



**SUPLEMENTAÇÃO PARA NOVILHAS F1 ANGUS X
NELORE EM PASTAGENS DE *PANICUM MAXIMUM* CV.
MOMBAÇA**

TARCÍSIO RIBEIRO PAIXÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

SUPLEMENTAÇÃO PARA NOVILHAS F1 ANGUS X
NELORE EM PASTAGENS DE *PANICUM MAXIMUM* CV.
MOMBAÇA

Autor: Tarcísio Ribeiro Paixão

Orientador: Prof. Dr. Robério Rodrigues Silva

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Maio de 2025

TARCISIO RIBEIRO PAIXÃO

**SUPLEMENTAÇÃO PARA NOVILHAS F1 ANGUS X
NELORE EM PASTAGENS DE *PANICUM MAXIMUM* CV.
MOMBAÇA**

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Robério Rodrigues Silva

Co-orientadores: Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Maio de 2025

636.085 Paixão, Tarcisio Ribeiro.
P172s Suplementação para novilhas F1 Angus x Nelore em pastagens de *Panicum maximum* cv. Mombaça. / Tarcisio Ribeiro Paixão. – Itapetinga-BA: UESB, 2025.

90p.

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Área de Concentração em Produção de Ruminantes. Sob a orientação da Prof. D. Sc. Robério Rodrigues Silva e coorientação de Prof. D. Sc. Fabiano Ferreira da Silva.

1. Novilhas – Suplementação alimentar. 2. Novilhas – Suplementação em pastagem – Rentabilidade. 3. Bovinos de corte – Suplementação a pasto – Desempenho. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Silva, Robério Rodrigues. III. Silva, Fabiano Ferreira da. IV. Título.

CDD (21): 636.085

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Bovinocultura de corte – Níveis de suplementação - Parâmetros



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
 Recredenciada pelo Decreto Estadual
 Nº 16.826, de 04.07.2016

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Suplementação para novilhas F1 Angus x Nelore em pastagens de Panicum maximum cv. Mombaça"

Autor: Tarcísio Ribeiro Paixão

Orientador: Prof. Dr. Robério Rodrigues Silva

Coorientador: Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Robério Rodrigues Silva (Orientador) – UESB

Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva (Coorientador) - UESB

Prof. Dr. Alberti Ferreira Magalhães - CEPLAC

Prof. Dr. Mauricio Civiero - UESB

Prof. Dr. José Marques Pereira - UESC

Data de realização: 30 de maio de 2025.

EPÍGRAFE

*Prepare o seu coração
Prás coisas que eu vou contar
Eu venho lá do sertão
E posso não lhe agradar

Aprendi a dizer não
Ver a morte sem chorar
E a morte, o destino, tudo
Estava fora do lugar
E eu vivo prá consertar...*

Compositores: Theophilo Augusto De Barros Neto / Geraldo Pedrosa De Araujo Dias

“Aproveite cada minuto da sua vida, e não procure pessoas perfeitas, mas sim aquelas que sabem o seu verdadeiro valor. Tenha apenas quatro amores na vida: Deus, A Vida, A Família e os Amigos. Deus, pois é o dom da vida; A Vida, pois é curta; A Família, pois é única; Os amigos, pois são raros...”

Autor Desconhecido.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, a qual sempre me apoiou de todas as formas no decorrer da minha vida, proporcionando-me, além de extenso carinho e amor, os conhecimentos da integridade, da perseverança e de procurar sempre em Deus a força maior para o meu desenvolvimento como ser humano: vocês foram luzes e paz em toda a minha jornada. Esta conquista não é apenas minha, mas de todos nós. Eu amo vocês e, por essa razão, gostaria de dedicar e reconhecer a vocês minha imensa gratidão e eterno amor.

Dedico a todos os meus mestres da Escola Joaquim Soares Santana, do Colégio Wilson David Domingues, do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia, e da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e saúde para viver todos os dias com alegria e determinação.

Aos meus amados pais, Nair Ribeiro de Souza Silva e João Silva Paixão, que não mediram esforços para me ajudar e incentivar durante a minha vida, sendo eles minha inspiração e meus maiores incentivadores a correr atrás dos meus sonhos.

À minha querida e especial esposa, Nayana Capuchinho, e aos meus filhos, Bernardo e Isabel Paixão: sem vocês não existiria motivo para seguir em frente. Obrigado por serem meu combustível diário.

Ao meu irmão João Paulo, pela amizade, amor e exemplo de dedicação, sendo ele a minha inspiração.

Aos meus avós paternos, Bernardo (in memoriam) e Eva (in memoriam); e aos maternos, Messias e Gercina, por serem a fonte de inspiração e exemplo de superação das adversidades da vida.

Ao professor, orientador e amigo, Robério Rodrigues Silva, por todos os momentos juntos no grupo de pesquisa, pelas oportunidades dadas e pelo apoio.

Ao Professor Léo Soares, Laize Vieira e Ana Paula, pela imensa contribuição nas análises e pelas inúmeras vezes em que se dispuseram a esclarecer muitas dúvidas.

Ao professor Fabiano Ferreira da Silva, pela co-orientação e por toda a colaboração durante o experimento, que foi essencial durante a jornada.

Ao professor Dorgival Lima Júnior, pela colaboração no meu trabalho, sendo peça fundamental na condução da escrita.

A todos os professores da graduação e da pós-graduação, que contribuíram para a minha formação.

Ao programa de Pós Graduação em Zootecnia da UESB, e a Raquel, Roberta e Ticiane, por toda a contribuição.

Aos membros da banca, por aceitarem o convite e pela colaboração com este trabalho.

Aos amigos da REPÚBLICA FULL HOUSE, pelas resenhas e sofrimentos contínuos durante cada semestre. Além dos amigos Wendel, Danrlei, Pedro Paulo, Alony, Tatiane, George Soares, Ariele, Lucas Gomes, José Queiroz e Dai. Obrigado, amigos.

A toda equipe da Fazenda Experimental de Itaju do Colônia, Adriano e Tico. Além de todos a equipe do setor de transporte pela colaboração, em especial a Mario.

Ao meu amigo, parceiro de república e estudos, que viveu comigo cada dia de graduação e sempre me ajudou em tudo, João Wilian.

Aos amigos do Grupo Produção de Bovinos em Pastejo com Qualidade, em especial a Lucas Gomes e João Wilian, que conduziram o experimento comigo.

Aos amigos além do portão da universidade — Liz, Luise, Ana Karolina, Kauan, Murilo — muito obrigado.

Ao escritório PROAGRO e Fazendas MC, pela colaboração com meu crescimento pessoal e profissional, em especial a Lucas Costa, Miguel Costa, Amannda Moura, Pedro Paulo e Tatiane.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pelo espaço para a realização do experimento. À CAPES, pela bolsa concedida e oportunidade de estudos.

Enfim, a todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste experimento e, conseqüentemente, para a realização de um sonho.

Agradeço!

BIOGRAFIA

Tarcísio Ribeiro Paixão, filho de João Silva Paixão e Nair Ribeiro de Souza Silva, nascido no dia 18 de abril do ano de 1994, na cidade de Caculé – Bahia.

Em março de 2008, iniciou o ensino médio no Colégio Estadual Zuleide Freire de Abreu, no Anexo Wilson David Domingues, em Irundiara-BA, finalizando-o em dezembro de 2010.

Em fevereiro de 2011, iniciou o curso Técnico em Meio Ambiente, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *Campus* de Vitória da Conquista-BA, finalizando-o em dezembro de 2012.

Em abril de 2013, iniciou o curso de Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* de Itapetinga-BA, finalizando-o em dezembro de 2017.

Em março de 2018, iniciou o curso de Mestrado em Nutrição e Produção de Ruminantes, pelo Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da UESB, finalizando-o em março de 2020.

Em março de 2020, iniciou o curso de Doutorado em Nutrição e Produção de Ruminantes, pelo Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da UESB.

Em 30 de maio de 2025, submeteu-se à defesa da presente tese.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS	xiii
LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS	xiv
LISTA DE TABELAS	xv
RESUMO	1
ABSTRACT	3
I - REFERENCIAL TEÓRICO	5
1.1 Introdução	5
1.2 Suplementação de bovinos a pasto	6
1.3 Parâmetros ruminais de bovinos suplementados a pasto	13
1.4 Viabilidade econômica de bovinos suplementados a pasto	16
1.5 Referências bibliográficas.....	19
II - OBJETIVOS	29
2.1 Objetivo geral	29
2.2 Objetivos Específicos	29
III - MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Comitê de ética	30
3.2 Animais, local, delineamento experimental e suplementos	30
3.4 Manejo dos animais no pasto.....	33
3.5 Forragem.....	33
3.6 Avaliação do consumo e digestibilidade	35
3.7 Avaliação do desempenho animal	37
3.8 Análises químicas	38
3.9 Avaliação dos parâmetros ruminais	40
3.10 Viabilidade econômica.....	40
3.11 Análise estatística	46
IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Disponibilidade de forragem.....	47
4.2 Consumo e digestibilidade dos componentes nutricionais	48
4.3 Desempenho animal.....	54
4.4 Parâmetros ruminais	56
4.5 Viabilidade econômica.....	63

V - CONCLUSÃO	67
VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

AGV Ácidos Graxos Voláteis

CA Conversão Alimentar

CMSF Consumo de Matéria Seca da Forragem

CMST Consumo de Matéria Seca Total

CNF Carboidratos Não Fibrosos

CNFcp Carboidratos Não Fibrosos Corrigidos para Cinzas e Proteínas

DMST Disponibilidade de Matéria Seca Total

EA Eficiência Alimentar

EPM Erro Padrão da Média

EQ Equação

FDN Fibra em Detergente Neutro

FDNcp Fibra em Detergente Neutro Corrigidas para Cinzas e Proteínas

FDNi Fibra em Detergente Neutro Indigestível

GEE Gases de Efeito Estufa

GMD Ganho Médio Diário

IL Índice de Lucratividade

MS Matéria Seca

MSPd Matéria Seca Potencialmente Digestível

NDT Nutrientes Digestíveis Totais

OF Oferta de Forragem

PC Peso Corporal

RB Receita Bruta

RL Receita Líquida

TEC Toneladas Equivalente Carcaça

TRAT Tratamento

TxL Taxa de Lotação

TxMes Taxa de Retorno Mensal

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1. Consumo de matéria seca da forragem (% do peso corporal) em função do nível de ingestão de suplemento em relação ao peso corporal, durante as estações chuvosas, transição águas/secas e secas.

Figura 2. Digestibilidade da matéria seca total (g/kg) em função do nível de ingestão de suplemento em relação ao peso corporal durante a estação das águas.

Figura 3. Digestibilidade da matéria seca total (g/kg) em função do nível de ingestão de suplemento em relação ao peso corporal durante a estação das secas

Figura 4: Precipitação total (944,5mm) durante a execução do experimento na unidade experimental.

Figura 5: Animais utilizados no projeto.

Figura 6: Croqui da área experimental dividida em 16 piquetes, totalizando 21ha.

Figura 7: Suplemento ofertado.

Figura 8: Animais em pastejo utilizados no estudo.

Figura 9: Representação do método Rendimento Visual Comparativo (Escore de 1 a 3) proposto por Haydock & Shaw (1975).

Figura 10: Esquema de Ensaio de Digestibilidade.

Figura 11: Concentração de Acetato após o fornecimento de suplemento.

Figura 12: Concentração de Propionato após o fornecimento de suplemento.

Figura 13: Concentração de Butirato após o fornecimento de suplemento.

Figura 14: Concentração de Ácidos Graxos Voláteis Totais (AGVT) após o fornecimento de suplemento.

Figura 15: Relação Acetato:Propionato após o fornecimento de suplemento.

Figura 16: Produção de metano (CH₄) após o fornecimento de suplemento.

Figura 17: Valores médios do pH após o fornecimento do suplemento.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Desempenho de bovinos suplementados em pastagens em diferentes épocas do ano

Tabela 2. Composição percentual dos suplementos

Tabela 3. Composição química dos suplementos utilizados e do pastejo simulado durante o experimento

Tabela 4. Indicadores utilizados para a análise da viabilidade econômica da suplementação de novilhas

Tabela 5. Avaliação da forragem *Panicum maximim* cv. Mombaça no período experimental

Tabela 6. Consumo de matéria seca e de nutrientes de novilhas suplementadas a pasto

Tabela 7. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca e de nutrientes de novilhas suplementadas a pasto

Tabela 8. Desempenho de novilhas suplementadas a pasto

Tabela 9: Valores médios dos ácidos graxos voláteis (mmol/L), metano e pH em função dos níveis de suplementação

Tabela 10. Valores médios da viabilidade econômica em relação aos níveis de suplementação

Tabela 11. Taxa interna de retorno e valor presente líquido da suplementação

RESUMO

PAIXÃO, Tarcísio Ribeiro. **Suplementação para novilhas F1 Angus x Nelore em pastagens de *Panicum maximum* cv. Mombaça**. Itapetinga, BA: UESB, 2025. 68p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes). *

O objetivo foi avaliar os efeitos da suplementação para novilhas mantidas em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça durante a fase de terminação, bem como suas implicações sobre o consumo e a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, o desempenho animal, os parâmetros ruminais e a viabilidade econômica. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Zootecnia de Itaju do Colônia (EZICO), no município de Itaju do Colônia – BA, com duração de 134 dias, precedidos por 14 dias de adaptação dos animais ao manejo e às dietas experimentais. Foram utilizadas 40 novilhas de cruzamento industrial (Nelore × Angus), com peso corporal médio de $312,65 \pm 17,95$ kg e idade média de 16 meses, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado. Para a análise dos parâmetros ruminais, utilizaram-se quatro animais fistulados, organizados em delineamento em quadrado latino. A suplementação foi oferecida em quatro níveis, com base na porcentagem do peso corporal dos animais (0,2%, 0,3%, 0,4% e 0,5%), sendo as dietas formuladas como isoproteica conforme o NRC (1996), para ganhos esperados de 0,500 a 0,800 kg/dia. Observou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$) nos consumos de matéria seca total em relação ao peso vivo, bem como nos consumos de suplemento, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo e carboidratos não fibrosos. Por outro lado, os consumos de matéria seca da forragem (total e relativa ao peso vivo), fibra em detergente neutro, FDN corrigida e nutrientes digestíveis totais não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$). Os níveis de suplementação não influenciaram significativamente os coeficientes de digestibilidade da matéria seca total, matéria orgânica, carboidratos totais, carboidratos não fibrosos e FDN ($P > 0,05$). No entanto, observou-se efeito quadrático significativo ($P < 0,05$) na digestibilidade da proteína bruta e do extrato etéreo, além de efeito linear para FDN corrigida para cinzas e proteínas. O desempenho animal, considerando peso corporal inicial e final, ganho médio diário, ganho de peso total e taxa de lotação, não foi afetado pelos níveis de suplementação ($P > 0,05$). A conversão alimentar apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$), enquanto a eficiência alimentar bruta teve comportamento linear decrescente ($P < 0,05$). Não houve efeito de interações significativas entre os níveis de

suplementação e os horários de coleta quanto aos valores de pH, ácidos graxos voláteis (AGV) e produção de metano ($P>0,05$). No entanto, os níveis de suplementação influenciaram significativamente as concentrações de acetato, propionato, AGV totais, a relação acetato:propionato e a produção de metano ($P<0,05$), sem efeito sobre o butirato ($P>0,05$). O horário de coleta influenciou significativamente os teores de acetato, propionato, AGV totais, metano e pH ($P<0,05$). Do ponto de vista econômico, os níveis de suplementação não impactaram a receita bruta por hectare e por animal ($P>0,05$). Entretanto, variáveis como custos, receita líquida, retorno por real investido, taxa de retorno mensal e lucratividade foram significativamente afetadas ($P<0,05$), com resultados decrescentes para taxa interna de retorno e valor presente líquido (a 8%, 10% e 12% ao ano) à medida que aumentaram os níveis de suplementação. Embora a suplementação possa contribuir para a mitigação da produção de CH_4 durante a terminação de novilhas, do ponto de vista econômico, o nível de 0,2% do peso corporal é o mais recomendado, por apresentar maior atratividade financeira.

