI et al., 2020), apresentando um material de pior qualidade e fibroso quando comparadas às pastagens temperadas (SILVA et al., 2013; LIMA et al., 2018). No entanto, esta condição se deve às diferentes características dos processos morfológicos e fisiológicos, nos quais, as pastagens estão submetidas pelo ecossistema (COSTA et al., 2004), desenvolvendo distintos padrões relacionados com as proporções dos tecidos à medida que se desenvolvem, sofrendo lignificações progressivas (BASSO et al., 2015).

Segundo EUCLIDES et al. (2021), o estágio de desenvolvimento das pastagens é um fator que possui correlação com o valor nutritivo. Quando jovens e em condições favoráveis, apresentam uma estrutura morfológica determinante, com maior presença de folhas, altos valores de PB e menores frações fibrosas, permitindo uma elevada eficiência de consumo (SOUZA et al., 2010; RUGGIERI et al., 2020; EUCLIDES et al., 2021). Quando em senescência, a complexidade das interações do ecossistema e dos processos metabólicos, através da lignificação da parede celular (COSTA et al., 2004; LIMA et al., 2018), promovem decréscimo nos compostos nutritivos, apresentando valores de PB reduzidos e mais fibrosa (SOUZA et al., 2010; DETMANN et al., 2014a; 2014b; EUCLIDES et al., 2021); consequentemente, nesta ocasião, o animal precisa realizar mudanças compensatórias para adquirir forragens mais digestíveis (RUGGIERI et al., 2020), ou ser auxiliado suplementarmente para garantir os nutrientes necessários à sua produção (MEDEIROS et al., 2015; BARBIZAN et al., 2020; KOSCHECK et al., 2020).

Portanto, considerando que a proteína é o principal fator limitante na utilização das pastagens pelos animais em pastejo, principalmente, no período “seco e frio” do ano (DETMANN et al., 2014^a; 2014b; VALENTE et al., 2014; BARBIZAN et al., 2020) e que as frações fibrosas estão correlacionadas com as atividades metabólicas estruturais da parede celular das forragens, promovendo a conversão dos produtos fotossintéticos e aumentando os teores de carboidratos estruturais (SOUZA et al., 2010; GUARDA et al., 2014), a relação proteína: carboidrato determina os efeitos sobre o consumo dos nutrientes e sobre os resultados da digestibilidade da pastagem aos animais (BARBIZAN et al., 2020; EUCLIDES et al., 2021).

Adicionalmente, as variações no processo de pastejo, correlacionando a disponibilidade de matéria seca, a acessibilidade e a facilidade de colheita de folhas e/ ou das partes aéreas das forragens, decorrentes das modificações morfogênicas da estrutura das pastagens pelo grau de seletividade animal e incluindo os valores nutricionais e metabólicos das pastagens, influenciam no comportamento de consumo de forragem animal (COLEMAN et al., 2003; SOLLENBERGER et al., 2011); e a identificação destas variações permitem prever as taxas de lotação e o potencial produtivo por animal (Figura 1).

Figura 1 – Principais fatores que afetam o desempenho (kg/ animal) e a produtividade (kg/ hectare) animal em pastagens (adaptado de Mott e Moore, 1985).



Fonte: Mott e Moore, (1985). Elaboração do Autor.

Em pastagem, partindo-se de um ambiente adequado, não havendo fatores limitantes ao consumo, o animal irá apresentar uma alta eficiência, assim, além dos fatores psicogênicos e fisiológicos, o principal fator que influencia no consumo das forragens, é a sensação de saciedade física em função da distensão do trato gastrointestinal (TGI) causado pelo acúmulo de conteúdo ruminal e da digestão lenta do alimento, principalmente, com característica fibrosa. Com a mudança de cenário, partindo-se para um ambiente em que qualquer fator citado anteriormente altere a disponibilidade e/ ou a qualidade da forragem (SOUZA et al., 2010; DETMANN et al., 2014^a; 2014b; EUCLIDES et al., 2021) é possível perceber que ocorre uma baixa eficiência de consumo, com menores tempos de bocado e maiores tempo de pastejo para compensar a falta do suprimento de nutrientes requeridos ao seu desenvolvimento animal (CARDOSO et al., 2020^a; RUGGIERI et al., 2020). Fatores que tornam necessários maior cuidado com o manejo realizado, de forma a adotar critérios que resultem na melhor combinação entre a produção e a qualidade da forragem no sistema de produção.

Adicionalmente, os aspectos relacionados ao grupo genético e à categoria animal (MÉO-FILHO et al., 2020; SAKAMOTO et al., 2020), às questões do ecossistema, como a radiação solar e a temperatura, são fatores que contribuem indiretamente para a regulação do “apetite” e exercem influência sobre o comportamento de pastejo dos animais (CARDOSO et al., 2016; RUGGIERI et al., 2020). Neste aspecto, a arquitetura e a distribuição do sombreamento do componente arbóreo se tornam uma vantagem no ambiente pastagem, devido às reduções dos efeitos climáticos negativos de calor e no aumento do conforto térmico sobre os animais, com possíveis efeitos sobre o tempo de pastejo, o consumo de pastagem pelo animal e a queda da energia de manutenção (DOMICIANO et al., 2018; PEZZOPANE et al., 2019; BOSI et al., 2020^a; DOMICIANO et al., 2020; SANTOS NETO et al., 2022).

GOMES et al. (2021), avaliou as características nutritivas e produtivas da cultivar *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) *brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu em um sistema a pleno sol de produção a pasto em comparação com um sistema Silvipastoril (com 270 árvores de Eucalipto/ hectare) e puderam constatar que as concentrações dos teores de PB, de FDN e FDA foram maiores em 14,8, 4,9 e 10,9%, respectivamente, em relação ao sistema integrado, principalmente, nas posições mais próximas das árvores. Além disso, não houve diferenças produtivas de forragem e nem entre as proporções das folhas nos sistemas, considerando o componente “sombreado” uma opção viável para a integração com pastagem e para potencializar o desempenho animal, visto o incremento nutritivo proporcionado às pastagens.

Portanto, o entendimento do valor nutricional e das capacidades de consumo de forragem pelos animais é de extrema importância (SOUZA et al., 2010; DETMANN et al., 2014b; EUCLIDES et al., 2021), pois após o conhecimento de seus valores é possível realizar ajustes nas estratégias de produção animal, principalmente, de acordo com as potencialidades forrageiras (SILVA et al., 2013; CARDOSO et al., 2020a; RUGGIERI et al., 2020). Neste sentido, considerando os diversos métodos alternativos desenvolvidos para a mensuração do consumo (BOVAL et al., 2021), o uso de indicadores para as determinações do consumo animal e da digestibilidade dos alimentos tornou-se uma alternativa conveniente e tem sido cada vez mais utilizadas, principalmente, em situações a pasto, visto a heterogeneidade dos fatores envolvidos (CARVALHO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2012).

Dentre os métodos de determinação, os indiretos são baseados na indigestibilidade dos alimentos, ou seja, no princípio de que as excreções fecais dos animais são inversamente proporcionais à digestibilidade dos alimentos ingeridos, mas diretamente relacionadas com a quantidade ingerida (BERCHIELLI et al., 2005; CARVALHO et al., 2007). E através da utilização dos indicadores internos (substâncias naturalmente presentes no alimento e indigestíveis) e externos (adicionados ao alimento, não assimilados pelo organismo animal), é possível estimar percentualmente a excreção fecal diária e calcular os consumos voluntários em matéria seca dos alimentos pelos animais (OLIVEIRA et al., 2012).

De acordo com OWENS et al. (1992), os indicadores ideais devem apresentar as seguintes propriedades: não serem absorvidos pelo trato digestivo nem pela população microbiana; não conter efeitos tóxicos, laxativos, obstipantes ou proporcionar algum outro efeito fisiológico para os animais; além de serem facilmente analisados, podendo obter uma alta recuperação nas fezes. Dentre os indicadores internos, expressando em teoria, o real processo de digestão dos animais em pastejo, destaca-se a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), um resíduo do componente FDN da parede celular dos alimentos (BERCHIELLI et al., 2000), e dentre os indicadores externos, que devem ser completamente recuperados nas fezes dos bovinos, destaca-se o dióxido de titânio (TiO_2) (TITGEMEYER et al., 2001).

O dióxido de titânio (TiO_2) é um pó branco inorgânico legalmente adicionado à dieta dos animais, quimicamente inerte e termicamente foto-estável, inodoro e insolúvel em água, no qual, possui um baixo custo, principalmente, devido a sua utilização na indústria de tintas (contribuindo para a resistência ao calor e ao baixo índice de descoloração por raios ultravioleta) (VALENTINI et al., 2012). Neste aspecto, sua determinação é realizada colorimetricamente, através de um procedimento analítico rápido e preciso para análise quantitativa (MYERS et al.,

2004). Adicionalmente, em relação a sua recuperação fecal em bovinos, estudos evidenciam a acurácia média variando de 91,2 a 98,3%, sendo considerado um indicador capaz de estimar a produção fecal com precisão (TITGEMEYER et al., 2001).

Desta maneira, realizar uma estimativa acurada é uma tarefa difícil e requer muito critério. A magnitude da subestimação é maior quando se compara dietas baseadas em pastagens (variando de 1,1 a 5,5%), principalmente, por estas apresentarem digestibilidades mais baixas e que estar relacionadas aos menores valores nutricionais encontrados (TITGEMEYER et al., 2001), além dos seus principais problemas referir-se em à dificuldade de administrar os indicadores externos e/ ou obter amostras representativas da dieta e das excretas (fezes) dos animais (OLIVEIRA et al., 2012).

4.2.3. Desempenho Animal e Uso de Suplementos

Enquanto países como Austrália e Estados Unidos apresentam de forma dispendiosa econômica e ambientalmente o confinamento como a base dos sistemas de produção de bovinos de corte (GREENWOOD, 2021). O Brasil, vem direcionando a maioria dos seus sistemas baseados em pastagens de forma mais prática e intensiva ao longo dos anos (DIAS-FILHO, 2014) por meio da adoção de tecnologias que proporcionam melhorar o desempenho produtivo animal e ambiental (TEDESCHI et al., 2015; OLIVEIRA SILVA et al., 2017), expressando maiores ganhos de peso com redução de idade de abate, garantindo eficiência e rentabilidade econômica (PALERMO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2018; MÉO-FILHO et al., 2020; SAKAMOTO et al., 2020).

Em geral, grande parte dos produtos cárneos são disponibilizados no final do período das águas (entre os meses de abril e maio) em decorrência do abate dos animais terminados no ambiente pastagem (CEZAR et al., 2005); nos quais, cerca de 85,9% da representatividade total é beneficiada neste período de safra (ABIEC, 2020). Neste aspecto, considerando que nesta época do ano há incrementos em produtividade acima da média (CEZAR et al., 2005; DIAS-FILHO, 2014; DEMARCHI et al., 2016), torna-se interessante aprimorar as técnicas de manejo que possibilitam utilizar as pastagens para reduzir a permanência dos animais nos sistemas (BOVAL; DIXON, 2012; BOVAL et al., 2014), diminuindo o número de épocas “secas” em suas vidas, consideradas críticas, principalmente, nesta fase de vida (recria-terminação) quando comparada às demais (CARDOSO et al., 2020^a; TORRECILHAS et al., 2021).

O modelo de produção de bovinos de corte no Brasil está dividido em três fases distintas: cria, recria e terminação, podendo ser desenvolvidas isoladamente ou de forma complementar em uma mesma propriedade (CEZAR et al., 2005). A cria é determinada pelo período do nascimento do bezerro até a desmama; a recria, da desmama até o animal atingir o peso médio de 300 kg de peso vivo (PV); e a terminação corresponde ao período final de vida do animal, atingindo o peso de abate, geralmente, acima dos 450 kg de PV (SANTOS et al., 2015). Na fase de recria-terminação, o desempenho do sistema de produção é basicamente determinado por dois componentes: o produto entre o desempenho por animal (ganho de peso vivo – GPV) e a capacidade de suporte ou taxa de lotação (número de animais por área – TL); em que ambos, são quantificados para atingir a máxima produção por unidade de área e/ ou animal no menor tempo possível (SANTOS et al., 2015; CARDOSO et al., 2020b).

De acordo com CEZAR et al. (2005), o desempenho animal é uma função direta da ingestão de nutrientes pelo animal, enquanto a lotação é limitada pelo potencial de produção da pastagem, o qual é uma função da fertilidade do solo, da espécie forrageira e do manejo do pastejo utilizados. Portanto, buscar o equilíbrio entre a produção animal, a manutenção da produtividade do sistema solo-planta e otimizar a produção de forragem são técnicas fundamentais para a intensificação dos sistemas de produção (PALERMO et al., 2014; CARDOSO et al., 2020b). Neste sentido, as lotações contínuas e rotativas são estratégias em que geralmente os animais são os meios utilizados para manter a altura mínima de massa de resíduo da pastagem (COSTA; QUEIROZ, 2013), possibilitando atender tanto o ganho produtivo dos animais e garantir a persistência e longevidade das forragens nas pastagens (CEZAR et al., 2005; SANTOS et al., 2015).

OLIVEIRA et al. (2018), avaliando o desempenho de bovinos de corte da raça *Nelore* terminados em diferentes sistemas intensivos de produção a pasto obtiveram valores de PV ao abate de 531, 517 e 527 kg; de ganho de peso diário de 0,530, 0,480 e 0,520 kg/ dia; e de lotação animal de 6,60, 4,20 e 3,30 unidades animais/ hectare para os sistemas irrigado sob alta lotação (IAL), sequeiro sob média lotação (SML) e sequeiro sob alta lotação (SAL), respectivamente, em comparação com 434 kg de PV final; 0,390 kg/ dia e 1,40 unidades animais/ hectare para um sistema baseado em pastagem degradada (DEG). Os autores concluíram que quanto maior o nível de intensificação, melhores os resultados obtidos em termos de produtividade animal.

Adicionalmente, a implementação de sistemas integrados, realizando em uma mesma área, por exemplo, atividades pecuárias e florestais (sistemas silvipastoris) (TORRES et al., 2017; BOSI et al., 2020a), permitem buscar, fundamentalmente, rentabilidade e efeitos

sinérgicos entre os componentes do complexo (AMÉNDOLA et al., 2019; MANZATTO, C. V. et al., 2019). Considerando características produtivas de bovinos de corte nos sistemas silvipastoris no Brasil, resultados evidenciam o potencial do sistema, especialmente, em melhorar o desempenho individual e por área (DOMICIANO et al., 2018; DOMICIANO et al., 2020), devido ao conforto térmico propiciado pela sombra das árvores, diminuindo as perdas energéticas para termorregulação (PEZZOPANE et al., 2019; SANTOS NETO et al., 2022), e aos valores nutricionais incorporados à pastagem pela presença do componente arbóreo quando bem manejado (GOMES et al., 2021).

Sistemas intensivos também apresentam como base mínima, a adoção da técnica de suplementação para potencializar a utilização dos substratos na dieta total e garantir o contínuo desenvolvimento dos animais, otimizando o desempenho e a eficiência alimentar mediante as correções das deficiências nutricionais das pastagens e que os animais são exigentes (BOVAL; DIXON, 2012; BOVAL et al., 2014; TORRECILHAS et al., 2021). Seja pelo uso de minerais ao longo do ano, acrescidos de suplementos proteico-energéticos nos períodos secos e nas transições das estações (CARDOSO et al., 2020b), considerando que as pastagens raramente podem ser consideradas como uma dieta equilibrada aos animais em pastejo, quando ofertadas exclusivamente (DEMARCHI et al., 2016; OLIVEIRA SILVA et al., 2017).

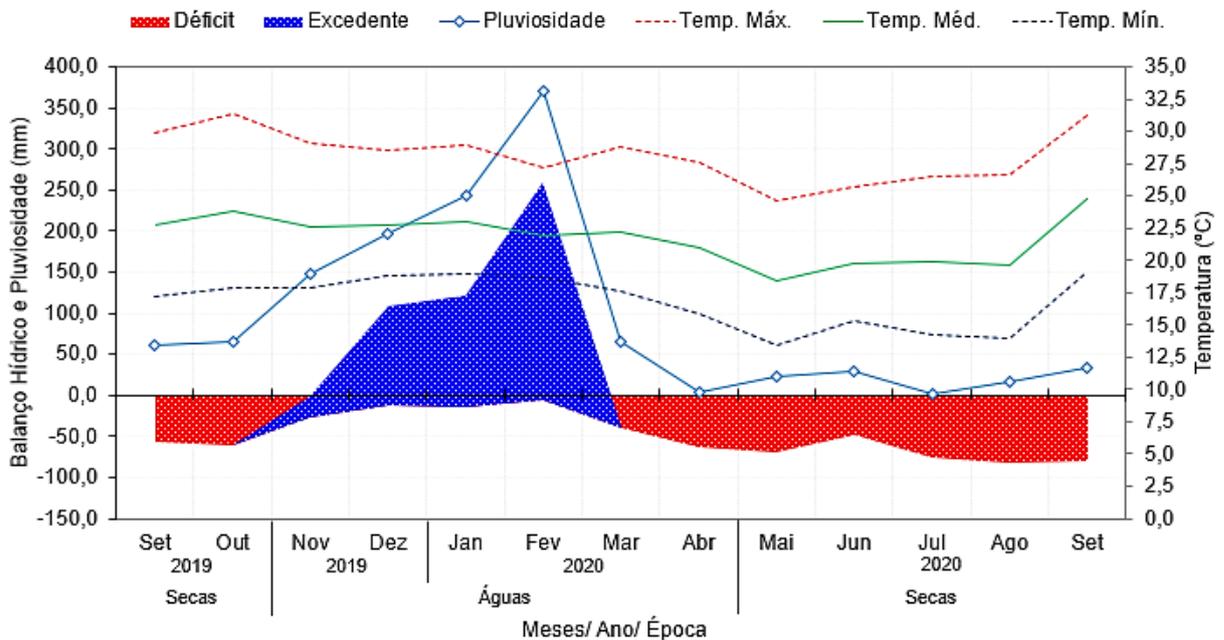
Pensando nestes aspectos e nas questões sustentáveis mundiais, além de aumentar a produção alimentícia no Brasil (GREENWOOD, 2021), identificar ingredientes ou alimentos estratégicos que possam reduzir as emissões de GEE sem afetar a produtividade se torna fundamental (RICHARDSON et al., 2019; CARDOSO et al., 2020b; KOSCHECK et al., 2020), principalmente, nos períodos secos e de transição (CARDOSO et al., 2020a; TORRECILHAS et al., 2021). O nitrato de amônio (NH_4NO_3), especificamente, é um ingrediente fonte de nitrogênio não-proteico (NNP) que atua como uma alternativa para auxiliar na redução da produção individual de CH_4 entérico dos animais, fornecendo substrato para os microrganismos metanogênicos (HULSHOF et al., 2012; VELAZCO et al., 2014); além de permitir, de uma forma geral, melhorar a eficiência alimentar dos animais em pastejo por meio da síntese de proteína microbiana e redução da necessidade de fontes de proteína verdadeira, atendendo as necessidades fisiológicas básicas rapidamente (FREIRE et al., 2015; YANG et al., 2016).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização e Condições Edafoclimáticas

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (CPPSE) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), localizado na Fazenda Canchim, em São Carlos, São Paulo, Brasil (21°57' S, 47°50' W, com 860 m de altitude) durante os meses de setembro de 2019 a setembro de 2020. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Classificação FAO: Hapludox, US Soil Taxonomy) (CALDERANO FILHO, 1998). O clima da região é Tropical de Altitude (Classificação köppen: Cwa), com as estações de inverno e verão bem definidas, apresentando no período experimental temperatura média de 21,7 °C, mínima de 16,9 °C e máxima de 28,1 °C; umidade relativa do ar média anual de 69,2% e pluviosidade acumulada de 1259,8 mm, de acordo com dados climáticos obtidos na Estação Meteorológica Automática instalada próxima do local do experimento (Figura 2).

Figura 2 – Balanço hídrico, pluviosidade (mm) e temperatura (°C) durante o período experimental (setembro de 2019 a setembro de 2020).

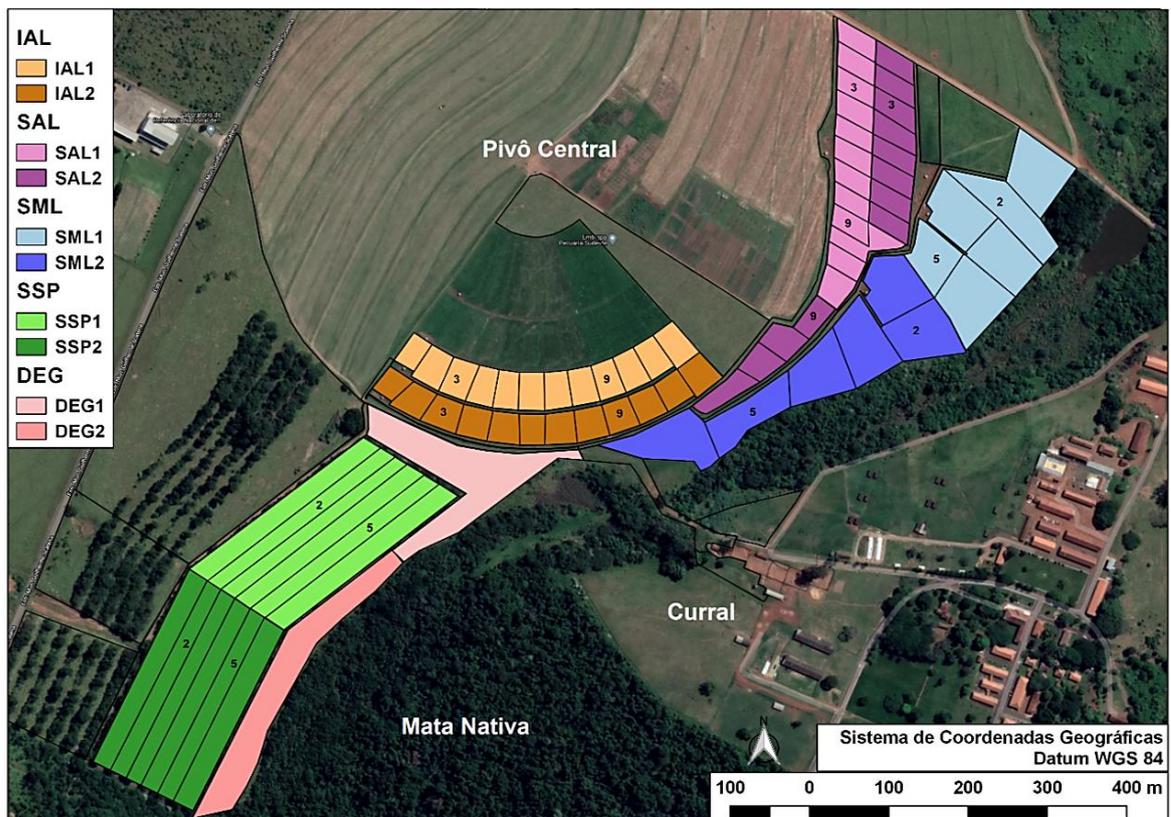


Fonte: ROLIM et al. (1998). Elaboração do Autor.

5.2. Tratamentos

Os tratamentos consistiram em cinco diferentes sistemas de produção pastoris, apresentando duas repetições cada (10 unidades experimentais) (Figuras 3), sendo: 1) pastagem irrigada de *Megathyrus maximus* (*syn. Panicum*) *maximum* Jacques cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *Avena byzantina* cv. São Carlos e com *Lolium multiflorum* Lan. cv. BRS Ponteio (IAL); 2) pastagem de sequeiro de *Megathyrus maximus* Jacques cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação (SAL); 3) pastagem de sequeiro com mistura de *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) *brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu e *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) *decumbens* Stapf cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação (SML); 4) sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileiras (com 350 árvores/ hectare) sob manejo intensivo com moderada lotação (SSP); e 5) pastagem degradada com mistura de *Urochloa brizantha* Stapf cv. Marandu e *Urochloa decumbens* Stapf cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação (DEG).

Figura 3 – Vista aérea da área experimental.



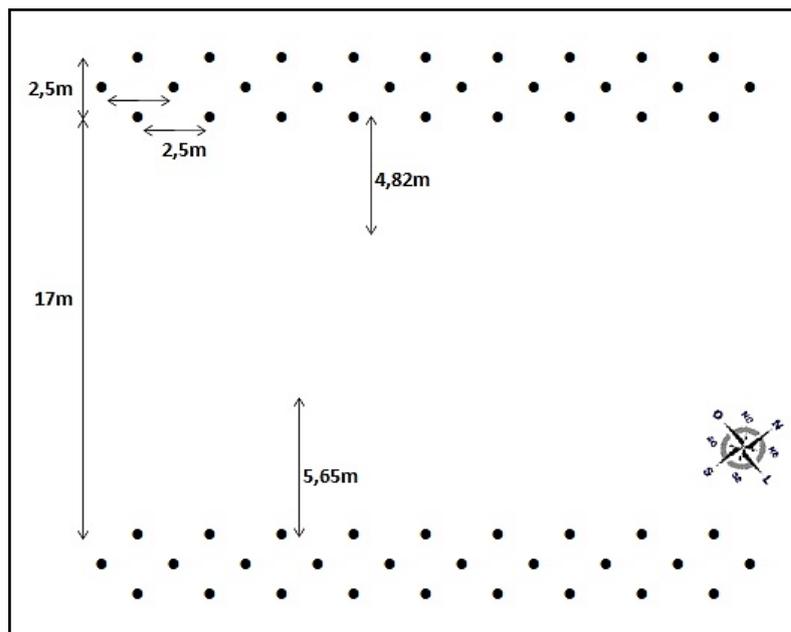
Fonte: Google Earth (2021). Elaboração do Autor.

* Piquetes de amostragens das forragens.

As pastagens nos sistemas IAL e SAL foram estabelecidas em 2002; nos sistemas SML e DEG foram estabelecidas em 1996 com *U. brizantha* Stapf cv. Marandu, mas foram infestadas com *U. decumbens* Stapf cv. Basilisk.

No sistema SSP, a pastagem de *U. decumbens* Stapf cv. Basilisk foi estabelecida há mais de 30 anos em manejo extensivo e em 2007 foi arborizada com espécies florestais nativas do Bioma Mata Atlântica em renques de linhas triplas, formadas pelo conjunto de uma linha central e duas marginais. Apresentando distanciamento entre renques de 17 m e espaçamento entre árvores na linha e entre as linhas centrais e marginais em 2,5 x 2,5 m, na orientação norte-sul e leve tendência para o noroeste-sudoeste, acompanhando o terreno e apresentando as seguintes espécies “madeireiras”: na linha central em ordem aleatória com *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau (ipê-felpudo), *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (jequitibá-branco), além das espécies fixadoras de nitrogênio (família: *Fabaceae*): *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico-branco), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (canafistula) e *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr (pau-jacaré); e nas linhas marginais em sequência alternada com *Guazuma ulmifolia* Lamarck. (mutamba-preta) e *Croton floribundus* Spreng. (capixíngui), resultando em 600 árvores/ hectare. No ano de 2016, 50% das árvores das linhas marginais de cada renque foram desbastadas, totalizando 350 árvores/ hectare. Em 2020, houve uma caracterização das árvores da área, indicando 10,85 m de altura média e projeções das copas de 5,65 m ao lado Norte do renque e de 4,82 m ao lado Sul (Figura 4).

Figura 4 – Croqui da projeção das copas das árvores do sistema consorciado com floresta nativa (Silvipastoril – SSP), com destaque para uma parcela da área experimental.



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Em 2019, antes do início do experimento, foi realizada a coleta de amostras do solo na profundidade de 0,00 a 0,20 m e feita a análise química de fertilidade (Tabela 1). Os sistemas IAL, SAL, SML e SSP receberam na superfície do solo em área total, calagem com calcário dolomítico PRNT 70 e correção de fertilidade com superfosfato simples (SFS) e cloreto de potássio (KCl) para atingir saturação por bases de 70,0% e 20,0 mg dm⁻³ de fósforo (P) e 4,0% de potássio (K) na capacidade de troca catiônica do solo (CTC), respectivamente (Tabela 2). O sistema DEG não recebeu nenhum tipo de calagem ou correção de fertilidade previamente.

Tabela 1 — Análise química de fertilidade do solo dos sistemas pastoris de produção de gado de corte em 2019, na profundidade de 0,00 a 0,20 m.

Sistemas Pastoris	pH	M.O	P (Mehl)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H + Al	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³						%
DEG	4,8	21,0	4,0	17,5	7,5	1,2	37,5	26,0	63,5	41,0
SSP	5,2	20,3	6,9	24,5	12,0	1,5	21,5	37,5	59,0	63,8
SML	5,9	40,5	13,5	46,0	23,0	1,9	25,0	71,0	96,0	73,5
SAL	5,4	27,5	7,5	26,0	13,5	1,5	25,5	41,0	66,5	61,0
IAL	5,6	24,5	11,5	34,0	17,5	2,0	26,0	53,5	79,5	66,0

Fonte: Pasquini Neto (2022).

SB: Saturação de Bases; CTC: Capacidade de Troca de Cátions a pH 7; V: Saturação por Bases.

Tabela 2 – Calagem e correção de fertilidade do solo com superfosfato simples (SFS) e cloreto de potássio (KCl) dos sistemas pastoris de produção de gado de corte em 2019.

Sistemas Pastoris	Aplicações		
	Calagem t/ hectare	SFS kg/ hectare	KCl kg/ hectare
SSP	0,67	400	140
SML	0,00	80	310
SAL	0,82	380	190
IAL	0,64	180	200

Fonte: Pasquini Neto (2022).

SFS: Superfosfato Simples; KCl: Cloreto de Potássio.

As áreas das unidades de cada sistema do IAL e SAL são de 1,8 hectares, divididos em 12 piquetes, que foram manejados de forma rotativa (com períodos de “ocupação” de 3 dias e de “descanso” de 33 dias). No sistema IAL, foram realizadas 5 fertilizações de 80 kg de N-ureia/ hectare durante a época das “águas” e 5 fertilizações de 40 kg de N-ureia/ hectare durante a época das “secas” (totalizando 600 kg de N-ureia/ hectare/ ano); enquanto no sistema SAL foram realizadas apenas 5 fertilizações de 80 kg de N-ureia/ hectare durante a época das “águas” (totalizando 400 kg de N-ureia/ hectare/ ano). Nos sistemas SML e SSP as áreas das unidades são de 3,1 e 3,5 hectares, respectivamente, divididos em 6 piquetes, que foram manejados de

forma rotativa (com períodos de “ocupação” de 6 dias e de “descanso” de 30 dias) e receberam 5 fertilizações de 40 kg de N-ureia/ hectare durante a época das “águas” (um total de 200 kg de N-ureia/ hectare/ ano). Em toda área total dos sistemas IAL, SAL, SML e SSP a fertilização com N-ureia foi realizada na superfície do solo. As áreas das unidades do sistema DEG são de 2,0 hectares, no qual, foram manejados de forma contínua e não receberam nenhuma aplicação de fertilizantes por todo o período experimental, independentemente da altura da pastagem.

Adicionalmente, a pastagem do sistema IAL foi manejada com irrigação por aspersão, utilizando um Pivô Central Fixo CARBORUNDUM modelo PC 08-636/ L3/ G2S (Lindsay Corporation, Omaha, Nebraska, EUA) instalado na área (Figura 3). No qual, por meio do monitoramento contínuo dos dados climáticos, considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 60,0 mm do solo e através de cálculos realizados em planilha do *Software Bhseq V6.3* computacional *Microsoft Office Excel™* (ROLIM et al., 1998) foi possível determinar um balanço hídrico (BH) sequencial de cinco dias (THORNTHWAITE e MATHER, 1955) e realizado o manejo estratégico complementar com a aspersão de lâminas d’água (Tabela 3) para repor a umidade do solo de volta à capacidade de retenção quando o armazenamento de água (ARM) atingisse um limite (umidade crítica) igual a 20,0 mm (Figura 5), de acordo com a equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) (Equação 1).

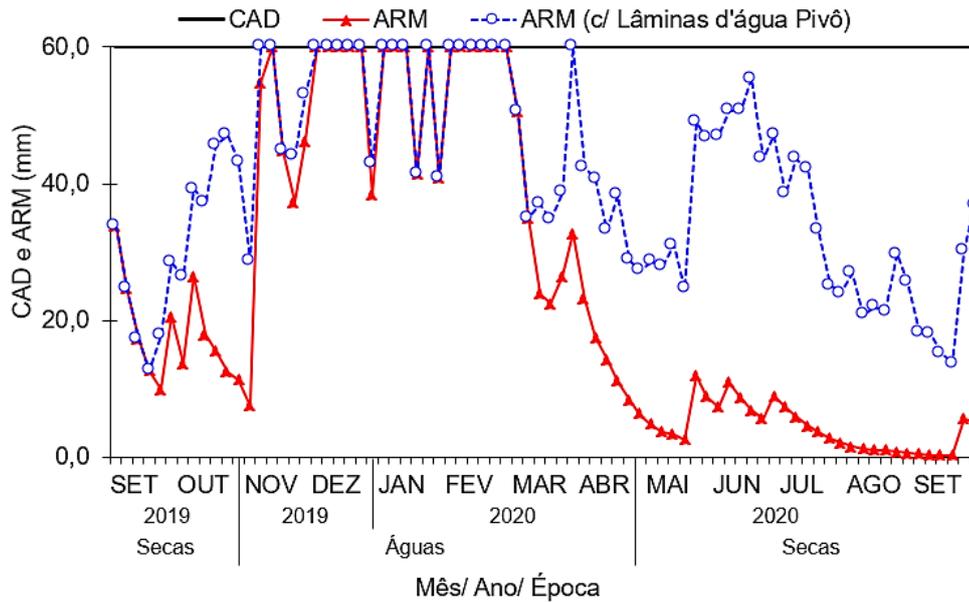
Tabela 3 – Parâmetros edafoclimáticos e manejo da irrigação da pastagem por aspersão de lâminas de água (mm) no sistema IAL durante o período experimental (setembro de 2019 a setembro de 2020).

Ano	Mês	Dados Edafoclimáticos					Eto – P mm	Lâm. Aplicada mm
		Tmáx °C	Tmín °C	UR %	Eto mm	P Mm		
2019	Set.	29,8	17,3	61,9	101,0	62,0	39,0	20,0
	Out.	31,3	17,9	63,6	127,7	65,2	62,5	72,5
	Nov.	29,0	17,8	79,2	114,3	148,2	0,0	10,0
	Dez.	28,5	18,9	82,7	108,6	196,0	0,0	6,7
2020	Jan.	29,0	18,9	83,3	121,4	243,6	0,0	0,0
	Fev.	27,2	18,7	90,3	88,3	370,2	0,0	0,0
	Mar.	28,8	17,6	76,2	119,3	65,6	53,7	45,0
	Abril	27,5	15,9	69,1	103,2	4,4	98,8	50,0
	Mai	24,6	13,4	64,1	84,3	23,2	61,1	72,0
	Jun.	25,7	15,3	70,8	74,9	29,2	45,7	44,0
	Jul.	26,5	14,3	57,9	92,2	1,4	90,8	45,0
	Ago.	26,6	14,0	55,8	94,1	16,6	77,5	63,0
	Set.	31,3	19,1	44,3	99,4	34,2	65,2	64,0
Média		28,1	16,9	69,2	-	-	-	-
Soma		-	-	-	1328,7	1259,8	594,3	492,2

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Tmáx: Temperatura Máxima; Tmín: Temperatura Mínima; UR: Umidade Relativa; Eto: Evapotranspiração de Referência; P: Pluviosidade; Eto – P: Acúmulo da Diferença entre Evapotranspiração e Pluviosidade.

Figura 5 – Capacidade de água disponível (CAD) e parâmetros de armazenamento de água (ARM) do solo, incluindo o manejo por aspersão de lâminas de água (mm) no sistema IAL durante o período experimental (setembro de 2019 a setembro de 2020).



Fonte: ROLIM et al. (1998). Elaboração do Autor.

$$ETo_{(mm/dia)} - P_{(mm/dia)} \geq 20 \text{ mm} \quad (1)$$

Onde:

ETo: representa a evapotranspiração de referência de pastagens tropicais;

P: é a pluviosidade obtida por meio de um pluviômetro próximo do local do experimento.

Complementarmente, com o objetivo de reduzir os efeitos da estacionalidade da produção de forragem durante a época “seca” e aumentar a eficiência do uso da irrigação sobre a pastagem, o sistema IAL foi sobressemeado no final do mês de abril e no início do mês de maio de 2020 com *Avena byzantina* cv. São Carlos (aveia amarela) e com *Lolium multiflorum* Lan. Cv. BRS Ponteio (azevém), com 60 e 30 kg/ hectare de sementes puras viáveis (SPV), respectivamente.

5.3. Manejo dos Animais e Suplementação

Um total de 40 novilhos *Nelore* oriundos do rebanho da Prefeitura da Universidade de São Paulo (PUSP – FC/ USP), em Pirassununga, São Paulo, Brasil, foram manejados de acordo com as Diretrizes do Comitê Institucional de Cuidado e Uso de Animais – CEUA (nº 04/ 2019 da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Brasil). Os animais experimentais foram selecionados dentro de um grupo homogêneo em relação ao peso corporal, à idade e à composição genética, sendo distribuídos aleatoriamente nos sistemas no início do período experimental mediante sorteio (Figura 6). Foram utilizados oito animais experimentais com aproximadamente 375 ± 30 kg de peso corporal e $22,2 \pm 0,7$ meses de idade em cada sistema (sendo quatro animais subdivididos para cada unidade experimental), permanecendo exclusivamente a pasto e recebendo suplementação mineral-proteica *ad libitum* contendo o ingrediente nitrato de amônio (NH_4O_3) (fonte de nitrogênio não proteico – NNP) até o momento do abate.

Figura 6 – Animais experimentais.



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Dos quatro animais experimentais utilizados em cada unidade experimental, três animais “testers” foram empregados para análises de desempenho animal e abatidos no final do experimento; enquanto, o quarto animal foi previamente selecionado e submetido ao

procedimento cirúrgico de fistulação no centro da fossa para lombar esquerda, recebendo cânula ruminal. Para a mensuração do consumo voluntário dos animais foram usados dois animais em cada unidade experimental: um animal “tester” com PV intermediário em relação aos demais e o animal contendo cânula ruminal.

De acordo com a técnica “put and take” de MOTT e LUCAS (1952), os sistemas IAL, SAL, SML e SSP foram manejados com um número variável de animais “reguladores” durante todo o período experimental para ajustar as taxas de lotação e manter a oferta de forragem das pastagens entre os sistemas, mantendo uma pressão de pastejo próxima das capacidades de suporte para cada pastagem utilizada e baseando nas respectivas alturas de resíduo das espécies, conforme recomendação de COSTA e QUEIROZ (2013). No sistema DEG, os ajustes das taxas de lotação e das pressões de pastejo foram realizadas nas épocas de maior acúmulo de forragem da pastagem, enquanto durante o período seco do ano, os animais foram mantidos independentemente da altura de pastagem, mesmo se estivessem abaixo do intervalo entre 0,15 e 0,20 m, recomendado para as espécies *U. (syn. Brachiaria) decumbens* e *brizantha*, respectivamente. Entretanto, devido a uma intensa deficiência hídrica no período seco do ano (Figura 2) e considerando que as alturas das forragens nas pastagens se apresentavam limitantes a apreensão dos animais em função da proximidade do solo, os animais dos sistemas SSP e DEG foram transferidos para outras áreas com características e pastagens semelhantes para evitar o definhamento por inanição nesta época, sendo contabilizadas para fins de cálculo das taxas de lotação animal.

Durante o período experimental todos os sistemas receberam *ad libitum* uma suplementação mineral-proteica contendo milho triturado, cloreto de sódio (NaCl), núcleo mineral e o nitrato de amônio (NH_4NO_3), os quais foram misturados respeitando os níveis de inclusão, conforme a proporção e composição bromatológica dos ingredientes analisados ca (Tabela 4). Adicionalmente, o fornecimento do ingrediente NH_4NO_3 em teores excessivos pode provocar intoxicação por amônia (NH_3), por isso, os animais foram previamente adaptados por 14 dias antes do início do experimento e o suplemento mineral-proteico foi formulado para atingir 0,1% do PV do consumo dos animais.

Tabela 4 – Proporção e composição bromatológica do suplemento mineral-proteico.

Ingredientes (%)	Proporção (%)
Milho Triturado	45,0
Cloreto de Sódio	10,0
Núcleo Mineral ¹	15,0
Nitrato de Amônio ²	30,0
Composição Bromatológica	
Proteína Bruta (% MS)	46,1
Nutrientes Digestíveis Totais (% MS)	60,7
Carboidratos Não Fibrosos (% MS)	21,5
Fibra em Detergente Neutro (% MS)	6,1
Fibra em Detergente Ácido (% MS)	2,3
Lignina (% MS)	0,7
Matéria Mineral (% MS)	25,3
Extrato Etéreo (% MS)	1,2
Energia Bruta (MJ/ kg)	8,8
Cálcio (g/ kg)	11,0
Fósforo (g/ kg)	11,3
Magnésio (g/kg)	0,7
Enxofre (g/kg)	12,3
Potássio (g/kg)	4,3
Cobre (mg/ kg)	124,7
Manganês (mg/ kg)	84,9
Ferro (mg/ kg)	321,4
Zinco (mg/ kg)	426,0

Fonte: Pasquini Neto (2022).

¹Núcleo mineral, quantidade por kg de produto: 240,0 g de Cálcio (máximo), 160,0 g de Fósforo, 60,0 g de Enxofre, 200,0 mg de Cobalto, 2500,0 mg de Cobre, 125,0 mg de Iodo, 2250,0 mg de Manganês, 50,0 mg de Selênio, 7500,0 mg de Zinco, 1600,0 mg de Flúor;

²Fertilizante contendo a fonte de N (33,5 a 34,5%), quantidade por kg de produto: 340,0 mg de Cálcio, 20,0 mg de Fósforo, 22,7 g de Enxofre, 3,2 mg de Cobre, 2,4 g de Manganês, 2,9 mg de Zinco, 2,2 mg de Manganês, 40,5 mg de Ferro, 140,0 mg de Potássio.

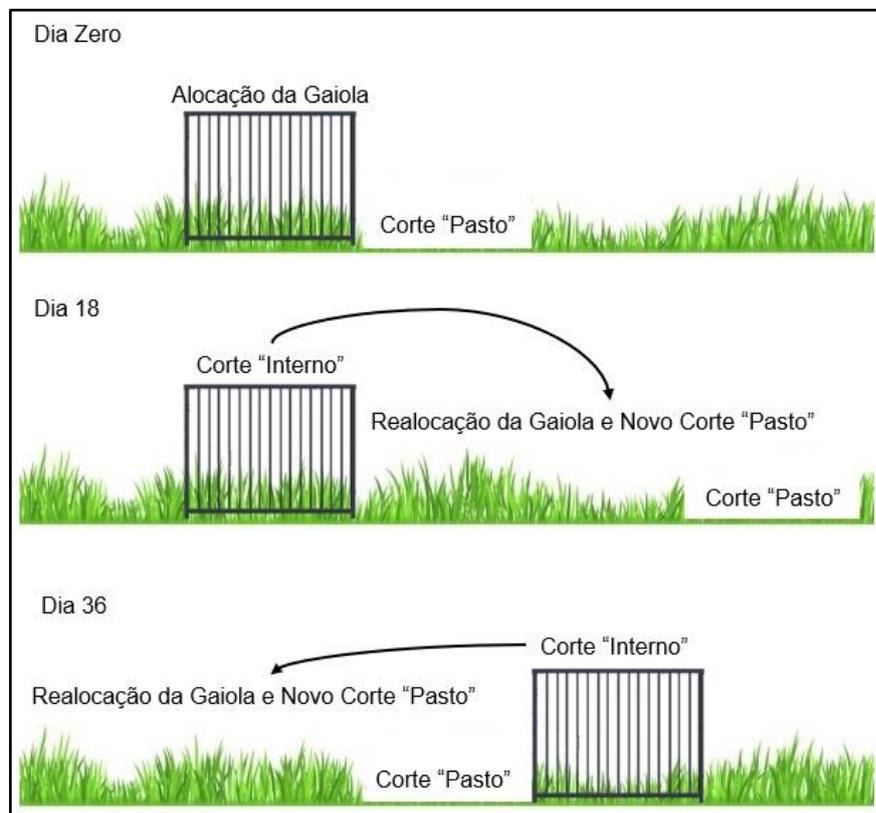
5.4. Caracterização dos Componentes Produtivos das Pastagens

Os componentes produtivos das pastagens foram avaliados com amostras da biomassa de forragem das pastagens coletadas a cada 18 dias em todos os sistemas, durante onze ciclos de produção com 36 dias de duração, distribuídos nas estações do ano, por dois métodos:

- 1) Amostragem direta aleatória em pré e pós-pastejo, em dois piquetes equidistantes geograficamente nos sistemas sob lotação rotativa (nº 3 e 9 para IAL e SAL, e nº 2 e 5 para SML e SSP) (Figura 3);
- 2) Amostragem com o método da gaiola de exclusão, no qual, foram realocadas e ancoradas aleatoriamente em cada amostragem de cada unidade experimental do sistema sob lotação contínua (DEG).

Nos sistemas sob lotação rotativa, foi lançada aleatoriamente uma estrutura metálica de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²) por quatro vezes em cada piquete experimental de cada unidade, totalizando 1,0 m² e 4 sub amostras de biomassa de pré e de pós-pastejo. No sistema sob lotação contínua, foram inseridas 4 gaiolas de exclusão de 0,50 x 0,50 x 0,70 m (0,25 m² de base) em cada unidade experimental, permitindo manter vedada ao consumo animal a biomassa na parte “interna” da gaiola, enquanto a parte “externa”, ou seja, pareada externamente às gaiolas, era acessível e pastejada pelos animais. Desta forma, foram coletadas 4 amostras internas, denominadas “gaiolas” e 4 amostras externas, denominadas “pasto”, de modo que, as amostras coletadas representaram 1,0 m² e 4 sub amostras de biomassa das unidades cada (Figura 7).

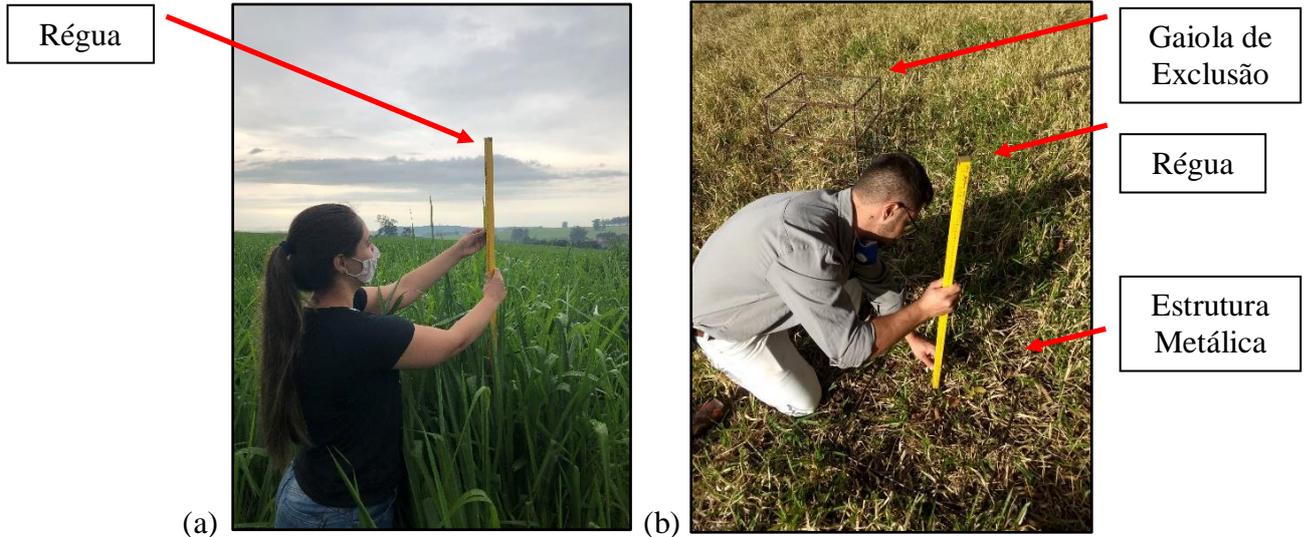
Figura 7 – Representação esquemática de uso da gaiola de exclusão e corte da forragem em pasto sob lotação contínua.



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Nos locais onde as estruturas metálicas e as gaiolas de exclusão se situavam foram realizadas as leituras das alturas de três perfis característicos, através da utilização de uma régua de 1,0 m, graduada em cm (Figura 8.a); enquanto no sistema DEG, este procedimento era iniciado após a retirada das gaiolas de exclusão com as inserções das estruturas metálicas no mesmo lugar, para a demarcação exata do local de amostragem (Figura 8.b).

Figura 8 – Leitura da altura de três perfilhos. (a) Sistema IAL; (b) Sistema DEG.



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Em seguida, todo o material vegetal da biomassa que estava dentro dos limites das estruturas metálicas era cortado. Nos sistemas IAL e SAL, contendo o gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) a altura de corte foi fixada em 0,25 m acima do nível do solo; e nos sistemas SML, SSP e DEG, contendo o gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) os cortes foram realizados rentes ao solo. Imediatamente, os materiais vegetais “frescos” eram armazenados dentro de sacos plásticos identificados, levados ao laboratório, pesados para a obtenção dos cálculos da matéria original (MO) (kg/ ha), homogêneos e subdivididos em duas frações de aproximadamente 200,0 g: a primeira era utilizada para a determinação do teor (%) de MS (Figura 9.a); e a segunda para a análise proporcional (%) da composição morfológica das pastagens, considerando seus componentes (folha, colmo e material morto) (Figura 9.b).

Figura 9 – Subdivisão das frações coletadas nos sistemas. (a) Fração 1; (b) Fração 2.



Fonte: Pasquini Neto (2022).

5.4.1. Massa, Acúmulo e Resíduo de Forragem das Pastagens

Após a separação das amostras, as primeiras frações foram pesadas para a obtenção do peso da MO e logo eram direcionadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65,0 °C durante 72 horas para a obtenção do teor (%) de MS das forragens.

As quantificações das massas de forragem (MF) pré-pastejo e resíduos de forragem (kg de MS/ ha) foram realizadas a partir dos cálculos das amostragens das MF pré e pós-pastejo para os sistemas sob lotação rotativa, e das MF “gaiola” e “pasto” para o sistema sob lotação contínua, respectivamente, de acordo com a seguinte equação 2:

$$MF_{(kg\ de\ MS/ha)} = \left(\frac{MO_{(g)} \times \frac{1,0(m^2)}{0,25(m^2)}}{1000_{(g)}} \right) \times (MS_{(\%)}) \times (10000_{(m^2)}) \quad (2)$$

Onde:

MF: representa a massa de forragem obtida (kg de MS/ ha) em determinado momento;

MO: é o peso da matéria original (g); multiplicado pela razão da área da estrutura metálica (0,25 m²) lançada aleatoriamente por quatro vezes (1,0 m²) e dividida por 1000 para a obtenção do peso em kg;

MS: é o teor da amostra seca (%); posteriormente, multiplicada por 10000 para definição em hectares.

Os cálculos de acúmulo de forragem (AF) (kg de MS/ ha) foram obtidos por meio da diferença entre os ciclos de produção das MF pré-pastejo (ciclo *n*) e das MF pós-pastejo do ciclo anterior (ciclo *n-1*) para os sistemas sob lotação rotativa (Equação 3); e por meio das diferenças entre a amostragem das MF “gaiolas” e das MF “pasto” do ciclo anterior, de acordo com os ciclos de 18 dias em 18 dias, totalizando o ciclo de produção com 36 dias para o sistema sob lotação contínua, segundo as equações 4 e 5:

$$AF_{(kg\ de\ MS/ha)} = MF_{Pré-pastejo(Ciclo\ n)} - MF_{Pós-pastejo(Ciclo\ n-1)} \quad (3)$$

$$AF_{(kg\ de\ MS/ha)} = MF_{Gaiolas(Dia\ 18)} - MF_{Pasto(Dia\ Zero)} \quad (4)$$

$$AF_{(kg\ de\ MS/ha)} = MF_{Gaiolas(Dia\ 36)} - MF_{Pasto(Dia\ 18)} \quad (5)$$

Onde:

AF: representa o acúmulo de forragem (kg de MS/ ha);

MF_(pré e pós-pastejo, gaiolas e pasto): corresponde as massas de forragem quantificadas em cada amostragem (kg de MS/ ha).

No entanto, devido às desuniformidades comuns em condições de pastejo, as alturas de corte das forragens fixadas tanto para o gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) quanto para o gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) encontram-se abaixo das alturas de resíduo que estão baseadas para as pressões de pastejo em cada sistema (COSTA e QUEIROZ, 2013). Neste contexto, com o objetivo de evitar subestimativas da MF pastejadas torna-se necessário efetuar correções de produtividade de AF nos ciclos pelo desaparecimento do material morto (MSM) presente nas coletas de MF pós-pastejo nos sistemas sob lotação rotativa (Equação 6) e nas coletas de MF “pasto” no sistema sob lotação contínua (Equação 7), de acordo com a equação proposta por BOSI et al., (2014):

$$AF_{Corr} = [AF_{Acúm.(kg\ de\ MS/ha)} + (MSM_{Pós-pastejo} - MSM_{Pré-pastejo})] \quad (6)$$

$$AF_{Corr} = [AF_{Acúm.(kg\ de\ MS/ha)} + (MSM_{Pasto} - MSM_{Gaiolas})] \quad (7)$$

Onde:

AF_{Corr}: é o acúmulo de forragem corrigido (kg de MS/ ha);

AF_{Acúm}: é o acúmulo de forragem (kg de MS/ ha);

MSM_(pós e pré-pastejo, pasto e gaiola): representa a fração do material morto presente nas quantificações de cada amostragem de MF (kg de MS/ ha).

Para obter a distribuição da estacionalidade de produção de forragem (%) nos sistemas, cálculos da razão entre a média dos AF obtidos durante as estações de mínima precipitação (outono/ inverno) com a somatória dos AF obtidos durante todas as estações foram realizados, conforme a equação 8:

$$Estacionalidade_{(\%)} = \frac{AF_{(outono/ inverno)(kg\ de\ MS/ ha)}}{\sum AF_{(kg\ de\ MS/ ha)}} \quad (8)$$

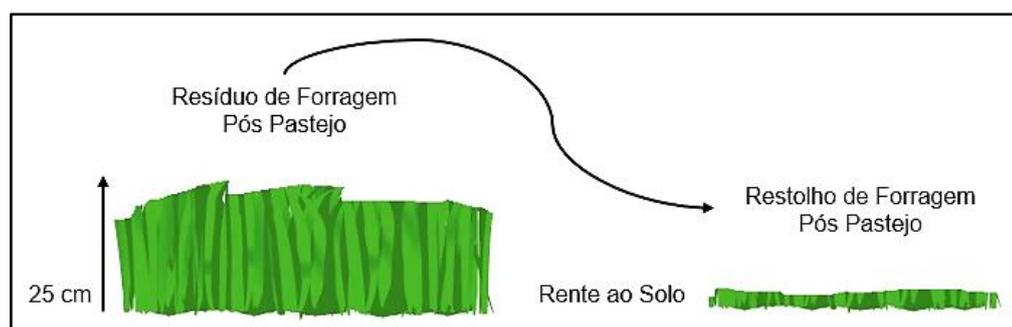
Onde:

$AF_{(outono/ inverno)}$: é a média do acúmulo de forragem (kg de MS/ ha) obtido durante as estações de mínima precipitação (outono/ inverno);

$\sum AF$: é a somatória do acúmulo de forragem (kg de MS/ ha) obtido durante todo o período experimental.

Por fim, além das amostragens das MF pós-pastejo, ou seja, dos resíduos de forragem dos sistemas sob lotação rotativa (IAL e SAL), foram realizadas duas amostragens entre as estações de verão e inverno em cada piquete experimental. Determinadas abaixo das alturas fixadas de corte de 0,25 m e rentes ao solo para caracterizar as MF dos restolhos pós-pastejo remanescentes (RF) (kg de MS/ ha), constituídas predominantemente pelos colmos e não pastejados pelos animais nas épocas de águas e secas (Figura 10).

Figura 10 – Representação esquemática da amostragem das MF dos restolhos de forragem pós – pastejo realizada nos sistemas IAL e SAL.



Fonte: Pasquini Neto (2022).

5.4.2. Proporção dos Componentes Morfológicos, Área Foliar Específica e Índice de Área Foliar das Pastagens

Para a análise proporcional (%) da composição morfológica das forragens e obtenções das áreas foliares específicas (AFE) (cm^2/g) e dos índices de área foliar (IAF) (m^2/m^2), inicialmente, foram realizadas as separações dos componentes morfológicos na segunda fração das amostras de forragem em: folha (lâmina foliar), colmo (colmo + pseudocolmo) e material morto. As lâminas foliares foram escaneadas individualmente no integrador de área foliar, modelo LI-3100C (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA) para a obtenção da área foliar, e após esse procedimento, todos os componentes foram secos em estufa de circulação de ar forçada a $65,0^\circ\text{C}$ durante 72 horas para obtenção dos respectivos pesos e teores (%) em MS de lâminas

foliares, colmo e material morto. Os cálculos da AFE e do IAF foram realizados pelas equações de n. 9 e 10:

$$AFE_{(cm^2/g)} = \frac{\text{Área foliar}_{(cm^2)}}{MS_{Folhas}_{(g)}} \quad (9)$$

Onde:

AFE: representa a relação da área das lâminas foliares (cm²) com o peso da massa seca das folhas (g) sobre a superfície do solo;

Área foliar: é a área foliar das lâminas foliares (cm²) escaneadas pelo integrador de área foliar;

MS_{Folhas}: é o peso das lâminas foliares secas (g);

$$IAF_{(m^2/m^2)} = \frac{\left[\frac{MF(\text{kg de MS/ hectare})}{\left(\frac{1,0(m^2)}{0,25(m^2)} \right) \times \frac{1000(g)}{10000(m^2)}} \right] \times (MS_{Folhas}(\%)) \times (AFE_{(cm^2/g)})}{(0,25_{(m^2)} \times 10000_{(m^2)})} \quad (10)$$

Sendo:

IAF: corresponde a estimativa total da área das lâminas foliares (m²) sobre a superfície do solo (m²);

MF: representa a massa de forragem quantificada (kg de MS/ ha); dividida pela razão da área da estrutura metálica (0,25 m²) lançada aleatoriamente por quatro vezes (1,0 m²), dividida por 1000 para obtenção do peso em kg e multiplicada por 10000 para definição em hectares;

MS_{Folhas}: é o teor das lâminas foliares secas (%);

AFE: é a relação da área das lâminas foliares (cm²) com o peso da massa seca das folhas (g) sobre a superfície do solo; posteriormente, dividida pela multiplicação da área da estrutura metálica (0,25 m²) e por 10000 para definição em metros quadrados.

5.5. Caracterização dos Componentes Bromatológicos das Pastagens

Para a caracterização das composições bromatológicas das forragens, foram coletadas amostras próximas às estruturas metálicas, representativas das pastagens durante as amostragens das MF pré-pastejo para os sistemas sob lotação rotativa e das MF “gaiola” para o sistema sob lotação contínua. Deste modo, foram coletadas 2 subamostras, uma a cada 18 dias, sendo posteriormente, compostas em uma única amostra por ciclo de produção com 36 dias para cada unidade experimental.

As amostras de *Megathyrus* (*syn. Panicum*) e *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) após serem levadas ao laboratório e homogeneizadas a cada amostragem, foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 65,0 °C durante 72 horas. Posteriormente, foram trituradas em um moinho de facas tipo Willey usando peneira de 1 mm e encaminhadas ao LNA do CPPSE da Embrapa, para a determinação dos teores de matéria seca (MS) definitiva a 105,0 °C, de proteína bruta (PB), de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA), de lignina (Lig), de matéria mineral (MM), de digestibilidade in vitro da MS (DIVMS) e do extrato etéreo (EE), utilizando a técnica NIRS em um espectrômetro de infravermelho próximo, modelo NIRFlex N-500 Solids (BÜCHI, Flawil, São Galo, Suíça, SWI) com calibração desenvolvida e validada.

As amostras de *Avena byzantina* e *Lolium multiflorum* foram homogeneizadas a cada amostragem durante as estações outono/ inverno e secas em estufa de circulação de ar forçada a 65,0 °C durante 72 horas. Posteriormente, foram trituradas em um moinho de facas tipo Willey usando peneira de 1 mm e encaminhadas ao LNA do CPPSE da Embrapa, para a determinação dos teores convencionais de MS definitiva (Método 934.01; AOAC, 1990), PB (Método 920.87; AOAC, 1990), FDN, FDA e Lig conforme GOERING e VAN SOEST (1970), MM (Método 923.03; AOAC, 1990), DIVMS de acordo MOORE e MOTT (1974), e EE (Método 920.85; AOAC, 1990).

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) (%) foram obtidos de acordo com a equação proposta por WEISS (1999) (Equação 11), subtraindo-se de 100 as quantidades resultantes expressas em porcentagem (%) da MS do EE, do FDN, da MM e da PB:

$$CNF_{(\% MS)} = 100_{(\% MS)} - (EE_{(\%)} + FDN_{(\%)} + MM_{(\%)} + PB_{(\%)}) \quad (11)$$

Onde:

CNF: representa o teor de carboidratos não fibrosos (%);

EE: é o teor de extrato etéreo (%);

FDN: é o teor de fibra em detergente neutro (%);

MM: é o teor da matéria mineral (%);

PB: é o teor de proteína bruta (%).

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) (%) foram obtidos de acordo com a equação proposta por WEISS (1999) (Equação 12), no qual é baseada em fundamentos biológicos, tentando incorporar e explicar a mecânica dos processos e não apenas as relações matemáticas (MEDEIROS et al., 2015):

$$NDT_{(\% MS)} = \langle (0,98 \times CNF_{(\%)}) + (0,93 \times PB_{(\%)}) + [2,25 \times (EE_{(\%)} - 1)] + \left\{ [0,75 \times (FDN_{(\%)} - Lig_{(\%)})] \times \left[1 - \left(\frac{Lig}{(FDN_{(\%)} - Lig_{(\%)})} \right)^{0,667} \right] \right\} - 7 \rangle \quad (12)$$

Onde:

NDT: corresponde ao teor de nutrientes digestíveis totais (%);

CNF: é o teor de carboidratos não fibrosos (%);

PB: é o teor de proteína bruta (%);

EE: é o teor de extrato etéreo (%);

FDN: é o teor de fibra em detergente neutro (%);

Lig: é o teor de lignina (%).

5.6. Desempenho Animal

Para a avaliação do desempenho dos animais, foram realizadas pesagens de PV total individual de três animais “testers” em cada unidade experimental, sendo: no início do experimento, em intervalos regulares de aproximadamente 28 dias após o início e no final do período experimental. A primeira e a última pesagem foram realizadas após um processo de jejum de alimentos sólidos de aproximadamente 16 horas, em que os animais foram recolhidos para um curral de manejo próximo ao experimento às 16:00 horas (BRT UTC-03:00) e pesados no dia seguinte às 08:30 horas (BRT UTC-03:00), obtendo os PV inicial e PV final (kg/ animal).

A partir destas pesagens, foram calculados os ganhos de PV (GPVha) por unidade de área experimental (kg/ ha) durante o período experimental, conforme a equação 13 a seguir:

$$GPVha_{(kg/ha)} = \frac{\left[\frac{PV_{Inicial(kg)} - PV_{Final(kg)}}{N_{(dias\ do\ experimento)}} \right]}{hectare} \quad (13)$$

Onde:

GPVha: representa o ganho de peso vivo por hectare durante o período experimental (kg);

PV_{Inicial}: é o peso vivo inicial dos animais (kg);

PV_{Final}: é o peso vivo final dos animais (kg);

N: é o número de dias totais do período experimental (dias).

Através das pesagens intermediárias (a cada 28 dias), foi possível ajustar as taxas de lotação (TL) das pastagens durante o experimento, pesando e inserindo os animais “reguladores”, determinar o PV e calcular os ganhos de peso médios diários (GPMD) (kg/ dia) (Equação 14) entre cada mês, além do GPVha dos animais “testers” após o final de cada estação (kg/ estação) (Equação 15).

$$GPMD_{(kg/ dia)} = \frac{(PV_{(Mês\ n)} - PV_{(Mês\ n-1)})}{(N_{(dias\ Mês\ n)} - N_{(dias\ Mês\ n-1)})} \quad (14)$$

$$GPVhaEst_{(kg/ dia)} = \frac{(PV_{(Mês\ n)} - PV_{(Mês\ n-3)})}{(N_{(dias\ Mês\ n)} - N_{(dias\ Mês\ n-3)})} \quad (15)$$

Onde:

GPMD: representa o ganho de peso médio diário dos animais (kg);

GPVhaEst: corresponde ao ganho de peso vivo por hectare dos animais em determinada estação (kg);

PV_(Mês n): é o peso vivo dos animais em determinado mês (kg);

PV_(Mês n-1; n-3): é o peso vivo dos animais na pesagem do mês anterior; do início da estação (kg);

N_(Mês n): é o dia da pesagem dos animais em determinado mês (dias);

N_(Mês n-1; n-3): é o dia da pesagem dos animais na pesagem do mês anterior; do início da estação (dias).

As TL foram calculadas por duas formas: em unidade animal (UA = bovino com 450 kg de PV) (UA/ ha), para padronização entre rebanhos e diferentes sistemas de produção; e em bovino equivalente (BE - correspondente ao peso médio dos animais “testers”) (BE/ ha), para comparação entre os tratamentos do experimento, utilizando a razão do peso total do “lote” (Plote) (contendo a soma dos pesos dos animais “testers” e reguladores) pelo peso da UA ou do BE (Equações 16 e 17, respectivamente). Os valores da TL em UA ou BE foram calculadas para cada intervalo mensal de pesagem dos animais e foram ajustadas de acordo com os períodos iniciais e finais de cada estação, para o cálculo da TL média de cada estação climática.

$$TLUA_{(N^{\circ} UA/ ha)} = \frac{Plote(kg)}{\left(\frac{UA(450 kg)}{hectare}\right)} \quad (16)$$

$$TLBE_{(N^{\circ} Bovinos/ ha)} = \frac{Plote(kg)}{\left(\frac{BE(Média em kg dos animais "Tester")}{hectare}\right)} \quad (17)$$

Onde:

TLUA: constitui a taxa de lotação em unidade animal (UA) (UA/ ha);

UA: é o peso análogo a de um bovino com 450 kg;

TLBE: retrata a taxa de lotação em bovinos equivalentes (BE) (BE/ ha);

BE: é peso médio dos animais “testers” em determinado mês (kg);

Plote: é a soma do peso do lote dos animais (contendo “testers” e “reguladores”) nas unidades experimentais em determinado mês (kg).