Palavras-chaves: bovinocultura de corte, metano, níveis de suplementação, parâmetros ruminais, viabilidade econômica

*Orientador: Robério Rodrigues Silva, Dr. UESB; Co-orientador: Fabiano Ferreira da Silva.

ABSTRACT

PAIXÃO, Tarcísio Ribeiro. **Supplementation for F1 Angus × Nelore Heifers Grazing *Panicum maximum* cv. Mombaça Pastures**. Itapetinga, BA: UESB, 2025. 68p. Thesis. (Ph.D. in Animal Science, Concentration Area: Ruminant Production).

This study aimed to evaluate the effects of supplementation for heifers grazing *Panicum maximum* cv. Mombaça during the finishing phase, focusing on dry matter and nutrient intake and digestibility, animal performance, ruminal parameters, and economic viability. The experiment was carried out at the Experimental Station of Animal Science in Itaju do Colônia (EZICO), located in the municipality of Itaju do Colônia – BA, and lasted 134 days, preceded by a 14-day adaptation period for the animals to adjust to the management practices and experimental diets. Forty crossbred heifers (Nelore × Angus), with an average initial body weight of 312.65 ± 17.95 kg and an average age of 16 months, were used in a completely randomized design. In addition, four rumen-fistulated animals were used in a Latin square design to analyze ruminal parameters. Supplementation was provided at four levels based on a percentage of body weight (0.2%, 0.3%, 0.4%, and 0.5%), with all diets formulated to be isoproteic according to NRC (1996) recommendations for expected daily weight gains between 0.500 and 0.800 kg. A significant linear increase ($P < 0.05$) was observed in total dry matter intake relative to body weight, as well as in the intake of supplement, organic matter, crude protein, ether extract, and non-fibrous carbohydrates. In contrast, forage dry matter intake (both total and relative to body weight), neutral detergent fiber (NDF), corrected NDF, and total digestible nutrients did not differ significantly ($P > 0.05$) among treatments. Digestibility coefficients for total dry matter, organic matter, total carbohydrates, non-fibrous carbohydrates, and NDF were also not significantly affected by supplementation levels ($P > 0.05$), although crude protein and ether extract digestibility showed a significant quadratic effect ($P < 0.05$), and a linear effect was observed for ash- and protein-corrected NDF. Regarding animal performance, no significant differences ($P > 0.05$) were observed for initial and final body weight, average daily gain, total weight gain, or stocking rate. However, feed conversion showed a significant linear increase ($P < 0.05$), while gross feed efficiency exhibited a decreasing linear trend ($P < 0.05$). There were no significant interactions between supplementation levels and sampling times for ruminal pH, volatile fatty acids (VFAs),

or methane production ($P > 0.05$). Nevertheless, supplementation significantly influenced concentrations of acetate, propionate, total VFAs, the acetate:propionate ratio, and methane production ($P < 0.05$), without affecting butyrate levels ($P > 0.05$). Sampling time also significantly affected acetate, propionate, total VFA concentrations, methane production, and pH values ($P < 0.05$). From an economic standpoint, supplementation levels did not significantly affect gross revenue per hectare or per animal ($P > 0.05$). However, variables such as production costs, net revenue, return on investment, monthly return rate, and overall profitability were significantly influenced ($P < 0.05$), showing decreasing trends for internal rate of return and net present value (at 8%, 10%, and 12% annually) as supplementation levels increased. Therefore, although supplementation may help reduce CH_4 emissions during the finishing phase of heifers, the 0.2% body weight level is recommended from an economic perspective, as it provides the greatest financial attractiveness.

Keywords: beef cattle, economic feasibility, methane, ruminal parameters, supplementation levels

*Advisor: Robério Rodrigues Silva, Dr. UESB; Co-advisor: Fabiano Ferreira da Silva.

I - REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Introdução

A produção de bovinos a pasto é uma prática tradicional e amplamente adotada na pecuária mundial, sendo particularmente relevante em países tropicais como o Brasil. A importância das pastagens nesses países é reconhecida devido à sua expansão dentro da pecuária nacional e ao desenvolvimento de diversas cultivares específicas para a diversidade geográfica brasileira. As gramíneas tropicais são consideradas o ingrediente mais barato para bovinos, devendo-se, portanto, analisar maneiras de aumentar a conversão de pastagem em unidade animal.

Devido às condições ambientais dos trópicos, diversidade geográfica e pluviosidade, as forragens tropicais frequentemente não possuem condições físicas e químicas ideais para atender às exigências dos ruminantes, apresentando restrições nutricionais que limitam o consumo e a digestibilidade do pasto (DETMANN et al., 2014). Durante a estação chuvosa, essas forragens apresentam boa qualidade, proporcionando melhor desempenho animal. No entanto, durante a estação seca, o déficit nutricional é maior, devido aos teores elevados de fibra e à diminuição da proteína bruta. Essa redução limita o crescimento microbiano (LONGO, 1990), podendo ocasionar reduções de 60 a 80% no ganho de peso corporal em comparação à estação chuvosa (PAULINO et al., 2008; EUCLIDES et al., 1999).

Programas de suplementação estratégica a pasto são vistos como uma das principais tecnologias de manejo nutricional, com o objetivo de corrigir oscilações na oferta de forragem, reduzir problemas da sazonalidade, incrementar o consumo, desempenho, digestibilidade, eficiência metabólica e reduzir o ciclo produtivo (DETMANN et al., 2014), levando a uma maior utilização da energia da forragem. Segundo Ortega et al., (2022), a suplementação proteico-energética permite um ganho diário adicional de 186 g/animal/dia para novilhas a pasto, em comparação com animais sem suplementação.

Além dos aspectos quantitativos, as forragens tropicais apresentam valores qualitativos inferiores às pastagens de clima temperado, especialmente na estação seca, devido ao reduzido teor de proteína bruta, de minerais, alto conteúdo de fibra e baixa digestibilidade da matéria seca (SILVA et al., 2009). Nas pastagens tropicais,

especialmente durante o período seco, a ingestão pode ser limitada pelo efeito físico, devido aos valores relativamente altas de fibra em detyergente neutro (FDN). (BRAGO et al., 2003).

A suplementação adequada é crucial para garantir o desempenho ideal, reduzir a idade de abate e minimizar as emissões de gases de efeito estufa (GEE), ampliando a eficiência energética global do processo fermentativo (DETMANN, 2023). Isso é possível graças às melhores condições nutricionais que a suplementação proporciona aos animais, onde a maioria dos alimentos concentrados possui altas concentrações de amido, cujo padrão de fermentação é predominantemente propiônico. Por outro lado, forragens com maiores concentrações de açúcares solúveis podem ampliar a produção de butirato (OBA, 2011), que favorece a produção de hidrogênio no meio e, conseqüentemente, a produção de metano (CH₄). Assim, o uso de suplementos visando a melhoria na qualidade da dieta é fundamental para um desenvolvimento eficiente de novilhas em pastagens tropicais.

Diante disso, a hipótese deste estudo é que o consumo, digestibilidade, desempenho produtivo, parâmetros ruminais e viabilidade econômica sejam otimizados com o aumento dos níveis de suplemento em novilhas na fase de terminação em pastejo.

1.2 Suplementação de bovinos a pasto

A suplementação de bovinos em pastagens tropicais é essencial para maximizar a produtividade, especialmente em regiões como o Brasil. A qualidade da forragem nessas pastagens pode ser prejudicada por variações sazonais, baixa fertilidade do solo e altas temperaturas, resultando em baixos níveis de proteína, energia e minerais. A suplementação tem como objetivo corrigir essas deficiências e incrementar nutrientes para os animais, fornecendo os nutrientes necessários para atender às exigências dos animais e melhorar seu desempenho (TEIXEIRA et al., 2019; LOY et al., 2008; WASSIE et al., 2019).

A utilização de suplementos minerais, proteicos, energéticos e mistos para bovinos a pasto visa suprir deficiências nutricionais da forragem que prejudicam o desenvolvimento animal. Além disso, o efeito dos suplementos sobre o consumo de MS da forragem pode ser aditivo, quando otimiza o consumo de MS ou substitutivo, quando o consumo de suplemento proporciona redução no consumo de forragem (BARBOSA et al., 2001).

Contudo, a adoção de tecnologias suplementares não é garantia de potencialização do desempenho animal quando ofertada sem sincronia entre pasto, animal e tipo de suplemento. Segundo Silva et al., (2009), para que os animais tenham um consumo adequado de forragem e proporcionem ganhos individuais satisfatórios sem comprometer o ganho por área, deve-se garantir pelo menos 4.500 kg de MS total ha⁻¹ e 1.200 kg ha⁻¹ de MSV.

Dias et al., (2016), ao trabalharem com novilhas Nelore suplementadas a 0,4% do peso corporal e com três ofertas de forragem diferentes (5, 10 e 15 kg de MS por 100 kg de PC), observaram que o grupo com 5 kg de MS teve maior valor nutricional e melhores características morfológicas da pastagem, levando ao aumento da lotação e maior ganho de peso por hectare. Por outro lado, o grupo com 10 kg de MS melhorou o desempenho animal e viabilidade econômica. Isso mostra que a oferta de forragem, a característica estrutural e a composição bromatológica do pasto também influenciam o desempenho dos animais, mesmo quando suplementados.

Por isso, a qualidade da forragem é definida como a capacidade da planta em fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento e manutenção do animal de forma eficiente (MOORE & LENSSEN, 2020). Os aspectos qualitativos da forragem podem ser influenciados por fatores como: fertilidade de solo, condições climáticas, manejo, morfológico e estado fisiológico, ocorrendo uma hierarquia de interação destes fatores para influência da qualidade (LEITE & EUCLIDES, 1994; MOORE & JUNG, 2001).

Então, quando existe maior relação folha-colmo tendem a proporcionar melhores índices de degradabilidade, em virtude da menor presença de tecidos estruturais que podem diminuir a digestibilidade do alimento, podendo afetar no consumo, devido ao efeito de enchimento ruminal e velocidade da degradação da MS pelos microrganismos ruminais (MELLO et al., 2006). Essas relações de folha-colmo são influenciadas diretamente pela espécie forrageira, condições climáticas e manejo, ou seja, pastagens em épocas de seca e manejadas de forma inadequada tendem a ter maiores teores de fibra, devido a estrutura da planta e seu estado vegetativo, dificultando também na colheita através das hastes de colmo que dificultam o acesso com bocados pelos bovinos (BENVENUTTI et al., 2009; Da SILVA et al., 2013).

Na Figura 1, encontram-se os trabalhos revisados com todas as informações existentes sobre o consumo de forragem em função do nível de suplementação de

animais em pastejo durante o período de chuvas (águas), transição águas-seca e seca, incluindo *Brachiaria* e *Panicum maximum* em conjunto.

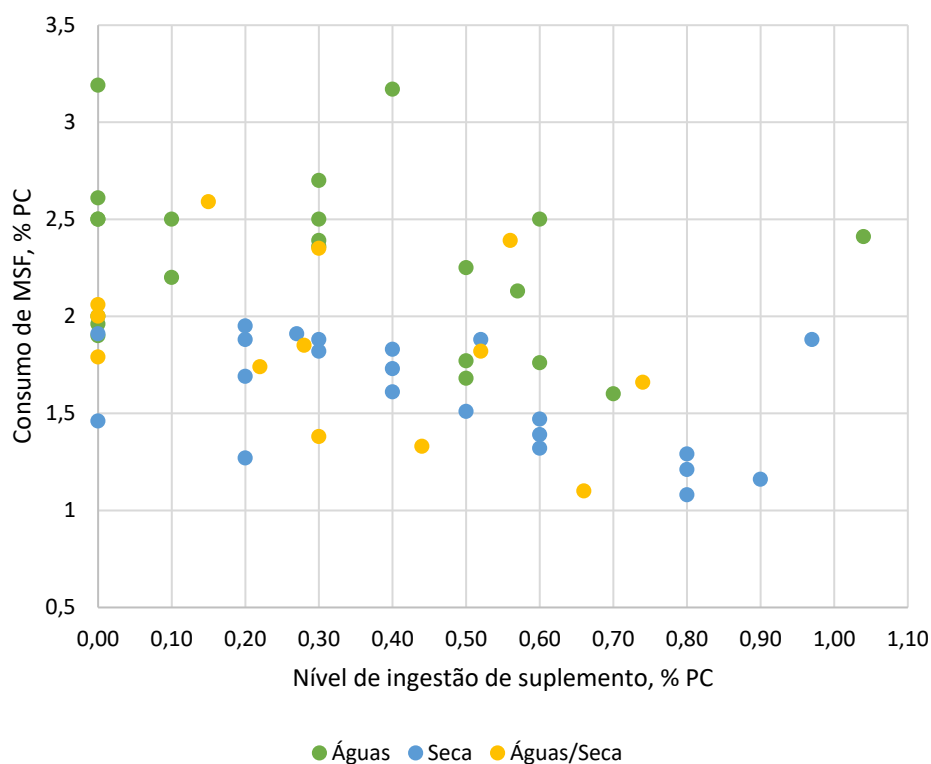


Figura 1. Consumo de matéria seca da forragem (% do peso corporal) em função do nível de ingestão de suplemento em relação ao peso corporal, durante as estações chuvosas, transição águas/secas e secas. (Adaptado de: Araujo et al., 2021; Barbizan et al., 2020; Delevatti et al., 2019; Mendes et al., 2014; Dias et al., 2015; de Almeida et al., 2019; Matos et al., 2018; Neves et al., 2018; Lins et al., 2022; Garcia et al., 2014; Machado et al., 2019; Machado et al., 2020; Quirino et al., 2022; Dórea et al., 2020; Figueiras et al., 2016; Ortega et al., 2022; Santos et al., 2022; de Paula et al., 2019).

A regulação do consumo de matéria seca total (CMST) por bovinos é influenciada por fatores químicos, metabólicos e físicos, além de outros (MERTENS, 1994). O consumo de forragem (CMSF) é condicionado tanto por fatores nutricionais (como digestibilidade, composição e oferta de forragem) quanto não-nutricionais (como comportamento ingestivo e taxa de bocados) (POPPI et al., 1987).

Bovinos suplementados com concentrado acima de 0,3% do peso vivo, especialmente em períodos de seca (Figura 1), apresentam menor consumo de forragem devido ao maior aporte energético, elevando os níveis de glicose e ácidos graxos voláteis (AGV). Durante a seca, há uma queda na oferta e qualidade da forragem, o que, combinado com altos teores de fibra em detergente neutro (FDN), reduz o CMS de forragem em comparação à estação chuvosa.

Estudos indicam variações no efeito da suplementação sobre o consumo de matéria seca total e forrageira. Dórea et al., (2020) não observaram diferenças significativas no CMST de novilhos suplementados com 0,3% do peso vivo, mas identificaram uma taxa de substituição de 1,47 kg de forragem por quilo de suplemento. De modo similar, Machado et al., (2019) verificaram que a suplementação de 0,5% do peso vivo reduziu o consumo de forragem em novilhas, com maior consumo observado em animais que receberam apenas sal mineral, observando também, que durante os períodos transição águas/seca houve redução no consumo da forragem, devido à diminuição da oferta de forragem, número de perfilhos, relação folha:colmo e ao aumento no teor de FDN da forragem durante o período de seca.

Outros estudos confirmam esse efeito de substituição da forragem pelo suplemento, principalmente durante a seca. Brandão et al., (2018) encontraram maiores consumo de matéria seca total para animais suplementados a 0,4% do PC quando comparado com animais que consumiram sal mineral. Mendes et al., (2014), ao testarem níveis crescentes de suplementação (0,2; 0,4; 0,6; e 0,8% do PC) durante a época seca, encontraram redução no consumo de matéria seca da forragem, mostrando o efeito substitutivo do concentrado sobre o CMSF durante a seca.

Entretanto Lambertucci et al., (2013), ao avaliarem novilhos terminados em pastagens de *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu, durante a época das águas, suplementados com sal mineral, 0,125% e 0,25% do PC, não observaram diferenças significativas para o consumo de matéria seca da forragem. Dias et al., (2015) também não encontraram diferenças para o consumo de matéria seca do pasto, ao avaliarem novilhos recebendo sal mineral (Controle) e suplemento a 0,4% do PC, porém observaram incremento no consumo de matéria seca total, para animais que foram suplementados quando comparado com sal mineral.

A digestibilidade da matéria seca é um fator crucial para a eficiência alimentar e o desempenho dos bovinos, afetando diretamente a conversão de alimentos em produtos de origem animal, como carne e leite. Diversos tipos e níveis de suplementos têm sido utilizados na alimentação de bovinos em pastejo, com o objetivo de fornecer nutrientes adicionais, corrigir deficiências e maximizar a eficiência de utilização dos alimentos.

O uso de suplementação em bovinos a pasto tem aumentado a digestibilidade da matéria seca, graças ao fornecimento de carboidratos fermentáveis no rúmen, que estimulam a produção de AGV (DIAN et al., 2007; LUKAS et al., 2008). Da mesma forma, Alcoforado et al., (2020) observaram um aumento de 3,59% na digestibilidade

em animais que consumiram suplemento proteico, mesmo em pequenas quantidades, em comparação aos que consumiram apenas sal mineral.

Nas Figuras 2 e 3, observa-se uma tendência linear para o aumento na digestibilidade da matéria seca total com o aumento da suplementação durante as estações chuvosas e secas do ano.

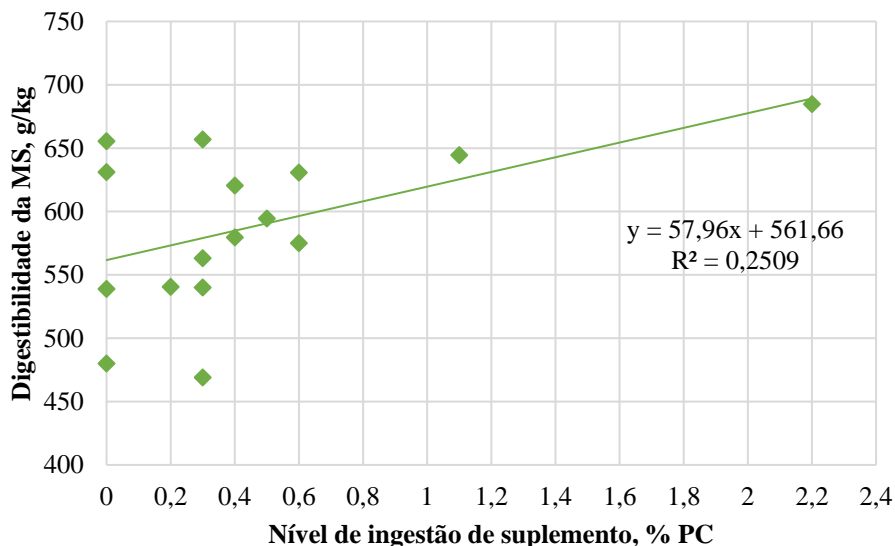


Figura 2. Digestibilidade da matéria seca total (g/kg) em função do nível de ingestão de suplemento em relação ao peso corporal durante a estação das águas.

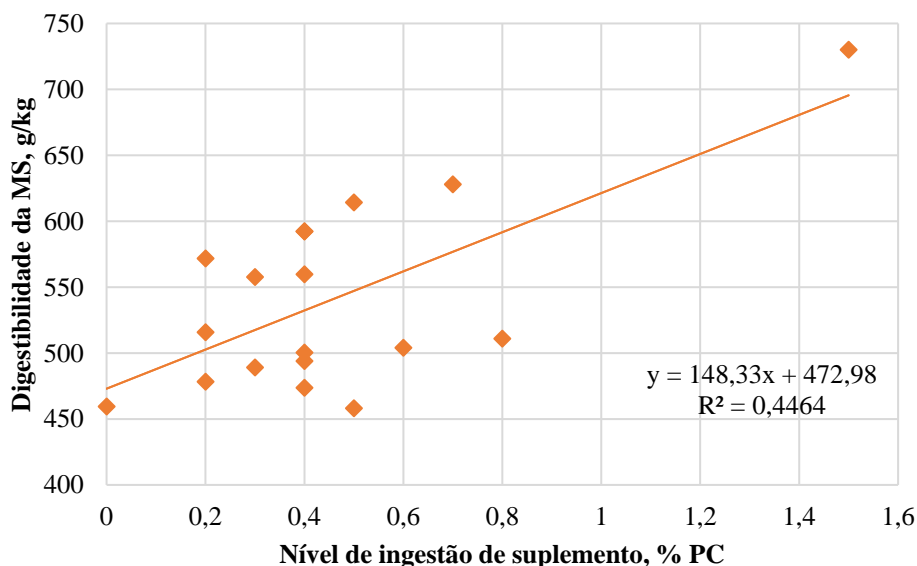


Figura 3. Digestibilidade da matéria seca total (g/kg) em função do nível de ingestão de suplemento em relação ao peso corporal durante a estação das secas

A suplementação em bovinos melhora a digestibilidade ao fornecer substratos no rúmen, favorecendo o crescimento de bactérias, como as fibrolíticas, e aumentando a

degradação da fibra (MARQUEZ et al., 2014). Esses resultados corroboram com Ortega et al., (2022), que observaram aumento nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e carboidratos não fibrosos com o uso de concentrado.

Dias et al., (2015) também relataram maior digestibilidade da MS em novilhos suplementados com 0,4% do PC na época seca, devido ao atendimento das exigências nutricionais dos microrganismos ruminais, bem como observado por Machado et al., (2019) em animais suplementados com 0,5% do PC.

A falta de sincronização de nitrogênio no rúmen pode limitar a síntese de proteína microbiana, afetando a digestibilidade (MORAES et al., 2006; DIXON & SOCKDALE2000; CARLI COSTA et al., 2009). Costa et al., (2011) demonstraram que a suplementação de nitrogênio em animais alimentados com capim de baixa qualidade aumentou a digestão e o crescimento de bactérias fibrolíticas. Além disso, fatores como a qualidade da forragem, manejo alimentar, estado fisiológico do animal e ambiente também influenciam a digestibilidade.

O ganho de peso obtido com a suplementação pode variar dependendo de diversos fatores, como a composição do suplemento, qualidade e quantidade da forragem disponível, genética manejo e estado fisiológico. Na tabela 1, é possível observar alguns trabalhos evidenciando o efeito da suplementação sobre o desempenho de bovinos em diferentes épocas do ano, tendo diferenças de ganho de 270g para níveis de 0,4% durante as águas quando comparado com mineral e 220g para níveis a 0,2% durante as secas.

Tabela 1. Desempenho de bovinos suplementados em pastagens em diferentes épocas do ano

Estação	Forragem	TRAT¹ (% do PC)	GMD² (g/dia)	Autores
Águas	<i>B. brizantha</i>	Mineral	900	Araujo et al., (2021)
		0,3	1,04	
	<i>B. decumbens</i>	Mineral	650bc	de Paula et al., (2019)
		0,6	627c	
		1,1	722ab	
		2,2	776a	
	<i>Panicum maximum</i>	Mineral	740b	Ramalho et al., (2020)
		0,6	970a	
<i>Panicum maximum</i>		0,5	870	Quirino et al., (2022)
Águas/Secas	<i>B. brizantha</i>	Mineral	-7	Barbizan et al., (2020)
		0,28	306	
		0,52	516	
		0,74	664	
	<i>B. decumbens</i>	Mineral	662b	de Paula et al., (2019)

		0,2	709b	
		0,4	668b	
		0,7	807a	
		Mineral	500	
	<i>B. brizantha</i>	0,1	620	Souza et al., (2021)
		0,2	530	
		Mineral	327	
	<i>Panicum maximum</i>	0,5	570	Machado et al., (2019)
		Mineral	318c	
	<i>B. decumbens</i>	0,4	376c	de Paula et al., (2019)
		0,7	505b	
		1,5	633a	
		0,2	371	
	<i>B. brizantha</i>	0,3	383	Neves et al, (2018)
		0,4	366	
		0,5	501	
		Mineral	250c	
	<i>Panicum maximum</i>	0,16	460b	Araujo et al., (2017)
		0,6	770a	
		0,25	565	
	<i>Panicum maximum</i>	1,0	1,005	Silva et al., (2021)
		Mineral	470a	
	<i>Panicum maximum</i>	0,25	550a	Rocha et al., (2016)
		Mineral	167	
	<i>B. decumbens</i>	0,6	353	Ortega et al., (2022)
		Mineral	363c	
	<i>B. decumbens</i>	0,4	350c	de Paula et al., (2019)
		0,7	464b	
		1,5	560a	

¹TRAT: Tratamento; ²GMD: Ganho Médio Diário.

O incremento de níveis acima de 0,02% do PC (sal mineral), com misturas múltiplas em pastagens podem promover aumentos no consumo e digestibilidade, e consequentemente aumento no GMD, quando comparado apenas com a mistura mineral (SILVA et al., 2009). Ao avaliarem diversos tipos de experimento utilizando suplementação para bovinos a pasto, Detmann et al., (2014) observaram incrementos de ganho de 230 e 70g quando comparado com mineral durante a época das secas e águas, respectivamente. Silva et al., (2023) observaram efeito linear positivo no peso de abate de novilhas e um incremento de 47,44kg de peso vivo para cada 0,4% de nível de suplemento aumentado em relação ao peso vivo.

Silva-Marques et al., (2015), ao estudarem novilhas durante o período de seca em pastagens de *Brachiaria brizantha*, utilizando mineral e diferentes níveis de

suplementação com inclusão de casca de soja no concentrado, observaram um efeito quadrático, com o ponto máximo de desempenho atingido com 5,8 kg de suplemento/animal/dia com ganho de 0,741 kg/animal/dia. De acordo com os autores, o aumento nos níveis de suplementação pode ter resultado em uma maior taxa de fermentação ruminal, provocando variações abruptas no pH e inibindo a absorção de ácidos graxos voláteis (AGV), devido à rápida liberação de glicose (OWENS, 2007).

Maiores ganhos de peso com o uso de suplementação são mais evidentes durante a estação seca, devido à menor qualidade nutricional das forragens. Em uma abrangente meta-análise, Sousa et al., (2022) observaram que a média de proteína bruta na dieta de animais sem suplementação é de 58 g/kg de matéria seca (MS), resultando em uma deficiência de nitrogênio na dieta. Por outro lado, a suplementação elevou a média de proteína bruta para 112 g/kg de MS.

De acordo com Detmann et al., (2014), a suplementação deve aumentar o teor de proteína da dieta para até 124 g/kg de MS, a fim de equilibrar a ingestão de nitrogênio e seu fluxo para o abomaso, otimizando a disponibilidade de nitrogênio para síntese proteica e deposição de tecidos. Dessa forma, o ganho de peso superior em animais suplementados, comparados aos não suplementados, deve-se à correção da deficiência de compostos nitrogenados no metabolismo.

Vale destacar, que o ganho de peso esperado com a suplementação pode variar conforme fatores como a quantidade e a duração da suplementação, a qualidade e disponibilidade da forragem, além de aspectos relacionados ao manejo e à genética dos animais. Assim, é fundamental considerar essas variáveis ao implementar um programa de suplementação na propriedade, visando obter maiores ganhos biológicos e econômicos.

1.3 Parâmetros ruminiais de bovinos suplementados a pasto

A adição de concentrados à dieta de bovinos a pasto visa fornecer nutrientes adicionais, sobretudo energia e proteína, para complementar as deficiências nutricionais das forragens tropicais, especialmente durante a estação seca. No entanto, essa prática altera significativamente os parâmetros ruminiais, como a produção de ácidos graxos voláteis (AGV) e o pH do fluido ruminal, que são essenciais para a saúde e o metabolismo dos ruminantes.

A suplementação com concentrados é uma prática comum usada em sistemas intensivos para melhorar o desempenho animal. É uma alternativa para mitigação de CH₄, pois reduz o pH do rúmen, altera a relação acetato:propionato e diminui a quantidade de CH₄ produzido por unidade de ingestão de ração à medida que o nível de suplementação aumenta (BLAXTER & CLAPPERTON, 1965). Portanto, práticas adequadas de suplementação e manejo de pastagens podem diminuir as emissões de CH₄ (BARBERO et al., 2015; KOSCHECK et al., 2020) pela redução da ingestão de fibras pouco digeríveis e do tempo dos animais no sistema de produção.