Ao final do experimento, os animais “testers” foram abatidos pela técnica de insensibilização, com uma pistola pneumática de penetração e sangria através da veia jugular. O abate foi fiscalizado pelo Serviço de Inspeção do Estado de São Paulo (S.I.S.P – 0830), no abatedouro escola da PUSP - FC/ USP. As carcaças foram pesadas individualmente para os cálculos de rendimento de carcaça quente (RC) (%) e de rendimento de ganho de carcaça por unidade de área de cada unidade experimental (RGC) (kg de carcaça/ ha), de acordo com as seguintes equações 18 e 19:

$$RC_{(\%)} = \frac{PCQ(kg)}{PV_{Final}(kg)} \times 100 \quad (18)$$

$$RGC_{(kg Carcaça/ ha)} = \left(\frac{RC_{(\%)} \times GPVha(kg/ ha)}{100}\right) \times 365 \quad (19)$$

Onde:

RC: é o teor de rendimento de carcaça dos animais “testers” (%);

PV_{Final}: é o peso vivo final dos animais (kg);

PCQ = é o peso da carcaça quente após o abate dos animais “testers” (kg).

RGC: corresponde ao rendimento de ganho de carcaça dos animais “testers” em cada unidade experimental por hectares (kg);

GPVha: é o ganho de peso vivo por hectare dos animais durante o período experimental (kg).

5.7. Consumo Voluntário em MS e Eficiência Alimentar

As estimativas dos consumos voluntários em MS (kg MS/ dia) dos animais nos sistemas foram calculados considerando a soma dos consumos do suplemento mineral-proteico e das pastagens em cada unidade experimental.

O consumo do suplemento mineral-proteico (CMS_s) (kg MS/ dia) foi avaliado mensalmente, por meio da diferença entre a quantidade ofertada e a sobra obtida nos cochos de alimentação durante cinco dias consecutivos às 08:00 horas (BRT UTC-03:00), sendo pesado manualmente com uma balança digital de alta precisão de 1 g a 10 kg. Se nestes dias determinados a quantidade inicial ofertada estivesse próxima do fim, aumentava-se a quantidade com novas ponderações, resultando na equação 20:

$$CMS_{S(kg\ MS/\ dia)} = \frac{\left[\frac{(CMS_{SInicial(kg)} + CMS_{S(I+1)(kg)} + CMS_{S(I+2)(kg)}) - CMS_{SFinal(kg)}}{5(dias)} \right]}{Plote(kg)} \quad (20)$$

Onde:

CMS_s: corresponde ao consumo do suplemento mineral-proteico em determinado mês (kg MS/ dia);

CMS_{SInicial}: é a quantidade de suplemento mineral-proteico ofertado (kg);

CMS_{S(Inicial + 1; Inicial + 2;...)}: é a reposição da quantidade de suplemento mineral-proteico ofertada (kg);

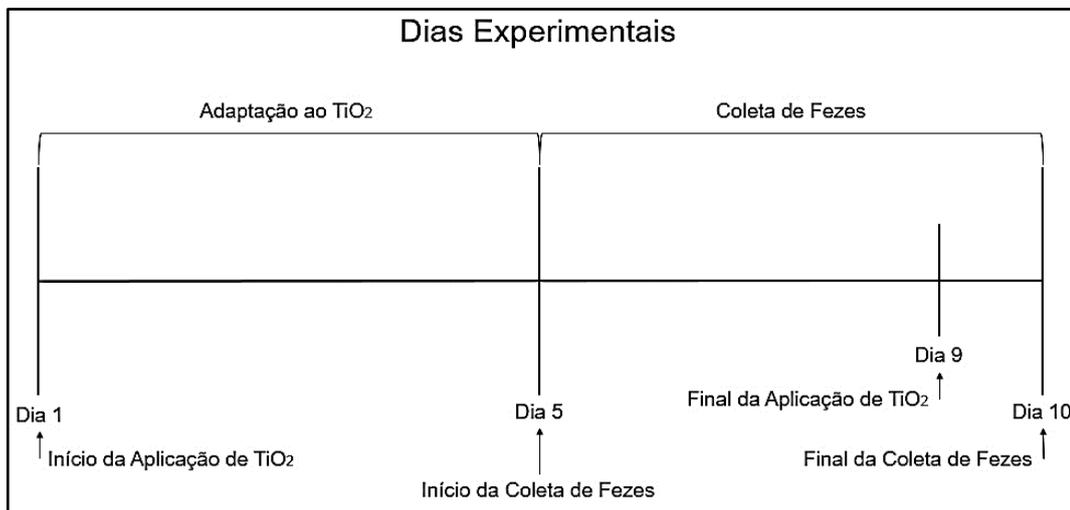
CMS_{SFinal}: é a sobra obtida da quantidade de suplemento mineral-proteico (kg);

Plote = é a soma do peso do lote dos animais (contendo “testers” e “reguladores”) nas unidades experimentais em determinado mês (kg).

Os consumos das pastagens foram calculados através da técnica do fornecimento do indicador externo Dióxido de Titânio (TiO_2) e através do indicador interno Fibra em Detergente Neutro Indigestível (FDNi), presentes nas forragens consumidas pelos animais e nos resíduos das forragens encontrados nas produções fecais dos animais avaliados, sendo os valores obtidos após incubação direta em um animal contendo cânula ruminal.

Para os cálculos das produções totais de fezes, o marcador externo de TiO_2 foi administrado em dois animais de cada unidade experimental, sendo um “tester” escolhido logo no início do experimento, com PV médio em relação os outros animais, e outro contendo uma cânula ruminal, a qual permitiu acesso direto ao rúmen, em períodos consecutivos de nove dias durante o mês central de cada uma das quatro estações do ano (Figura 11).

Figura 11 - Esquema dos dias de aplicação de TiO_2 e coleta de fezes dos animais experimentais dentro de cada período de cada estação do ano.



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Com o auxílio de um aplicador de metal, cápsulas de papel com uma quantidade de 15,0 g de TiO_2 foram fornecidas diretamente no esôfago e via cânula ruminal por animal por dia. Os cinco primeiros dias administrados serviram para a adaptação ao marcador, enquanto nos últimos cinco dias, logo no primeiro momento do dia, foram colhidas amostras representativas das fezes após defecação espontânea e/ ou diretamente no reto dos animais em um tronco de contenção no curral de manejo. As amostras coletadas, posteriormente, eram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados e congeladas (a $-20\text{ }^\circ\text{C}$). Por fim, após o final de cada período de coleta, as cinco subamostras eram descongeladas, homogeneizadas (para compor uma única amostra por animal com 200,0 g), direcionadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada a $65,0\text{ }^\circ\text{C}$ até o peso do material permanecer

constante, trituradas no moinho de facas tipo Willey por duas maneiras, uma usando peneira de 2 mm, para serem condicionadas com 1,3 g em bolsas filtro de TNT 100 g/ m² e incubadas por 288 horas no rúmen de um animal canulado para a obtenção do FDN_i, de acordo com OLIVEIRA et al. (2014); e outra usando peneira de 1 mm, para serem encaminhadas ao LNA do CPPSE da Embrapa, para a análise do TiO₂, usando a técnica de digestão com ácido sulfúrico (H₂SO₄) e adição de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em elevadas temperaturas, conforme descrição feita por MYERS et al. (2004) e adaptada para a análise por espectrometria de emissão ótica por plasma indutivamente acoplado ICP-OES modelo Thermo iCAP 6000 series – Dual View (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, Estados Unidos, EUA) em modo radial e λ 334,941 nm.

Para a determinação do FDN_i das forragens consumidas pelos animais, foram realizadas amostragens em cada unidade experimental de acordo com a técnica de simulação de pastejo proposta por SOLLENBERGER et al. (1995). Durante a observação do comportamento aleatório de pastejo de um dos animais “testers” por três dias, eram visualizadas as porções pastejadas no período de 25 minutos e logo após, no decorrer de 5 minutos, os materiais vegetais eram selecionados e removidos de forma que, correspondiam ao material consumido pelo pastejo do animal, totalizando 150,0 g e 30 minutos por coleta por dia. Em seguida, eram armazenados em sacos plásticos identificados, direcionados para secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65,0 °C por 72 horas, compostos (para compor uma única amostra por cada unidade experimental), trituradas no moinho de facas tipo Willey por duas maneiras, uma usando peneira de 2 mm, para serem acondicionados com 1,5 g em bolsas filtro de TNT 100 g/ m² e incubadas por 288 horas no rúmen de um animal canulado, de acordo com OLIVEIRA et al. (2014); e outra usando peneira de 1 mm, para serem encaminhadas ao LNA do CPPSE da Embrapa, para a determinação dos teores de MS definitiva, de PB, de FDN, de FDA, de Lig, de MM, da DIVMS e do EE, utilizando as técnicas de NIRS para as forragens dos gêneros *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) e *Urochloa* (*syn. Brachiaria*), e as técnicas convencionais conforme métodos descritos anteriormente (seção 5.5), para as forragens contendo *Avena byzantina* e *Lolium multiflorum* obtidas pela simulação de pastejo durante as estações de outono e inverno.

Adicionalmente, além da determinação dos teores citados para as forragens obtidas por simulação de pastejo, foram determinados os teores de Cálcio (Ca) (Método 968.08, AOAC, 1995), de fósforo (P) (Método 965.17; AOAC, 1990), do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e do nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) pelos métodos

convencional de GOERING e VAN SOEST (1970), além das análises de energia bruta (EB) (MJ/ kg), no qual, foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Instituto de Zootecnia da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (IZ-APTA), em Nova Odessa, São Paulo, Brasil, com a utilização de uma bomba calorimétrica. E os teores (%) de CNF e de NDT das forragens obtidas por simulação de pastejo foram calculados de acordo com as equações proposta por WEISS (1999).

Após o período de incubação, as bolsas filtro de TNT das fezes e das forragens foram lavadas com água corrente até o clareamento total, direcionadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65,0 °C por 72 horas e encaminhadas ao LNA do CPPSE da Embrapa, para a análise de FDN pelo método convencional de GOERING e VAN SOEST (1970), obtendo o teor (%) da FDNi nos resíduos obtidos após tratamento em detergente neutro.

Por fim, os cálculos para as determinações do consumo da forragem em MS (CMS_f) (kg MS/ dia) foram obtidos através da razão dos fluxos fecais (kg/ dia), em que os teores de TiO_2 fornecidos (%) são divididos pelas concentrações de TiO_2 encontrado nas fezes (%), posteriormente, são multiplicados com o teor de FDNi encontrado nas fezes (%) dos animais avaliados, e divididos pelo teor de FDNi encontrado nas forragens (%) de cada unidade experimental em que os animais avaliados estavam inseridos, conforme a equação 21:

$$CMS_f \text{ (kg MS/ dia)} = \frac{\left[\left(\frac{TiO_2(\% \text{ Fornecido})}{TiO_2(\% \text{ nas Fezes})} \right) \times FDNi(\% \text{ nas Fezes}) \right]}{FDNi(\% \text{ na Forragem})} \quad (21)$$

Onde:

CMS_f : representa o consumo das forragens avaliadas (kg MS/ dia);

$TiO_2(\% \text{ Fornecido})$: é o teor de dióxido de titânio fornecido aos animais (%);

$TiO_2(\% \text{ nas Fezes})$: é o teor de dióxido de titânio encontrado nas fezes dos animais avaliados (%);

$FDNi(\% \text{ nas Fezes})$: é o teor da indigestibilidade da fibra em detergente neutro encontrado nas fezes dos animais (%);

$FDNi(\% \text{ na Forragem})$: é o teor da indigestibilidade da fibra em detergente neutro presente nas forragens dos sistemas pastoris (%).

O consumo total da dieta (CMS) foi determinado pela somatória dos valores obtidos do CMS_s e do CMS_f (Equação 22):

$$CMS_{(kg\ MS/ dia)} = CMSs_{(kg/ dia)} + CMSf_{(kg\ MS/ dia)} \quad (22)$$

Onde:

CMS: corresponde ao consumo total da dieta (kg MS/ dia);

CMSs: é o consumo do suplemento mineral-proteico (kg MS/ dia);

CMSf: é o consumo das forragens avaliadas (kg MS/ dia).

Posteriormente, foram calculadas as conversões alimentares (CA) (kg CMS/ kg GPMD) e as eficiências alimentares brutas (EA) (kg GPMD/ kg CMS), além das respectivas eficiências alimentares relativas à qualidade de proteína na dieta total, do consumo do suplemento mineral-proteico e do consumo de forragem (GPV por kg de PB Ingerida) (kg PV/ kg PB CMS), de acordo com as equações 23, 24 e 25 a seguir:

$$CA_{(kg\ CMS/ kg\ GPMD)} = \frac{CMS_{(kg\ MS/ dia)}}{GPMD_{(kg/ dia)}} \quad (23)$$

$$EA_{(kg\ GPMD/ kg\ CMS)} = \frac{GPMD_{(kg/ dia)}}{CMS_{(kg\ MS/ dia)}} \quad (24)$$

Onde:

CA: a conversão alimentar dos animais (kg CMS/ kg GPMD);

EA: a eficiência alimentar bruta dos animais nos sistemas (kg GPMD/ kg CMS);

CMS: o consumo total da dieta (kg MS/ dia);

GPMD: o ganho de peso médio diário dos animais (kg).

$$GPV/ kg\ PB\ Ingerida_{(kg\ GPMD/ kg\ CMS(\% PB))} = \frac{GPMD_{(kg/ dia)}}{(CMS_{(kg\ MS/ dia)} \times PB(\%))} \quad (25)$$

Onde:

GPV por kg de PB Ingerida: corresponde ao ganho de peso vivo por kg de PB ingerida de cada alimento (kg);

GPMD: o ganho de peso médio diário dos animais (kg);

CMS: o consumo de MS de cada alimento (kg MS/ dia);

PB: é o teor de proteína bruta de cada alimento (%).

5.8. Análise Estatística

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando o *Software* online Statistical Analysis System - OnDemand for Academics (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, EUA). Inicialmente, os dados foram submetidos ao PROC UNIVARIATE, testando a normalidade de resíduos (Shapiro-Wilk) quanto à presença de informações discrepantes ("outliers") com 5% de significância, e quando a suposição não foi aceita, recorreu-se a transformação logarítmica dos dados.

Em seguida, os dados foram apurados pelo teste PROC MIXED, considerando os efeitos dos tratamentos (IAL, SAL, SML, SSP e DEG), das estações (Primavera, Verão, Outono e Inverno) e das interações entre os tratamentos e das estações como fatores fixos, enquanto os efeitos dos blocos (unidades experimentais) consistiram em fatores aleatórios; ao passo que as variáveis discutidas foram repetidas no tempo (plotagens subdivididas). Dentre as diferentes estruturas de covariância testadas, as escolhidas foram baseadas no menor valor do critério de informação de Akaike corrigido (AICC), conforme WANG e GOONEWARDENE, (2004). Subsequentemente, os efeitos fixos foram considerados significativos com o nível de 5% de significância ($P \leq 0,05$) e perante interação entre tratamento e estação, os efeitos de um fator dentro do outro foram avaliados usando o comando SLICE do PROC MIXED.

Por fim, todas as médias das variáveis analisadas foram estimadas de acordo com o teste de mínimos quadrados (LSMEANS) e as comparações múltiplas foram submetidos ao PROC GLIMMIX pelo teste de Fisher, através da opção PDIFF LINES.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Produção e Valor Nutritivo da Forragem

6.1.1. Componentes Produtivos e Morfológicos das Pastagens

Para discutir as práticas intensivas de manejo das pastagens, inicialmente, deve-se levar em consideração os níveis de fertilidade do solo (DIAS-FILHO, 2014; OLIVEIRA SILVA et al., 2017; CARDOSO et al., 2020a). Originalmente, o Latossolo da área experimental é profundo, acentuadamente drenado, com pH moderadamente ácido, constituído por textura argilosa de baixa fertilidade e CTC (CALDERANO FILHO, 1998), apresentando declínio nos perfis de ordem química em profundidade, principalmente, de P e K (Tabela 1), sendo indicadas fertilizações corretivas para a manutenção da produtividade na área total (Tabela 2) e para diminuir os impactos ambientais, conforme foi evidenciado em um estudo na mesma área por OLIVEIRA et al. (2020). Complementarmente, as interações ambientais locais são fatores primordiais (DUBEUX et al., 2017; CARDOSO et al., 2019). O período experimental foi marcado por uma intensa deficiência hídrica (Figura 2) e a performance produtiva das pastagens foram restringidas em função da umidade do solo (Figura 5), principalmente, no período seco do ano, que apresentou pluviosidade acumulada de 174,6 mm; enquanto o IAL no mesmo período, recebeu reposição de 383,0 mm com a aspersão de lâminas d'água através da técnica de irrigação pelo Pivô Central (Tabela 3), possibilitando reduzir os efeitos da estacionalidade (SILVEIRA et al., 2019).

Neste contexto, considerando a fertilidade e a precipitação limitada, o uso das forrageiras tropicais *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) e *Megathyrus* (syn. *Panicum*), com alta capacidade de extração dos nutrientes do solo (MAGALHÃES et al., 2007; MELLO et al., 2008; CASTAGNARA et al., 2011), além dos diferentes níveis de intensificação aplicados, com o uso de corretivos e fertilizações de N (LEMAIRE et al., 2008; DUBEUX et al., 2017; CARDOSO et al., 2019; COSTA et al., 2020; KLEIN et al., 2020), permitiram observar diferenças significativas para os componentes produtivos e morfológicos das pastagens.

Para as variáveis de AFE, IAF e componentes morfológicos (folha, colmo e MSM) das pastagens tropicais, foram evidenciadas diferenças ($P = < ,0001$) entre os sistemas, entre as estações climáticas e interação entre sistemas*estações (Tabela 5, Figura 12 e Apêndice A). Neste aspecto as relações de “causa-efeito” entre os componentes dos sistemas propiciaram transformações nas características estruturais das forragens ao longo do período experimental.

Tabela 5 - Características da área foliar (AFE e IAF) e das composições morfológicas (folha, colmo e MSM) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) durante diferentes estações climáticas do ano.

Sistemas Pastoris	Estações Climáticas	AFE	IAF	Folha	Colmo	MSM
		cm ² / g	m ² / m ²	%	%	%
DEG		131,49	0,56	29,2	12,4	56,0
SSP		228,90	1,35	25,6	24,1	48,4
SML		173,73	2,01	26,5	29,9	43,7
SAL		109,13	4,31	53,7	21,5	28,2
IAL		139,55	6,01	62,1	17,8	20,3
	Primavera	149,33	2,89	52,7	14,0	31,8
	Verão	198,54	4,87	55,3	30,4	12,2
	Outono	151,66	2,42	31,0	26,5	42,5
	Inverno	126,72	1,31	18,7	13,8	70,9
Média Geral		154,98	2,76	38,5	20,5	39,5
Erro Padrão Médio		3,18	0,14	1,28	0,95	1,32
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)						
Sistemas de Produção		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Estações Climáticas		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Sistemas * Estações		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

Fonte: Pasquini Neto (2022).

AFE: Área Foliar Específica; IAF: Índice de Área Foliar; MS: Matéria Seca; MSM: Matéria Seca Morta; ha: hectare.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

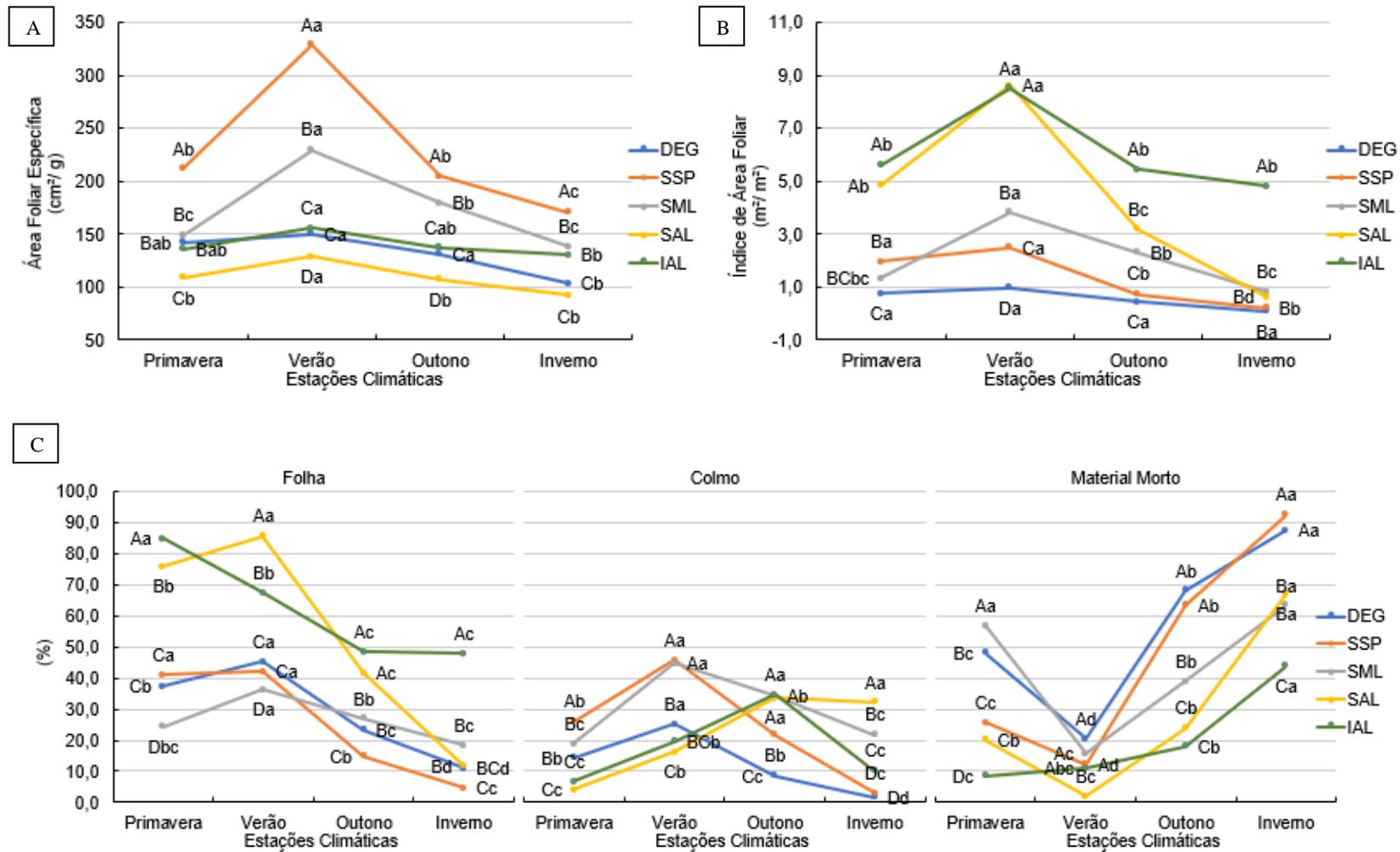
Para a interação sistemas*estações da variável AFE, o SSP foi superior, demonstrando o reflexo do sombreamento das projeções das copas das árvores sobre a pastagem, atingindo cerca de 61,6% do espaçamento entre os renques (Figura 4); no qual, diminuiu a transmissão de luz às forragens e, conseqüentemente, promoveu alterações estruturais através da partição de fotoassimilados para a parte aérea, alongando os colmos (GEREMIA et al., 2018; BOSI et al., 2020a; DOMICIANO et al., 2020). PEZZOPANE et al. (2015), em um estudo realizado no mesmo local do SSP, de 2010 a 2012, quando as árvores eram menores, evidenciou estas alterações e apesar da redução em cerca de 35,0% de transmissão de luz às forragens na época (com uma densidade arbórea de 600 árvores/ ha) não resultaram em danos significativos à produção de forragem. Ao comparar as interações de AFE dos DEG, SML e IAL, foi observada superioridade do SML durante as estações verão e outono. Neste ponto, o manejo sob lotação moderada permitiu uma desfolha leniente dos animais e influenciou na alongação dos colmos. Complementarmente, de maneira oposta ao SSP, o SAL demonstrou as menores AFE, sendo

semelhante ao DEG apenas no inverno (com média de 97,45 cm²/ g). Este fato, sugere uma possível adaptação na alocação dos seus assimilados, com crescimento ponderal das folhas em espessura devido aos fatores ambientais, como a fertilidade de alguns compostos para a cultivar (P e K) aquém do necessário, a escassez hídrica, além das possíveis desfolhas muito frequentes dos animais (AUGUSTO et al., 1999; GARCEZ NETO et al., 2002; LAVRES JUNIOR et al., 2003; CAMPANA, 2017) (Figura 12.a e Apêndice A).

Para a interação sistemas*estações da variável IAF, a superioridade foi para o IAL, justificada pela espécie forrageira, pela maior dose de N aplicada e pelo uso da irrigação, no qual, tiveram efeito direto sobre a área foliar fotossintetizante, favorecendo o desenvolvimento das folhas e da quantidade de MS apresentada (CORREA e SANTOS, 2006; SILVEIRA et al., 2019). De acordo com RODRIGUES et al. (2011), altos valores de IAF (acima de 5,0 m²/ m²) quando comparados com a literatura, estão relacionados com o aumento da interceptação luminosa (IL) do dossel forrageiro, no qual, a partir do ponto limítrofe de 95,0% de luz incidente, ocorre aceleração na taxa de crescimento das forragens, reduzindo a formação de novas lâminas foliares, que em consequência, aumentam o acúmulo de colmos e de material morto, indicando que o dossel intercepta maiores quantidades de luz. Na primavera e verão, o SAL obteve desempenho de IAF semelhante ao IAL (médias de 5,22 e 8,55 m²/ m², respectivamente). Porém, durante o outono e inverno, as diferenças nos níveis de intensificação e devido aos fatores ambientais, foi possível evidenciar uma diminuição acentuada de IAF do SAL em relação ao IAL, assemelhando-se ao SML no outono (média de 2,74 m²/ m²) e aos sistemas DEG, SSP e SML no inverno (média de 0,44 m²/ m²), principalmente, em função da alocação dos seus assimilados, diminuindo o desenvolvimento das folhas para o crescimento ponderal em espessura e em densidade de perfilhamento (PERISSATO et al., 2004; ALEXANDRINO et al., 2005). Ao considerar os sistemas DEG, SSP e SML, apresentando as cultivares do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*), os menores valores de IAF foram observados no DEG, influenciados pela presença de plantas invasoras e pela falta de correção de fertilidade (DIAS-FILHO, 2014). No outono e inverno, na medida em que os efeitos ambientais se intensificaram, em função do intenso déficit hídrico no SML (ALEXANDRINO et al., 2005); além do reflexo do sombreamento e da competição por recursos naturais do componente arbóreo no SSP, promoveram alterações estruturais para a parte aérea, e consequentemente, do IAF das forragens (GEREMIA et al., 2018; BOSI et al., 2020a; DOMICIANO et al., 2020) (Figura 12.b e Apêndice A).

Em relação às características morfológicas das pastagens, ao analisar as interações sistemas*estações para folha, colmo e MSM, as variações sazonais foram preponderantes nos resultados dos sistemas (SANTOS et al., 2015; DEMARCHI et al., 2016; OLIVEIRA SILVA et al., 2017) e as respostas das proporções das forragens permitiram evidenciar o potencial de rendimento das pastagens em todos os sistemas ao longo das estações (COSTA, 2004; SILVA et al., 2016). As maiores proporções de folhas e menores de MSM foram observadas nas cultivares do gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*), enquanto, as menores proporções de folha e maiores de MSM foram vistas nas cultivares do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*), respectivamente. E as proporções de colmos variaram em função das relações de “causa-efeito”, propiciando maiores transformações nas características estruturais das forragens. Durante a primavera para o verão, houve declínio para a proporção de MSM em todos os sistemas e aumento para as proporções das folhas e colmos nos sistemas SAL, SML, SSP e DEG, evidenciando o efeito da fertilização e das condições propícias para o crescimento dos tecidos foliares (SILVA et al., 2013; CARDOSO et al., 2020a; RUGGIERI et al., 2020). Complementarmente, correlacionando o aumento do IAF no IAL, foi observado aumento nas proporções dos colmos e declínio na proporção das folhas, no qual, se estenderam até o outono. Este fato sugere que houve um aumento na proporção das folhas, concomitantemente, porém, devido aos ajustes das taxas de lotação, os animais foram responsáveis por consumir e diminuir suas proporções em comparação com os colmos. Durante o verão para o outono, com as transições ambientais, foi perceptível o comportamento entre as proporções estruturais dos sistemas, pois de uma forma geral, as médias observadas, se inverteram na medida em que o desenvolvimento das cultivares foi limitado pela deficiência hídrica, ou seja, as proporções de folhas e dos colmos diminuíram, enquanto, as proporções de MSM aumentaram, principalmente, nos sistemas DEG e SSP chegando a apresentar médias de 65,8 e 90,0% até o inverno, respectivamente, demonstrando o imponente efeito climático sobre as pastagens. No IAL, neste período, estas mudanças foram pouco perceptíveis, pois através da técnica da irrigação (SILVEIRA et al., 2019) e do manejo da pastagem pela roçagem para a sobresemeadura no outono (OLIVEIRA et al., 2005), foi possível aumentar a relação folha: colmo e manter uma proporção considerável de folhas para o consumo dos animais (Figura 12.c e Apêndice A).

Figura 12 – Desdobramento da interação sistema de produção*estações climáticas sobre as características da área foliar (AFE e IAF) e das composições morfológicas (folha, colmo e MSM) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

Em relação as variáveis de produção das pastagens tropicais, conforme ocorreu em outros estudos com intensificação de pastagens (DO CANTO et al., 2009; TEDESCHI et al., 2015; SAKAMOTO, 2018; CARDOSO et al., 2016; 2020a; KOSCHECK et al., 2020), foram evidenciadas diferenças ($P = <,0001$) entre os sistemas (Tabela 6). Contudo, não foram observadas diferenças entre os sistemas para a estacionalidade da produção das pastagens tropicais (média de 26,6%) ($P = 0,8664$).

Tabela 6 – Características produtivas das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) durante um ano.

Sistemas Pastoris	Acúmulo de Forragem	MF Pré-Pastejo	Resíduo de Forragem	Taxa de Acúmulo de Forragem	Estacionalidade da Produção
	kg de MS/ ha/ ano	kg de MS/ ha	kg de MS/ ha	kg de MS/ ha/ dia	%
DEG	4763,7 ^B	1302,7 ^D	950,0 ^D	12,0 ^B	29,4
SSP	9484,5 ^B	2232,5 ^C	1585,2 ^C	24,0 ^B	23,5
SML	11310,4 ^B	4153,4 ^B	3503,1 ^B	28,6 ^B	23,7
SAL	22418,0 ^A	6620,0 ^A	5464,6 ^A	56,6 ^A	32,8
IAL	25190,1 ^A	7180,3 ^A	5367,3 ^A	63,6 ^A	25,9
Média Geral	13000,4	4271,0	2899,6	40,3	26,6
EPM	2936,3	245,2	219,2	7,4	6,8
Valor de P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,8664

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

EPM: Erro Padrão Médio; MF: Massa de Forragem; MS: Matéria Seca; ha: hectare.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

As maiores produções das pastagens tropicais sobre as variáveis de AF, MF pré-pastejo, resíduo e taxa de acúmulo de forragem foram registrados nos IAL e SAL (com médias de 23804,1 kg de MS/ ha/ ano, 6900,2 e 5416,0 kg de MS/ ha e 60,1 kg de MS/ ha/ dia, respectivamente), em função da capacidade de resposta à adubação da cultivar do gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) (HOESCHL et al., 2007; CORREA e SANTOS, 2009; SANTOS et al., 2015). As maiores produções entre as cultivares do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) foram observadas para AF, MF pré-pastejo e resíduo de forragem no SML, seguido pelo SSP, devido a menor interceptação luminosa e maiores competições por água e nutrientes (LOPES et al., 2017; GEREMIA et al., 2018); enquanto o DEG foi o menos produtivo dentre todos os sistemas, limitando a disponibilidade da forragem para o consumo. Por fim, os menores acúmulos de forragem foram verificados nos SML, SSP e DEG (média de 21,5 kg de MS/ ha/

dia), nos quais, foram condicionados pela resposta da adubação e severa estacionalidade (FAGUNDES et al., 2005).

Para a variável RF, considerando os sistemas IAL e SAL, não foram observadas diferenças (com média de 2863,7 kg de MS/ ha) ($P = 0,3168$). Entretanto, os efeitos dos períodos climáticos e a interação sistemas*períodos foram significativos ($P = < 0,05$); assim como para a interação sistemas*estações das alturas de entrada e saída das pastagens tropicais ($P = <,0001$), em função da interação entre a plasticidade morfológica das diferentes espécies com o ambiente e pelos variados manejos impostos (CORREA e SANTOS, 2009; COSTA; QUEIROZ, 2013; SANTOS et al., 2015) (Tabela 7, Figura 13 e Apêndice B).