Os ácidos graxos voláteis, principalmente acetato, propionato e butirato, são produtos finais da fermentação de carboidratos no rúmen e servem como uma importante fonte de energia para os bovinos. A suplementação de carboidratos não fibrosos, como o amido presente em grãos, promove um aumento na produção total de AGV, especialmente de propionato. Segundo Hungate (1966), animais que são alimentados com dietas tendo mais volumoso como base, possuem, principalmente, organismos gram-negativos, enquanto animais alimentados com dietas à base de concentrado, possuem maior número de organismos gram-positivos.

O aumento da eficiência biológica do animal ocorre devido ao aumento na proporção de propionato em relação ao acetato, redução da energia perdida como metano e aumento da passagem de proteína do alimento para o intestino sem ser degradada no rúmen (MORAIS et al., 2006; KOZLOSKI, 2016). O propionato é essencial para o metabolismo energético dos ruminantes, devido ao seu papel no ciclo da glicose para os ruminantes, auxiliando como precursor da gliconeogênese, com isso, contribui diretamente com a diminuição do incremento calórico (BLAXTER & WAINMAN, 1964), poupando aminoácidos normalmente destinados para gliconeogênese (REILLY & FORD 1974) e, promovendo assim, síntese proteica (POTTER et al., 1968).

Embora o rúmen tenha um sistema eficiente de tamponamento, o tipo de dieta e o tempo de ingestão afetam diretamente o pH ruminal. Em animais confinados ou com altos níveis de suplementação, o consumo de carboidratos não fibrosos em concentrados leva a uma rápida degradação, resultando em pH reduzido e menor digestibilidade da fibra. Bactérias fibrolíticas, essenciais para a digestão da fibra, têm seu crescimento prejudicado em pH inferior a 6,0, o que compromete sua aderência à fibra do alimento (KOZLOSKI, 2016).

As bactérias fibrolíticas são neutrofílicas e mantêm o pH intracelular próximo da neutralidade, mesmo diante de variações no pH externo. Quando o pH do fluido ruminal cai abaixo de 6,0, o gradiente de pH intracelular aumenta para mais de 0,7, inibindo até mesmo as bactérias resistentes ao ácido devido ao acúmulo de ânions de AGV em concentrações tóxicas. Essa condição inibe a produção de AGV a partir do piruvato, estimulando a enzima lactato desidrogenase e favorecendo a fermentação homoláctica.

Em estudo analisado por de Araujo et al., (2021), ao trabalharem com novilhos Nelore suplementados em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, recebendo sal mineral e suplemento proteico-energético a 0,3% do PC, observaram que o pH, acetato e relação acetato:propionato foram maiores para animais que receberam apenas sal mineral, além disso, os mesmos diferiram entre os tempos de coleta, com reduções no pH após 4 horas e tendo menor valor observado em 8 horas.

Reduções no pH ao longo do tempo após o fornecimento de suplemento pode estar associado à rápida fermentação dos carboidratos no rúmen e pico de concentração de amônia, além da redução na produção de saliva devido ao menor tempo de ruminação, reduzindo os valores de pH (SANTOS et al., 2012; JASIM et al., 2020). Dietas com maiores proporções de concentrado tendem a promover menores valores de pH, conseqüentemente, o aumento na população de microrganismos aminolíticos e o aumento na proporção de propionato, por outro lado, menores proporções de concentrado promovem maiores valores de pH e proporção de acetato (de ARAUJO et al., 2021; CHIBISA et al., 2020).

No estudo de Delevatti et al. (2019) com novilhos Nelore em diferentes combinações de suplementação (0,1; 0,3 e 0,6% do PC) e alturas de pasto (15, 25 e 35 cm), não foram encontradas diferenças significativas para o pH e AGV entre os tratamentos, mas o pH variou com o tempo de coleta. Não houve diferenças no consumo de matéria seca total e de forragem, o que pode estar relacionado à qualidade e disponibilidade da forragem. Segundo Tamminga (1979), diversos fatores influenciam as vias de produção de AGV, como a disponibilidade e a natureza dos substratos e interações microbianas entre espécies fibrolíticas e amilolíticas

Dorea (2010), ao trabalharem com níveis crescentes de suplementação para bovinos a pasto, observou que houve aumento linear significativo ($P < 0,05$) na concentração molar de propionato e da relação acetato:propionato em função dos níveis de suplementação. O fornecimento de suplementos concentrados para animais em pastejo pode alterar a proporção de volumoso e concentrado da dieta total ingerida, com

animais suplementados recebendo maior proporção de concentrado quando comparados aos animais não suplementados. Isso explica a maior proporção de propionato e menor proporção de acetato nos animais suplementados (de ARAUJO et al., 2021).

1.4 Viabilidade econômica de bovinos suplementados a pasto

De acordo com o *Beef Report* (2023) da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC), o Brasil exportou 2,29 milhões de toneladas de carne bovina, gerando uma receita de US\$ 10,55 bilhões. Com uma produção de 10,6 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC), o país ocupa a segunda posição no ranking mundial, representando 13,8% da produção global. Contudo, os índices de produtividade brasileiros permanecem inferiores aos observados em países como Estados Unidos e Austrália (ALVES, 2011). Essa diferença é amplamente associada à desigualdade tecnológica presente nas propriedades brasileiras, além das variações nas condições climáticas regionais.

Apesar dos resultados expressivos alcançados pelo Brasil em 2023 no cenário global da produção de carne bovina, o sistema produtivo da maioria das propriedades brasileiras ainda carece de investimentos significativos em tecnologias de melhoramento genético, manejo nutricional e qualidade das pastagens. A adoção de práticas tecnológicas nesses aspectos pode fortalecer a pecuária de corte em sistemas de pasto, promovendo uma produção mais lucrativa e sustentável, com incremento dos índices de produtividade e redução dos custos operacionais.

A produção de bovinos de corte em sistemas de pastagem constitui uma das principais atividades pecuárias em regiões tropicais, como o Brasil. Embora a suplementação com concentrados seja amplamente empregada para incrementar o desempenho animal, torna-se imprescindível avaliar sua viabilidade econômica. A sustentabilidade econômica é um dos pilares fundamentais de sistemas produtivos eficientes. No contexto da suplementação de bovinos em pastagens tropicais, a análise econômica deve abranger não apenas os custos diretos da suplementação (como insumos e logística), mas também os efeitos no ganho de peso, na eficiência alimentar e no retorno sobre o investimento.

Romanzini et al., (2020) realizaram uma abrangente análise do uso de suplementos em bovinos mantidos a pasto durante as fases de recria e terminação, abrangendo quatro cenários distintos: 2010/2011 (cenário 1), 2011/2012 (cenário 2),

2012/2013 (cenário 3) e 2013/2014 (cenário 4). Os resultados indicaram que os custos operacionais e totais foram mais elevados na fase de recria em comparação à terminação, o que é esperado devido ao maior custo de aquisição dos animais nesta etapa. Na recria, as estratégias que envolveram suplementação com sal mineral e 0,3% do PC apresentaram os menores custos operacionais, enquanto níveis de suplementação mais elevados, como 0,5% e 0,6% do PC, resultaram em custos significativamente maiores. O cenário 2, com o uso exclusivo de sal mineral, demonstrou ser a estratégia mais econômica, possivelmente devido à qualidade superior da forragem disponível durante a estação chuvosa.

Na fase de terminação, os custos mais elevados foram observados nos cenários 2 e 4, com suplementação de 2% do PC, enquanto os menores custos foram registrados nos cenários 1 e 3, com suplementação de 1% do PC. Em termos de lucratividade, o cenário 1 (uso exclusivo de sal mineral na recria) e o cenário 3 (suplementação de 1% do PC na terminação) apresentaram os melhores índices, com taxas de lucratividade de 6,1% e 68,7%, e taxas internas de retorno de 9,3% e 27%, respectivamente. Por outro lado, os níveis de suplementação de 0,3%, 0,5% e 0,6% do PC resultaram em índices de lucratividade negativos em todos os cenários avaliados.

Os resultados apresentados acima mostram que o manejo correto da pastagem, associado com estratégias corretas de suplementação podem otimizar o desempenho animal e tornar a atividade mais lucrativa. O aumento da lucratividade para estratégias de baixos níveis ou com apenas sal mineral estão correlacionadas diretamente com a qualidade do pasto, uma vez que esse aspecto qualitativo leva ao atendimento das exigências nutricionais dos animal e, conseqüentemente, maiores desempenhos (REIS et al., 2016).

Brandão et al., (2018), ao avaliarem duas estratégias de suplementação para novilhos (Estratégia 1: fornecimento de suplemento mineral no período das águas e 0,2% do PC de suplemento no período seco; Estratégia 2: fornecimento de 0,4% do PC de suplemento no período das águas e 0,6% do PC no período seco), observaram diferenças significativas nos custos e na lucratividade entre os sistemas analisados. A Estratégia 2 apresentou custos adicionais por arroba produzida e por animal de R\$ 71,46 e R\$ 831,16, respectivamente, quando comparada à Estratégia 1. Apesar dos maiores ganhos de peso observados na Estratégia 2, a lucratividade da Estratégia 1 (73,04%) foi significativamente superior à da Estratégia 2 (23,76%).

A suplementação em sistemas de pastagem deve ser usada estrategicamente para maximizar o aproveitamento da forragem, e não como fonte principal de nutrientes. De acordo com Detmann et al., (2014a), para a maximização da rentabilidade do sistema de produção de bovinos em pastejo, a otimização da utilização de pastagens deve ser o principal e indeclinável objetivo dentro do sistema de produção de carne a pasto.

1.5 Referências bibliográficas

ABIEC. **Beef Report: perfil da pecuária no Brasil 2024**. ABIEC, 2024 106p. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>

ALCOFORADO, C.A.A.T.; LIRA, A.B.; SOUZA, C.G.; SANTOS, E.M.; BISPO, S.V.; GONZAGA NETO, S. Mineral supplementation of dairy heifers in Marandu-Grass pasture in spring and summer seasons. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.21, n....., p.01-14, 2020.

ALMEIDA, V.V.S, SILVA, R.R., QUEIROZ, A.C; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, F.F, ABREU FILHO, G.; LISBOA, M.M.; SOUZA, S.O. Economic viability of the use of crude glycerin supplements in diets for grazing crossbred calves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 43(7):382-389, 2014b.

ALVES, P. **Taxa de desfrute**. Scot Consultoria, 2011. <http://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/23681/taxa-de-desfrute.htm>.

ARAÚJO, T.L.D.R.; SILVA, W.L.; BERÇA, A.S.; CARDOSO, A.S.; BARBERO, R.P.; ROMANZINI, E.P.; REIS, R.A. Effects of replacing cottonseed meal with corn dried disteller's grain on ruminal parameters, performance, and enteric methane emissions in young Nelore bulls reared in tropical pastures. **Animals**, 11, 2959, 2021.

BARBERO, R. P.; MALHEIROS, E. B.; ARAÚJO, T. L. R.; NAVE, R. L. G.; MULLINIKS, J. T.; BERCHIELLI, T. T.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.209, p.110–118, 2015.

BARBIZAN, M.; VALENTE, E.E.L.; DAMASCENO, M. L.; LOPES, S. A.; TANAKA, E. S.; BARROS JUNIOR, C. P.; MELO, B. V. R. Balanced protein/energy supplementation plan for beef cattle on tropical pasture. **Livestock Science**, v.241, 104211, 2020.

BARBOSA, N. G. S.; LANA, R. D. P.; JHAM, G. N.; BORGES, A. C.; MÂNCIO, A. B.; PEREIRA, J. C.; OLIVEIRA, J. S. Consumo e fermentação ruminal de proteínas em

função de suplementação alimentar energética e proteica em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1558-1565, 2001.

BATEMAN, J.V. **Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos**. México, Editora Herrero Hermanos, SA. 1970. 469p.

BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**. v.19, p.511-522, 1965.

BRANDÃO, R. K. C.; de CARVALHO, G. G. P.; SILVA, R. R.; DIAS, D. L. S.; MENDES, F. B. L.; LINS, T. O. J. A.; PEREIRA, M. M. S.; GUIMARÃES, J. O.; TOSTO, M. S. L.; RUFINO, L. M. A.; ARAUJO, M. L. G. M. L. Correlation between production performance and feeding behavior of steers on pasture during the rainy-dry transition period. **Tropical Animal Health Production**, v.50, p.105-111, 2018.

BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The utilization of the energy of different rations by sheep and cattle from maintenance and for fattening. **Journal of Agricultural Science**, v.63, p.113, 1964.

CARLI COSTA, V. A.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. D. C.; PAULINO, M. F.; HENRIQUES, L. T.; MANTOVANI, H. C. In vitro degradation of neutral detergent fiber from high-quality tropical forage according to supplementation with protein and (or) carbohydrates. **Revista Brasileira de Zootecnia**.; v.38, p.1803–1811. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000900024>

CHIBISA, G. E.; BEAUCHEMIN, K. A.; KOENIG, K. M.; PENNER, G. B. Optimum roughage proportion in barley-based feedlot cattle diets: Total tract nutrient digestibility, rumination, ruminal acidosis, short-chain fatty absorption, and gastrointestinal tract barrier function. **Journal Animal Science**. v.98, 2020.

COSTA, V. A. C.; DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; HENRIQUES, L. T.; CARVALHO, I. P. C. Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não-protéico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.12, p.2815-2826, 2011.

DA SILVA, M. A.; ALVES FILHO, D. C.; MACHADO, D. S.; MARTINI, A. P. M.; CARDOSO, G. S.; BRONDANI, I. L.; COCCO, J. M.; CATTELAM, P. M. M. Levels

of energy supplementation for heifers in Tifton 85 pasture on carcass characteristics, internal organs and meat quality. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, 2023.

DA SILVA, S. C.; GIMENES, F. M. A.; SARMENTO, D. O. L.; SBRISSIA, A. F.; OLIVEIRA, D. E.; HERNADEZ-GARAY, A.; PIRES, D. A. V. Grazing behaviour, 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. <https://doi.org/10.1017/S0021859612000858>

De ALMEIDA, V. V. S.; OLIVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, H. C.; SILVA, R. R.; LIMA JÚNIOR, D. M. Body weight componentes of Nellore steers finished in tropical pastures. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, v.41, 2019.

De ARAÚJO, I. M. M.; DIFANTE, G. S.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; GOMES, R. C. Animal performance with and without suplementes in Mombaça Guinea grass pastures during dry season. **Journal of Agricultural Science**, v.9, n.7, 2017.