Tabela 7 – Característica produtiva (Restolho de Forragem) e estruturais (Alturas de Entrada e Saída) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.

Sistemas Pastoris	Estações Climáticas	RF Pós-Pastejo	Altura de Entrada de Forragem	Altura de Saída de Forragem
		kg de MS/ ha	cm	cm
DEG			13,1	11,0
SSP			37,3	21,1
SML			38,8	23,8
SAL		2649,0	75,3	41,0
IAL		3078,4	93,3	43,4
	Primavera		53,1	21,0
	Verão	4086,6	66,3	36,7
	Outono		55,8	32,6
	Inverno	1990,2	31,1	22,0
Média Geral		2863,7	51,0	27,0
Erro Padrão Médio		1159,8	2,00	0,93
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)				
Sistemas de Produção		0,3168	<,0001	<,0001
Estações Climáticas		0,0005	<,0001	<,0001
Sistemas * Estações		0,0015	<,0001	<,0001

Fonte: Pasquini Neto (2022).

RF: Restolho de Forragem MS: Matéria Seca; ha: hectare.

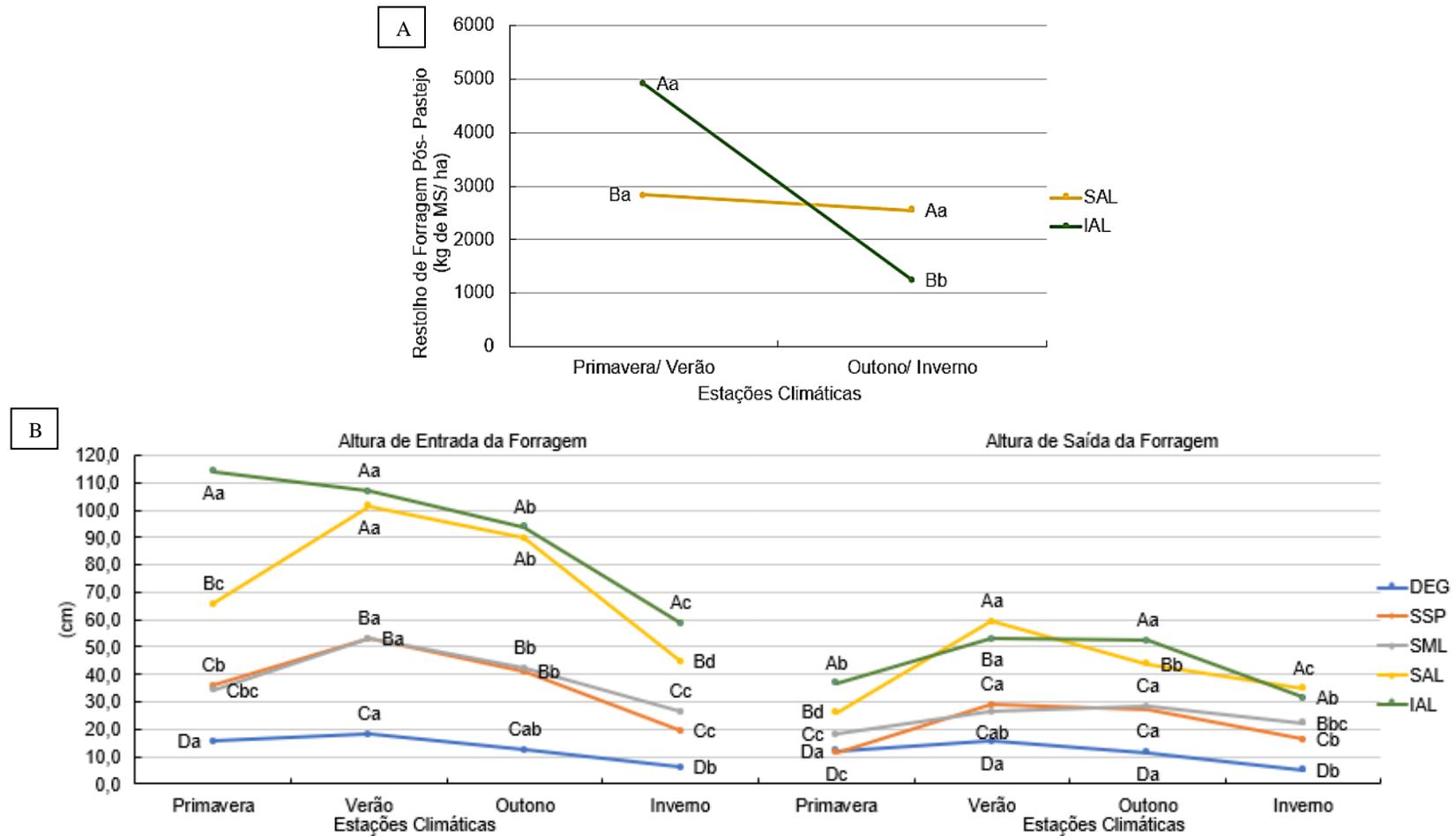
Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

No período das “águas” o IAL apresentou um RF maior que o SAL, enquanto nas “secas”, verificou-se o contrário, com o IAL apresentando um RF menor que o SAL. Essa resposta se deve à roçada realizada por ocasião da sobressemeadura de *Avena byzantina* e

Lolium multiflorum em abril de 2020, preconizada por OLIVEIRA et al. (2005), que além de cobrir as sementes com o material remanescente da forragem faz a correção da altura e da massa de resíduo, que muitas vezes se torna excessiva pela dificuldade em que os animais têm de rebaixar a pastagem tropical na época das “águas” (MARTHA JÚNIOR, 2003) (Figura 13.a e Apêndice B).

Ao analisar o manejo de dias fixos e os períodos de descanso, comparando as interações sistemas*estações, as maiores alturas de entrada e saída das pastagens tropicais foram observadas nas cultivares do gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*), devido ao hábito de crescimento cespitoso (CORREA e SANTOS, 2009; SANTOS et al., 2015); ao passo que, o sistema DEG apresentou as menores alturas de entrada e saída, evidenciando a incapacidade produtiva das forragens devido à falta de um manejo da pastagem tecnificado adequado. Em relação às estações, no inverno, foram registradas as menores alturas em todos os sistemas, demonstrando as maiores limitações estacionais (DEMARCHI et al., 2016; OLIVEIRA SILVA et al., 2017). Para a altura de entrada, o IAL manteve superioridade entre os sistemas na primavera e inverno, muito devido a irrigação, no qual, favoreceu o crescimento da pastagem nessas estações do ano (SILVEIRA et al., 2019); enquanto, no verão e no outono, foi semelhante ao SAL (com médias de 1,04 e 0,92 m, respectivamente), como resposta à adubação e dos padrões de desfolhação dos animais (FAGUNDES et al., 2005; HOESCHL et al., 2007). Entre as cultivares do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*), o SML e o SSP foram semelhantes em todas as estações (com médias de 0,35, 0,53, 0,42 e 0,23 m, na primavera, verão, outono e inverno, respectivamente). Em relação às alturas de saída, o IAL apresentou superioridade nas estações primavera e outono, demonstrando as dificuldades de rebaixamento pelos animais, por maior vigor das forragens irrigadas (MARTHA JÚNIOR, 2003); no verão, foi inferior ao SAL, por ser o período que mais favorece o desenvolvimento das pastagens (CARDOSO et al., 2020a) e, principalmente, devido aos maiores ajustes de lotação (COSTA e QUEIROZ, 2013; SANTOS et al., 2015; RUGGIERI et al., 2020); no inverno, a prática da roçada para a sobressemeadura no IAL viabilizou um maior controle no manejo das pastagens e isso explica a semelhança de altura com o SAL (com média de 0,33 m). Entre as cultivares do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*), os sistemas SML e SSP, no verão e outono, foram semelhantes (média de $\pm 0,28$ m); ao passo que, na primavera, o SML foi favorecido pela maior incidência de radiação solar, enquanto no inverno, o SSP sofreu com a competição dos recursos naturais (LOPES et al., 2017; GEREMIA et al., 2018), inviabilizando obter uma altura de saída satisfatória (Figura 13.b e Apêndice B).

Figura 13 – Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre a característica de produção (Restolho de Forragem Pós-Pastejo) e estruturais (Altura de Entrada e Saída) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

Em relação às pastagens temperadas *Avena byzantina* e *Lolium multiflorum* no IAL, foram evidenciadas diferenças significativas entre as estações outono e inverno, para as variáveis de AF, taxa de acúmulo ($P = 0,0287$), MF pré-pastejo ($P = 0,0016$) e altura de entrada ($P = 0,0130$); enquanto, o resíduo e a altura de saída de forragem não dispuseram dados na estação de outono, em decorrência da germinação e crescimento das cultivares (sobressemeadas entre o final de abril e início de maio de 2020), no qual, de acordo com os ciclos de produção, não permitiram avaliações nesta estação até junho de 2020 (Tabela 8).

Tabela 8 – Características produtivas e estruturais da pastagem temperada em função do nível de intensificação do sistema pastoril de produção de gado de corte (IAL) no período da “seca”.

Sistema Pastoril	Estações Climáticas	Acúmulo de Forragem	MF Pré-Pastejo	Resíduo de Forragem	Taxa de Acúmulo de Forragem	Altura de Entrada de Forragem	Altura de Saída de Forragem
		kg de MS/ha/ “secas”	kg de MS/ ha	kg de MS/ ha	kg de MS/ha/ dia	cm	cm
IAL		2824,4	967,3	530,0	19,6	30,0	10,1
	Outono	1404,8 ^B	351,2 ^B	...	9,8 ^B	25,3 ^B	...
	Inverno	4248,8 ^A	1583,4 ^A	1059,9	29,5 ^A	34,6 ^A	20,2
Erro Padrão Médio		659,2	85,6	132,7	4,5	0,9	1,0
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)							
Estações Climáticas		0,0287	0,0016	-	0,0287	0,0130	-

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

MF: Massa de Forragem; MS: Matéria Seca; ha: hectare.

Sistema pastoril: IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

Estas diferenças se devem à técnica de irrigação, aos efeitos da adubação e, principalmente, pelas temperaturas mínimas nos meses de junho, julho e agosto (com 15,3, 14,3 e 14,0 °C, respectivamente) (Tabela 3), favorecendo o desenvolvimento das pastagens temperadas no inverno e promovendo incrementos substanciais na produção (PRIMAVESI et al., 2000; OLIVEIRA et al. 2005; 2011). Adicionalmente, conciliar a sobressemeadura das pastagens com o pastejo dos animais nos sistemas rotacionados é de extrema importância para o potencial de produção, pois a disponibilidade das forragens pode ser prejudicada se os períodos de descanso não forem respeitados (OLIVEIRA et al. 2005).

Considerando o efeito anual da utilização e do estabelecimento das espécies temperadas *Avena byzantina* e *Lolium multiflorum* consorciadas com a forragem tropical no IAL, foi possível verificar diferenças significativas entre os sistemas, entre os efeitos das estações climáticas e na interação entre sistemas*estações, para as variáveis produtivas de AF, MF pré-pastejo, MF pós-pastejo e taxa de acúmulo de forragem ($P = < 0,01$, Tabela 9, Figura 14 e Apêndice C) quando comparadas com as produções da forragem tropical de forma isolada.

Tabela 9 - Características produtivas das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.

Sistemas Pastoris	Estações Climáticas	Acúmulo de Forragem	MF Pré-Pastejo	Resíduo de Forragem	Taxa de Acúmulo de Forragem
		kg de MS/ ha/ ano	kg de MS/ ha	kg de MS/ ha	kg de MS/ ha/ dia
DEG		4763,7	1302,7	950,0	12,0
SSP		9484,5	2232,5	1585,2	24,0
SML		11310,4	4153,4	3503,1	28,6
SAL		22418,0	6620,0	5464,6	56,6
IAL		28850,5	7607,2	5489,9	72,9
	Primavera	14257,9	3071,4	2504,6	36,8
	Verão	23436,2	5262,6	3889,7	59,2
	Outono	14963,2	4808,9	3666,8	37,8
	Inverno	10646,0	4389,8	3533,1	26,9
Média Geral		15592,9	4400,1	2909,2	39,5
Erro Padrão Médio		2801,3	198,4	202,2	7,1
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)					
Sistemas de Produção		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Estações Climáticas		0,0004	<,0001	0,0022	0,0004
Sistemas * Estações		0,0189	<,0001	0,0059	0,0189

Fonte: Pasquini Neto (2022).

MF: Massa de Forragem; MS: Matéria Seca; ha: hectare.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

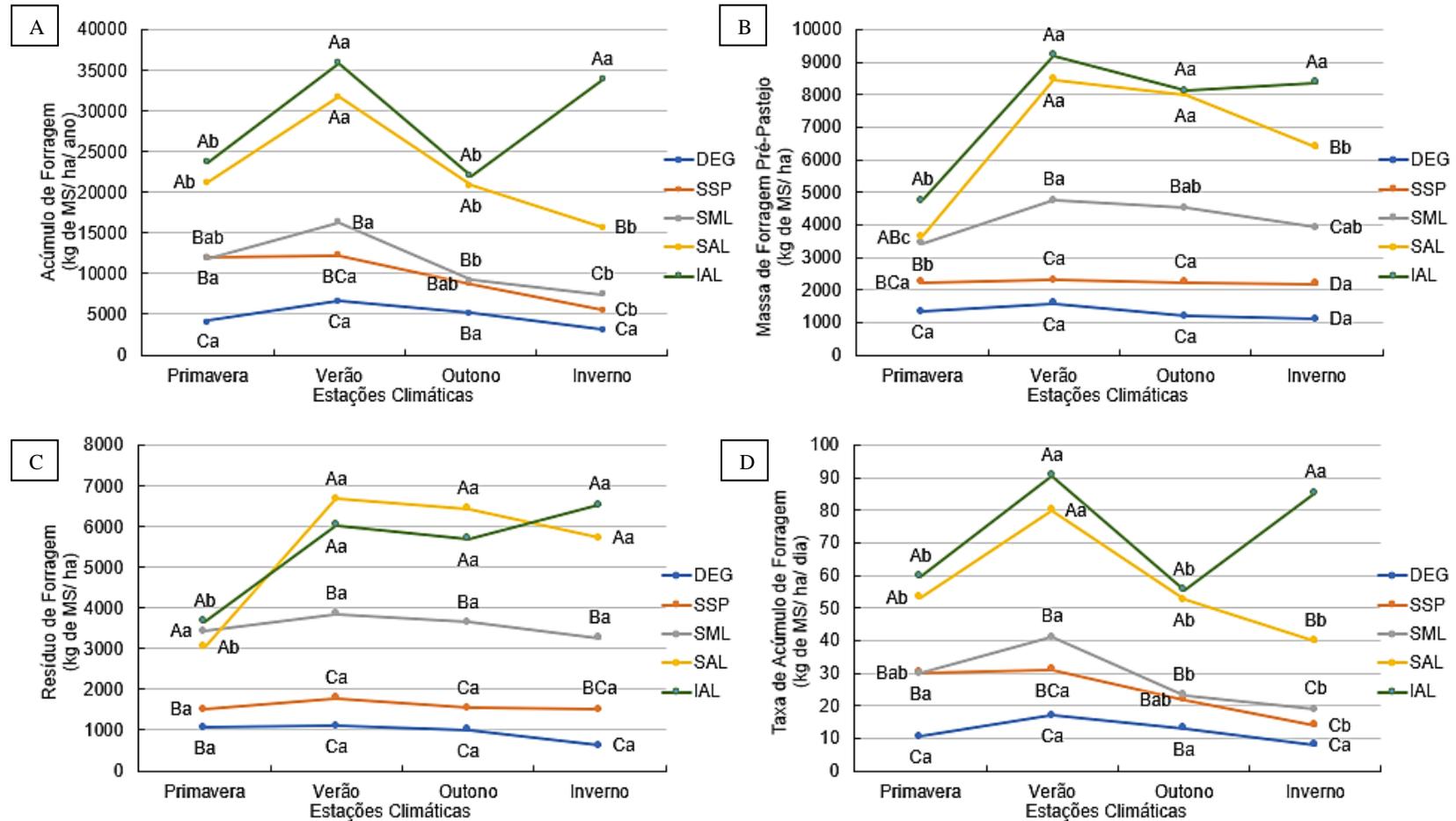
Entre os efeitos das interações sistemas*estações, as produtividades observadas das cultivares do gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) nos IAL e SAL de uma forma geral, foram superiores e semelhantes em todos os parâmetros produtivos em todas as estações primavera, verão e outono; ao passo que no inverno, com os reflexos mais acentuados da estacionalidade, principalmente, pelas baixas temperaturas evidenciadas, os fatores produtivos de todas as pastagens tropicais foram limitados, e o incremento do consórcio no IAL foi substancial. Quando relacionado com o sistema SAL, sua superioridade para os parâmetros de AF, de MF

pré-pastejo e taxa de acúmulo de forragem foram de 18072,0 kg de MS/ ha/ ano, 1985,5 kg de MS/ ha e 45,6 kg de MS/ ha/ dia, respectivamente; enquanto, para as cultivares do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) as diferenças para as mesmas variáveis resultaram em, aproximadamente, 28445,0 kg de MS/ ha/ ano, 5966,8 kg de MS/ ha e 71,8 kg de MS/ ha/ dia, respectivamente, quando comparadas com as médias dos três sistemas juntos. Adicionalmente, nesta estação, não foram observadas diferenças entre os IAL e SAL para o resíduo de forragem, porém, as diferenças em relação aos SML, SSP e DEG, foram de 4735,1 kg de MS/ ha, quando comparado com as médias dos três sistemas juntos, demonstrando o potencial do consórcio (Figura 14 e Apêndice C).

Ao comparar a interação sistemas*estações das pastagens tropicais, especificamente, do IAL e SAL, sem considerar os resultados do consórcio com as pastagens temperadas no inverno, é possível verificar que os efeitos da estacionalidade foram limitantes. Pois mesmo com a utilização da irrigação no IAL, o AF (19956,1 kg de MS/ ha/ ano), a MF pré-pastejo (6781,6 kg de MS/ ha) e taxa de acúmulo de forragem (50,4 kg de MS/ ha/ dia) foram semelhantes. Fato que CORREA e SANTOS, (2006) evidenciaram em estudos anteriores na mesma área, que em momentos mais favoráveis, houveram elevadas taxas de acúmulo nos dois sistemas, porém, a partir de julho, quando a precipitação é mais escassa e as baixas temperaturas prevalecem (< 17 °C) (Figura 2), a irrigação não eliminou totalmente a estacionalidade.

Neste aspecto, considerando os efeitos do consórcio com as pastagens temperadas no IAL quando comparado às pastagens tropicais neste estudo, é possível afirmar que as maiores produções entre as pastagens foram em detrimento das práticas que visam eliminar os efeitos da estacionalidade, através do consórcio. Efeito que pode ser verificado em vários estudos, em que após a sobressemeadura, o consórcio proporcionou melhores produções e valores nutritivos das pastagens (RODRIGUES et al., 2006; BERTOLOTE, 2009; OLIVEIRA et al., 2011).

Figura 14 – Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características produtivas das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

MS: Matéria Seca; ha: hectare.

6.1.2. Componentes Bromatológicos das Pastagens

Quando observado os valores nutricionais das pastagens, as variações dos diversos fatores que levam em consideração as questões que influenciam o desenvolvimento das pastagens de forma qualitativa (COSTA, 2004; LEMAIRE et al., 2008; SILVA et al., 2013; CAMPANA, 2017; DUBEUX et al., 2017; GREGORINI et al., 2017; CARDOSO et al., 2019; 2020a; KLEIN et al., 2020) permitiram observar diferenças significativas entre os sistemas com as pastagens tropicais e quando em consórcio com as pastagens temperadas *Avena byzantina* e *Lolium multiflorum* no sistema IAL.

Em relação aos componentes nutricionais de MS, PB, NDT, CNF, FDN, FDA, Lig, MM, DIVMS e EE das pastagens tropicais, foram evidenciadas diferenças ($P < 0,05$) entre todos os teores dos sistemas (Tabela 10).

Tabela 10 – Características nutricionais das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) durante um ano.

Sistemas Pastoris	MS %	PB %	NDT %	CNF %	FDN %	FDA %	Lig %	MM %	DIVMS %	EE %
DEG	41,0 ^A	6,3 ^D	49,9 ^B	10,4 ^C	73,4 ^A	46,1 ^A	6,5 ^A	8,4 ^B	44,3 ^C	1,4 ^A
SSP	38,2 ^A	8,8 ^B	53,4 ^A	10,8 ^C	70,7 ^C	43,2 ^B	4,8 ^B	8,6 ^B	58,6 ^A	1,2 ^B
SML	32,9 ^B	7,7 ^C	53,8 ^A	10,2 ^C	72,2 ^B	42,3 ^B	4,5 ^B	8,6 ^B	56,3 ^{AB}	1,4 ^A
SAL	30,3 ^B	6,3 ^D	52,8 ^A	14,1 ^A	70,4 ^C	45,3 ^A	5,1 ^B	8,4 ^B	55,1 ^B	0,9 ^D
IAL	21,1 ^C	9,9 ^A	53,6 ^A	11,8 ^B	68,2 ^D	42,4 ^B	4,6 ^B	9,1 ^A	58,3 ^A	1,0 ^C
Média	32,7	7,8	52,7	11,4	71,0	43,9	5,1	8,6	54,5	1,2
EPM	0,71	0,29	0,43	0,28	0,24	0,59	0,17	0,11	0,65	0,03
P	<,0001	0,0010	0,0140	0,0015	0,0003	0,0210	0,0019	0,0406	0,0011	0,0008

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

EPM: Erro Padrão Médio; P: Valor de P.

MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; CNF: Carboidrato Não Fibroso; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; Lig: Lignina; MM: Matéria Mineral; DIVMS: Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca; EE: Extrato Etéreo.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

Neste estudo, este fato pode ser verificado melhor entre os teores de PB, FDN, Lig e DIVMS das pastagens, dos quais, segundo EUCLIDES et al. (2021), permitem identificar limitações nutricionais de uma maneira geral, determinando o nível de ingestão, e consequentemente, o desempenho animal.

Ao analisar os valores nutricionais das pastagens tropicais, de uma forma geral, os maiores teores de MS e de FDN (que inclui os teores de FDA e LIG) evidenciam os processos relacionados com a lignificação das paredes celulares das pastagens, conseqüentemente, estes fatores estão relacionados com a qualidade e com a baixa digestibilidade das forragens enquanto alimento aos animais (BASSO et al., 2015; EUCLIDES et al., 2021). O DEG apresentou superioridade para todos estes teores, sendo semelhante ao SSP apenas no teor de MS (com média de 39,6%), em função das maiores proporções de colmo e de MSM. Os menores teores de MS e FDN foram observados no IAL, justamente por dispor da maior dose de N, das técnicas de irrigação e da roçada no outono, favorecendo menores proporções de colmo e de MSM. Para a FDA, os SML, IAL e SSP foram inferiores (com média de 42,6%); enquanto, todos os sistemas intensificados foram inferiores para a Lig (com média de 4,8%), devido as maiores proporções de folhas. Portanto, pode-se inferir, que o DEG se apresenta como um sistema ineficaz para fornecer uma pastagem de qualidade em relação a todos os outros sistemas.

Os teores de PB, NDT, CNF, MM, e EE conferem o real valor nutritivo das pastagens, nos quais, servem de fontes proteicas, energéticas, minerais e lipídicas essenciais aos animais. Enquanto o teor de DIVMS, determina o potencial digestível de uma pastagem como alimento, sem identificar fatores limitantes (MEDEIROS et al., 2015; EUCLIDES et al., 2021).

De acordo com a literatura (DETMANN et al., 2014a; 2014b; VALENTE et al., 2014; BARBIZAN et al., 2020), a proteína é o fator crucial na produção animal, no qual, deve constar nas pastagens teor acima do nível crítico de 6,0 e 7,0% para conferir uma performance potencial (EUCLIDES et al., 2021). Neste aspecto, os maiores teores de PB apresentados, estão relacionados com o aporte de N nas pastagens, seja pela fertilização ou pela excreção dos animais (CARDOSO et al., 2019), nos quais, evidenciam as respostas das pastagens em alocar o N em suas estruturas aéreas. Neste aspecto, o IAL apresentou superioridade, seguido do SSP, do SML, e por fim, os sistemas SAL e DEG apresentaram os menores teores.

Adicionalmente, estudos indicam que a presença do componente arbóreo no sistema é uma alternativa ecologicamente eficiente quando bem manejado, promovendo incremento nutricional às pastagens por meio da serrapilheira adicional (PEZZOPANE, et al., 2020; GOMES et al., 2021) e árvores nativas leguminosas apresentam as maiores entradas (DIAS, 2005), aumentando o valor da quantidade de C, N, P, K e macronutrientes, conforme evidenciado em um estudo realizado na área do SSP (CAROLINA, 2019). Neste aspecto, os valores de PB observados no SSP foram melhores devido ao enriquecimento natural.

Ao contrastar os valores nutricionais das pastagens tropicais com documentos que recuperaram dados dos valores nutritivos das cultivares *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) e *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) submetidas a diferentes estratégias de manejo nos últimos 35 anos (EUCLIDES et al., 2003; 2021) e com resultados observados na mesma área do presente estudo, em 2012/ 2014, para os sistemas IAL, SAL, SML e DEG (SAKAMOTO, 2018), é possível verificar que os valores aqui reportados se encontram, particularmente, menores para PB e DIVMS e maiores para FDN e LIG, podendo ser justificadas pelas condições climáticas atípicas observadas e dentre outras possíveis inferências. Destas inferências, considerando os possíveis efeitos do N no sistema solo-planta (PEYRAUD e ASTIGARRAGA, 1998), vale a pena observar o sistema SAL, pois os valores dos teores de PB encontrados na parte aérea foram semelhantes ao DEG e 39,7% inferior à média de todos os outros sistemas intensificados.

Neste contexto, CAMPANA, (2017), evidencia que a taxa de recuperação do N aplicado é resultado de um balanço entre o N consumido pela cultura e o N imobilizado pela microbiota do solo. Portanto, pastagens intensificadas exigem maior rigor sobre os compostos presentes no solo, além de um adequado manejo, pois a responsividade entre os compostos (N, P e K, principalmente) é grande e mediante a aplicação das doses de N nas pastagens, atingindo seu ponto máximo logo após a aplicação (cerca de duas semanas), há uma maior diluição da PB nas forragens, caindo rapidamente na medida que o crescimento da forragem progride e de acordo com as interações com o ambiente, pois a necessidade de reposição dos outros nutrientes (P e K) extraídos pelo solo limitam a eficiência de recuperação da parte aérea das forragens, podendo levar a uma diminuição de 2x no valor de PB das pastagens, no qual, é alocada para áreas não quantificadas e que não irão ser consumidas pelos animais.

Os teores da pastagem temperada de forma isolada, se encontram na tabela 11.

Tabela 11 – Características nutricionais da pastagem temperada em função do nível de intensificação do sistema pastoril de produção de gado de corte (IAL) no período da “seca”.

Sistema Pastoril	MS	PB	NDT	CNF	FDN	FDA	Lig	MM	DIVMS	EE
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
IAL	19,2	18,3	50,7	10,1	55,9	34,2	7,8	11,4	64,8	2,5
EPM	3,04	1,15	0,65	1,2	1,60	0,94	0,72	1,12	1,78	0,26

Fonte: Pasquini Neto (2022).

EPM: Erro Padrão Médio.

MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; CNF: Carboidrato Não Fibroso; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; Lig: Lignina; MM: Matéria Mineral; DIVMS: Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca; EE: Extrato Etéreo.

Sistema pastoril: IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

Quando considerada a utilização das espécies temperadas *Avena byzantina* e *Lolium multiflorum* consorciadas com a pastagem tropical no sistema IAL, diferenças significativas foram observadas em todos os teores nutricionais entre os sistemas e estações para os componentes de MS, PB, NDT, CNF, FDN, FDA, Lig, MM e DIVMS ($P = < 0,01$), ao passo que, para o EE, não foram observadas diferenças entre as estações ($P = 0,1099$). Complementarmente, os teores nutricionais apresentaram diferenças significativas na interação entre sistemas*estações de ($P < 0,01$, Tabela 12, Figuras 15, 16 e 17 e Apêndices D e E).

Tabela 12 – Características nutricionais das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.

Sistemas Pastoris	Estações Climáticas	MS	PB	NDT	CNF	FDN	FDA	Lig	MM	DIVMS	EE
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
DEG		41,0	6,3	49,9	10,4	73,4	46,1	6,5	8,4	44,3	1,4
SSP		38,2	8,8	53,4	10,8	70,7	43,2	4,8	8,6	58,6	1,2
SML		32,9	7,7	53,8	10,2	72,2	42,3	4,5	8,6	56,3	1,4
SAL		30,3	6,3	52,8	14,1	70,4	45,3	5,1	8,4	55,1	0,9
IAL		20,0	11,5	53,4	11,6	66,0	41,1	5,0	9,6	58,9	1,3
	Primavera	26,3	8,2	53,2	11,0	70,7	42,7	4,9	8,8	55,7	1,3
	Verão	21,3	9,5	54,3	11,5	68,2	41,8	4,0	9,6	61,3	1,2
	Outono	30,1	8,2	52,3	11,3	70,7	44,1	5,5	8,6	53,5	1,3
	Inverno	52,2	6,6	50,8	11,8	72,5	45,8	6,3	7,8	48,1	1,1
Média Geral		32,5	8,1	52,7	11,4	70,5	43,6	5,2	8,7	54,6	1,2
Erro Padrão Médio		0,63	0,19	0,30	0,17	0,21	0,42	0,11	0,10	0,50	0,05
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)											
Sistemas de Produção		<,0001	0,0005	<,0001	0,0018	<,0001	0,0078	<,0001	0,0023	<,0001	0,0019
Estações Climáticas		<,0001	0,0007	0,0001	0,0043	<,0001	<,0001	<,0001	0,0001	<,0001	0,1099
Sistemas * Estações		<,0001	0,0010	<,0001	0,0061	<,0001	<,0001	<,0001	0,0004	<,0001	<,0001

Fonte: Pasquini Neto (2022).

MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; CNF: Carboidrato Não Fibroso; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; Lig: Lignina; MM: Matéria Mineral; DIVMS: Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca; EE: Extrato Etéreo.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

Segundo LEMAIRE et al. (2008), a aplicação do N na intensificação promove dois efeitos sobre as pastagens: aumento da produtividade e aumento na qualidade. Neste aspecto, SAKAMOTO, (2018), verificou em um experimento anterior na mesma área experimental, que quanto maior a quantidade de N aplicado nestas pastagens (IAL, SAL e SML), melhores os resultados dos valores nutricionais das forragens, principalmente, aumentos na concentração da

PB e redução proporcional das frações fibrosas (FDN, FDA e Lig, principalmente), nos quais, conseqüentemente, refletem sobre o consumo, a digestibilidade e a conversão das pastagens pelos animais, interferindo nas emissões do CH₄ entérico (BERCHIELLI, et al., 2012).

Ao analisar as interações sistemas*estações nutricionais das pastagens, considerando o efeito anual da utilização e do estabelecimento das espécies temperadas consorciadas com a forragem tropical no sistema IAL, foi possível verificar que os teores de FDN, FDA e Lig, além dos teores de NDT, DIVMS e MM apresentaram padrões semelhantes entre as interações. Neste aspecto, comparando os resultados das pastagens temperadas e em consórcio em dois anos de estudo de OLIVEIRA et al. (2011) na mesma área do sistema IAL, é possível verificar que os valores aqui reportados para a pastagem temperada de forma isolada (Tabela 11) e quando em consórcio (Tabela 12), com o primeiro ano de estudo foram, 17,0% maior e 52,1% menor para o teor de PB, 0,6% maior e 10,1% menor para o teor de DIMVS e 0,3 e 5,2% maior para o teor de FDN, respectivamente; ao passo que, no segundo ano foram, 19,8 e 63,5% menor para o teor de PB, 12,0 e 1,2% menor para o teor de DIVMS e 6,6% maior e 1,0% menor para o teor de FDN. Conferindo o alto rendimento de todas as pastagens na época de 2009/ 2011 às condições favoráveis ao crescimento das cultivares, principalmente, no segundo ano, no qual, houve maiores precipitações quando comparado ao primeiro ano de estudo.

Os teores de FDN, FDA e Lig, de forma geral, apresentaram declínios durante as “águas”, em função das fertilizações e dos aumentos proporcionais das folhas (VAN SOEST, 1994; CECATO, U. et al., 2004), enquanto, na transição para as “secas”, com a lignificação das forragens (BASSO et al., 2015) e intensificação dos efeitos climáticos estacionais, os sistemas apresentaram aumentos que se estenderam até o inverno, sendo possível observar nos valores de FDN e FDA do sistema SSP, as maiores acentuações, em função do estresse pela falta de precipitação e de umidade adequada no solo, tornando-se qualitativamente semelhante ao DEG (com médias de 73,8 e 49,6%, respectivamente). No sistema IAL, os valores de FDN e FDA apresentaram aumentos nas “águas”, que podem ser justificadas pelos aumentos das temperaturas e das proporções dos colmos (MOCHEL FILHO, et al., 2016). Com a transição para as “secas”, a tendencia se inverteu, pois através da roçagem no outono, houve maiores proporções de folhas na pastagem tropical, e a partir do estabelecimento das pastagens temperadas, os valores de FDN e FDA diminuíram (VAN SOEST, 1994). Entretanto, neste mesmo período, foi observado aumento para a Lig no IAL e nos outros sistemas, fato que pode ser explicado pelo aumento da presença de MSM, influenciando o espessamento da parede celular das forragens (BASSO et al., 2015) (Figuras 15.a.b.c e Apêndices D e E).

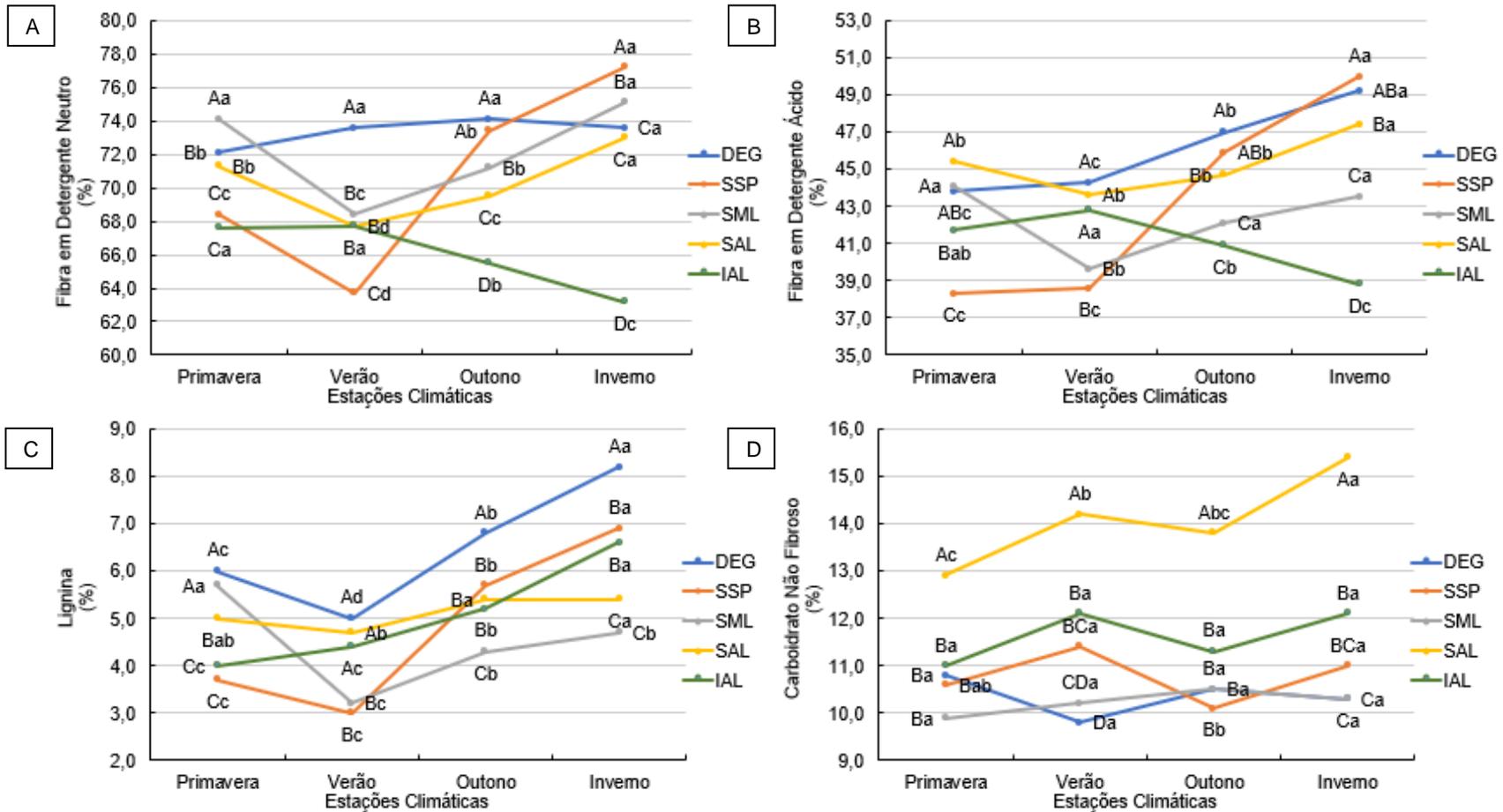
Em relação ao teor de CNF, de maneira geral, o SAL demonstrou superioridade, enquanto todos os outros sistemas foram inferiores (com médias de 10,8%). Ao observar este acúmulo na parte aérea das forragens do sistema SAL, os valores apresentados podem ser justificados pelas maiores contribuições das taxas fotossintéticas das folhas novas em constante rebrotação, além das translocações dos assimilados de reserva (presentes no colmo e nas raízes) durante os dias de “descanso”, nos quais, foram condicionados pelos momentos de ocupação, com desfolhas frequentes dos animais (GOMIDE, 2001) e, conseqüentemente, excederam a quantidade necessária de reposição dos nutrientes (glicose e frutose) para o crescimento e para a respiração das forragens (TEIXEIRA et al, 2001) (Figura 15.d e Apêndice D).

Para o teor de PB, considerando os valores entre 6,0 e 7,0% como críticos para o desempenho animal (EUCLIDES et al., 2021), de forma geral, o IAL foi o único sistema que se manteve sempre acima dos níveis, sendo superior em todas as estações. Ao passo que, o SSP foi inferior no inverno; e o SML, na primavera. Os sistemas DEG e SAL, se mantiveram entre os limites na maioria das estações, enquanto, no inverno, o SAL apresentou forte declínio, demonstrando a maior diluição do N entre as pastagens (CAMPANA, 2017) (Figura 16.a e Apêndice D).

De forma geral, os teores de NDT, de DIVMS e MM apresentaram aumentos durante o período das “águas”, indicando os maiores conteúdos energéticos, minerais e digestíveis das pastagens (OLIVEIRA et al., 2015). Ao passo que, foram diminuindo acentuadamente nas “secas”, principalmente, nos sistemas DEG e SSP, em função dos efeitos climáticos, dos processos de maturação das forragens e de competição (VAN SOEST, 1994; BASSO et al., 2015; BOSI, et al 2020). Nos IAL, SAL e SML, este declínio não foi observado neste período, provavelmente em função dos níveis de N aplicados nas épocas das “águas” e “secas” no IAL, além da concentração dos minerais nas forragens (CECATO, U. et al., 2004) (Figuras 16.b.c e 17 e Apêndices D e E).

Em relação ao teor de EE, os sistemas das cultivares de *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) apresentaram superioridades e semelhança na maioria das estações, (com médias de 1,4%), enquanto no outono, em função dos efeitos climáticos, diminuíram acentuadamente até o inverno, chegando a apresentar uma diferença de 75,0% em relação à média das estações anteriores. Os sistemas das cultivares de *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) apresentaram os menores teores na maioria das estações, enquanto no inverno, o IAL foi superior aos demais, demonstrando o efeito do consórcio com a pastagem temperada (Figura 16.d e Apêndice E).

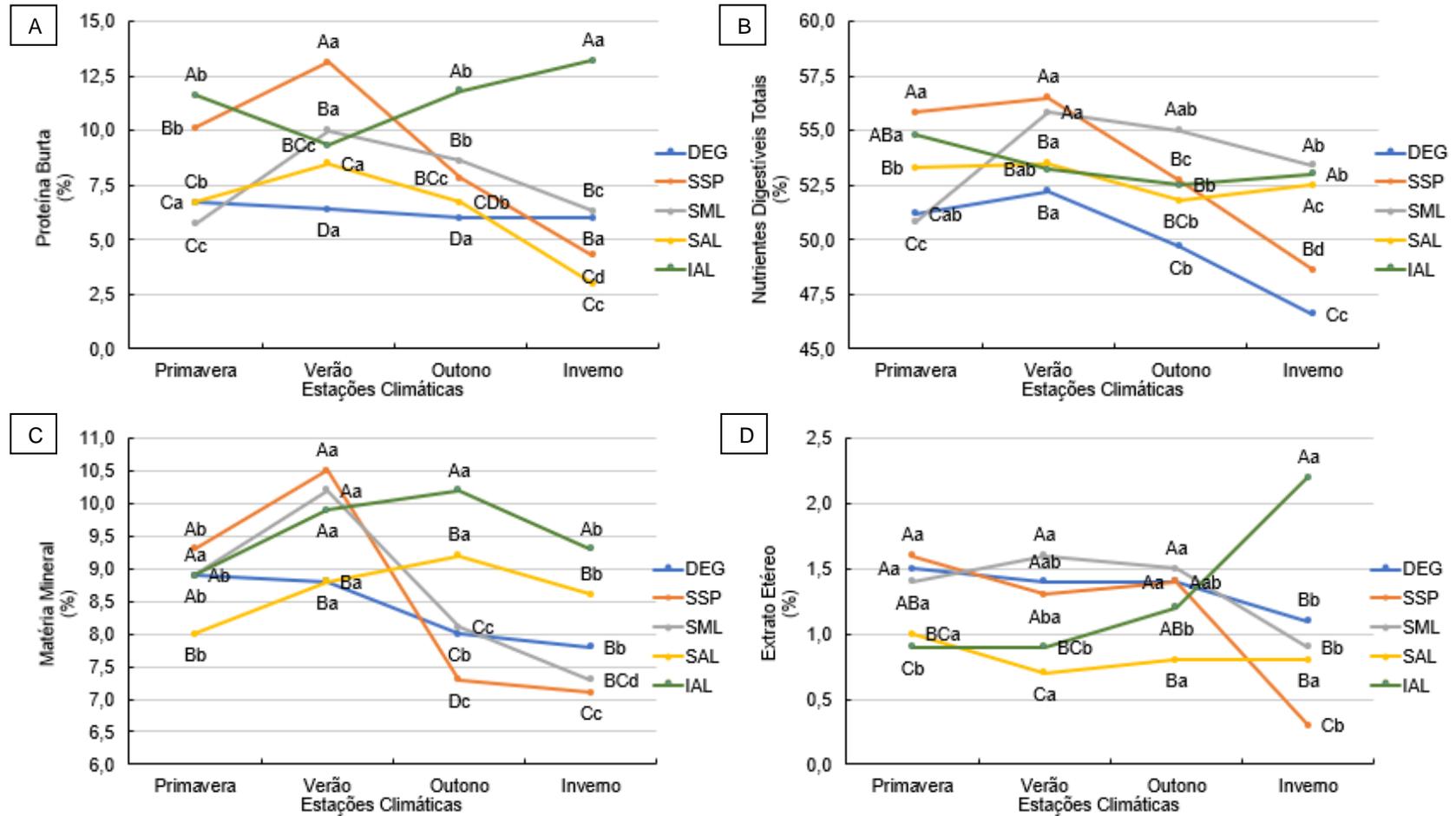
Figura 15 – Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

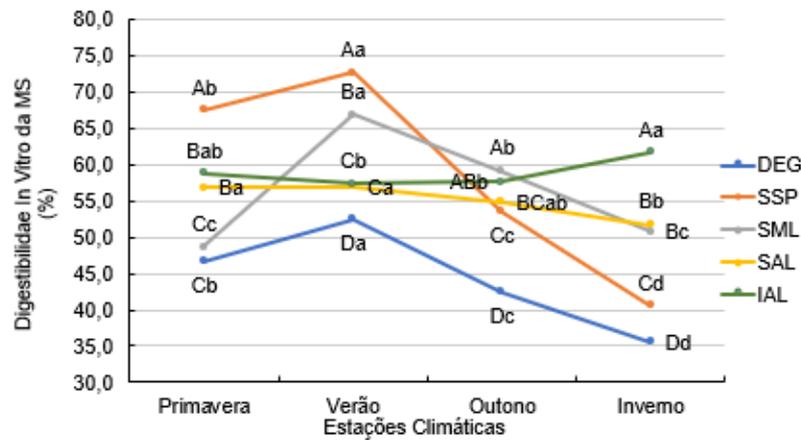
Figura 16 – Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

Figura 17 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre a característica nutricional das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

6.2. Desempenho Animal

Ao final do experimento, os animais possuíam uma média de $34,2 \pm 0,7$ meses de idade e devido à intensa deficiência hídrica no período experimental (Figura 2), influenciando nas produções e nos teores nutritivos das pastagens nos sistemas, foi possível evidenciar diferenças significativas em todas as variáveis de desempenho dos animais e das capacidades de suporte das pastagens entre os sistemas de produção para, PV final, RC, GPV anual/ha, RGC anual/ha, GPMD, PV ao final de cada estação, TLBE, TLUA e GPV/ha/estação ($P = < 0,01$), conforme experimentos realizados anteriormente na mesma área experimental puderam encontrar entre os sistemas IAL, SAL, SML e DEG (OLIVEIRA et al., 2018; SAKAMOTO, 2018). Entre as estações e a interação entre sistemas*estações, também foram observadas diferenças para as variáveis de GPMD, PV ao final de cada estação, TLBE, TLUA e GPV/ha/estação ($P = < 0,01$, Tabelas 13 e 14, Figuras 18 e 19 e Apêndice F).

De uma forma geral, considerando que a eficiência dos animais em pastejo e por área é influenciada pelo seu potencial genético (MÉO-FILHO et al., 2020), pelas questões ambientais (CARDOSO et al., 2016; RUGGIERI et al., 2020) e pelas estratégias de manejo impostas às pastagens (TEDESCHI et al., 2015; OLIVEIRA SILVA et al., 2017) e que estão associadas ao uso do suplemento mineral-proteico (BOVAL; DIXON, 2012; BOVAL et al., 2014), os sistemas intensivos que apresentaram as maiores disponibilidades de forragem com

os melhores teores de PB, FDN, Lig e DIVMS, possibilitaram que os animais conseguissem um desempenho animal apropriado e satisfatório.

Tabela 13 – Características de desempenho de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) durante um ano.

Sistemas Pastoris	PV Inicial	PV Final	Rendimento de Carcaça	GPV Anual por Hectare	RGC Anual por Hectare
	kg	kg	%	kg/ ha/ ano	kg Carcaça/ ha/ ano
DEG	377,4	467,5 ^C	48,43 ^D	204,5 ^C	101,7 ^D
SSP	388,1	474,9 ^C	49,96 ^{CD}	174,9 ^C	89,4 ^D
SML	386,2	631,2 ^B	53,76 ^{AB}	763,0 ^B	410,2 ^C
SAL	392,0	615,5 ^B	51,56 ^{BC}	1059,4 ^B	544,4 ^B
IAL	383,6	670,8 ^A	55,30 ^A	1672,1 ^A	896,0 ^A
Média Geral	385,4	579,2	52,0	774,8	407,9
EPM	7,36	13,55	0,92	86,68	35,40
Valor de P	0,7030	<,0001	0,0003	0,0003	<,0001

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

EPM: Erro Padrão Médio; PV: Peso Vivo; GPV: Ganho de Peso Vivo; RGC: Rendimento de Ganho de Carcaça; ha: hectare.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

Em relação ao PV final, os animais do IAL foram superiores em relação aos outros sistemas, seguidos pelos animais do SML e SAL (com médias de 623 kg), enquanto os animais dos SSP e DEG, foram incapazes de obter um desempenho satisfatório, apresentando uma média de 471 kg e diferença de 200 kg em relação ao IAL. Consequentemente, os maiores RC observados foram, respectivamente, para os sistemas mais produtivos, principalmente, para o IAL, no qual, foi semelhante ao SML (com média de 54,5%), e em seguida, o SAL apresentou semelhança com o SML, porém, foi inferior ao IAL (com média de 52,7%). Este fato é evidenciado por OLIVEIRA et al. (2018), em que os RC nestes três sistemas (IAL, SAL e SML) foram semelhantes, apresentando uma média de 55,8%, ao passo que para o DEG, o RC foi de 53,3%, cerca de 8,8% superior ao que foi evidenciado neste estudo quando comparado à média dos DEG e SSP.

Tabela 14 – Características de desempenho e das capacidades de suporte (TLBE e TLUA) de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.

Sistemas Pastoris	Estações Climáticas	GPMD	PV ao Final de cada Estação	Taxa de Lotação		GPV por Hectare por Estação
		kg/ dia	kg/ dia	BE/ ha	UA/ ha	kg/ ha/ dia
DEG		0,261	454,6	2,14	2,10	50,2
SSP		0,272	459,1	1,35	1,31	42,8
SML		0,671	541,7	2,30	2,56	188,0
SAL		0,618	553,2	3,57	4,06	259,8
IAL		0,784	551,5	4,86	5,33	410,2
	Primavera	0,635	438,9	2,22	2,00	228,1
	Verão	0,722	501,6	4,41	4,55	754,8
	Outono	0,355	536,6	3,16	3,74	469,4
	Inverno	0,372	571,0	1,58	1,99	188,5
Média Geral		0,540	513,7	2,77	3,07	190,2
Erro Padrão Médio		0,045	9,34	0,22	0,11	16,04
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)						
Sistemas de Produção		<,0001	<,0001	0,0008	<,0001	<,0001
Estações Climáticas		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Sistemas * Estações		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0003

Fonte: Pasquini Neto (2022).

GPMD: Ganho de Peso Médio Diário; PV: Peso Vivo; GPV: Ganho de Peso Vivo; ha: hectare; UA: Unidade Animal.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

Entre os efeitos das interações, inicialmente, na primavera, o GPMD e o PV ao final da estação dos animais nos IAL, SAL e SML foram semelhantes e superiores aos DEG e SSP (apresentando ganhos médios de 0,733 kg/ dia e PV de 450 kg, respectivamente). No verão, os animais dos SAL foram superiores para a variável de PV final, e juntamente com os animais do IAL, foram capazes de obter uma média de 0,866 kg/ dia para GPMD, sendo superiores a todo os animais das cultivares do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*) e evidenciando os efeitos produtivos e qualitativos que a cultivar do gênero *Megathyrus* (*syn. Panicum*) foi capaz de propiciar aos animais após a adubação. Entretanto, na medida em que a transição para as “secas” no outono iniciou, as quedas nutricionais, principalmente, dos teores de PB em todas as pastagens, evidenciaram seus reflexos sobre o desempenho dos animais, nos quais, ainda foram capazes de ganhar uma média de 0,680 kg/ dia nos SML e IAL e atingir 583 kg de PV nos SAL, IAL e SML ao final da estação, mas representaram uma queda produtiva evidente, sendo

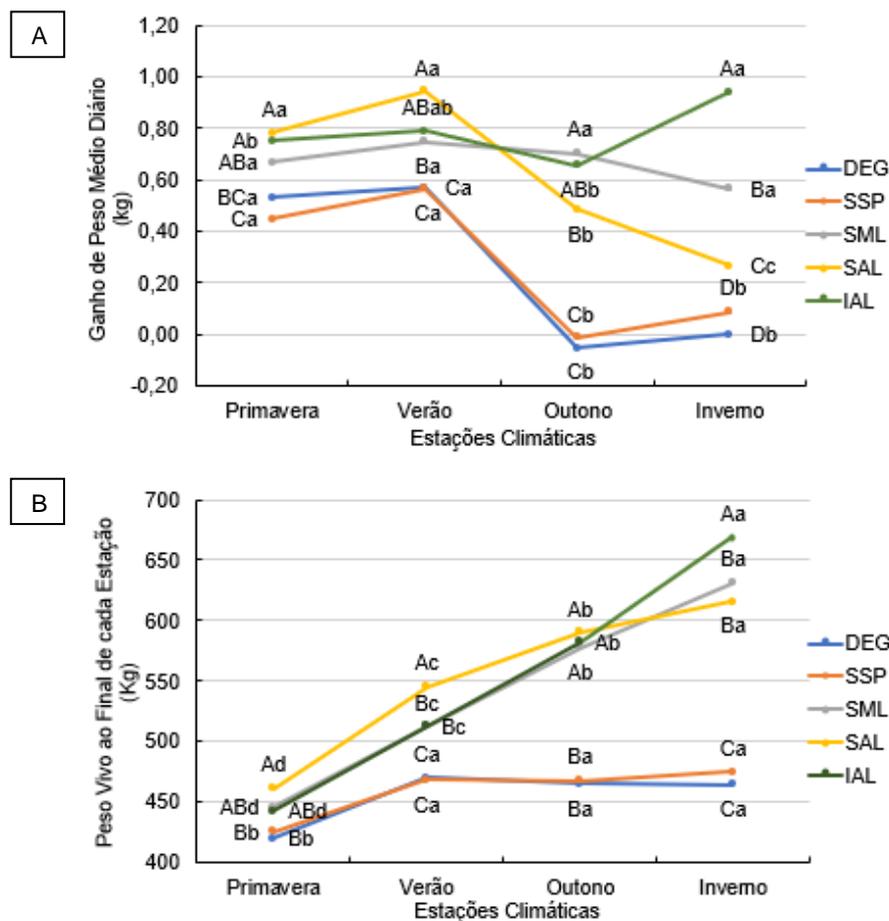
verificada, principalmente, nos animais dos DEG e SSP, que “mantiveram” seus PV em relação à estação anterior (com média de 466 kg), porém, apresentaram GPMD negativos (com aproximadamente -0,035 kg/ dia), evidenciando a incapacidade produtiva, visto à intensificação das condições severas. No inverno, todas as pastagens dos SAL, SSP, DEG e SML foram afetadas nutricionalmente, ao passo que, os animais do IAL, foram privilegiados com as técnicas de consórcio e irrigação, onde puderam obter superioridade para GPMD e apresentaram os maiores PV ao final das estações e do período experimental (Figura 18 e Apêndice F).

Por fim, é importante salientar que no SSP, a integração com o componente arbóreo aumentou a complexidade das interações, inviabilizando a sinergia com a pastagem na medida em que a competição pelos recursos naturais aumentou, principalmente, com o esgotamento da oferta de água no solo (BOSI et al., 2020b). Consequentemente, o desempenho dos animais neste sistema foi influenciado negativamente, apresentando resultados muito inferiores em relação aos outros sistemas intensificados, com GPMD durante o período de estudo de 0,272 kg/ animal/ dia e nas estações outono e inverno com -0,014 e 0,087 kg/ animal/ dia, respectivamente, equiparando-se ao DEG, que apresentou durante o período de estudo de 0,261 kg/ animal/ dia e nas estações outono e inverno com -0,055 e 0,000 kg/ animal/ dia, respectivamente.

Outro ponto a ser considerado, é a influência que o aumento da performance animal implica nas mitigações de GEE (TEDESCHI et al., 2015; CARDOSO et al., 2016), pois como foi observado até o momento neste estudo, os animais do DEG e SSP (sem considerar a retenção de CO₂ atmosférico das pastagens) podem estar contribuindo com as maiores emissões de CH₄ entérico sem “produzir” (SAKAMOTO, 2018; OLIVEIRA et al., 2020) e através do uso eficiente das pastagens e dos sistemas de produção (DEMARCHI et al., 2016; CARDOSO et al., 2020a), é possível emitir menores CH₄ entéricos e expressar maiores GPV por área com reduções na idade de abate dos animais, garantindo eficiência, rentabilidade econômica e, consequentemente, a sustentabilidade de produção almejada (PALERMO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2018; MÉO-FILHO et al., 2020; SAKAMOTO et al., 2020). Neste aspecto, levando em consideração os GPV anual/ ha e de RGC/ anual/ ha, os animais do IAL, seguidos pelo SAL e pelo SML foram capazes de atingir médias substâncias que podem comprovar essa afirmação. SAKAMOTO (2018), em um estudo na mesma área, evidenciou reduções nas intensidades de emissões do sistema SAL em comparação ao DEG, quando as emissões de CH₄/ kg de carcaça/ ha são calculadas pelo rendimento de ganho.

Adicionalmente, levando em consideração outros estudos, KOSCHECK et al. (2020), buscaram fornecer informações sobre as emissões de CH₄ entérico e sobre o desempenho de 148 bovinos *Nelore* distribuídos em combinações mistas de sistemas intensificados de produção a pasto com *Urochloa brizantha* cv. Marandu, incluindo diferentes estratégias de suplementação. E de acordo com os autores, existem diversas estratégias que podem ser utilizadas para melhorar o desempenho individual, reduzir a idade de abate dos animais e principalmente, serem sustentáveis. Sendo elucidada no estudo, a combinação da pastagem manejada com uma altura de pastejo baixa a moderada (0,15 a 0,25 m), com níveis de suplementação (proteína + energia) entre média a alta (0,3 a 0,6% de PV), de acordo com as características das forragens, nos quais, contribuíram eficientemente para maiores GPV, além de diminuir as emissões de CH₄/ kg de carcaça produzida.

Figura 18 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de desempenho de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



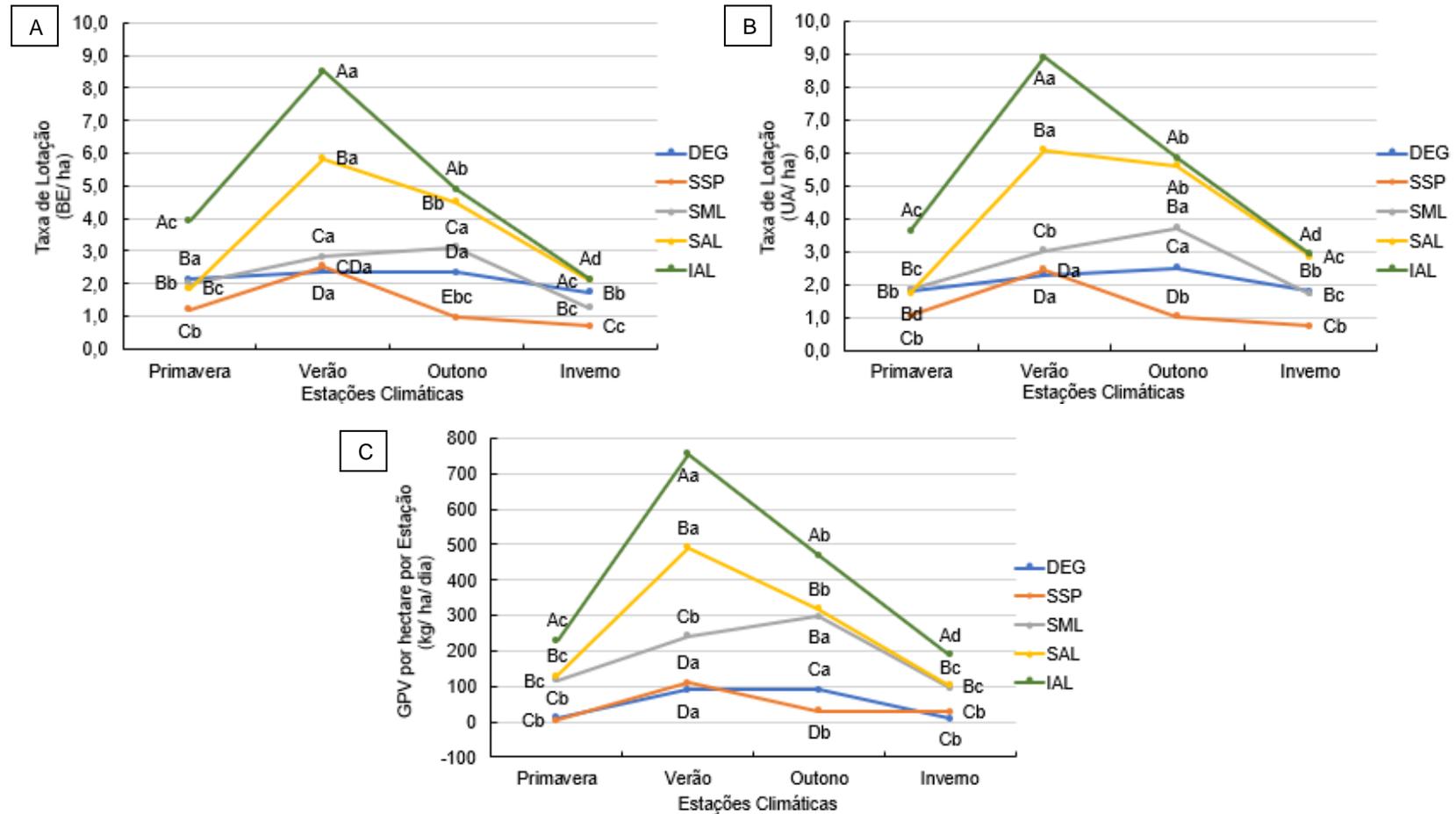
Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

Em relação às capacidades de lotação das pastagens, os sistemas que puderam estabelecer uma frequência de desfolha, de acordo com as características de ofertas das forragens para atender aos requerimentos nutricionais (CORREA e SANTOS, 2009; COSTA e QUEIROZ, 2013; SILVA et al., 2013; CARDOSO et al., 2020a; RUGGIERI et al., 2020), foram os sistemas IAL, SAL e SML, com TL consideráveis, superiores para o IAL, seguido do SAL e pelo SML para TLBE e TLUA, respectivamente, quando comparados entre os sistemas DEG e SSP. Na interação sistemas*estações, de uma forma geral, o sistema IAL apresentou as maiores médias entre todas as estações para TLBE, TLUA e GPV/ ha/ estação, sendo semelhante ao SAL no outono para TLUA (com médias de 5,73 UA/ ha), e no inverno para TLBE, TLUA (com médias de 2,12 BE/ ha, 2,87 UA/ ha). Em seguida, na primavera, os sistemas SAL e SML foram semelhantes para TLBE, TLUA e GPV/ ha (com médias de 1,93 BE/ ha, 1,78 UA/ ha e 122,9 kg/ ha) e foram superiores aos demais sistemas que apresentam a cultivar do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*). No outono e inverno, retornaram a ser semelhantes com o SML quanto ao GPV/ ha. Estes resultados foram determinantes na relação das capacidades de suporte, principalmente, para o SAL, explicando as consequentes exaustões dos componentes qualitativos da pastagem e que levaram a perdas de desempenho, no período final e seco do experimento, devido as maiores pressões de pastejo (Figuras 19.a.b.c e Apêndice F).

Complementarmente, analisando a técnica de MOTT e LUCAS (1952), a implicação dos ajustes das taxas de lotação, com maiores pressões de pastejo nos sistemas, também influenciaram o SSP, reduzindo as alturas e as ofertas de biomassa ao longo do tempo, devido a curva insuficiente de crescimento da pastagem, no qual, está associada às menores horas de luz e durante a época “seca” às baixas temperaturas, com consequentes superioridades dos MSM. Portanto, as TL do SSP, foram as menores dentre todos, com 1,35 BE/ ha e 1,31 UA/ ha, principalmente, nas estações primavera, outono e inverno, e demonstrando inferioridade ao DEG, embora tenha apresentado maiores pressões de pastejo ao longo do estudo, por exemplo, no verão (com 2,53 BE/ ha e 2,45 UA/ ha) (Figuras 19.a.b e Apêndice F).

Figura 19 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de desempenho e de capacidades de suporte de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

6.3. Consumo Voluntário em MS e Eficiência Alimentar

Considerando que as diferentes pastagens foram os principais recursos alimentares e que a performance dos animais é determinada pela eficiência no processo de pastejo (COLEMAN et al., 2003; SOLLENBERGER et al., 2011), principalmente, das partes aéreas das forragens, observar o valor nutricional das amostras coletadas por pastejo simulado, pode contribuir com as explicações sobre as respostas do desempenho, do consumo voluntário e da eficiência alimentar dos animais (SOLLENBERGER et al., 1995; EUCLIDES, et al., 2021).

Dentre os componentes morfológicos aéreos das forragens, as lâminas foliares, apresentam os melhores valores nutritivos (com altos teores de PB e baixos teores das frações fibrosas), influenciando diretamente na seletividade do animal em pastejo (SOUZA et al., 2010; EUCLIDES et al., 2021), no qual, priorizam a apreensão dessas partes aéreas, conforme foi observado no comportamento dos animais durante as coletas de amostras por pastejo simulado (SOLLENBERGER et al., 1995). Como resultado dessa preferência, é válido levar em consideração a comparação dos resultados dos componentes totais (folha, colmo e MSM) das amostras obtidas pelo corte no método direto de amostragem, descrito na seção (6.1.2).

Quando comparados, os teores de PB e de DIVMS obtiveram acréscimos, enquanto para os teores de FDN e Lig, houve decréscimos. Adicionalmente, o padrão nutricional das amostras coletadas por pastejo simulado foram um pouco mais próximas ao que se encontrou na literatura (EUCLIDES et al., 2003; 2021), entretanto, ainda continuaram menores em relação aos valores observados por SAKAMOTO, (2018). Este fato demonstra que apesar da melhora nutricional, os fatores ligados ao manejo das pastagens, tais como, as características estruturais que as forragens são disponibilizadas, influenciam diretamente sobre o aproveitamento eficiente das forragens (VAN SOEST, 1994).

Diferenças significativas foram observadas em todos os componentes bromatológicos das amostras das pastagens obtidas por pastejo simulado entre os sistemas, entre as estações e entre os efeitos da interação entre sistemas*estações, foi possível observar diferenças significativas entre a MS, a PB, o NDT, o CNF, a FDN, a FDA, a Lig, o MM, a DIVMS, o EE, o Ca e o P ($P < 0,01$), ao passo que, para a EB, não foram observadas diferenças ($P = 0,4904$) (Tabela 15, Figuras 20, 21 e 22 e Apêndices G, H e I).