De ARAÚJO, T. L. D. R.; DA SILVA, W. L.; BERÇA, A. S.; CARDOSO, A. D. S.; BARBERO, R. P.; ROMANZINI, E. P.; REIS, R. A. Effects of Replacing Cottonseed Meal with Corn Dried Distillers' Grain on Ruminal Parameters, Performance, and Enteric Methane Emissions in Young Nellore Bulls Reared in **Tropical Pastures**. **Animals**, v.11, p.2959. 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11102959>

De PAULA, N. F.; PAULINO, M. F.; COUTO, V. R. M.; DETMANN, E.; MACIEL, I. F. S.; BARROS, L. V.; LOPES, S. A.; VALENTE, E. E. L.; ZERVOUDAKIS, J. T.; MARTINS, L. S. Effects os supplementation plano n intake, digestibility, eating behavior, growth performance, and carcass characteristics of grazing beef cattle. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.60, p.3233-3248, 2019.

DELEVATTI, L. M.; ROMANZINI, E. P.; KOSCHECK, J. F. W.; de ARAUJO, T. L. R.; RENESTO, D. M.; FERRARI, A. C.; BARBERO, R. P.; MULLINIKS, J. T.; REIS, R. A. Forage management intensification and supplementation strategy: Intake and metabolic parametrs on beef cattle production. **Animal Feed Science and Technology**, v.247, p.74-82, 2019.

DETMANN, E. **Entendendo as vaquinhas**, 2023. 404p.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; FRANCO, M. O.; RUFINO, L. M. A.; SAMPAIO, C. B.; BATISTA, E. D. **Princípios de nutrição de bovinos em pastejo nos trópicos**. In: IX CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2014. Anais... CNPA Ilhéus, 2014, p.22, 2014a.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; HUHTANEN, P. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. **Semin. Cienc. Agrar.** v.35, p.2829–2854, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2829>.

DIAN, P. H. M.; CHAUVEAU-DURIOT, B.; PRADO, I. N.; PRACHE, S. A dose-response study relating the concentration of carotenoid pigments in blood and reflectance spectrum characteristics of fat to carotenoid intake level in sheep. **Journal Animal Science**, v.85, p.3054-3061, 2007.

DIAS, A. M.; GOMES, E. N. O.; ITAVO, L. C. V.; ARANHA, J. A. M.; FERREIRA ITAVO, C. C. B.; NOGUEIRA, E.; SILVA, F. F.; JUNGES, L. Herbage allowance effects on the characteristics of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures and the production and economic viability of Nellore heifers. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.4, p.2301-2312, 2016.

DIAS, D. L. S., SILVA, R. R., SILVA, F. F., CARVALLHO, G. G. P., BRANDÃO, R. K. C., SILVA, A. L. N., BARROSO, D. S., LINS, T. O. J., MENDES, F. B. L. Recria de novilhos em pastagem com e sem suplementação proteico/energética nas águas: consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p.985–998, 2015.

DIXON, R. M.; STOCKDALE, R. C. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. **Aust Journal Plant Physiol.**; v.27, p.645, 2000. <https://doi.org/10.1071/PP97167>

DÓREA, J. R. R. **Níveis de suplemento energético para bovinos em pastagens tropicais e seus efeitos no consumo de forragem e fermentação ruminal**. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 108p., 2010.

DÓREA, J. R. R.; GOUVÊA, V. N.; AGOSTINHO NETO, L. R. D.; Da SILVA, S. C.; BRINK, G. E.; PIRES, A. J. V.; SANTOS, F. A. P. Beef cattle responses to pre-grazing

sward height and low level of energy supplementation on tropical pastures. **Journal of Animal Science**, v.98, n6, 2020.

EUCLIDES, V. P. B.; THIAGO, L. R. L. S.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p.1177-1185, 1999.

FIGUEIRAS, J. F.; DETMANN, E.; FRANCO, M. O.; BATISTA, E. D.; REIS, W. L. S.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C. Effects of supplements with different protein contents on nutritional performance of grazing cattle during the rainy season. **Asin Australas. J. Anim. Sci**, v.29, n12, p1710-1718, 2016.

GARCIA, J.; EUCLIDES, V. P. B.; ALCALDE, C. R.; DIFANTE, G. S.; MEDEIROS, S. R. Consumo, tempo de pastejo e desempenho de novilhos suplementados em pastos de *Brachiaria decumbens*, durante e período seco. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, p.2095-2106, 2014.

GITMAN, L. J. Princípios de Administração Financeira, 7ª ed. São Paulo: HARBRA, 841p., 2002.

GRANER, C.A.F. Determinação do cromo pelo método da s-difenilcarbida. Botucatu, Tese doutorado em ciências. Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, 1972. 112p.

HUNGATE, R. E. The rumen and its microbes. **New York: Academic Press**, 533p, 1996.

JASIM, I. S. Effect of Protecting Proteins from Degradation in the Rumen on Rumen Fermentations of Al Awassi Lambs. **Syst. Rev. Pharm.**, v.11, p.398–408, 2020.

KOSCHECK, J. F. W.; ROMANZINI, E. P.; BARBERO, R. P.; DELEVATTI, L. M.; FERRARI, A. C.; MULLINIKS, J. T.; BERCHIERI, T. T.; REIS, R. A. How do animal performance and methane emissions vary with forage management intensification and supplementation? **Anim. Prod. Sci.**, v.60, p.1201-1209, 2020.

KOZLOSKI, Gilberto Vilmar. **Bioquímica dos ruminantes** / Gilberto Vilmar Kozloski. – 3. Ed. Ver. e ampl. – Santa Maria: Ed. da UFSM, 2016.

LAMBERTUCCI, D. M.; GOES, R. H.T. B.; MANCIO, A. B.; MISTURA, C.; CECON, P. R. Características de carcaca e composicao centesimal do musculo

Longissimus de diferentes grupos genéticos terminados a pasto. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiania, v.9, n.16, p. 544-557 2013.

LINS, T. O. J. A.; SILVA, R. R.; MENDES, F. B. L.; SILVA, F. F.; BASTOS, E. S.; PAIXÃO, T. R.; SILVA, J. W. D.; SANTOS, M. C.; FIGUEIREDO, G. C.; ALBA, H. D. R. Feeding behavior of post-weaned crossbred steers supplemented in the dry season of the year. **Tropical Animal Health and Production**, v.54, p.203, 2022.

LOY, T. W.; KLOPFENSTEIN, T. J.; ERICKSON, G. E.; MACKEN, C. N.; MACDONALD, J. C. Effect of supplemental energy source and frequency on growing calf performance. **Journal of Animal Science**, v.86, p.3504–3510. 2008.

LUKAS, J. M.; RENEAU, J. K.; LINN, J. G. Water intake and dry matter intake changes as a feeding management tool and indicator of health and estrus status in dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.91, p.3385-3394, 2008.

MACHADO, A. F.; GUIMARÃES, S. E. F.; GUIMARÃES, J. D.; SANTOS, G. M.; SILVA, A. L.; SANCLER SILVA, Y. F. R.; NETTO, D. S. L.; CORREA, P. V. F.; MARCONDES, M. I. Effect of protein supplement level on the productive and reproductive parameters of replacement heifers managed in intensive grazing systems. **PLoS ONE**. v.15, n.10, e0239786, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239786>

MACHADO, W. S.; BRANDÃO, V. L. N.; MORAIS, V. C. L.; DETMANN, E.; ROTTA, P. P.; MARCONDES, M. I. Supplementation strategies affect the feed intake and performance of grazing replacement heifers. **PLoS ONE**. v.14, v.9, e0221651, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221651>

MARQUEZ, D. C.; PAULINO, M. F.; MARCONDES, M. I.; RENNÓ, L. N.; BARROS, L. V.; MARTINS, L. S.; ORTEGA, R. M.; SILVA, A. G.; ALMEIDA, D. M.; MOURAS, D. P. S.; MOURA, F. H. Parâmetros nutricionais e produtivos de bezerras suplementadas a pasto com diferentes fontes de alimentos proteicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.5, p.2709-2722, 2014.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. **Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI**. Informações econômica. v.28, p.7-28, 1998.

MATOS, L. H. A.; CARVALHO, G. G. P.; DE; SILVA, R. R.; LEITE, L. C.; CONCEIÇÃO, C. P.; PINHEIRO, E. E. G.; ALENCAR, A. M.; SANTOS, A. V.; RUFINO, L. M. de A.; SILVA, P. de A. Economic aspects of the use of castor meal in supplements for grazing heifers. **Custos e @gronegocio**, online, v.14, n.1, 2018.

MELLO, A. C. L.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR., J. C. B. SANTOS, V. F. dos; FERREIRA, L. C.; CUNHA, M. V. da. Degradação ruminal da matéria seca de clones de capim-elefante em função da relação folha/colmo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1316-1322, 2006.

MENDES, F. B. L.; SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; LINS, T. O. J. A.; SILVA, A. L. N.; MACEDO, V.; ABREU FILHO, G.; SOUZA, S. O.; GUIMARÃES, J. O. Ingestive behavior of grazing steers fed increasing levels of concentrate supplementation with different crude protein contents. **Tropical Animal Health Production**, v.47, n.4, p.423-428, 2014.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEU JR., G. C., (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, p.450-493, 1994.

MORAES, E. H. B. K. DE; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. de C.; VALADARES, R. F. D.; MORAES, K. A. K. de. Níveis de proteína em suplementos para novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/aguas. **Revista Brasileira de Zootecnia.**; v.35, p.2135–2143, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700034>

MORAIS, J. A. S.; BERCCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. *Aditivos*. In: BERCCHIELLI, T. T., PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, G. S. Nutrição de ruminantes. **Jaboticabal: Funep**, p. 539-570, 2006.

NEVES, D. S. B.; SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; SANTOS, L. V.; ABREU FILHO, G.; SOUZA, S. O.; SANTOS, M. C.; ROCHA, W. J.; SILVA, A. P. G.; LISBOA, M. M.; PEREIRA, M. M. S.; CARVALHO, V. M. Increasing levels of supplementation for crossbred steers on pasture during the dry period of the year. **Tropical Animal Health and Production**, v.50, p.1411-1416, 2018.

OBA, M. Effects of feeding sugars productivity of lactating dairy cows. **Canadin Journal of Animal Science**, v.91, p.37-46, 2011.

OLIVEIRA, A.B.; SILVA, R.R.; da SILVA, F.F.; CARVALHO, G.G.P.; SILVA, A.P.G.; SILVA, J.W.D.; BARROSO, D.S.; COSTA, G.D. Economic evaluation of post-weaning and finishing cattle supplemented on pasture. **Rev. Mex. Cienc. Pecu.** 10(3):595-609, 2019.

ORTEGA, R. M.; MORENO, D. S.; ÂNGULO, L. M. Protein-energy supplementation on productive and nutritional performance of grazing beef heifers. **Semina: Ciência Agraria Londrina**, v.43, n.1, p.297-310, 2022.

OWENS, F. N. Acidoses clínica e subclínica. In: **SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES - SAÚDE DO RÚMEN**, 3., 2007, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2007. p. 151-167.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **J Anim Sci** 71: 3138-3150, 1998.

PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. de C.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; FONSECA, M. A.; VÉRAS, R. M. L.; OLIVEIRA, D. M. Productive performance of Nellore cattle of different gender fed diets containing two levels of concentrate allowance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1079-1087, 2008.

POPPI, D. P.; HUGHES, T. P.; L'HUILLIER, P. J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A. M. (Ed.). **Livestock feeding on pasture**. Hamilton: New Zealand Society of Animal Production, p.55-64, 1987.

POTTER, E. L.; PURSER, D. B.; CLINE, J. H. Effects of various energy sources upon plasma free amino acids in sheep. **Journal of Nutrition**, v.95, p.665-663, 1968.

QUIRINO, D. F.; MARCONDES, M. I.; RENNÓ, L. N.; CORREA, P. V. F.; MORAIS, V. C. L.; CUNHA, C. S.; SILVA, T. D. A.; da SILVA, A. L.; MILLER-CUSHON, E.; ROTTA, P. P. Intake, performance, and feeding behavior of Holstein and Holstein x Gyr heifers grazing intensively managed tropical grasses during the rainy season. **Animal**, 16, 2022

RAMALHO, T. R. A.; COSTA, D. F. A.; da SILVA, S. C.; GOULART, R. C. D.; CONGIO, G. F. S.; SANTOS, F. A. P. Supplementation of growing bulls grazing *Panicum maximum* cv. Colonião increases average daily gain and does not impact

subsequente performance in feedlot phase. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.21, p.1-17, 2020.

REILLY, P. E. B.; FORD, E. J. H. The effects of dietary contents of protein on amino acid and glucose production and the contribution of amino acids to gluconeogenesis in sheep. **British Journal of Nutrition**, v.26, p.249-263, 1974.

REIS, R. A., BARBERO, R. P., HOFFMAN, A. Impactos da qualidade da forragem em sistemas de produção de bovinos de corte. **Informe Agropecuário**, v.37, n.292, p.36-53, 2016.

ROCHA, T. C.; FONTES, C. A. A.; SILVA, R. T. S.; PROCESSI, E. F.; VALLE, F. R. A. F.; LOMBARDI, C. T.; OLIVEIRA, R. L.; BEZERRA, L. R. Performance, nitrogen balance and microbial efficiency of beef cattle under concentrate supplementation strategies in intensive management of a tropical pasture. **Trop. Anim. Health Prod.** p.1-9, 2016.

ROMANZINI, E. P.; BARBERO, R. P.; REIS, R. A.; HADLEY, D.; MALHEIROS, E. B. Economic evaluation from beef cattle production industry with intensification in Brazil's tropical pastures. **Tropical Animal Health and Production**, v.52, p.2659-2666, 2020.

SANTOS, A. R. M.; CABRAL, C. H. A.; CABRAL, C. E. A.; BARROS, L. V.; PIRES, D. F.; ROSA, A. S.; ALVES, G. R.; COUTINHO, M. P. S. Energy supplementation as strategy of pasture management. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, v.44, 2022.

SANTOS, V. C.; EZEQUIEL, J. M. B.; MORGADO, E. S.; HOMEM JÚNIOR, A. C.; FÁVARO, V. R.; D'AUREA, A. P.; BARBOSA, J. C. Influência de subprodutos de oleaginosas sobre parâmetros ruminais e a degradação da matéria seca e da proteína bruta. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, p.1284–1291, 2012.

SILVA, F. F., SÁ, J. F.; SCHIO, A. R.; SÁ J. F.; SILVA, R. R.; ITAVO, L. C. V.; MATEUS, R. G.; Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.371-389, 2009. (supl. especial).

SILVA-MARQUES, R. P.; ZERVOUDAKIS, J. T.; HATAMOTO-ZERVOUDAKIS, L. K.; CABRAL, L. S.; ALEXANDRINO, E.; MELO, A. C. B.; SOARES, J. Q.;

DONIDA, E. R.; SILVA, L. C. R. P. Multiple supplements for beef heifers on pasture in dry season. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n1, p.525-540, 2015.

SOUSA, L. C. O.; PALMA, M. N. N.; FRANCO, M. O.; DETMANN, E. Does frequency of protein supplementation affect performance of cattle under grazing in tropical pastures?. **Animal Feed Science and Technology**, v.289, 2022.

TAMMINGA, S. Relation between different carbohydrates and microbial synthesis of protein. Rep num. 130. **Institute for Livestock Feeding and Nutrition**, Lelystad, pp. 31, 1979.

TEIXEIRA, R. M. A.; MARTINS, J. M.; SILVA, N. G.; SILVA, E. A.; FERNANDES, L. O.; OLIVEIRA, A. S.; SALVADOR, F. M.; FARIA, D. J. G. Suplementação proteica de vacas leiteiras mantidas em pastagem de Tifton 85 durante o período de seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.71, n.3, p.1027-1036, 2019.

WASSIE, S. E.; ALI, A. I. M.; KORIR, D.; BUTTERBACH-BAHL, K.; GOOPY, J.; MERBOLD, L.; DICKHOEFER, U. Effects of feed intake level on efficiency of microbial protein synthesis and nitrogen balance in Boran steers consuming tropical poor-quality forage. **Archives of animal nutrition**, v.73, n.2, p. 140-157, 2019.

II - OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos de níveis crescentes de suplementação proteico-energética sobre o desempenho produtivo e econômico para novilhas em fase de terminação, manejadas em pastagens de *Panicum maximum* cv. Mombaça.

2.2 Objetivos Específicos

Analisar o impacto da suplementação nutricional no consumo de alimentos, digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, bem como no desempenho biológico de novilhas mantidas em pastagem.

Avaliar os efeitos da suplementação sobre os parâmetros fermentativos ruminais, com ênfase na produção de ácidos graxos voláteis (AGV) e na variação do pH ruminal.

Examinar a influência da suplementação sobre a viabilidade econômica do sistema de produção, considerando os custos de suplementação e os ganhos produtivos.

III - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Comitê de ética

Esta pesquisa foi conduzida em estreita conformidade com a legislação brasileira sobre pesquisas com o uso de animais, adotada pelo Conselho Nacional de Controle Experimental (CONCEA), e foi aprovada pela comissão de ética no uso de animais (CEUA) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, localizada em Itapetinga, Bahia, Brasil.

3.2 Animais, local, delineamento experimental e suplementos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Zootecnia de Itaju do Colônia (EZICO), localizada no Município de Itaju do Colônia – BA, situada, geograficamente, a 15°8'29" S e 30°43'28" O, com clima quente úmido e precipitação superior a 750 mm e inferior a 1250 mm anuais, caracterizado por apresentar inverno seco (ROEDER, 1975), na região do sudoeste da Bahia. A etapa de campo teve duração de 134 dias, tendo início 09/12/2023 e finalizado em 21/04/2024, durante o período das águas (estação chuvosa), divididos em períodos de 28 dias cada, sendo 14 dias iniciais destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais e ao manejo.

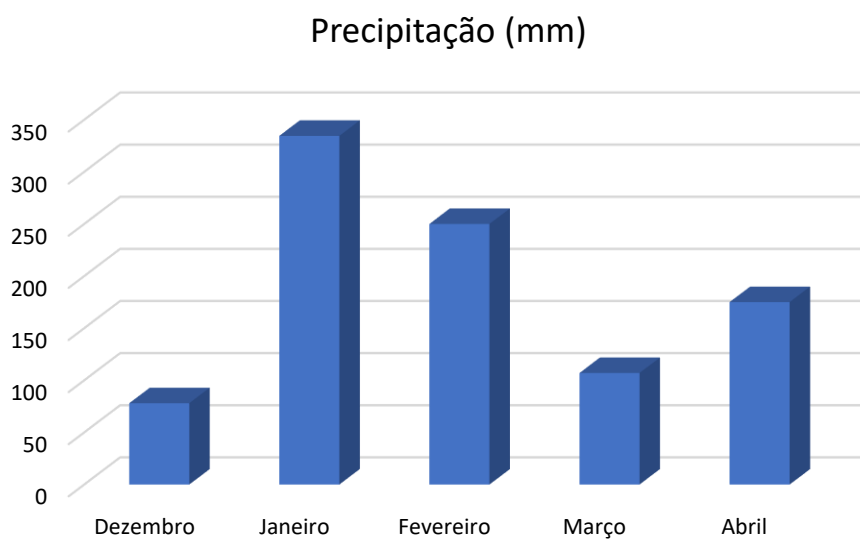


Figura 4: Precipitação total (944,5mm) durante a execução do experimento na unidade experimental

Foram utilizadas 40 novilhas de cruzamento industrial (Nelore - Angus), fêmeas, com peso corporal médio de $312,65\text{kg} \pm 17,95\text{kg}$ e ± 16 meses de idade, compreendendo a fase de terminação.



Figura 5: Animais utilizados no projeto. **Fonte:** Autor

Os animais foram distribuídos em uma área experimental de 21,00 hectares, constituída por 16 piquetes de aproximadamente 1,31 hectares cada, formados por *Panicum maximum* cv. Mombaça, divididos em 4 módulos de 4 piquetes cada, providos de cochos com acesso pelos dois lados e bebedouros (Figura 6).



Figura 6: Croqui da área experimental dividida em 16 piquetes, totalizando 21ha.

As dietas foram formuladas segundo o NRC (2016) para atender às exigências nutricionais dos animais e para proporcionar ganhos de 0,500 a 0,800 kg/dia.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 10 repetições cada. Os tratamentos consistiram em níveis crescentes de suplementação com base no % do peso corporal (PC) dos animais (Tabela 2): 0,2% PC, 0,3% PC, 0,4% PC, 0,5% PC. O suplemento foi fornecido diariamente pela manhã, próximo às 10 horas.

Tabela 2. Composição percentual dos suplementos

Ingredientes (g/kg ⁻¹)	Níveis de suplemento na dieta (%PC)			
	0,2	0,3	0,4	0,5
Milho	49,22	68,86	80,06	86,33
Farelo de Soja	31,34	19,08	11,30	6,77
Ureia	13,91	8,39	5,91	4,50
Sal Mineral ¹	5,53	3,67	2,73	2,4

¹Níveis de Garantia: Cálcio(máximo)185g/kg; Cálcio(mínimo) 160g/kg; Fósforo(mínimo) 80g/kg; Sódio(mínimo) 107g/kg; Enxofre(mínimo) 12g/kg; Magnésio(mínimo) 5000mg/kg; Cobalto(mínimo) 107mg/kg; Cobre(mínimo) 1300mg/kg; Iodo(mínimo) 70mg/kg; Manganês(mínimo) 1000mg/kg; Selênio(mínimo) 18mg/kg; Zinco(mínimo) 4000mg/kg; Flúor(máximo) 800mg/kg.



Figura 7: Suplemento ofertado. **Fonte:** Autor

No início do experimento, todos os animais foram submetidos ao controle de ecto e endoparasitas, e durante todo o período experimental, quando necessário, a identificação foi feita por meio marcação. Os animais foram avaliados quanto ao seu estado sanitário e as vacinações, conforme o calendário de autoridade sanitária do Estado da Bahia (ADAB).

3.4 Manejo dos animais no pasto

Cada grupo de animais, representado pelos seus respectivos tratamentos, permaneceu 28 dias em quatro piquetes estabelecidos. A cada sete dias, foram realocados entre os piquetes, visando o controle de possíveis efeitos do piquete sobre os tratamentos (disponibilidade de pasto, localização de aguada e cochos, relevo, sombreamento, etc.). Após 28 dias de permanência, foram alocados em quatro novos piquetes e assim sucessivamente, até utilizar toda área experimental.



Figura 8: Animais em pastejo utilizados no estudo. **Fonte:** Autor

3.5 Forragem

A avaliação da pastagem ocorreu em intervalos de 28 dias, tanto nos piquetes de entrada (novo conjunto de quatro piquetes), quanto nos de saída (piquetes onde os animais permaneceram durante um período de 28 dias).

Para a avaliação da disponibilidade de forragem foi adotada a metodologia do rendimento visual comparativo (MRVC) proposta por Haydock & Shaw (1975), que consiste na associação entre um método direto (corte) e um indireto (visual). Neste método, tem-se uma escala de notas (escores de 1 a 3) da quantidade de massa de forragem disponível no interior de um quadrado de área conhecida (Figura 9).

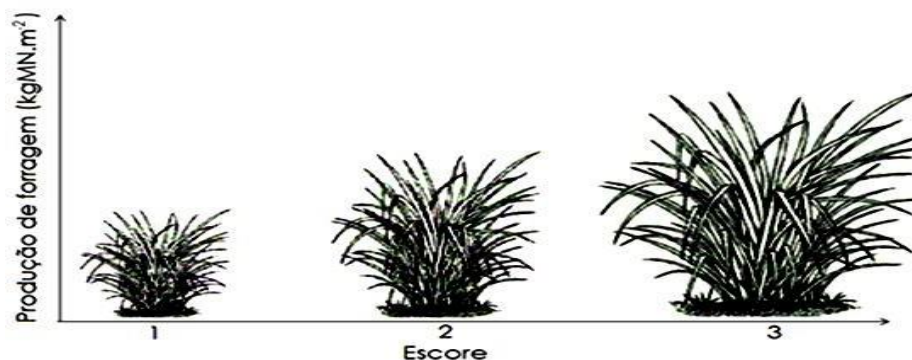


Figura 9 – Representação do método Rendimento Visual Comparativo (Escore de 1 a 3) proposto por Haydock & Shaw (1975).

Para proceder tal avaliação, no primeiro dia de cada período, em cada piquete, um quadrado metálico (1,0m²) foi lançado 50 vezes de forma aleatória, e a massa de forragem disponível no interior deste foi estimada de forma visual por meio de escores (Figura 9).

No momento da avaliação do pasto, utilizando-se uma tesoura de jardinagem, foram coletadas duas amostras de cada escore observado por piquete. O peso da massa de forragem (matéria natural/verde) existente no interior do quadrado (1,0m²) foi mensurado por meio de uma balança digital considerando três casas decimais.

As amostras de forragem coletadas, após serem pesadas (peso total), foram separadas em seus componentes morfológicos (folha, colmo+bainha e material morto), e esses por sua vez, foram pesados a fim de se obter a disponibilidade de cada componente de forma individual e conhecer a razão folha:colmo existente.

A fim de representar a forragem consumida pelos animais, a forragem analisada para a determinação da composição química foi obtida por meio de pastejo simulado, que consiste na observação dos animais pastejando (altura do estrato pastejado e componentes morfológicos apreendidos) e coleta de material forrageiro semelhante.

As amostras de forragem foram pré-secadas em estufa de circulação de ar forçada (55°C) até atingirem peso constante, em seguida, foram moídas à 1mm (moinho tipo Willey).

O teor de matéria seca potencialmente digestível da forragem foi calculado por meio da equação proposta por Paulino et al. (2006):

$$\%MSpd = 0,98 (100 - \%FDNcp) + (\%FDNcp - \%FDNi)$$

Onde: MSpd = matéria seca potencialmente digestível (% da MS); FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (% da MS); FDNi = fibra em detergente neutro indigestível (% da MS); e 0,98 = coeficiente de digestibilidade verdadeiro para os componentes não-FDN.

A oferta de forragem (OF) foi calculada por meio da seguinte equação:

$$OF = \{ [((MF_1 + MF_2)/2) / CA] / n^\circ \text{ dias} \} * 100$$

Onde: OF = oferta de forragem, em kg MS/100 kg de PC; MF₁ = massa de forragem na avaliação 1 (entrada), em kgMS.ha⁻¹; MF₂ = massa de forragem da avaliação 2 (saída), em kgMS.ha⁻¹; n^odias = número de dias entre as avaliações 1 e 2; CA = carga animal média do período, em kg PC.ha⁻¹.

A taxa de lotação (TxL) foi calculada por meio da fórmula que segue, considerando-se uma unidade animal (UA) igual a 450 kg de peso corporal (PC):

$$TL = \frac{UAt}{\text{área}}$$

Onde: TL: taxa de lotação, em UA.ha⁻¹; UAt: unidade animal total, em kg; Área: área experimental, em ha.

3.6 Avaliação do consumo e digestibilidade

A produção fecal, o consumo de matéria seca, suplemento e matéria seca total e a digestibilidade dos nutrientes foram realizados no último período durante o ensaio experimental. O ensaio foi feito no 2^o período, entre o dia 03 a 14 de fevereiro de 2024.

Para estimar a excreção fecal, utilizou-se o óxido crômico (Cr₂O₃) fornecido diariamente às 7 horas da manhã, na forma de balas envolvidas por papel manilha, em dose única de 10g/animal/dia.

Durante doze dias de ensaio, os sete primeiros foram destinados à adaptação e regulação do fluxo de excreção do Cr₂O₃. Nos últimos cinco dias, foram realizadas coletas de fezes em horários diferenciados: 16:00 horas (1^o dia), 14:00 horas (2^o dia), 12:00 horas (3^o dia), 10:00 horas (4^o dia) e 8:00 horas (5^o dia) (Figura 10). As amostras de fezes foram coletadas individualmente, imediatamente após a defecação, com acuidade para não ocorrer contaminação por elementos estranhos. No último dia de coleta, não foi fornecido nenhum indicador.

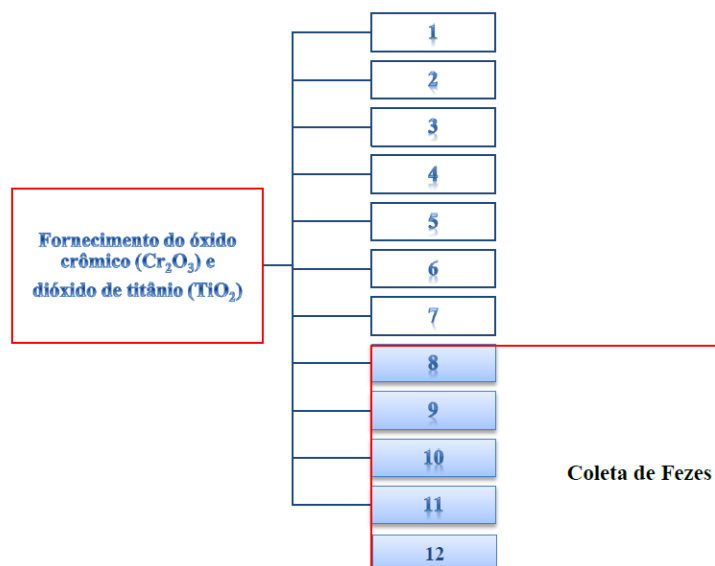


Figura 10 – Esquema de Ensaio de Digestibilidade

Após a coleta no campo, as amostras fecais foram armazenadas no freezer, a 10°C e, posteriormente, foram pré-secas individualmente e moídas em moinho tipo Willey (peneira com crivos de 1 e 2 mm), para análises futuras, que foram armazenadas em potes plásticos transparentes de 250 gramas.