Para o teor de EB, o SSP foi superior e semelhante aos SML e DEG (com média de 16,1%), seguido pelo IAL, no qual, foi semelhante aos SML e DEG (com média de 16,0%), enquanto o SAL foi inferior aos demais. Entre as estações, a primavera e verão (com média de 16,2%) foram superiores e o outono e inverno (com média de 15,8%) foram inferiores.

Tabela 15 – Características nutricionais das amostras de pastejo simulado das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.

Sistemas Pastoris	Estações Climáticas	MS %	PB %	NDT %	CNF %	FDN %	FDA %	Lig %	MM %	DIVMS %	EE %	EB MJ/ kg	Ca g/ kg	P g/ kg
DEG		38,8	8,3	55,4	12,5	68,7	40,4	4,5	8,9	59,9	2,1	16,0 ^{ab}	3,5	1,2
SSP		37,2	10,6	56,6	13,4	65,4	38,6 ^a	4,2	8,9	66,7	1,9	16,2 ^a	3,2	1,7
SML		31,6	9,1	60,3	12,0	68,0	35,3	3,0	8,5	68,9	2,7	16,1 ^{ab}	3,9	1,8
SAL		28,5	8,1	53,1	14,2	67,5	39,8	4,9	9,5	58,8	1,1	15,6 ^c	6,0	1,9
IAL		22,4	13,4	55,7	13,8	62,9	37,9	4,2	9,4	61,4	1,1	15,9 ^b	4,9	2,3
	Primavera	26,1	10,1	57,9	13,1	64,8	32,8	3,8	9,7	68,3	2,9	16,2 ^A	5,7	2,1
	Verão	23,9	12,7	58,9	14,4	62,5	37,2	3,2	9,2	71,3	1,7	16,2 ^A	2,8	2,2
	Outono	35,8	8,6	53,5	12,2	69,5	41,6	4,9	8,8	57,7	1,3	15,7 ^B	4,3	1,5
	Inverno	40,9	8,2	54,4	13,0	69,4	42,0	4,8	8,5	55,2	1,4	15,8 ^B	3,6	1,3
Média Geral		31,7	9,9	56,2	13,2	66,4	38,4	4,2	9,0	63,1	1,8	16,0	4,3	1,8
Erro Padrão Médio		0,78	0,31	0,34	0,25	0,54	0,71	0,17	0,13	1,02	0,08	0,08	0,13	0,06
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)														
Sistemas de Produção		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0003	<,0001	<,0001	0,0023	<,0001	<,0001	0,0013	0,0007	<,0001
Estações Climáticas		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Sistemas * Estações		<,0001	<,0001	0,0004	0,0002	0,0006	<,0001	0,0035	<,0001	<,0001	<,0001	0,4904	0,0022	0,0043

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais; CNF: Carboidrato Não Fibroso; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; Lig: Lignina; MM: Matéria Mineral; DIVMS: Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca; EE: Extrato Etéreo; EB: Energia Bruta; Ca: Cálcio; P: Fósforo.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

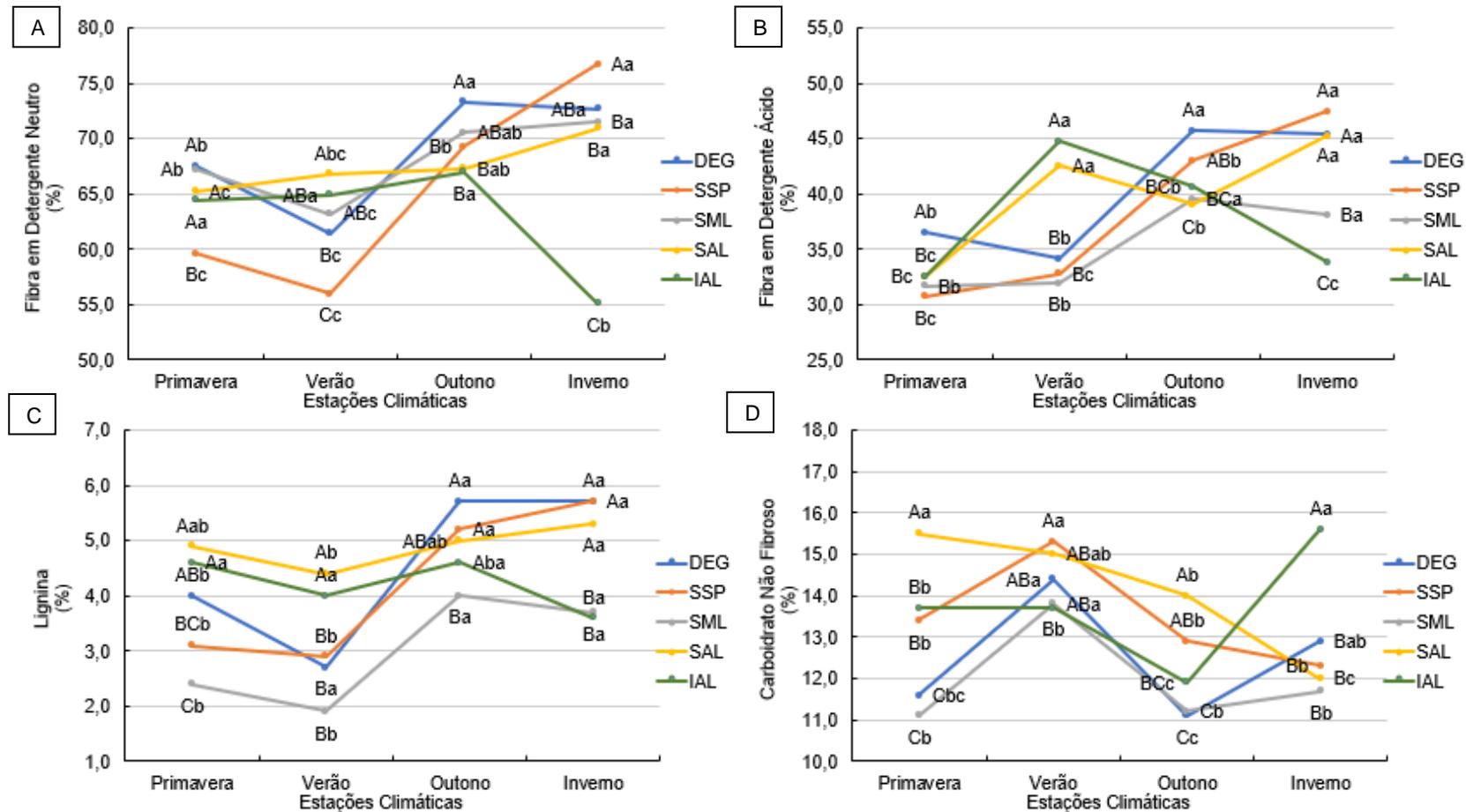
Com o conhecimento das interações sistemas*estações dos componentes nutricionais das pastagens obtidas por pastejo simulado, observa-se que, os teores de FDN, FDA e Lig, além dos teores de PB, DIVMS e MM apresentaram padrões semelhantes às interações bromatológicas das pastagens obtidas por amostragem direta.

Em relação ao teor de CNF, é possível observar que as maiores contribuições que levaram o SAL à superioridade entre a interação sistemas*estações nas pastagens obtidas por amostragem direta estão no acúmulo dos assimilados nos colmos; e ao verificar os teores de CNF das lâminas foliares, há maiores evidências sobre as severas desfolhas (GOMIDE, 2001; DIAS, et al., 2007), além da lignificação da pastagem, resultando em prejuízos para o vigor e crescimento de novas folhas. Em relação as cultivares do gênero *Megathyrsus (syn. Panicum)*, na primavera, verão e outono o SAL apresentou superioridade, enquanto no inverno, houve o inverso, justificada pela adubação e irrigação, favorecendo o desenvolvimento e maturação das folhas (CORREA e SANTOS, 2006; BASSO et al., 2015; SILVEIRA et al., 2019). Para as cultivares do gênero *Urochloa (syn. Brachiaria)*, o SSP foi superior na primavera, verão e outono, enquanto no inverno, a falta de precipitação e de umidade adequada no solo, os SML e DEG tornaram-se qualitativamente semelhante (Figuras 20.d e Apêndice G).

Para os teores de NDT e EE, os maiores conteúdos energéticos foram observados nas cultivares do gênero *Urochloa (syn. Brachiaria)* durante a primavera para os SML, SSP e DEG; e verão no SML, seguido pelos DEG e SSP. Ao passo que, com a acentuação do período de transição das “secas”, no outono e inverno sofreram declínios, em função dos efeitos climáticos, dos processos de maturação das forragens e de competição (VAN SOEST, 1994; BASSO et al., 2015; BOSI, et al 2020). Em relação às cultivares do gênero *Megathyrsus (syn. Panicum)*, os sistemas foram inferiores e semelhantes em todas as estações, exceto no inverno para o IAL, em função do reflexo da fertilização e consórcio com a pastagem temperada (Figuras 21.b.c e Apêndices G e H).

Para os teores de Ca e P, as faixas indicadas para as cultivares do gênero *Urochloa (syn. Brachiaria)* são de 2-6 e 0,8-3 g/ kg de MS forragem, respectivamente, enquanto para as cultivares do gênero *Megathyrsus (syn. Panicum)* são de 3-8 e 1-3 g/ kg de MS de forragem, respectivamente (Werner et al., 1996). Dentre todos os tratamentos, considerando esses valores, somente o sistema DEG apresentou teores de Ca e P inferiores e limítrofes aos indicados, ao passo que, os sistemas SML e SSP se apresentaram próximos do limite e juntamente com o SAL e o IAL apresentaram quedas durante o período das “secas”, evidenciando deficiências na nutrição mineral das plantas forrageiras em função dos processos de lignificação (NICODEMO, et al., 2001) (Figuras 22.b.c e Apêndice I).

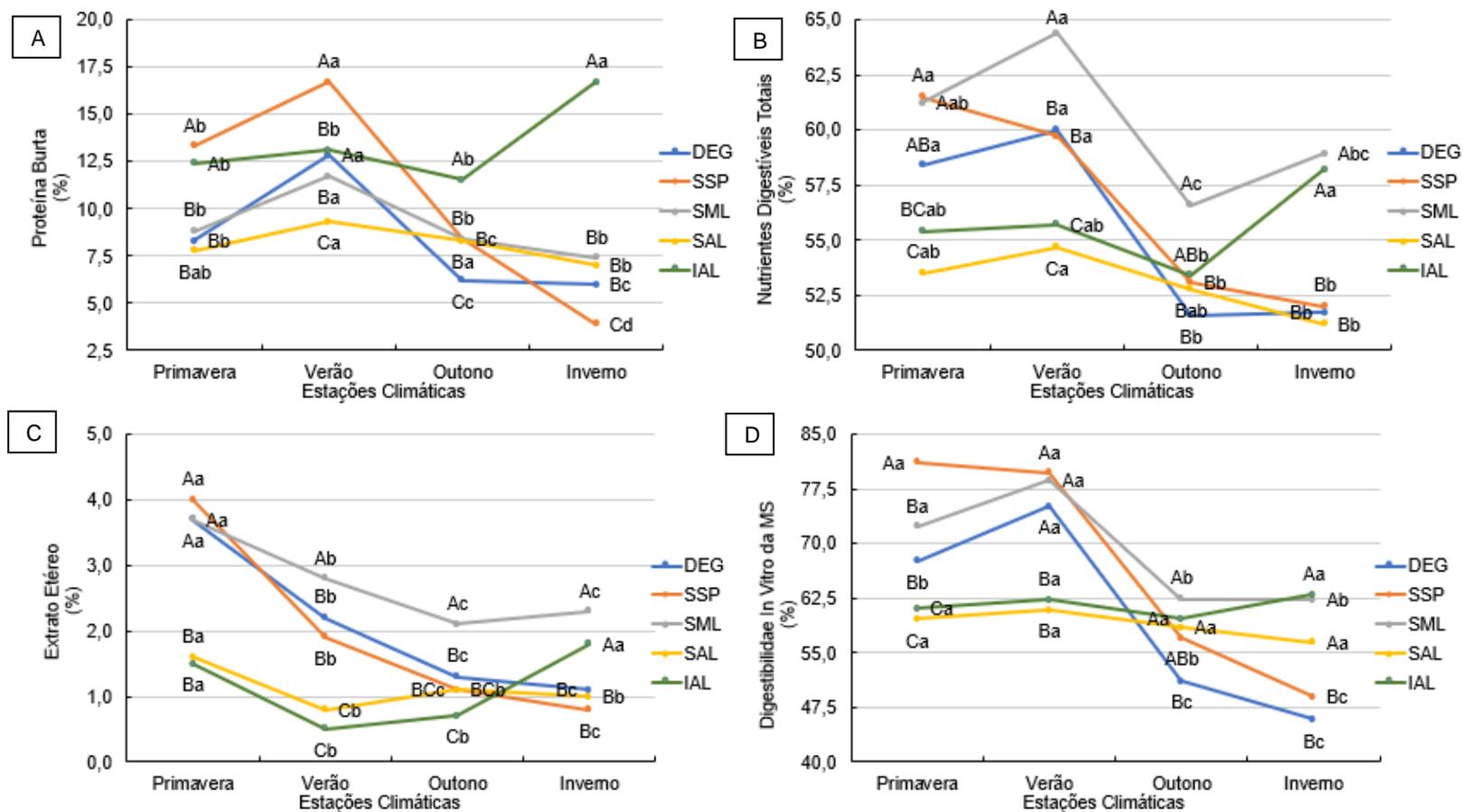
Figura 20 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das amostras de pastejo simulado das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

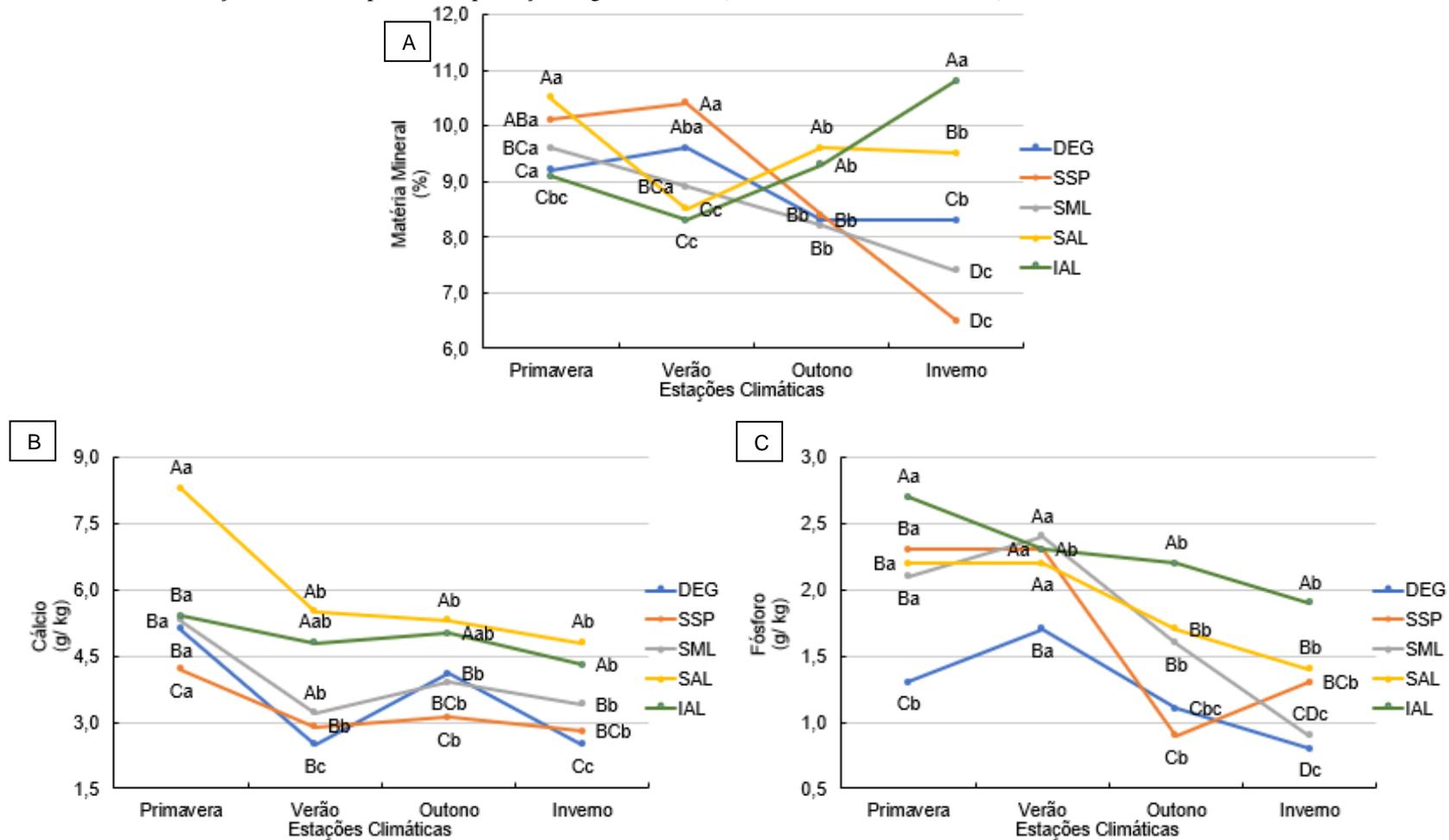
Figura 21 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das amostras de pastejo simulado das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

Figura 22 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das amostras de pastejo simulado das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

Neste aspecto, com a identificação das interações dos valores nutricionais das pastagens, correlacionadas com a produtividade das pastagens e com o desempenho dos animais, foi possível observar diferenças significativas em todas as variáveis de consumo voluntário em MS e de eficiência alimentar dos animais entre os sistemas, entre as estações climáticas e entre os efeitos da interação sistemas*estações ($P < 0,01$, Tabelas 16 e 17, Figuras 23, 24, 25 e 26 e Apêndices J e K).

Tabela 16 – Características de consumo voluntário em matéria seca de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.

Sistemas Pastoris	Estações Climáticas	CMS Forragem		CMS Suplemento		CMS Total	
		kg/ dia	% PV	kg/ dia	% PV	kg/ dia	% PV
DEG		3,92	0,95	0,497	0,12	4,42	1,06
SSP		5,50	1,30	0,267	0,06	5,78	1,37
SML		6,12	1,35	0,318	0,08	6,38	1,43
SAL		7,75	1,73	0,233	0,05	7,98	1,78
IAL		9,12	1,93	0,195	0,04	9,32	1,97
	Primavera	6,44	1,62	0,370	0,09	6,81	1,71
	Verão	8,19	1,76	0,260	0,06	8,41	1,82
	Outono	6,50	1,41	0,226	0,05	6,75	1,45
	Inverno	4,80	1,01	0,352	0,08	5,13	1,10
Média Geral		6,17	1,45	0,303	0,07	6,48	1,52
Erro Padrão Médio		0,39	0,09	0,078	0,00	0,39	0,12
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)							
Sistemas de Produção		<,0001	<,0001	0,0005	<,0001	<,0001	<,0001
Estações Climáticas		<,0001	<,0001	0,0005	<,0001	<,0001	<,0001
Sistemas * Estações		0,0006	<,0001	0,0165	<,0001	0,0011	<,0001

Fonte: Pasquini Neto (2022).

CMS: Consumo Voluntário em Matéria Seca; PV: Peso Vivo.

Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

Ao analisar os efeitos da interação sistemas*estações de CMS, de uma forma geral, os animais dos sistemas IAL e SAL com as cultivares do gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*), apresentaram os maiores CMS totais, destes majoritariamente, de forragem, devidos aos parâmetros de produção e de qualidade das pastagens e em seguida, os sistemas SML e SSP apresentam CMS intermediários, enquanto o DEG apresentou os menores CMS em todas as estações. Na medida em que a produção das pastagens foi influenciada pelos efeitos das

condições climáticas, resultando em menores produções e valores nutricionais na época “seca” do ano (SOUZA et al., 2010; DETMANN et al., 2014a; 2014b; EUCLIDES et al., 2021), o consumo voluntário em MS dos alimentos pelos animais foi influenciado de forma inversa, com consumos menores em MS totais e da forragem nos sistemas que não apresentavam alternativas que propiciassem melhores condições às forragens durante o período seco do ano (CARDOSO et al., 2020a; RUGGIERI et al., 2020). Ou seja, o consumo declinou, devido à escassez na disponibilidade de forragem e aos aumentos nos teores de FDN e LIG (SOUZA et al., 2010; DETMANN et al., 2014a; 2014b; EUCLIDES et al., 2021), fazendo com que o CMS do suplemento fosse crescente até o final do período das “secas”, principalmente, nos sistemas DEG, SSP e SML em relação à média dos consumos no período das “águas”. Adicionalmente, no inverno foi possível evidenciar diferenças entre todos os sistemas, nos quais, os animais do IAL apresentaram superioridade de CMS total e de forragem, devido aos melhores índices produtivos e nutricionais das pastagens proporcionados pelas técnicas de irrigação e consórcio; enquanto os animais do SAL, seguido pelos SML, pelo SSP e pelo DEG foram inferiores, pois careceram de disponibilidades e valores nutricionais de forragem adequados em relação ao CMS dos animais. Neste aspecto, de acordo com DETMAN et al. (2014b), a chave para entender o potencial de uma forragem ser transformada em produto animal é representada pela fração potencialmente digestível, cujo componente principal é a FDN. No entanto, a plena utilização desse nutriente é inatingível pelos animais, pois apresenta baixa taxa de degradação e lenta taxa de passagem pelo rúmen; e pastagens tropicais com altos teores de FDN (acima de 60,0 %) promovem maiores reduções sobre o CMS total devido ao ponto de inflexão entre o controle físico e fisiológico (VAN SOEST, 1994) (Figuras 23.a e 24.a e Apêndice J).

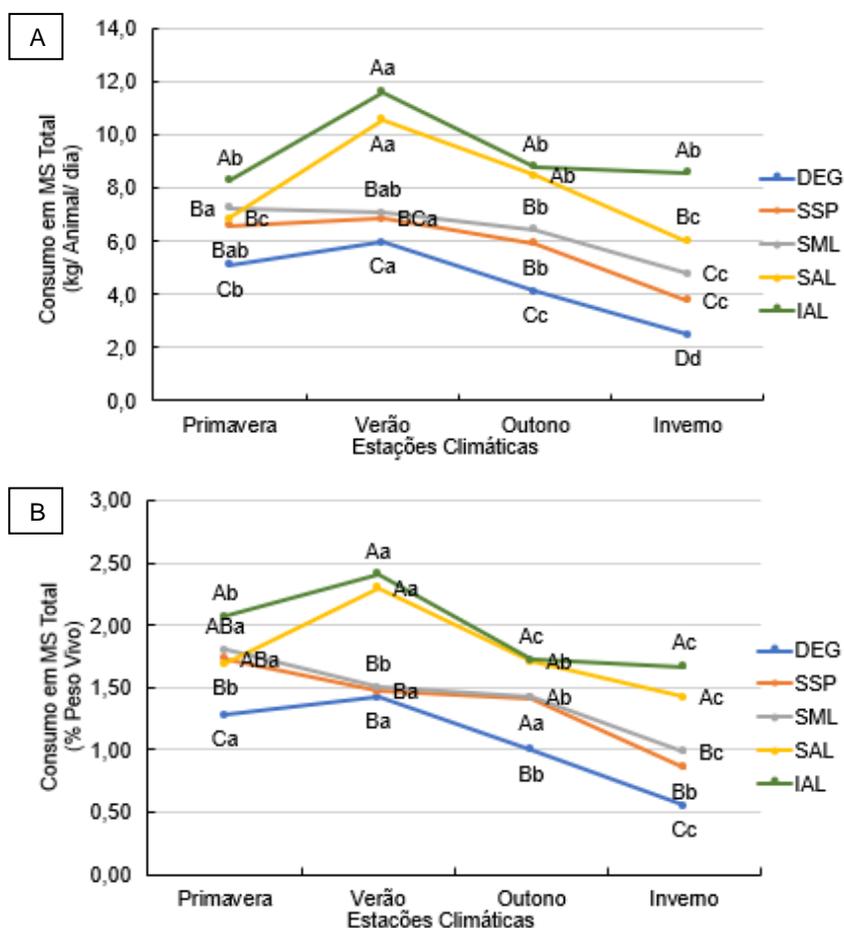
Em relação ao CMS do suplemento mineral-proteico, de uma forma geral, sua utilização serviu como ferramenta para suprir os nutrientes limitantes, além de aumentar a eficiência de utilização das forragens com a fonte de NNP na formulação. Neste aspecto, os animais das cultivares do gênero *Megathyrsus* (*syn. Panicum*) apresentaram os menores CMS em todas as estações; enquanto os animais das cultivares do gênero *Urochloa* (*syn. Brachiaria*), consumiram as maiores quantidades, principalmente, no período seco, para garantir e/ ou compensar a falta de nutrientes, com superioridade para os animais do DEG, seguido pelos SSP, IAL, SML e SAL no outono (com média de 0,171 kg de MS/ dia) e pelos SSP, SML e SAL no inverno (com média de 0,352 kg de MS/ dia). Este fato influencia sobre o desempenho dos animais, pois apesar da fonte de NNP, diluindo os teores de PB críticos, os altos teores de FDN e as restrições de disponibilidades das forragens, principalmente, nos DEG e SSP no período

final do experimento, ocasionaram decréscimos no CMS da forragem e, em consequência, no desempenho dos animais (DETMANN et al., 2014a; 2014b) (Figura 24.c e Apêndice J).

Neste aspecto, BEAUCHEMIN et al. (2009), simulando emissões de CH₄ entéricas com equações considerando o teor de FDN da dieta, evidenciaram a importância da melhoria do valor nutricional das forragens. Na medida em que a digestibilidade das frações fibrosas aumenta, o CMS e o desempenho dos animais são maximizados, diminuindo a necessidade de suplementação, além de impactar positivamente sobre a intensidade das emissões de CH₄ (kg de CH₄/ kg de alimento ingerido) (SAMARINI et al., 2011; BERCHIELLI, et al., 2012; GUYADER et al., 2016; SIQUEIRA et al., 2021) e no uso de recursos.

As interações sistemas*estações em % do PV dos animais, de uma forma geral, apresentaram as mesmas tendências dos CMS dos alimentos; evidenciando efeitos aditivos da suplementação, enquanto a contribuição real das forragens foi variável, além de difícil predição (CARVALHO et al., 2007).

Figura 23 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de consumo total em matéria seca por bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

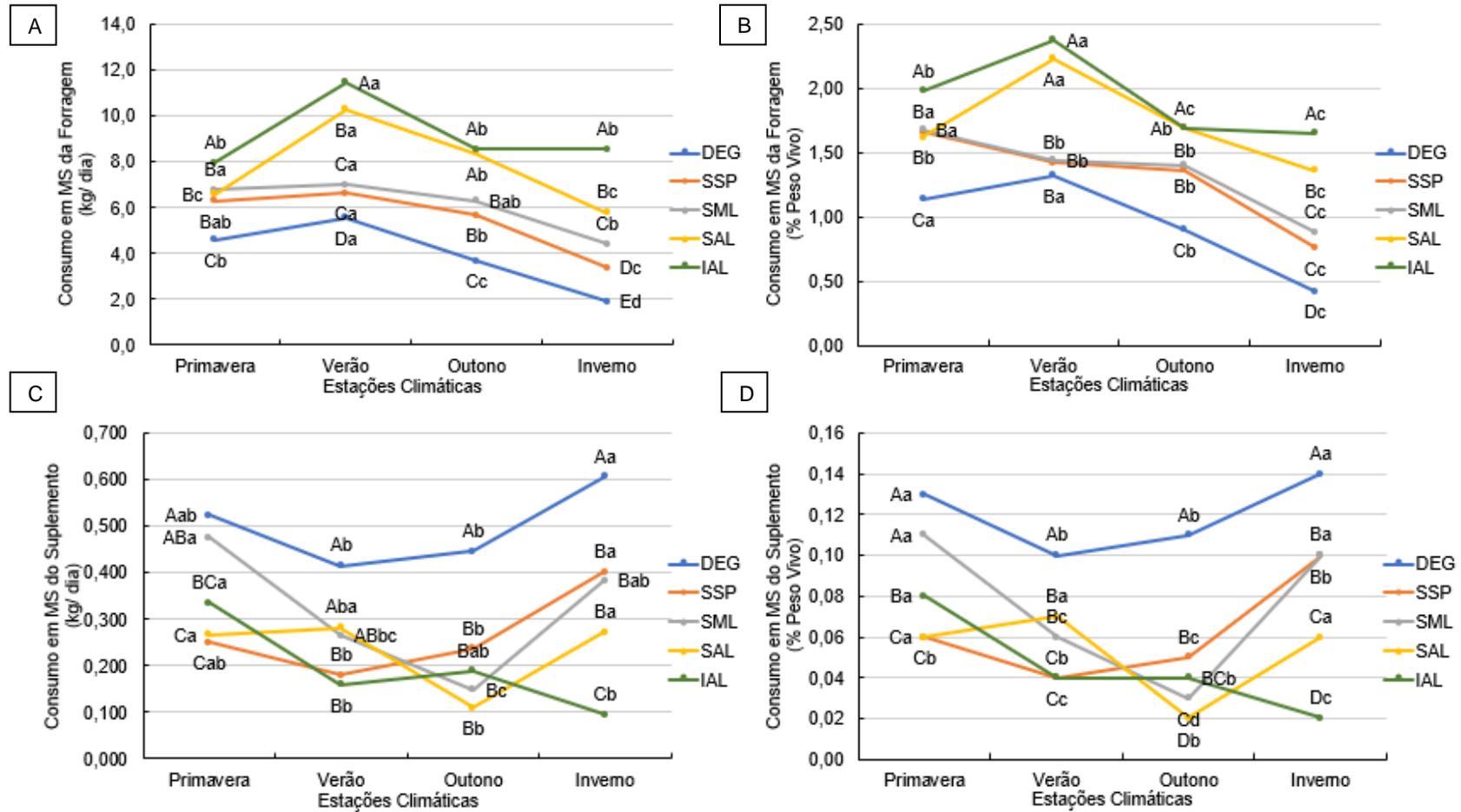


Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

MS: Matéria Seca.

Figura 24 - Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de consumo de forragem e suplemento mineral-proteico em matéria seca por bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

MS: Matéria Seca.

Tabela 17 – Características de eficiência alimentar de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL) em diferentes estações do ano.

Sistemas Pastoris	Estações Climáticas	CA	EAB	Ganho de PV por Kg de PB Ingerida		
		kg CMS/ kg GPMD	kg GPMD/ kg CMS	kg PV/ kg PB CMS Forragem	kg PV/ kg PB CMS Suplemento	kg PV/ kg PB CMS Dieta Total
DEG		25,16	0,043	0,528	0,666	0,276
SSP		23,35	0,049	0,531	1,895	0,385
SML		11,67	0,094	1,160	5,136	0,886
SAL		15,53	0,075	0,902	5,514	0,764
IAL		13,27	0,083	0,647	9,600	0,597
	Primavera	11,77	0,094	1,006	3,702	0,770
	Verão	12,45	0,088	0,756	5,723	0,666
	Outono	26,75	0,040	0,439	2,424	0,350
	Inverno	21,22	0,053	0,792	1,938	0,449
Média Geral		16,25	0,065	0,747	3,874	0,568
Erro Padrão Médio		1,05	0,007	0,012	0,012	0,012
Probabilidades Estatísticas (Valor de P)						
Sistemas de Produção		<,0001	0,001	0,0005	<,0001	<,0001
Estações Climáticas		<,0001	<,0001	0,0004	<,0001	0,0003
Sistemas * Estações		<,0001	0,0103	0,0043	<,0001	0,0038

Fonte: Pasquini Neto (2022).

CA: Conversão Alimentar; EAB: Eficiência Alimentar Bruta; PV: Peso Vivo; PB: Proteína Bruta; CMS: Consumo Voluntário em Matéria Seca; GPMD: Ganho de Peso Médio Diário.

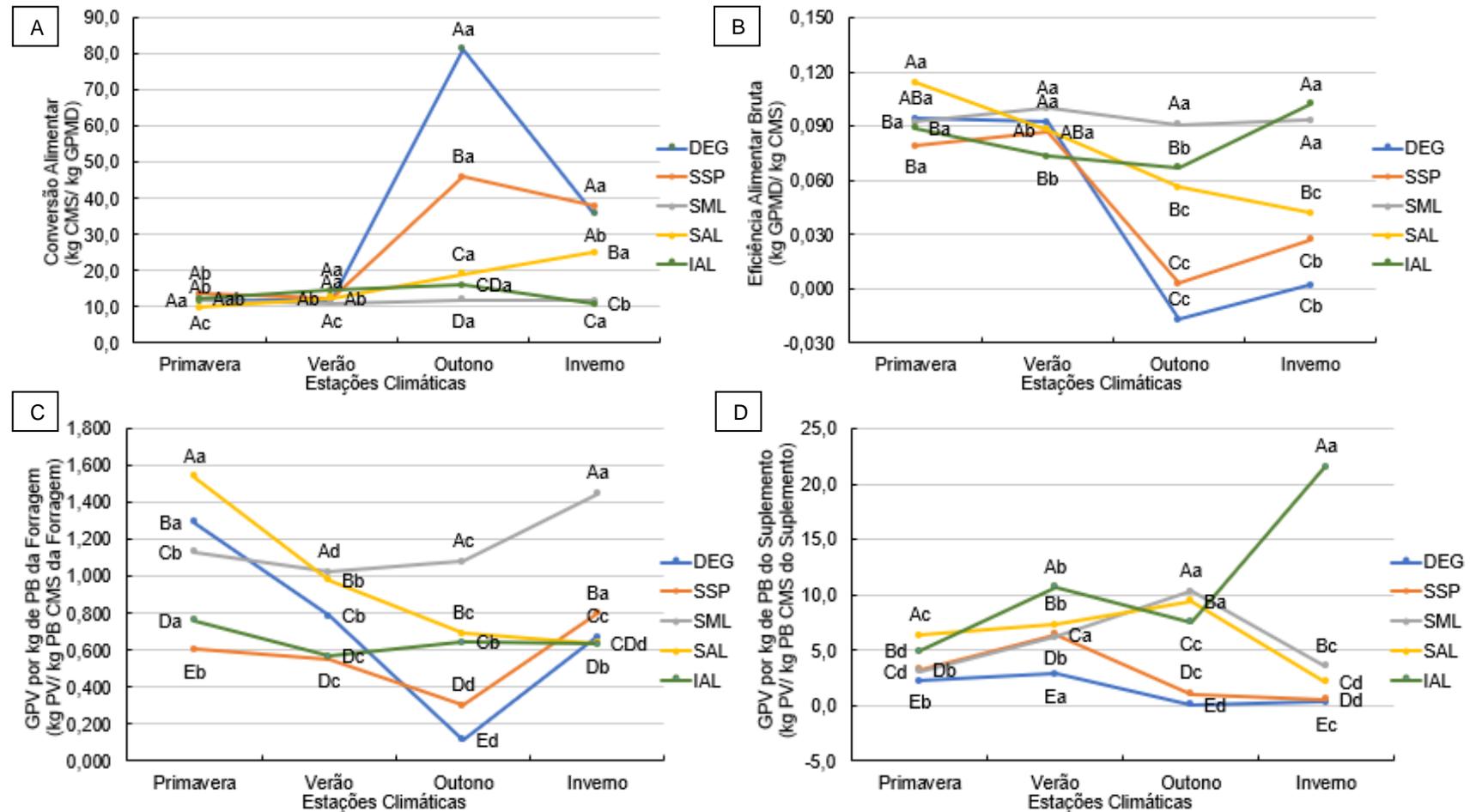
Sistemas pastoris: DEG: pastagem degradada com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo extensivo com baixa lotação; SSP: sistema silvipastoril com pastagem de sequeiro de *U. decumbens* cv. Basilisk e árvores nativas brasileira sob manejo intensivo com moderada lotação; SML: pastagem de sequeiro com mistura de *U. brizantha* cv. Marandu e *U. decumbens* cv. Basilisk sob manejo intensivo com moderada lotação; SAL: pastagem de sequeiro de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação e IAL: pastagem irrigada de *M. maximus* cv. Tanzânia sob manejo intensivo com alta lotação, sobressemeada no período seco com *A. byzantina* e com *L. multiflorum*.

Verificando as interações sistemas*estações das CA e EA, na primavera e verão, os animais de todos os sistemas apresentaram comportamentos semelhantes, de uma forma geral, consequentes da capacidade dos animais em utilizar eficientemente os nutrientes alimentares oferecidos (SOUZA et al., 2010; SILVA et al., 2013; BOVAL et al., 2014; BOVAL et al., 2021). Na medida da em que a transição para as “secas” ocorreu, os animais do SML, o qual, consumiram quantitativamente uma MS da dieta total menor em relação aos animais do IAL e SAL, apresentaram superioridade nos parâmetros, principalmente, no outono, seguido pelos sistemas IAL e SAL (com médias de 17,53 e 0,062 kg/ kg, respectivamente); e no inverno, foram semelhantes aos animais do IAL (com médias de 11,29 e 0,098 kg/ kg, respectivamente), demonstrando um efeito associativo positivo entre o CMS das forragens e do suplemento (SILVA et al., 2010), incrementos eficientes no ganho de peso animal final (RUFINO et al., 2020; RUGGIERI et al., 2020), além do melhor aproveitamento da PB consumida na dieta total.

Enquanto, os animais dos DEG e SSP, devido às maiores restrições de CMS impostas pela produção e pelo menor valor nutricional das forragens nestas estações, apresentaram as piores CA no outono para o DEG e no inverno para os SSP e DEG (com médias de 36,78 kg/ kg); além das EA no outono para os DEG e SSP (com médias de -0,007 kg/ kg) e no inverno para o DEG, respectivamente (Figuras 25.a.b e Apêndice K).

Para as eficiências alimentares relativas à qualidade de PB, assim como foi observado nos padrões de CA e de EA, os animais dos SML apresentaram, de uma forma geral, os melhores parâmetros na dieta total, deste majoritariamente de forragem, principalmente, durante as estações outono e inverno. Em contrapartida, os animais dos SAL, DEG e SSP, apresentaram eficiências superiores na primavera e intermediárias no verão, devido as maiores e melhores disponibilidades e valores nutricionais das pastagens; e devido as maiores lignificações das pastagens durante o período de transição, apresentaram os menores valores de PB. Ao passo que os animais do IAL, mantiveram uma eficiência constante da dieta total e da forragem, podendo observar uma superioridade de conversão em relação à PB do suplemento proteico-mineral, devido as menores ingestões de suplemento observadas; enquanto a superioridade no inverno, foi devido ao limite produtivo, depositando mais gordura. Neste aspecto, a eficiência da conversão está relacionada diretamente com a qualidade da dieta, pois a capacidade em reter a PB de uma dieta de baixa qualidade é muito menor quando comparada com uma de maior qualidade, conseqüentemente, a resposta em desempenho é menor (EUCLIDES et al., 2021) (Figuras 26 e Apêndices K).

Figura 25 - Desdobramento da interação sistema de produção*estações climáticas sobre as características de eficiência alimentar de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

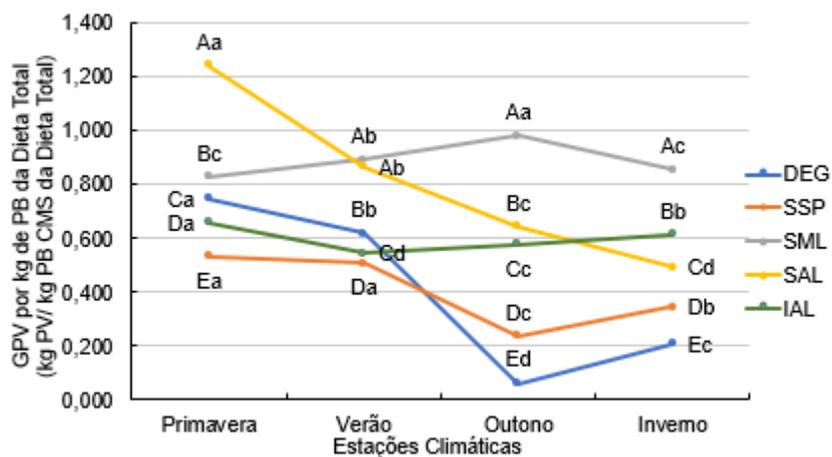


Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

CMS: Consumo Voluntário em Matéria Seca; GPMD: Ganho de Peso Médio Diário; PV: Peso Vivo; PB: Proteína Bruta.

Figura 26 - Desdobramento da interação sistema de produção*estações climáticas sobre a característica de eficiência alimentar de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).



Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para o fator sistema de produção dentro da mesma estação e minúscula para o fator estação dentro do mesmo sistema de produção climática não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

CMS: Consumo Voluntário em Matéria Seca; GPMD: Ganho de Peso Médio Diário; PV: Peso Vivo; PB: Proteína Bruta.

7. CONCLUSÃO

Apesar do período experimental atipicamente “seco”, os sistemas mais intensificados de produção (IAL, SAL e SML) apresentaram as melhores produções das pastagens e desempenhos animais, com menores consumos de suplemento mineral-proteico e melhores conversões e eficiências alimentares, aproveitando melhor a PB oferecida em relação aos sistemas DEG e SSP, o que mostra maior resiliência desses sistemas à escassez de fatores produtivos.

O pior desempenho do sistema DEG foi devido à falta de correção e fertilização do solo, que tiveram pequenas produções de forragem com baixos valores nutricionais, incorrendo em manejo inadequado da fertilidade do solo e do manejo fisiológico da planta forrageira.

Em relação ao sistema SSP, deve-se analisar o potencial de produção das pastagens e das performances animais em interação com o ecossistema que estão inseridas, pois a dinâmica hídrica do solo em interação com o componente arbóreo depende de uma precipitação apropriada para não entrar em competição e prejudicar o componente forrageiro, limitando o desempenho e a eficiência alimentar dos animais.

REFERÊNCIAS

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef Report: Perfil da Pecuária no Brasil 2020**. Relatório Anual. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020>. Acesso em: 06 jan. 2021.

AIKING, H. Protein production: Planet, profit, plus people? **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 100, 2014.

ALEXANDRINO, E. et al. Crescimento e desenvolvimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, pp. 2164-2173, 2005.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. FAO, Rome, Italy p. 300, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVES, M. G. de O., **Dinâmica dos gases de efeito estufa do sistema solo-planta em sistemas de integração**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil, 2017.

AMÉNDOLA, L. et al. A pilot study on the foraging behavior of heifers in intensive silvopastoral and monoculture systems in the tropics. **Animal**, v. 13, n. 3, p. 606–616, 2019.

AOAC. **Official methods of analysis**. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA, 1990.

AOAC. **Official methods of analysis**. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA, 1995.

AOCS - American Oil Chemists' Society. **Official Method Am 5-04, Rapid determination of oil/ fat utilizing high temperature solvent extraction**. Urbana: Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 2005.

ARORA, N. K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. **Environmental Sustainability**, v. 2, n. 2, p. 95-96, 2019.

AUGUSTO, C. et al. Análise de Crescimento de Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **R. Bras. Zootec**, v. 24, n. 4, 1999.

BARBIZAN, M. et al. Balanced protein/energy supplementation plan for beef cattle on tropical pasture. **Livestock Science**, v. 241, 2020.

BASSO, K. C. et al., Anatomia foliar de forrageiras e a sua relação com o valor nutritivo. **Veterinária Notícias**, v. 21, n. 1, 2015.

BEAUCHEMIN, K. A., et al. Dietary mitigation of enteric methane from cattle. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 4, n. 35, 2009.

BEAUCHEMIN, K. A. et al. Review: Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. **Animal**, v. 14, p. s2-s16, 2020.

BERCHIELLI, T. T., et al. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. **R. Bras. Zootec**, v. 29, n. 3, 2000.

BERCHIELLI, T. T., et al. Aplicação de técnicas para estudos de ingestão, composição da dieta e digestibilidade. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 2, p. 29-40, 2005.

BERCHIELLI, T. T. et al., Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, p. 954-968, 2012.

BERTOLOTE, L. E. M. **Sobressemeadura de forragens de clima temperado em pastagens tropicais**. 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu-SP, 2009.

BOGAERTS, M. et al. Climate change mitigation through intensified pasture management: Estimating greenhouse gas emissions on cattle farms in the Brazilian Amazon. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 1539–1550, 2017.

BOSI, C. et al. Produtividade e características biométricas do capim-braquiária em sistema silvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 449–456, 2014.

BOSI, C., et al. Silvopastoral system with eucalyptus as a strategy for mitigating the effects of climate change on Brazilian pasturelands. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020a.

BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P. C. Soil water availability in a full sun pasture and in a silvopastoral system with eucalyptus. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 2, p. 429–440, 1 abr. 2020b.

BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: A review on management and methodological progress in the tropics. **Animal**, vol. 6, no. 5, p. 748–762, 2012.

BOVAL, M.; EDOUARD, N.; SAUVANT, D. A meta-analysis of nutrient intake, feed efficiency and performance in cattle grazing on tropical grasslands. **Animal**, v. 9, n. 6, p. 973–982, 2014.

BOVAL, M.; SAUVANT, D. Ingestive behavior of grazing ruminants: Meta-analysis of the components linking bite mass to daily intake. **Animal Feed Science and Technology**, vol. 278, 2021.

CAMPANA, M. **Potencial de resposta ao nitrogênio de pastos manejados intensivamente**. 2017. 83 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil, 2017.

CALDERANO FILHO, B. **Os solos da Fazenda Canchim, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, São Carlos, SP**: levantamento semidetalhado, propriedades e potenciais. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS; São Carlos: Embrapa-CPPSE, p. 95, 1998. (Embrapa-CNPS. Boletim de pesquisa, 7; Embrapa-CPPSE. Boletim de pesquisa, 2).

CARDOSO, A. S. et al. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v. 143, p. 86–96, 2016.

CARDOSO, A. S. et al. Seasonal effects on ammonia, nitrous oxide, and methane emissions for beef cattle excreta and urea fertilizer applied to a tropical pasture. **Soil and Tillage Research**, v. 194, 2019.

CARDOSO, A. S. et al. Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in Brachiaria grasslands. **Sustainability**, vol. 12, no. 16, 2020a.

CARDOSO, G. DOS S. et al. A meta-analysis of the effects of dietary supplementation in tropical forage-fed cattle. **Ciências Agrárias**, v. 41, n. 5, p. 2381–2390, 2020b.

CAROLINA, A. M. B. **Comparação de ciclagem de nutrientes em pastagens convencionais,**

sistemas silvipastoris e floresta escacional semidecídua. 2019. 94 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos Brasil, 2019.

CARVALHO, P. C. F., et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **R. Bras. Zootec**, v. 36, p. 151-170, 2007.

CECATO, U. et al. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 399-407, 2008.

CEZAR, I. M. et al. **Sistemas de produção de corte no Brasil:** uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, p. 40, 2005. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 151).

COLEMAN, S. W.; MOORE, J. E. Feed quality and animal performance. **Field Crops Research**, v. 84, n. 1–2, p. 17–29, 2003.

CORREA, L. de A., SANTOS, P. M. **Irrigação de pastagens formadas por gramíneas forrageiras tropicais.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 6, 2006. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular técnica, 48).

CORREA, L. de A., SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, n. 2, p. 36, 2009. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 34).

COSTA, N. de L. (Ed.). **Fisiologia e manejo de plantas forrageiras.** In: Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, p.30, 2004. (Embrapa Rondônia. Documentos, 85)

COSTA, J. A. A.; QUEIROZ, H.P. **Régua de manejo de pastagens.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 125).

COSTA, C. M. et al. The 4R management for nitrogen fertilization in tropical forage: A review. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 11, p. 1834–1837, 2020.

DEMARCHI, J. J. A. A. et al. Effect of Seasons on Enteric Methane Emissions from Cattle Grazing *Urochloa brizantha*. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 4, p. 106, 2016.

DETMANN, E. et al. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, v. 162, n. 1, p. 141–153, 2014a.

DETMANN, E. et al. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: A review based on Brazilian results. **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2829–2854, 2014b.

DIAS, P. F., **Importância da arborização de pastagem com leguminosas fixadoras de nitrogênio**. 2005. 147 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Brasil, 2005.

DIAS, F. J. et al. Composição química do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com diferentes fontes de fósforo sob pastejo. **Acta Scientiarum**, v. 29, p. 9-16, 2007.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, p. 36, 2014. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

DOMICIANO, L. F. et al. Performance and behaviour of Nellore steers on integrated systems. **Animal Production Science**, v. 58, n. 5, p. 920–929, 2018.

DOMICIANO, L. F. et al. Agroforestry systems: an alternative to intensify forage-based livestock in the Brazilian Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 5, p. 1839–1849, 2020.

DUBEUX, J. C. B. et al. Sustainable intensification of livestock production on pastures. **Latin American Archives of Animal Production**, v. 25, n. 3–4, 5, 2017.

EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S. R. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, p. 43, 2003. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 139).

EUCLIDES, V. P. B. et al. **Valor nutritivo, estrutura do dossel e desempenho animal de algumas cultivares de *Panicum maximum* e *Brachiaria* spp. submetidas à diferentes estratégias de manejo**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, p. 102, 2021. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 292).

FAGUNDES, J. L. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, pp. 397-403, 2005.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Shaping the Future of Livestock: Sustainably, Responsibly, Efficiently**. FAO, Rome, Italy, p. 20, 2018a.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT: Agriculture Total**. 2018b. FAOSTAT Data-base. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>. Acesso em: 06 jan. 2021.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Five Practical Actions Towards Low-Carbon Livestock**, FAO, Rome, Italy, p. 40, 2019.

FERLIN, M. B. et al. Morfogênese e dinâmica do perfilamento de *Panicum maximum* JACQ. cv. Tanzânia-1 sob pastejo. **Ciência e Agro tecnologia**, v. 30, n. 2, pp. 344-352, 2006.

FERREIRA JÚNIOR, L. G., et al. (Coord.) **Dinâmica das pastagens brasileiras: ocupação de áreas e indícios de degradação – 2010 a 2018**. LAPIG: UFG, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-mostra-reducao-de-26-8-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-em-areas-que-adotaram-o-plano-abc/Relatorio_Mapal.pdf. Acesso em: 03 jan. 2021.

FLORINDO, T. J. et al. Application of the multiple criteria decision-making (MCDM) approach in the identification of Carbon Footprint reduction actions in the Brazilian beef production chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 196, p. 1379–1389, 2018.

FREIRE, A. P. A. et al. Nitrato na alimentação de ruminantes mitiga a produção de metano. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 18, n. 1, p. 6–12, 2015.

GARCEZ NETO, A. R. et al. Respostas Morfogênicas e Estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob Diferentes Níveis de Adubação Nitrogenada e Alturas de Corte. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.5, p.1890-1900, 2002.

GERBER, P. J, et al. **Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities**. FAO, Rome, Italy, p. 139, 2013.

GEREMIA, E. V. et al. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83–92, 2018.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis** (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). Washington, DC: USDA, 1970. (Agricultural Handbook, 379).

GOOPY, J. P. et al. Severe below-maintenance feed intake increases methane yield from enteric fermentation in cattle. **British Journal of Nutrition**, v. 123, n. 11, p. 1239–1246, 2020.

GOMES, F. J. et al. Shading effects on Marandu palisade grass in a silvopastoral system: Plant morphological and physiological responses. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 5, p. 2332–2340, 2019.

GOMES, F. J. et al. Microclimate effects on canopy characteristics of shaded palisade grass pastures in a silvopastoral system in the Amazon biome of central Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 115, n. September 2019, p. 126029, 2020

GOMES, F. J. et al. Forage nutritive value of Marandu palisade grass under clipping in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, 2021.

GOMIDE, C. A. M., **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.)**. 2001. 73 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 2001.

GREENWOOD, P. L. Review: An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. **Animal**, vol. 15, 2021.

GREGORINI, P.; VILLALBA, J.J.; CHILIBROSTE, P.; PROVENZA, F.D. Grazing management: setting the table, designing the menu, and influencing the diner. **Animal Production Science**, v. 57, p. 1248-1268, 2017.

GUARDA, V. D. A. et al. **Bases eco fisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem**. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, p. 47, 2014. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Documentos, 7).

GUYADER, J. et al. Production, management, and environment symposium: Forage use to improve environmental sustainability of ruminant production. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 8, p. 3147–3158, 2016.

HENRY, B. K.; ECKARD, R. J.; BEAUCHEMIN, K. A. Review: Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. **Animal**, vol. 12, no. s2, p. s445–s456, 2018.

HOESCHL, A. R. et al. Produção de forragem e perfilhamento em pastos de capim Tanzânia-1 adubados com doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, p. 81-86, 2007.

HULSHOF, R. B. A. et al. Dietary nitrate supplementation reduces methane emission in beef cattle fed sugarcane-based diets. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 2317–2323, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTTÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos**. IBGE: Rio de Janeiro, Brasil, 2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 03 jan. 2021.

IPCC - INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. In SHUKLA, P. R., et al. (Eds.). **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, p. 896, 2019.

KLEIN, C. A. M. et al. A review of plant options for mitigating nitrous oxide emissions from pasture-based systems. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, vol. 63, no. 1, p. 29–43, 2020.

KOSCHECK, J. F. W. et al. How do animal performance and methane emissions vary with forage management intensification and supplementation? **Animal Production Science**, v. 60, n. 9, p. 1201–1209, 2020.

KU-VERA, J. C. et al. Review: Strategies for enteric methane mitigation in cattle fed tropical forages. **Animal**, v. 14, p. s453–s463, 2020.

LATAWIEC, A. E. et al. Intensification of cattle ranching production systems: Socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1255–1263, 2014.

LAVRES JUNIOR, J. et al. Perfilhamento, Área Foliar e Sistema Radicular do Capim-Mombaça Submetido a Combinações de Doses de Nitrogênio e Potássio. **R. Bras. Zootec.**, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

LEMAIRE, G.; JEUFFROY, M. H.; GASTAL, F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage. Theory and practices for crop N management. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 614–624, 2008.

LIMA, D. M. et al. Morphological characteristics, nutritive quality, and methane production of tropical grasses in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 3, p. 323–331, 2018.

LOPES, C. M. et al. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 225–233, 2017.

MANZATTO, C. V. et al. (Eds.). **Estimativas de redução de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas ILPF no Brasil**. In: Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília, DF: Embrapa, p. 400–424, 2019.

MARTHA JÚNIOR, G.B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia**. 2003. 149p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil 2003.

MEDEIROS, S. R. et al. (Eds.). **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: Embrapa, 176p. 2015.

MÉO-FILHO, P. et al. Methane emissions, performance and carcass characteristics of different lines of beef steers reared on pasture and finished in feedlot. **Animals**, v. 10, n. 2, 2020.

MOCHEL FILHO, W. J. E. et al. Produtividade e composição bromatológica de Panicum maximum cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 81-88, 2016.

MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. **The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures**. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6, Pennsylvania. Proceedings... Pennsylvania: State College Press, p.1380-1385, 1952.

MOTT, G.O. & MOORE, J.E. **Evaluating forage production**. In: Forages - The science of grassland agriculture, 4th ed. Iowa State University Press, Ames, IA, USA. p. 422-429, 1985.

MYERS, W. D.; LUDDEN, P. A.; NAYIGIHUGU, V. et al. Technical Note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, p.179-183, 2004.

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**. 5 ed. Brasília, Brasil, p. 71, 2019.

NICODEMO, M. L. F. et al. **Elementos minerais em forrageiras: formas químicas, distribuição e biodisponibilidade.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, p.39, 2001. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 115).

OLIVEIRA, P. P. A. et al. **Recomendação da sobressemeadura de aveia em pastagens tropicais ou subtropicais irrigadas.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 7, 2005. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado Técnico, 61).

OLIVEIRA, P. P. A. et al. **Correção do solo e fertilização de pastagens em sistemas intensivos de produção de leite.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 56, 2008. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 86).

OLIVEIRA, P. P. A. et al. **Utilização de cultivares de azevém sobressemeado em capim-Tanzânia.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, p. 4, 2011. (Embrapa Gado de Corte. Artigo em Anais de Congresso).

OLIVEIRA, L. O. F. et al. **Uso de indicadores nos estudos de nutrição animal aplicados aos sistemas de produção a pasto.** Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, p.24, 2012. (Embrapa Pantanal. Documentos, 120).

OLIVEIRA, P. P. A. et al. (Ed.). **Protocolo recomendado para avaliação do consumo voluntário de animais em pastejo.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 14, 2014. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 115).

OLIVEIRA, V. S. et al. Produção E Composição Químico-Bromatológica De Gramíneas Tropicais Submetidas a Dois Níveis De Irrigação. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 2, 2015.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. The effect of grazing system intensification on the growth and meat quality of beef cattle in the Brazilian Atlantic Forest biome. **Meat Science**, v. 139, n. December 2017, p. 157–161, 2018.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. Greenhouse gas balance and carbon footprint of pasture-based beef cattle production systems in the tropical region (Atlantic Forest biome). **Animal**, v. 14, p. s427–s437, 2020.

OLIVEIRA SILVA, R. et al. Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 201–211, 2017.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and Internal Markers for Appraising Site and Extent

of Digestion in Ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 9, p. 2605–2617, 1992.

PALERMO, G. C.; D'AVIGNON, A. L. DE A.; FREITAS, M. A. V. Reduction of emissions from Brazilian cattle raising and the generation of energy: Intensification and confinement potentials. **Energy Policy**, v. 68, p. 28–38, 2014.

PATRA, A. K. Prediction of enteric methane emission from cattle using linear and non-linear statistical models in tropical production systems. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 22, n. 4, p. 629–650, 2017.

PERISSATO, C. C. et al. Produção de forragem do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, pp. 1949-1958, 2004.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 110–119, 2015.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. **Journal of Thermal Biology**, v. 79, p. 103–111, 2019.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Production and nutritive value of pastures in integrated livestock production systems: Shading and management effects. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 2, 2020.

PEYRAUD, J. L.; ASTIGARRAGA, L. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 72, p. 235-259, 1998.

PRIMAVESI, A. C. P. de A. et al., **Aveia forrageira**: características agronômicas e utilização na alimentação de bovinos. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 18, 2000. (Embrapa Pecuária Sudeste. Resumo expandido).

PULIDO, M. et al. Sustainable grazing. **Current Opinion in Environmental Science and Health**, v. 5, p.42-46, 2018.

RAMANKUTTY, N. et al. Trends in Global Agricultural Land Use: Implications for Environmental Health and Food Security. **Annual Review of Plant Biology**, v. 69, p. 789-815, 2018.

RICHARDSON, I. et al. Nutritional strategies to reduce methane emissions from cattle: Effects on meat eating quality and retail shelf life of loin steaks. **Meat Science**, v. 153, p. 51–57, 2019.

RODRIGUES, A. A. et al. **Utilização, em pastejo, de aveia semeada sobre capim-Tanzânia, para complementação da dieta de vacas de alta produção na época seca: resposta bioeconômica.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 25, 2006. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 3).

RODRIGUES, B. H. N. et al. **Índice de área foliar, interceptação luminosa, produção e teor de proteína do capim-tanzânia em diferentes idades de rebrotação.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 22, 2011. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 101).

ROLIM, G. S., SENTELHAS, P. C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

RUFINO, L. M. A. et al. Effects of the amount and frequency of nitrogen supplementation on intake, digestion, and metabolism in cattle fed low-quality tropical grass. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, 2020.

RUGGIERI, A. C. et al. Grazing intensity impacts on herbage mass, sward structure, greenhouse gas emissions, and animal performance: analysis of brachiaria pastureland. **Agronomy**, v. 10, n. 11, 2020.

SAKAMOTO, L. S., **Intensidades de emissão de gás metano de bovinos Nelore terminados a pasto e cruzados em confinamento.** 2018. 125 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil, 2018.

SAKAMOTO, L. S. et al. Pasture Intensification in Beef Cattle Production can affect Methane Emission Intensity. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 10, 2020.

SAMARINI, F. et al. **Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação.** Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, p. 92, 2011. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 147).

SANTOS, P. M. et al. **Produção animal no Brasil: caracterização, simulação de cenários para pastagens e alternativas de adaptação às mudanças climáticas.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 99, 2015. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 119).

SANTOS NETO, C. F. et al. Microclimate and animal thermal comfort indexes in different

silvopastoral system arrangements in Caatinga. **International Journal of Biometeorology**, 2022.

SAS. SAS/STAT - **User's guide**. 9.3. Cary, NC, USA: SAS Inst., Inc, 2013.

SILVA, S. C. et al. Grazing behavior, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on Marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. **Journal of Agricultural Science**, v. 151, n. 5, p. 727–739, 2013.

SILVA, J. L. et al. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *Bracoliveirahiararia* e *Panicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 3, pp. 342-348, 2016.

SILVEIRA, M. C. T. et al. **Manejo para pastagens irrigadas: fundamentos e recomendações práticas**. Bagé, RS: Embrapa Pecuária Sul, p.44, 2019. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 163).

SIQUEIRA, F. et al., **Metagenômica, nanotecnologia e nutrição animal: alternativas para o uso de antibióticos e mitigação de gases de efeito estufa**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, p. 102, 2021. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 283).

SOLLENBERGER, L. E. et al. Evaluating forage production and quality. **The Science Grassland Agriculture**, Ames: Iowa State University Press, p.97-110. 1995.

SOLLENBERGER, L. E. et al. Interrelationships among forage nutritive value and quantity and individual animal performance. **Crop Science**, vol. 51, no. 2, pp. 420–432, 2011.

SOUZA, M. A. et al. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, n. 6, p. 1299–1310, 2010.

TEDESCHI, L. O. et al. The role of ruminant animals in sustainable livestock intensification programs. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 22, n. 5, p. 452–465, 2015.

TEIXEIRA, J.C.; ANDRADE, G.A. Carboidrato na alimentação de ruminantes. In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2, 2001, Lavras. Palestras... Lavras: **Editora UFLA**, v.1, p.165-210, 2001.

THOMPSON, L. R.; ROWNTREE, J. E. INVITED REVIEW: Methane sources, quantification, and mitigation in grazing beef systems. **Applied Animal Science**, vol. 36, no. 4, p. 556–573, 2020.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. **The Water Balance**. Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, Centertown, USA p. 104, 1955. (Publications in climatology).

TITGEMEYER, E.C. et al. Evaluation of titanium as digestibility marker for cattle. **Journal Animal Science**, v. 79, p. 1059-1063, 2001.

TORRECILHAS, J. A. et al. Effects of supplementation strategies during the growing phase on meat quality of beef cattle finished in different systems. **Livestock Science**, v. 247, 2021.

TORRES, C. M. M. E. et al. Greenhouse gas emissions and carbon sequestration by agroforestry systems in southeastern Brazil. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 2017.

VALE, P. et al. The Expansion of Intensive Beef Farming to the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, v. 57, 2019.

VALENTE, E. E. L. et al. Nutritional evaluation of young bulls on tropical pasture receiving supplements with different protein: Carbohydrate ratios. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 10, p. 1452–1460, 2014.

VALENTINI, P. V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, v. 6, n. 17, 2012.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

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

VELAZCO, J. I.; COTTLE, D. J.; HEGARTY, R. S. Methane emissions and feeding behavior of feedlot cattle supplemented with nitrate or urea. **Animal Production Science**, v. 54, n. 10, p. 1737–1740, 2014.

YANG, C. et al. Nitrate and inhibition of ruminal methanogenesis: Microbial ecology, obstacles, and opportunities for lowering methane emissions from ruminant livestock. **Frontiers in Microbiology**, vol. 7, 2016.

WANG, L. A.; GOONEWARDENE, Z. The use of MIXED models in the analysis of animal experiments with repeated measures data. **Canadian Journal of Animal Science**, v.84, p.1-11, 2004.

WEISS, W.P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS. Proceedings... Ithaca: Cornell University, v. 61, p.176-185, 1999.

WERNER, J. C. et al. **Recomendação de adubação e calagem para forrageiras**. Campinas, SP: IAC, p. 263-271, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100).

WEZEL, A. et al. The blurred boundaries of ecological, sustainable, and agroecological intensification: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, vol. 35, no. 4, p. 1283–1295, 2015.

WILLETT, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. In: The Lancet. **Lancet Publishing Group**, v. 393, p. 447–492, 2019.