A análise do Cr₂O₃ foi no Laboratório Multiusuário de Nutrição Animal e Bromatologia (LabMultiNAB) – VNP da Universidade de São Paulo – USP, realizada seguindo a metodologia de Graner, 1972 e Bateman, 1970 e a leitura executada no espectrofotômetro de absorção atômica em onda de 550nm. Posteriormente, a excreção fecal foi calculada, pela fórmula:

$$PF = OF/COF$$

Em que: PF é a produção fecal diária (g/dia); OF, óxido crômico fornecido (g/dia); e COF é a concentração de óxido crômico nas fezes (g/gMS).

A estimativa do consumo de matéria seca da forragem foi realizada empregando-se o indicador interno FDN indigestível (FDNi), obtido após incubação ruminal por 288 horas (DETMANN et al. 2021), de 0,5 g de amostras de forragem, suplemento e fezes em duplicata, utilizando sacos confeccionados com tecido não tecido (TNT), gramatura (20mg/cm²), 5 x 5 cm. O material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro, sob temperatura (105°C/1 hora) e pressão para determinação da FDNi.

Após conhecer os valores da produção fecal e FDNi, foi possível estimar o consumo de MS da forragem (MSfor), conforme a equação:

$$\mathbf{MSfor} = \{[(EF \times CIF) - IS]/CIFO\}$$

Em que: MS Forragem = consumo de matéria seca da forragem, em kg/dia; EF = excreção fecal kg/dia; CIF = concentração do indicador (FDNi) presente nas fezes, em %; IS= quantidade do indicador nas fezes (FDNi) presente no suplemento concentrado, em kg; CIFO = concentração do indicador (FDNi) presente na forragem, em kg/kg;

O consumo de matéria seca do suplemento (MSs) foi estimado com o indicador dióxido de titânio (TiO₂), o qual foi fornecido na quantidade de 15g/animal/dia, misturado ao concentrado durante onze dias, fornecido diretamente no cocho às 10:00 horas, utilizando procedimento descrito por Titgemeyer et al., (2001):

$$\mathbf{MSS} = (EF \times \text{TiO}_2 \text{ fezes}) / \text{TiO}_2 \text{ suplemento}$$

Em que: TiO fezes e TiO suplemento referem-se à concentração de dióxido de titânio nas fezes e suplemento, respectivamente.

A determinação da concentração de titânio no suplemento foi realizada segundo metodologia descrita por Detmann et al., (2021). A leitura foi efetuada no espectrofotômetro de absorção atômica da Biochrom, modelo Libra S22.

O consumo de matéria seca diária total (CMS_{total}) pôde ser calculado por meio dasoma do CMSS e o CMSF da seguinte forma:

$$\mathbf{CMS_{total}} = \mathbf{CMSS} + \mathbf{CMSF}$$

Onde: CMS_{total} = consumo de matéria seca total; CMSS = consumo de matéria seca oriunda do suplemento, CMSF = consumo de matéria seca oriunda da forragem; em kg MS.dia⁻¹.

A digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes (D) foi determinada pela fórmula descrita por Silva & Leão (1979):

$$\mathbf{D} = [(\text{kg nutriente ingerido} - \text{kg nutriente excretado}) / \text{kg nutriente ingerido}] \times 100$$

3.7 Avaliação do desempenho animal

Para determinar o ganho médio diário dos animais (GMD) durante o período experimental, foram realizadas duas pesagens em jejum (12 horas), sendo uma no início (PCi jejum) e outra no final do período experimental (PCf jejum):

$$\text{GMD} = \frac{\text{PCi}_{\text{jejum}} + \text{PCf}_{\text{jejum}}}{\text{n}^\circ \text{ dias}}$$

Onde: GMD = ganho médio diário, em kg.dia⁻¹; PCi_{jejum} = peso corporal inicial em jejum, em kg; PCf_{jejum} = peso corporal final em jejum, em kg; n° dias = número de dias que os animais permaneceram no experimento.

De posse do consumo diário total de matéria seca (CMS_{total}) e do ganho médio diário (GMD), foi possível calcular a conversão alimentar (CA) dos animais, bem como o seu inverso, a eficiência alimentar (EA), por meio das fórmulas que seguem:

$$\text{CA} = \frac{\text{CMS}_{\text{total}}}{\text{GMD}} \quad \text{EA} = \frac{\text{GMD}}{\text{CMS}_{\text{total}}}$$

Onde: CA = conversão alimentar, em kg MS ingerida/kg ganho; CMS_{total} = consumo diário total de matéria seca; GMD = ganho médio diário, em kg.dia⁻¹; EA = eficiência alimentar, em kg de ganho por kg de matéria seca ingerida.

3.8 Análises químicas

As amostras do suplemento, forragem e fezes, após serem pré-secas em estufa de ventilação forçada a 60 °C por 72 horas, e moídas em moinho tipo Willey, a 1 mm foram analisadas quanto aos teores de matéria seca MS (INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM) (método INCT- CA M-001/1); proteína bruta (PB) (método INCT-CA N-001/1); extrato etéreo (EE) (método INCT-CA G-004/1); fibra em detergente neutro (FDN) (método INCT-CA F-002/1); e correções para proteína e cinzas (FDN_{cp}), respectivamente, (método INCT-CA N-004/1 e INCT-CA M-002/1); fibra em detergente ácido (FDA) (método INCT-CA F-004/1); correções para proteína e cinzas (FDA_{cp}), respectivamente, (método INCT-CA N-005/1 e INCT-CA M-003/1); lignina (H₂SO₄ 720 g.kg⁻¹; método INCT- CA F-005/1); fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (método INCT- CA F-009/1); conforme descritos em Detmann et al., (2021).

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF_{cp}) corrigidos para cinzas e proteína da forragem e das fezes foi calculado pela equação proposta por Weiss (1999):

$$\text{CNFcp} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{MM} + \text{FDNcp})$$

Onde: CNFcp = carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína; PB = teor de proteína bruta; EE = teor de extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; MM = teor de matéria mineral. Todos os termos são expressos em % de MS.

Os suplementos concentrados que continham ureia, o teor de carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNFcp) dos mesmos foi estimado segundo Hall (2003):

$$\text{CNFcp} = 100 - [(\text{PB} - \text{PB da uréia} + \text{uréia}\%) + \text{EE} + \text{FDNcp} + \text{MM}]$$

Onde: CNFcp = carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína; PB = teor de proteína bruta do suplemento concentrado; PB% da ureia = equivalente proteico da ureia; uréia% = teor de ureia no suplemento concentrado; EE = teor de extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; MM = teor de matéria mineral. Todos os termos são expressos em % de MS.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) da forragem foi calculado por meio da equação proposta por Weiss (1999), considerando-se a correção para cinzas e proteína:

$$\text{NDT} = (\text{PBD} + \text{FDNcpD} + \text{CNFcpD}) + (\text{EED} \times 2,25)$$

Onde: NDT = nutrientes digestíveis totais; PBD = PB digestível; FDNcpD = FDNcp digestível; CNFcpD = CNFcp digestível; EED = EE digestível. Todos os termos são expressos em % de MS.

A composição química do pastejo simulado e dos suplementos fornecidos aos animais encontram-se na (Tabela 3).

Tabela 3. Composição química dos suplementos utilizados e do pastejo simulado durante o experimento

Componentes	Suplemento concentrado				Forragem
	0,2	0,3	0,4	0,5	
Matéria Seca	85,06	85,03	83,77	84,45	30,45
Matéria Mineral	7,98	5,18	4,48	3,46	10,42
Proteína Bruta	57,06	46,63	45,68	30,70	10,23
Extrato Etéreo	2,83	4,32	2,55	5,67	2,32
FDNcp	12,29	12,30	11,51	11,26	67,32
FDA	2,96	2,67	2,65	2,90	34,71
FDNi	2,59	2,48	2,60	2,72	32,11
CNFcp	63,44	55,86	51,70	57,03	11,03
NDT	79,72	78,13	69,36	62,90	44,46

FDN: fibra em detergente neutro; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA: fibra em detergente ácido; FDNi: fibra em detergente neutro indigestível; CNFcp: carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteínas; NDT: nutrientes digestíveis totais.

3.9 Avaliação dos parâmetros ruminais

Foram utilizados 4 animais fistulados mestiços (Holandês x Zebu) com média de 270kg de PC, alocados na mesma pastagem dos demais animais, para as coletas de líquido ruminal, visando a determinação do pH e ácidos graxos voláteis (AGV), com início antes do fornecimento do suplemento, tomados como tempo zero, 2, 4, 6 e 8 horas após a alimentação. As coletas ocorreram do dia 05/01/24 à 29/03/2024.

O líquido ruminal foi coletado através da fistula no rúmen, aproximadamente 200mL por animal e, em seguida foi filtrado em camadas de gazes a fim de obter-se 100mL de líquido ruminal. Imediatamente, foi determinado o pH utilizando um potenciômetro digital. As amostras foram armazenadas em recipientes plásticos a -5°C. As análises de AGV aconteceram no Laboratório de Métodos de Separações Químicas, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Para determinação dos ácidos graxos voláteis, 2mL de líquido ruminal foram retiradas e adicionadas a 1mL de ácido metafosfórico a 25% contendo ácido isocapróico como padrão interno. As amostras foram centrifugadas por 15 min a 10.000 × g e analisadas quanto aos ácidos acético, propiônico e butírico por cromatografia gasosa com um Hewlett Packard 5890 GC (Hewlett Packard, Avondale, PA) com uma coluna Carbowax 20 M de 530 μm (Supelco, Bellefonte, PA). O forno cromatográfico foi programado da seguinte forma: 70°C por 1 min, aumento de 5°C/min até 100°C, aumento de 45°C/min até 170°C e tempo de espera final de 5 min.

A estimativa da produção de metano (CH₄) foi calculada pela equação proposta por Moss et al., (2000) que permite avaliar o potencial de produção de metano com base na proporção dos AGVs:

$$\text{CH}_4 \% = (\text{ácido acético} \times 0,45) - (\text{ácido propiônico} \times 0,275) + (\text{ácido butírico} \times 0,40)$$

3.10 Viabilidade econômica

Para avaliar a viabilidade econômica do uso da técnica de suplementação de animais criados a pasto em um sistema de produção já implantado, foram utilizados os

indicadores propostos por Almeida et al., (2014), e esses são apresentados (Tabela 4) e detalhados em seguida.

Tabela 4. Indicadores utilizados para a análise da viabilidade econômica da suplementação de novilhas

Indicadores	Tratamentos			
	0,2%	0,3%	0,4%	0,5%
1 Número de animais por tratamento	10	10	10	10
2 Peso vivo inicial (kg)	312,70	312,90	311,60	313,40
3 Peso vivo final (kg)	398,10	397,10	393,60	403,20
4 Peso vivo médio (kg)	355,40	355,00	352,60	358,30
5 Ganho médio diário (kg.dia ⁻¹)	0,637	0,628	0,612	0,670
6 Área de pastagem por tratamento (ha)	5,25	5,25	5,25	5,25
Consumo médio de suplemento				
7 (kg/dia ⁻¹)	0,711	1,065	1,410	1,792
8 Preço do suplemento (R\$/kg)	R\$ 2,66	R\$ 2,30	R\$ 2,11	R\$ 2,00
9 Período experimental (dias)	134	134	134	134
10 Taxa de Lotação (UA/ha ⁻¹)	1,50	1,50	1,49	1,52
11 Preço da @ do boi magro (compra)	R\$ 240,00	R\$ 240,00	R\$ 240,00	R\$ 240,00
12 Preço da @ do boi gordo (venda)	R\$ 220,00	R\$ 220,00	R\$ 220,00	R\$ 220,00
13 Rendimento de carcaça (%)	49,42	49,65	49,82	49,54
14 Custo com Medicamento/animal	R\$ 22,75	R\$ 22,75	R\$ 22,75	R\$ 22,75
15 Custo com Manutenção cerca/animal	R\$ 22,50	R\$ 22,50	R\$ 22,50	R\$ 22,50
16 Custo com Manutenção Pasto/animal	R\$ 37,50	R\$ 37,50	R\$ 37,50	R\$ 37,50
17 Custo com impostos/animal	R\$ 1,89	R\$ 1,89	R\$ 1,89	R\$ 1,89
18 Custo com Mão de Obra/animal	R\$ 84,91	R\$ 84,91	R\$ 84,91	R\$ 84,91
19 Custo com Mão de Obra/hectare	R\$ 161,73	R\$ 161,73	R\$ 161,73	R\$ 161,73

Onde:

1. Número de animais em cada tratamento (n);
2. Período experimental (dias)
3. 4. 5. Peso corporal inicial e final - obtidos por meio da pesagem dos animais após jejum de 12 horas, e peso corporal médio no período experimental (média aritmética entre PCi e PCf);
6. Área de pastagem ocupada por cada tratamento - dividiu-se a área experimental total pelo número de tratamentos: 21ha / 4 = 5,25ha;
7. Taxa de lotação média – multiplicou-se o peso corporal médio de cada animal pelo número de animais por tratamento, e dividiu-se pela área de pastagem disponível por tratamento, em seguida, dividiu-se por 450 (referente à uma unidade animal (UA)): $TL = \{[(PC_{médio} * 10) / 5,25] / 450\}$;

8. Ganho médio diário dos animais – Dividiu-se o ganho de peso no período experimental pelo número de dias do período de avaliação: $(PC_{final} - PC_{inicial}) / 134$;
9. Rendimento de carcaça – $(\text{Peso da carcaça no frigorífico em kg} / \text{Peso vivo em fazenda em kg}) \times 100$
10. Consumo diário de suplemento concentrado por animal, em $\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ – Obtido por meio do fornecimento do indicador de Titânio junto ao suplemento, conforme metodologia descrita anteriormente;
11. Custo por quilograma do suplemento concentrado – obtido com base no preço dos insumos e da respectiva composição, com base na matéria natural, de cada suplemento concentrado.
12. Preço da @ do boi magro – Valor médio referente ao preço do boi magro nos meses de Junho (2023), no estado da Bahia;
13. Preço da @ do boi gordo em Maio de 2024, segundo o frigorífico Friboi (Grupo JBS) em Itapetinga-BA.
14. 15. 16. 17. Custos com medicamentos, manutenção de cercas e de pastagens e impostos por animal foram calculados com base nas despesas usada no período do experimento, com os animais e pastagem.
18. 19. Custos com mão-de-obra por hectare e por animal, respectivamente. Valores obtidos de acordo com dados fornecidos pela fazenda onde o estudo foi realizado.

De posse dos indicadores descritos (1 a 19), foi possível calcular as variáveis de produção e de lucratividade do sistema de produção com o uso da suplementação no período seco do ano. As variáveis encontram-se detalhadas abaixo:

20. Ganho de peso por hectare ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) durante o período experimental (134 dias): ganho médio diário multiplicado pelo número de animais por tratamento e pelo período experimental, dividido pela área ocupada por cada tratamento: $(\text{GMD} * 10 * 134) / 5,25\text{ha}$
21. Produção de carne por hectare ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) durante o período experimental (134 dias): ganho de peso por hectare multiplicado pelo rendimento de carcaça (RC) considerado.
22. Produção de carne por hectare ($@ \cdot \text{ha}^{-1}$) durante o período experimental (134): produção de carne em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ dividido por 15.