APÊNDICE A

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características da área foliar (AFE e IAF) e das composições morfológicas (folha, colmo e MSM) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Área Foliar Específica (cm²/ g)				
DEG	142,07 ^{Bab}	150,22 ^{Ca}	130,61 ^{Ca}	103,06 ^{Cb}
SSP	211,53 ^{Ab}	328,90 ^{Aa}	204,42 ^{Ab}	170,76 ^{Ac}
SML	148,78 ^{Bc}	229,33 ^{Ba}	178,94 ^{Bb}	137,88 ^{Bc}
SAL	108,82 ^{Cb}	128,43 ^{Da}	107,43 ^{Db}	91,84 ^{Cb}
IAL	135,41 ^{Bab}	155,82 ^{Ca}	136,93 ^{Cab}	130,04 ^{Bb}
Índice de Área Foliar (m²/ m²)				
DEG	0,75 ^{Ca}	0,96 ^{Da}	0,44 ^{Ca}	0,08 ^{Ba}
SSP	1,95 ^{Ba}	2,48 ^{Ca}	0,73 ^{Cb}	0,21 ^{Bb}
SML	1,32 ^{BCbc}	3,81 ^{Ba}	2,30 ^{Bb}	0,81 ^{Bc}
SAL	4,84 ^{Ab}	8,59 ^{Aa}	3,18 ^{Bc}	0,64 ^{Bd}
IAL	5,60 ^{Ab}	8,50 ^{Aa}	5,44 ^{Ab}	4,80 ^{Ab}
Folha (%)				
DEG	37,4 ^{Cb}	45,2 ^{Ca}	23,4 ^{Bc}	11,0 ^{BCd}
SSP	41,1 ^{Ca}	42,0 ^{Ca}	14,8 ^{Cb}	4,6 ^{Cc}
SML	24,4 ^{Dbc}	36,3 ^{Da}	26,9 ^{Bb}	18,2 ^{Bc}
SAL	75,8 ^{Bb}	85,7 ^{Aa}	41,6 ^{Ac}	11,8 ^{Bd}
IAL	84,7 ^{Aa}	67,5 ^{Bb}	48,5 ^{Ac}	47,8 ^{Ac}
Colmo (%)				
DEG	14,4 ^{Bb}	25,2 ^{Ba}	8,5 ^{Cc}	1,6 ^{Dd}
SSP	26,0 ^{Ab}	45,8 ^{Aa}	21,7 ^{Bb}	2,9 ^{Dc}
SML	18,9 ^{Bc}	44,8 ^{Aa}	34,1 ^{Ab}	21,8 ^{Bc}
SAL	4,1 ^{Cc}	16,2 ^{Cb}	33,6 ^{Aa}	32,2 ^{Aa}
IAL	6,8 ^{Cc}	19,7 ^{BCb}	34,6 ^{Aa}	10,2 ^{Cc}
Matéria Seca Morta (%)				
DEG	48,2 ^{Bc}	20,4 ^{Ad}	68,1 ^{Ab}	87,4 ^{Aa}
SSP	25,7 ^{Cc}	12,1 ^{Ad}	63,5 ^{Ab}	92,5 ^{Aa}
SML	56,7 ^{Aa}	15,7 ^{Ac}	39,0 ^{Bb}	63,3 ^{Ba}
SAL	20,1 ^{Cb}	1,8 ^{Bc}	23,9 ^{Cb}	67,2 ^{Ba}
IAL	8,5 ^{Dc}	10,9 ^{Abc}	17,9 ^{Cb}	44,0 ^{Ca}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

APÊNDICE B

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre a característica produtiva (Restolho de Forragem) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistema pastoris de produção de gado de corte (SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano	
	Primavera/ Verão	Outono/ Inverno
Restolho de Forragem (kg de Matéria Seca/ hectare)		
SAL	2841,1 ^{Ba}	2553,0 ^{Aa}
IAL	4917,0 ^{Aa}	1239,7 ^{Bb}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características estruturais (Alturas de Entrada e Saída) das pastagens tropicais em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Altura de Entrada de Forragem (cm)				
DEG	15,5 ^{Da}	18,2 ^{Ca}	12,4 ^{Cab}	6,2 ^{Db}
SSP	35,9 ^{Cb}	53,0 ^{Ba}	40,9 ^{Bb}	19,5 ^{Cc}
SML	34,3 ^{Cbc}	52,1 ^{Ba}	42,3 ^{Bb}	26,4 ^{Cc}
SAL	65,5 ^{Bc}	101,3 ^{Aa}	89,8 ^{Ab}	44,6 ^{Bd}
IAL	114,2 ^{Aa}	106,7 ^{Aa}	93,8 ^{Ab}	58,6 ^{Ac}
Altura de Saída de Forragem (cm)				
DEG	12,0 ^{Da}	15,5 ^{Da}	11,4 ^{Da}	5,2 ^{Db}
SSP	11,6 ^{Dc}	29,0 ^{Ca}	27,4 ^{Ca}	16,3 ^{Cb}
SML	18,1 ^{Cc}	26,5 ^{Cab}	28,3 ^{Ca}	22,3 ^{Bbc}
SAL	26,2 ^{Bd}	59,4 ^{Aa}	43,8 ^{Bb}	34,8 ^{Ac}
IAL	36,8 ^{Ab}	53,1 ^{Ba}	52,3 ^{Aa}	31,5 ^{Ab}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

APÊNDICE C

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características produtivas das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Acúmulo de Forragem (kg de Matéria Seca/ hectare/ ano)				
DEG	4192,9 ^{Ca}	6723,0 ^{Ca}	5150,2 ^{Ba}	3139,5 ^{Ca}
SSP	11940,6 ^{Ba}	12266,1 ^{BCa}	8650,1 ^{Bab}	5535,2 ^{Cb}
SML	11849,8 ^{Bab}	16276,9 ^{Ba}	9184,2 ^{Bb}	7477,3 ^{Cb}
SAL	21198,5 ^{Ab}	31733,8 ^{Aa}	20831,4 ^{Ab}	15757,0 ^{Bb}
IAL	23702,0 ^{Ab}	35893,7 ^{Aa}	21977,1 ^{Ab}	33829,0 ^{Aa}
Massa de Forragem Pré-Pastejo (kg de Matéria Seca/ hectare)				
DEG	1334,4 ^{Ca}	1584,4 ^{Ca}	1182,3 ^{Ca}	1109,6 ^{Da}
SSP	2219,0 ^{BCa}	2308,4 ^{Ca}	2227,3 ^{Ca}	2175,4 ^{Da}
SML	3426,8 ^{Bb}	4752,8 ^{Ba}	4514,6 ^{Bab}	3919,5 ^{Cab}
SAL	3628,9 ^{Abc}	8475,2 ^{Aa}	7996,6 ^{Aa}	6379,5 ^{Bb}
IAL	4748,0 ^{Ab}	9192,2 ^{Aa}	8123,6 ^{Aa}	8365,0 ^{Aa}
Resíduo de Forragem (kg de Matéria Seca/ hectare)				
DEG	1057,5 ^{Ba}	1103,7 ^{Ca}	1010,2 ^{Ca}	628,5 ^{Ca}
SSP	1509,1 ^{Ba}	1782,5 ^{Ca}	1534,9 ^{Ca}	1514,4 ^{BCa}
SML	3429,2 ^{Aa}	3850,9 ^{Ba}	3646,4 ^{Ba}	3265,7 ^{Ba}
SAL	3031,9 ^{Ab}	6671,8 ^{Aa}	6436,9 ^{Aa}	5717,8 ^{Aa}
IAL	3675,3 ^{Ab}	6039,6 ^{Aa}	5705,5 ^{Aa}	6539,0 ^{Aa}
Taxa de Acúmulo de Forragem (kg de Matéria Seca/ hectare/ Dias)				
DEG	10,6 ^{Ca}	17,0 ^{Ca}	13,0 ^{Ba}	7,9 ^{Ca}
SSP	30,2 ^{Ba}	31,0 ^{BCa}	21,8 ^{Bab}	14,0 ^{Cb}
SML	29,9 ^{Bab}	41,1 ^{Ba}	23,2 ^{Bb}	18,9 ^{Cb}
SAL	53,3 ^{Ab}	80,1 ^{Aa}	52,6 ^{Ab}	39,8 ^{Bb}
IAL	59,6 ^{Ab}	90,6 ^{Aa}	55,5 ^{Ab}	85,4 ^{Aa}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

APÊNDICE D

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Matéria Seca (%)				
DEG	30,2 ^{ABc}	25,2 ^{Ad}	39,5 ^{Ab}	69,1 ^{Aa}
SSP	24,2 ^{Bc}	18,2 ^{Cd}	38,0 ^{Ab}	72,4 ^{Aa}
SML	30,4 ^{Ab}	22,4 ^{ABc}	29,0 ^{Bb}	49,8 ^{Ba}
SAL	28,6 ^{ACb}	21,5 ^{ABCc}	25,3 ^{Bb}	45,9 ^{Ba}
IAL	18,3 ^{Cb}	19,3 ^{BCb}	18,7 ^{Cb}	23,9 ^{Ca}
Proteína Bruta (%)				
DEG	6,7 ^{Ca}	6,4 ^{Da}	6,0 ^{Da}	6,0 ^{Ba}
SSP	10,1 ^{Bb}	13,1 ^{Aa}	7,8 ^{BCc}	4,3 ^{Cd}
SML	5,7 ^{Cc}	10,0 ^{Ba}	8,6 ^{Bb}	6,3 ^{Bc}
SAL	6,7 ^{Cb}	8,5 ^{Ca}	6,7 ^{CDb}	3,0 ^{Cc}
IAL	11,6 ^{Ab}	9,3 ^{BCc}	11,8 ^{Ab}	13,2 ^{Aa}
Nutrientes Digestíveis Totais (%)				
DEG	51,2 ^{Cab}	52,2 ^{Ba}	49,7 ^{Cb}	46,6 ^{Cc}
SSP	55,8 ^{Aa}	56,5 ^{Aa}	52,7 ^{Bc}	48,6 ^{Bd}
SML	50,8 ^{Cc}	55,8 ^{Aa}	55,0 ^{Aab}	53,4 ^{Ab}
SAL	53,3 ^{Bb}	53,5 ^{Ba}	51,8 ^{BCb}	52,5 ^{Ac}
IAL	54,8 ^{ABa}	53,2 ^{Bab}	52,5 ^{Bb}	53,0 ^{Ab}
Carboidrato Não Fibroso (%)				
DEG	10,8 ^{Ba}	9,8 ^{Da}	10,5 ^{Ba}	10,3 ^{Ca}
SSP	10,6 ^{Bab}	11,4 ^{BCa}	10,1 ^{Bb}	11,0 ^{BCa}
SML	9,9 ^{Ba}	10,2 ^{CDa}	10,5 ^{Ba}	10,3 ^{Ca}
SAL	12,9 ^{Ac}	14,2 ^{Ab}	13,8 ^{Abc}	15,4 ^{Aa}
IAL	11,0 ^{Ba}	12,1 ^{Ba}	11,3 ^{Ba}	12,1 ^{Ba}
Fibra em Detergente Neutro (%)				
DEG	72,1 ^{Bb}	73,6 ^{Aa}	74,1 ^{Aa}	73,6 ^{Ca}
SSP	68,4 ^{Cc}	63,7 ^{Cd}	73,4 ^{Ab}	77,2 ^{Aa}
SML	74,1 ^{Aa}	68,4 ^{Bc}	71,2 ^{Bb}	75,1 ^{Ba}
SAL	71,3 ^{Bb}	67,7 ^{Bd}	69,5 ^{Cc}	73,0 ^{Ca}
IAL	67,6 ^{Ca}	67,7 ^{Ba}	65,5 ^{Db}	63,2 ^{Dc}
Fibra em Detergente Ácido (%)				
DEG	43,8 ^{ABc}	44,3 ^{Ac}	47,0 ^{Ab}	49,2 ^{ABa}
SSP	38,3 ^{Cc}	38,6 ^{Bc}	45,9 ^{ABb}	50,0 ^{Aa}
SML	44,1 ^{Aa}	39,6 ^{Bb}	42,1 ^{Ca}	43,5 ^{Ca}
SAL	45,4 ^{Ab}	43,6 ^{Ab}	44,7 ^{Bb}	47,4 ^{Ba}
IAL	41,7 ^{Bab}	42,8 ^{Aa}	40,9 ^{Cb}	38,8 ^{Dc}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

APÊNDICE E

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das pastagens em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Lignina (%)				
DEG	6,0 ^{Ac}	5,0 ^{Ad}	6,8 ^{Ab}	8,2 ^{Aa}
SSP	3,7 ^{Cc}	3,0 ^{Bc}	5,7 ^{Bb}	6,9 ^{Ba}
SML	5,7 ^{Aa}	3,2 ^{Bc}	4,3 ^{Cb}	4,6 ^{Cb}
SAL	5,0 ^{Bab}	4,7 ^{Ab}	5,4 ^{Ba}	5,4 ^{Ca}
IAL	4,0 ^{Cc}	4,4 ^{Ac}	5,2 ^{Bb}	6,6 ^{Ba}
Matéria Mineral (%)				
DEG	8,9 ^{Aa}	8,8 ^{Ba}	8,0 ^{Cb}	7,8 ^{Bb}
SSP	9,3 ^{Ab}	10,5 ^{Aa}	7,3 ^{Dc}	7,1 ^{Cc}
SML	8,9 ^{Ab}	10,2 ^{Aa}	8,1 ^{Cc}	7,3 ^{BCd}
SAL	8,0 ^{Bb}	8,8 ^{Ba}	9,2 ^{Ba}	7,6 ^{Bb}
IAL	8,9 ^{Ab}	9,9 ^{Aa}	10,2 ^{Aa}	9,3 ^{Ab}
Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca (%)				
DEG	46,6 ^{Cb}	52,5 ^{Da}	42,4 ^{Dc}	35,6 ^{Dd}
SSP	67,5 ^{Ab}	72,7 ^{Aa}	53,5 ^{Cc}	40,6 ^{Cd}
SML	48,6 ^{Cc}	66,9 ^{Ba}	59,1 ^{Ab}	50,8 ^{Bc}
SAL	56,8 ^{Ba}	56,9 ^{Ca}	54,9 ^{BCab}	51,7 ^{Bb}
IAL	58,8 ^{Bab}	57,4 ^{Cb}	57,6 ^{ABb}	61,7 ^{Aa}
Extrato Etéreo (%)				
DEG	1,5 ^{Aa}	1,4 ^{Aab}	1,4 ^{Aab}	1,1 ^{Bb}
SSP	1,6 ^{Aa}	1,3 ^{Aba}	1,4 ^{Aa}	0,3 ^{Cb}
SML	1,4 ^{ABa}	1,6 ^{Aa}	1,5 ^{Aa}	0,9 ^{Bb}
SAL	1,0 ^{BCa}	0,7 ^{Ca}	0,8 ^{Ba}	0,8 ^{Ba}
IAL	0,9 ^{Cb}	0,9 ^{BCb}	1,2 ^{ABb}	2,2 ^{Aa}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

APÊNDICE F

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de desempenho e das capacidades de suporte (TLBE e TLUA) de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Ganho de Peso Médio Diário (kg/ Animal/ dia)				
DEG	0,529 ^{BCa}	0,568 ^{Ca}	-0,055 ^{Cb}	0,000 ^{Db}
SSP	0,448 ^{Ca}	0,565 ^{Ca}	-0,014 ^{Cb}	0,087 ^{Db}
SML	0,668 ^{ABa}	0,747 ^{Ba}	0,703 ^{Aa}	0,564 ^{Ba}
SAL	0,780 ^{Aa}	0,943 ^{Aa}	0,483 ^{Bb}	0,265 ^{Cc}
IAL	0,751 ^{Ab}	0,788 ^{ABab}	0,657 ^{ABb}	0,942 ^{Aa}
Peso Vivo ao Final das Estações (kg/ Animal/ Estação)				
DEG	419,9 ^{Bb}	469,7 ^{Ca}	464,7 ^{Ba}	464,4 ^{Ca}
SSP	425,6 ^{Bb}	467,9 ^{Ca}	467,8 ^{Ba}	474,9 ^{Ca}
SML	445,6 ^{ABd}	512,5 ^{Bc}	577,6 ^{Ab}	631,2 ^{Ba}
SAL	461,3 ^{Ad}	545,5 ^{Ac}	590,2 ^{Ab}	615,5 ^{Ba}
IAL	442,2 ^{ABd}	512,4 ^{Bc}	582,3 ^{Ab}	669,0 ^{Aa}
Taxa de Lotação (BE/ hectare)				
DEG	2,14 ^{Ba}	2,36 ^{Da}	2,34 ^{Da}	1,72 ^{Bb}
SSP	1,20 ^{Cb}	2,53 ^{CDa}	0,97 ^{Ebc}	0,69 ^{Cc}
SML	2,01 ^{Bb}	2,82 ^{Ca}	3,11 ^{Ca}	1,26 ^{Bc}
SAL	1,85 ^{Bc}	5,84 ^{Ba}	4,49 ^{Bb}	2,10 ^{Ac}
IAL	3,91 ^{Ac}	8,51 ^{Aa}	4,90 ^{Ab}	2,14 ^{Ad}
Taxa de Lotação (UA/ hectare)				
DEG	1,81 ^{Bb}	2,29 ^{Da}	2,51 ^{Ca}	1,78 ^{Bb}
SSP	1,04 ^{Cb}	2,45 ^{Da}	1,02 ^{Db}	0,74 ^{Cb}
SML	1,83 ^{Bc}	3,02 ^{Cb}	3,72 ^{Ba}	1,70 ^{Bc}
SAL	1,73 ^{Bd}	6,07 ^{Ba}	5,60 ^{Ab}	2,83 ^{Ac}
IAL	3,63 ^{Ac}	8,91 ^{Aa}	5,85 ^{Ab}	2,91 ^{Ad}
Ganho de Peso Vivo por Hectare por Estação (kg/ Animal/ hectare/ Estação)				
DEG	11,5 ^{Cb}	89,9 ^{Da}	90,2 ^{Ca}	9,3 ^{Cb}
SSP	3,6 ^{Cb}	108,9 ^{Da}	29,9 ^{Db}	28,9 ^{Cb}
SML	117,4 ^{Bc}	241,0 ^{Cb}	297,2 ^{Ba}	96,6 ^{Bc}
SAL	128,4 ^{Bc}	490,3 ^{Ba}	317,8 ^{Bb}	102,6 ^{Bc}
IAL	228,1 ^{Ac}	754,8 ^{Aa}	469,4 ^{Ab}	188,5 ^{Ad}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

UA: Unidade Animal.

APÊNDICE G

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das amostras de pastejo simulado em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Matéria Seca (%)				
DEG	35,5 ^{ABb}	25,6 ^{Ac}	47,0 ^{Aba}	50,1 ^{Ba}
SSP	19,7 ^{Bc}	17,8 ^{Bc}	46,7 ^{Ab}	64,6 ^{Aa}
SML	30,6 ^{ABb}	23,4 ^{ABc}	34,1 ^{Bab}	38,4 ^{Ca}
SAL	25,6 ^{ABb}	27,6 ^{Aab}	28,3 ^{ABab}	32,1 ^{Ca}
IAL	21,8 ^{Bab}	25,4 ^{Aa}	23,1 ^{Bab}	19,3 ^{Db}
Proteína Bruta (%)				
DEG	8,3 ^{Bb}	12,8 ^{Ba}	6,2 ^{Cc}	6,0 ^{Bc}
SSP	13,3 ^{Ab}	16,7 ^{Aa}	8,4 ^{Bc}	3,9 ^{Cd}
SML	8,8 ^{Bb}	11,7 ^{Ba}	8,4 ^{Bb}	7,4 ^{Bb}
SAL	7,8 ^{Bab}	9,3 ^{Ca}	8,3 ^{Ba}	7,0 ^{Bb}
IAL	12,4 ^{Ab}	13,1 ^{Bb}	11,5 ^{Ab}	16,7 ^{Aa}
Nutrientes Digestíveis Totais (%)				
DEG	58,4 ^{ABa}	60,0 ^{Ba}	51,6 ^{Bb}	51,7 ^{Bb}
SSP	61,5 ^{Aa}	59,7 ^{Ba}	53,1 ^{Bb}	52,0 ^{Bb}
SML	61,2 ^{Aab}	64,4 ^{Aa}	56,6 ^{Ac}	58,9 ^{Abc}
SAL	53,5 ^{Cab}	54,7 ^{Ca}	52,8 ^{Bab}	51,2 ^{Bb}
IAL	55,4 ^{BCab}	55,7 ^{Cab}	53,4 ^{ABb}	58,2 ^{Aa}
Carboidrato Não Fibroso (%)				
DEG	11,6 ^{Cbc}	14,4 ^{ABa}	11,1 ^{Cc}	12,9 ^{Bab}
SSP	13,4 ^{Bb}	15,3 ^{Aa}	12,9 ^{ABb}	12,3 ^{Bb}
SML	11,1 ^{Cb}	13,8 ^{ABa}	11,2 ^{Cb}	11,7 ^{Bb}
SAL	15,5 ^{Aa}	15,0 ^{ABab}	14,0 ^{Ab}	12,0 ^{Bc}
IAL	13,7 ^{Bb}	13,7 ^{Bb}	11,9 ^{BCc}	15,6 ^{Aa}
Fibra em Detergente Neutro (%)				
DEG	67,5 ^{Ab}	61,4 ^{Bc}	73,3 ^{Aa}	72,7 ^{ABa}
SSP	59,6 ^{Bc}	56,0 ^{Cc}	69,3 ^{Bb}	76,7 ^{Aa}
SML	67,2 ^{Ab}	63,2 ^{ABc}	70,5 ^{ABab}	71,5 ^{Ba}
SAL	65,2 ^{Ac}	66,8 ^{Abc}	67,3 ^{Bab}	70,9 ^{Ba}
IAL	64,4 ^{Aa}	64,9 ^{ABa}	67,0 ^{Ba}	55,1 ^{Cb}
Fibra em Detergente Ácido (%)				
DEG	36,5 ^{Ab}	34,1 ^{Bb}	45,7 ^{Aa}	45,4 ^{Aa}
SSP	30,7 ^{Bc}	32,8 ^{Bc}	43,0 ^{ABb}	47,4 ^{Aa}
SML	31,7 ^{Bb}	31,9 ^{Bb}	39,5 ^{BCa}	38,1 ^{Ba}
SAL	32,5 ^{Bc}	42,5 ^{Aa}	39,0 ^{Cb}	45,2 ^{Aa}
IAL	32,5 ^{Bc}	44,7 ^{Aa}	40,6 ^{BCb}	33,8 ^{Cc}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

APÊNDICE H

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das amostras de pastejo simulado em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Lignina (%)				
DEG	4,0 ^{ABb}	2,7 ^{Ba}	5,7 ^{Aa}	5,7 ^{Aa}
SSP	3,1 ^{BCb}	2,9 ^{Bb}	5,2 ^{Aa}	5,7 ^{Aa}
SML	2,4 ^{Cb}	1,9 ^{Bb}	4,0 ^{Ba}	3,7 ^{Ba}
SAL	4,9 ^{Aab}	4,4 ^{Ab}	5,0 ^{ABab}	5,3 ^{Aa}
IAL	4,6 ^{Aa}	4,0 ^{Aa}	4,6 ^{ABa}	3,6 ^{Ba}
Matéria Mineral (%)				
DEG	9,2 ^{Ca}	9,6 ^{Ab}	8,3 ^{Bb}	8,3 ^{Cb}
SSP	10,1 ^{ABa}	10,4 ^{Aa}	8,4 ^{Bb}	6,5 ^{Dc}
SML	9,6 ^{BCa}	8,9 ^{BCa}	8,2 ^{Bb}	7,4 ^{Dc}
SAL	10,5 ^{Aa}	8,5 ^{Cc}	9,6 ^{Ab}	9,5 ^{Bb}
IAL	9,1 ^{Cbc}	8,3 ^{Cc}	9,3 ^{Ab}	10,8 ^{Aa}
Digestibilidade In Vitro da Matéria Seca (%)				
DEG	67,6 ^{Bb}	75,1 ^{Aa}	51,1 ^{Bc}	45,8 ^{Bc}
SSP	81,1 ^{Aa}	79,7 ^{Aa}	57,0 ^{ABb}	49,0 ^{Bc}
SML	72,3 ^{Ba}	78,6 ^{Aa}	62,4 ^{Ab}	62,2 ^{Ab}
SAL	59,6 ^{Ca}	60,8 ^{Ba}	58,5 ^{Aa}	56,4 ^{Aa}
IAL	61,0 ^{Ca}	62,2 ^{Ba}	59,6 ^{Aa}	62,9 ^{Aa}
Extrato Etéreo (%)				
DEG	3,7 ^{Aa}	2,2 ^{Bb}	1,3 ^{Bc}	1,1 ^{Bc}
SSP	4,0 ^{Aa}	1,9 ^{Bb}	1,1 ^{BCc}	0,8 ^{Bc}
SML	3,7 ^{Aa}	2,8 ^{Ab}	2,1 ^{Ac}	2,3 ^{Ac}
SAL	1,6 ^{Ba}	0,8 ^{Cb}	1,1 ^{BCb}	1,0 ^{Bb}
IAL	1,5 ^{Ba}	0,5 ^{Cb}	0,7 ^{Cb}	1,8 ^{Aa}
Energia Bruta (MJ/ kg)				
DEG	16,2	16,3	15,6	15,8
SSP	16,5	16,4	15,9	16,1
SML	16,3	16,4	15,8	15,9
SAL	16,1	15,9	15,5	15,1
IAL	16,0	16,0	15,7	16,0

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher (P < 0,05).

APÊNDICE I

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características nutricionais das amostras de pastejo simulado em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Cálcio (g/ kg)				
DEG	5,1 ^{Ba}	2,5 ^{Bc}	4,1 ^{Bb}	2,5 ^{Cc}
SSP	4,2 ^{Ca}	2,9 ^{Bb}	3,1 ^{Cb}	2,8 ^{BCb}
SML	5,3 ^{Ba}	3,2 ^{Bb}	3,9 ^{BCb}	3,4 ^{Bb}
SAL	8,3 ^{Aa}	5,5 ^{Ab}	5,3 ^{Ab}	4,8 ^{Ab}
IAL	5,4 ^{Ba}	4,8 ^{Aab}	5,0 ^{Aab}	4,3 ^{Ab}
Fósforo (g/ kg)				
DEG	1,3 ^{Cb}	1,7 ^{Ba}	1,1 ^{Cbc}	0,8 ^{Dc}
SSP	2,3 ^{Ba}	2,3 ^{Aa}	0,9 ^{Cb}	1,3 ^{BCb}
SML	2,1 ^{Ba}	2,4 ^{Aa}	1,6 ^{Bb}	0,9 ^{CDc}
SAL	2,2 ^{Ba}	2,2 ^{Aa}	1,7 ^{Bb}	1,4 ^{Bb}
IAL	2,7 ^{Aa}	2,3 ^{Ab}	2,2 ^{Ab}	1,9 ^{Ab}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

APÊNDICE J

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de consumo em matéria seca de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Consumo Voluntário em Matéria Seca da Forragem (kg de MS/ Animal/ dia)				
DEG	4,58 ^{Cb}	5,54 ^{Da}	3,68 ^{Cc}	1,88 ^{Ed}
SSP	6,30 ^{Bab}	6,64 ^{Ca}	5,66 ^{Bb}	3,38 ^{Dc}
SML	6,79 ^{Ba}	7,01 ^{Ca}	6,28 ^{Bab}	4,39 ^{Cb}
SAL	6,58 ^{Bc}	10,29 ^{Ba}	8,35 ^{Ab}	5,78 ^{Bc}
IAL	7,95 ^{Ab}	11,45 ^{Aa}	8,54 ^{Ab}	8,56 ^{Ab}
Consumo Voluntário em Matéria Seca da Forragem (% Peso Vivo)				
DEG	1,14 ^{Ca}	1,32 ^{Ba}	0,90 ^{Cb}	0,42 ^{Dc}
SSP	1,66 ^{Ba}	1,42 ^{Bb}	1,36 ^{Bb}	0,76 ^{Cc}
SML	1,68 ^{Ba}	1,44 ^{Bb}	1,40 ^{Bb}	0,88 ^{Cc}
SAL	1,62 ^{Bb}	2,23 ^{Aa}	1,69 ^{Ab}	1,36 ^{Bc}
IAL	1,98 ^{Ab}	2,38 ^{Aa}	1,69 ^{Ac}	1,65 ^{Ac}
Consumo Voluntário em Matéria Seca do Suplemento (kg de MS/ Animal/ dia)				
DEG	0,524 ^{Aab}	0,415 ^{Ab}	0,445 ^{Ab}	0,606 ^{Aa}
SSP	0,250 ^{Cab}	0,180 ^{Bb}	0,237 ^{Bb}	0,402 ^{Ba}
SML	0,476 ^{ABa}	0,264 ^{ABbc}	0,148 ^{Bc}	0,383 ^{Bab}
SAL	0,267 ^{Ca}	0,282 ^{Aba}	0,110 ^{Bb}	0,272 ^{Ba}
IAL	0,335 ^{BCa}	0,160 ^{Bb}	0,189 ^{Bab}	0,095 ^{Cb}
Consumo Voluntário em Matéria Seca do Suplemento (% Peso Vivo)				
DEG	0,13 ^{Aa}	0,10 ^{Ab}	0,11 ^{Ab}	0,14 ^{Aa}
SSP	0,06 ^{Cb}	0,04 ^{Cc}	0,05 ^{Bc}	0,10 ^{Ba}
SML	0,11 ^{Aa}	0,06 ^{Bc}	0,03 ^{Cd}	0,10 ^{Bb}
SAL	0,06 ^{Ca}	0,07 ^{Ba}	0,02 ^{Db}	0,06 ^{Ca}
IAL	0,08 ^{Ba}	0,04 ^{Cb}	0,04 ^{BCb}	0,02 ^{Dc}
Consumo Voluntário em Matéria Seca Total (kg de MS/ Animal/ dia)				
DEG	5,11 ^{Cb}	5,96 ^{Ca}	4,12 ^{Cc}	2,49 ^{Dd}
SSP	6,57 ^{Bab}	6,83 ^{BCa}	5,94 ^{Bb}	3,79 ^{Cc}
SML	7,25 ^{Ba}	7,08 ^{Bab}	6,43 ^{Bb}	4,78 ^{Cc}
SAL	6,85 ^{Bc}	10,57 ^{Aa}	8,47 ^{Ab}	6,01 ^{Bc}
IAL	8,28 ^{Ab}	11,62 ^{Aa}	8,80 ^{Ab}	8,57 ^{Ab}
Consumo Voluntário em Matéria Seca Total (% Peso Vivo)				
DEG	1,28 ^{Ca}	1,42 ^{Ba}	1,00 ^{Bb}	0,55 ^{Cc}
SSP	1,73 ^{ABa}	1,47 ^{Ba}	1,41 ^{Aa}	0,86 ^{Bb}
SML	1,80 ^{ABa}	1,50 ^{Bb}	1,42 ^{Ab}	0,99 ^{Bc}
SAL	1,69 ^{Bb}	2,30 ^{Aa}	1,71 ^{Ab}	1,42 ^{Ac}
IAL	2,07 ^{Ab}	2,41 ^{Aa}	1,72 ^{Ac}	1,67 ^{Ac}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

MS: Matéria Seca.

APÊNDICE K

Desdobramento da interação sistemas de produção*estações climáticas sobre as características de eficiência alimentar de bovinos machos da raça *Nelore* em diferentes níveis de intensificação de sistemas pastoris de produção de gado de corte (DEG, SSP, SML, SAL e IAL).

Sistemas Pastoris	Estações do Ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Conversão Alimentar (kg CMS/ kg GPMD)				
DEG	11,59 ^{Ac}	11,92 ^{Ac}	81,30 ^{Aa}	35,68 ^{Ab}
SSP	13,72 ^{Ab}	12,45 ^{Ab}	45,92 ^{Ba}	37,88 ^{Aa}
SML	11,85 ^{Aa}	11,03 ^{Aa}	12,04 ^{Da}	11,80 ^{Ca}
SAL	9,79 ^{Ab}	12,45 ^{Ab}	19,05 ^{Ca}	25,04 ^{Ba}
IAL	12,26 ^{Aab}	14,66 ^{Aa}	16,00 ^{CDa}	10,77 ^{Cb}
Eficiência Alimentar Bruta (kg GPMD/ kg CMS)				
DEG	0,094 ^{ABa}	0,092 ^{Aa}	-0,017 ^{Cc}	0,002 ^{Cb}
SSP	0,079 ^{Ba}	0,087 ^{ABa}	0,003 ^{Cc}	0,027 ^{Bb}
SML	0,092 ^{Ba}	0,100 ^{Aa}	0,091 ^{Aa}	0,093 ^{Aa}
SAL	0,114 ^{Aa}	0,088 ^{Ab}	0,056 ^{Bc}	0,042 ^{Bc}
IAL	0,089 ^{Ba}	0,073 ^{Bb}	0,067 ^{Bb}	0,102 ^{Aa}
Ganho de Peso Vivo por Kg de PB da Forragem Ingerida (kg PV/ kg de PB CMS Forragem)				
DEG	1,295 ^{Ba}	0,786 ^{Cb}	0,114 ^{Ed}	0,670 ^{Cc}
SSP	0,603 ^{Eb}	0,551 ^{Dc}	0,299 ^{Dd}	0,798 ^{Ba}
SML	1,130 ^{Cb}	1,025 ^{Ad}	1,080 ^{Ac}	1,447 ^{Aa}
SAL	1,539 ^{Aa}	0,978 ^{Bb}	0,690 ^{Bc}	0,638 ^{CDd}
IAL	0,760 ^{Da}	0,569 ^{Dc}	0,641 ^{Cb}	0,631 ^{Db}
Ganho de Peso Vivo por Kg de PB do Suplemento Ingerida (kg PV/ kg de PB CMS Suplemento)				
DEG	2,221 ^{Eb}	2,823 ^{Ea}	0,108 ^{Ed}	0,290 ^{Ec}
SSP	3,272 ^{Db}	6,391 ^{Ca}	1,052 ^{Dc}	0,586 ^{Dd}
SML	3,081 ^{Cd}	6,185 ^{Db}	10,322 ^{Aa}	3,538 ^{Bc}
SAL	6,353 ^{Ac}	7,279 ^{Bb}	9,457 ^{Ba}	2,115 ^{Cd}
IAL	4,892 ^{Bd}	10,677 ^{Ab}	7,550 ^{Cc}	21,531 ^{Aa}
Ganho de Peso Vivo por Kg de PB da Dieta Total Ingerida (kg PV/ kg de PB CMS Total)				
DEG	0,747 ^{Ca}	0,618 ^{Bb}	0,061 ^{Ed}	0,207 ^{Ec}
SSP	0,534 ^{Ea}	0,509 ^{Da}	0,237 ^{Dc}	0,343 ^{Db}
SML	0,828 ^{Bc}	0,890 ^{Ab}	0,980 ^{Aa}	0,853 ^{Ac}
SAL	1,242 ^{Aa}	0,865 ^{Ab}	0,644 ^{Bc}	0,493 ^{Cd}
IAL	0,660 ^{Da}	0,543 ^{Cd}	0,578 ^{Cc}	0,613 ^{Bb}

Fonte: Pasquini Neto (2022).

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

CMS: Consumo Voluntário de Matéria Seca; GPMD: Ganho de Peso Médio Diário; PV: Peso Vivo; PB: Proteína Bruta.