23. Consumo de suplemento por animal ($\text{kg}\cdot\text{animal}^{-1}$) no período experimental: consumo médio de suplemento ($\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$) multiplicado pelo número de animais por tratamento e pelo período experimental, dividido pela área ocupada por cada tratamento: $(\text{consumo de suplemento} * 10 * 134) / 5,25\text{ha}$.
24. Custo com o suplemento por hectare ($\text{R}\$.ha^{-1}$) no período experimental: consumo de suplemento por hectare ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) multiplicado pelo preço do suplemento ($\text{R}\$.kg^{-1}$).
25. Custo com mão-de-obra por hectare ($\text{R}\$.ha^{-1}$): A partir de dados fornecidos pela fazenda onde foi realizado o estudo, considerando o salário pago aos trabalhadores da fazenda e o rebanho total existente na propriedade, foi possível obter o custo de mão-de-obra por animal existente em cada tratamento: R\$ 161,73 por animal.
26. Custos com medicamentos, manutenção de cercas, manutenção da pastagem e impostos por arroba produzida ($\text{R}\$/@$) foram calculados de acordo com os produtos e materiais utilizados, além das mãos de obras necessária para manutenção durante o experimento, divididos pela quantidade de @ produzida por hectare.
27. Custo total por arroba produzida ($\text{R}\$/@$): Somatório dos custos por arroba ($\text{R}\$/@$) com: suplemento, mão-de-obra, medicamentos, manutenção de cercas, manutenção da pastagem e impostos.
28. Custo total por animal no período experimental ($\text{R}\$.animal^{-1}$): consumo total de suplemento (consumo diário * 134), multiplicado pelo preço do suplemento ($\text{R}\$.kg^{-1}$), adicionado dos custos com mão-de-obra, medicamentos, manutenção de cercas, manutenção da pastagem e impostos por animal listados na Tabela 2.
29. Custo total por hectare no período experimental ($\text{R}\$.ha^{-1}$): custo total por arroba produzida ($\text{R}\$/@$) multiplicado pela quantidade de @ produzida por hectare.
30. Renda bruta por hectare ($\text{R}\$.ha^{-1}$), somente considerando o ganho de peso no período experimental com o uso da suplementação: quantidade de @ produzida por hectare, multiplicada pelo preço da @ do boi gordo (Tabela 2).
31. Renda bruta por animal ($\text{R}\$.animal^{-1}$), somente considerando o ganho de peso no período experimental com o uso da suplementação: Renda bruta por hectare ($\text{R}\$.ha^{-1}$), multiplicada pela área ocupada por animal.
32. Renda líquida, ou lucro operacional, por hectare ($\text{R}\$.ha^{-1}$), somente considerando o ganho de peso no período experimental com o uso da

- suplementação: resultado da subtração entre a renda bruta por hectare e o custo total por hectare, (R\$.ha⁻¹).
33. Renda bruta total por hectare (R\$.ha⁻¹), considerando a produção de carcaça @ por hectare: produção de @ peso corporal final dividido por 30, multiplicado pelo preço da @ do boi gordo.
 34. Capital investido por hectare (R\$.ha⁻¹): soma do custo com a compra do boi magro por hectare (R\$.ha⁻¹) e o custo total por hectare no período experimental (R\$.ha⁻¹), considerando os custos com suplemento, mão-de-obra, medicamentos, manutenção de cercas, manutenção da pastagem e impostos por hectare.
 35. R\$ retornado por R\$ investido (R\$): renda bruta por hectare dividida pelo custo total por hectare.
 36. Taxa de retorno mensal (%): dividiu-se a renda líquida por hectare, dividida pelo custo total por hectare, multiplicado por 100; em seguida, dividiu-se pelo período experimental e multiplicou-se por 30 dias: $\{(Renda\ líquida\ ha / Custo\ total\ ha) * 100\} / 134] * 30$.
 37. Percentual de retorno da atividade (%): renda líquida, dividida pelo capital investido, ambos em R\$.ha⁻¹, multiplicado por 100.
 38. Índice de Lucratividade (%): renda líquida (R\$.ha⁻¹), dividida pela renda bruta (R\$.ha⁻¹), multiplicado por 100.

O índice de lucratividade (IL) foi adaptado de Martin et al. (1998), onde a renda bruta (RB) equivale ao montante produzido, multiplicado pelo preço médio de mercado pago ao produtor; e a renda líquida (RL), ou lucro operacional, equivale ao resíduo da subtração do custo de produção (custo operacional) daquilo que foi gerado na renda bruta. Dessa forma, o índice de lucratividade refere-se à quanto da receita bruta, em percentagem, equivale à renda líquida obtida.

Além das variáveis detalhadas acima (20 a 38), dois indicadores econômicos, comumente utilizados como método de análise de investimentos, foram considerados para analisar a viabilidade econômica da suplementação de animais criados à pasto, alimentados com a dieta do presente estudo. São eles: taxa interna de retorno (TIR), e valor presente líquido (VPL).

De acordo com Gitman (2002), a taxa interna de retorno (TIR) pode ser definida como a taxa de desconto de um determinado investimento que anula o valor presente líquido do mesmo. Em outras palavras, a TIR permite que o projeto cubra o

investimento inicial de capital, considerando o valor do dinheiro no tempo e os seus respectivos retornos futuros. Dessa forma, quanto maior for o retorno de um projeto a ser implantado, maior será a atratividade para sua adoção e implantação (Almeida et al., 2014b). Assim, segundo os autores, a taxa interna de retorno é o valor de 'R' que iguala à zero a expressão a seguir:

$$VPL = VF_0 + \frac{VF_1}{(1+R)^1} + \frac{VF_2}{(1+R)^2} + \frac{VF_3}{(1+R)^3} + \dots + \frac{VF_n}{(1+R)^n}$$

Onde: VF = fluxos de caixa líquido (0, 1, 2, 3,...,n); r = taxa de desconto.

Para calcular a taxa interna de retorno é necessário projetar as saídas e entradas de capital geradas pelo investimento em questão. Para isso, foram consideradas as seguintes variáveis:

39. Capital investido por hectare no período (R\$/ha/134dias): somatório do custo com a compra do boi magro e do custo com o capital investido por hectare.
40. Renda bruta diária por hectare (R\$.ha/dia⁻¹): divisão da renda bruta total por hectare (R\$.ha⁻¹), considerando o peso corporal final dos animais como o peso de venda ao preço da @ do boi gordo (variável 13), pelo número de dias do período experimental.

O período experimental foi considerado como o período do investimento. Dessa forma, foi considerada uma entrada de capital da seguinte forma: (renda bruta diária * 30dias) + (renda bruta diária * 30dias) + (renda bruta diária * 30dias) + (renda bruta diária * 30dias) + (renda bruta diária * 14dias), totalizando 134 dias de investimento e entrada de capital.

Para calcular o segundo indicador econômico de análise de investimentos (VPL), foram considerados três valores de taxa mínima de atratividade (TMA). Os valores considerados foram: 8, 10 e 12% ao ano, representando 0,66%, 0,83% e 1% ao mês, respectivamente.

Ao calcular o VPL do investimento em questão foram consideradas as variáveis 39 e 40 descritas acima. A expressão matemática a seguir representa o cálculo do VPL:

$$VPL = \sum_{t=0}^{n=i} VF/(1+R)^t$$

Onde: VPL = valor presente líquido; VF = valor do fluxo líquido (diferença entre entradas e saídas); n = número de fluxos; R = taxa de desconto; t = período de análise (i = 1, 2, 3...).

3.11 Análise estatística

Os resultados foram interpretados por meio do programa SAS – Sistema de Análises Estatísticas. Os dados foram filtrados quanto a presença de outliers e testadas normalidade dos resíduos e homogeneidade de variância. Quando não normais, os dados foram transformados por meio da raiz inversa. As variáveis dependentes foram submetidas a análise de variância com desdobramento dos contrastes polinomiais ortogonais para ajustes lineares ou quadráticos com os níveis de suplementação (0,2; 0,3; 0,4; 0,5% do PC). Considerou-se o nível de significância de 5% ($P < 0,05$) e de tendência significativa entre 5% e 10% ($0,05 > P < 0,10$) de probabilidade.

Os parâmetros ruminais foram analisados por um quadrado latino de 4x4 com medidas repetidas arranjados em esquema fatorial. O modelo incluiu os efeitos fixos como tratamento (0,2; 0,3; 0,4; 0,5% do PC), tempo de amostragem (0h, 2h, 4h, 6h e 8h) e sua interação, bem como os efeitos aleatórios como animal e período. Considerou-se o nível de significância de 5% ($P < 0,05$) e de tendência significativa entre 5% e 10% ($0,05 > P < 0,10$) de probabilidade.

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Disponibilidade de forragem

A disponibilidade média de forragem (DMST) durante o período experimental foi de 4.867,63 kg.ha⁻¹ (Tabela 5). Esse valor está acima do limite crítico estabelecido por Minson (1990) e Manneetje & Ebersohn (1980), que consideram 2.000 kg.ha⁻¹ como o mínimo recomendado para evitar restrições ao consumo de matéria seca e acima de 4.500 kg.ha⁻¹ preconizado por Paulino et al., (2008) para que o animal tenha desempenhos satisfatórios.

De acordo com o NRC (2000), pastagens com disponibilidade inferior a 2.000 kg.ha⁻¹ resultam em menor consumo de matéria seca proveniente do pasto, além de aumentar o tempo de pastejo. Isso ocorre devido à redução no tamanho dos bocados e na taxa de ingestão, fatores que limitam a eficiência alimentar dos animais em sistemas de pastejo rotacionado ou contínuo.

Tabela 5: Avaliação da forragem *Panicum maximum* cv. Mombaça no período experimental

Item	Média
¹ DMST (kg.ha ⁻¹)	4867,63
² DMSpd (kg.ha ⁻¹)	3668,04
³ Oferta de Forragem MS (%)	13,63
Colmo (kg.ha ⁻¹)	2047,06
Folha (kg.ha ⁻¹)	1790,92
Material Morto (kg.ha ⁻¹)	1029,65
⁴ Folha:Colmo	0,87

¹DMST: Disponibilidade de matéria seca total (kg.ha⁻¹); ²DMSpd: Disponibilidade de matéria seca potencialmente digestível (kg.ha⁻¹); ³OF: Oferta de forragem (kg.MS.100 kg.PC.dia⁻¹); ⁴F:C: Razão folha:colmo

Durante o estudo, não houve limitações quantitativas. No entanto, conforme Paulino et al., (2006), nem toda a matéria seca consumida pelo animal é digestível. Assim, é essencial considerar a diferença entre disponibilidade e digestibilidade, pois, dependendo do estágio vegetativo da planta, a fração digestível da matéria seca pode ser reduzida.

Por isso, o conceito de matéria seca potencialmente digestível (MSpD) torna-se relevante. No estudo, a forragem (pastejo simulado) apresentou um teor de MSpD de 75,35%. Quanto maior esse valor, melhor o desempenho econômico do sistema de produção, pois a maior disponibilidade de compostos digestíveis permite melhor

adequação nutricional dos animais, otimizando os recursos e reduzindo a necessidade de suplementação (DETMANN et al., 2010; PAULINO et al., 2008).

A matéria seca verde (folha + colmo + bainha) acumulou 3.837,98 kg.ha (Tabela 5), valor superior aos 1.200 kg.ha⁻¹ recomendados por Silva et al., (2009) para permitir a seleção de partes mais nutritivas da forragem, garantindo melhor desempenho animal. Esse resultado foi alcançado por meio da rotação adequada de piquetes e do ajuste da lotação animal.

A relação folha:colmo observada neste estudo foi de 0,87, ligeiramente inferior ao valor de 1,0 sugerido por Pinto et al., (1994). O colmo, em geral, é caracterizado por uma maior proporção de componentes estruturais em sua parede celular, o que tende a dificultar a colonização por microrganismos e a obtenção de nutrientes, limitando, assim, sua digestibilidade e aproveitamento biológico.

A oferta média de forragem observada neste estudo foi de 13,63% (Tabela 5), valor que está em concordância com as recomendações estabelecidas pela literatura. De acordo com Hodgson (1990) e Silva et al. (2009), a oferta mínima de forragem para gramíneas tropicais deve variar entre 10% e 12%. Assim, o valor encontrado neste estudo, excede o limite mínimo sugerido, o que assegura não apenas a quantidade, mas também a qualidade da forragem disponível para os animais.

4.2 Consumo e digestibilidade dos componentes nutricionais

Os consumos de matéria seca total (CMST) e em relação ao peso vivo (CMSp), consumo de matéria seca do suplemento (CMSS), consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de proteína bruta (CPB), consumo de extrato etéreo (CEE) e consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) apresentaram efeito linear crescente ($P < 0,05$) descritos na Tabela 6. As variáveis de consumo de matéria seca da forragem (CMSF), consumo da matéria seca da forragem em relação ao peso vivo (CMSFp), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e FDN corrigida para peso vivo (CFDNp) e consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) não apresentaram efeitos significativos ($P > 0,05$) conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Consumo de matéria seca e de nutrientes de novilhas suplementadas a pasto

Variáveis ¹	Níveis de suplementação (% PC/dia)				EPM ²	P-valor ³		
	0,2	0,3	0,4	0,5		Eq. ⁴	L	Q
CMST (kg/dia)	6,969	7,374	7,518	9,204	0,2949	1	0,0079	0,2479

CMSp (% PC)	1,961	2,092	2,136	2,570	0,0846	2	0,0123	0,3463
CMSF (kg/dia)	6,350	6,467	6,338	7,579	0,2134	$\hat{Y}=6,68$	0,1057	0,2488
CMSFp (% PC)	1,788	1,837	1,802	2,123	0,0626	$\hat{Y}=1,89$	0,1434	0,0618
CMSS (kg/dia)	0,618	0,906	1,182	1,623	0,1016	3	0,0001	0,6588
CFDN (kg/dia)	4,339	4,453	4,391	5,271	0,1482	$\hat{Y}=4,61$	0,0696	0,2490
CFDNp (% PC)	1,221	1,264	1,248	1,475	0,0431	$\hat{Y}=1,30$	0,0989	0,0646
CMO (kg/dia)	5,555	5,895	6,012	7,338	0,2355	4	0,0081	0,2648
CPB (kg/dia)	0,992	1,075	1,178	1,262	0,0472	5	0,0332	0,9957
CEE (kg/dia)	0,108	0,116	0,117	0,162	0,0056	6	0,0002	0,0526
CCNF (kg/dia)	1,146	1,274	1,364	1,826	0,0718	7	0,0004	0,1798
CNDT (kg/dia)	4,267	4,495	4,336	5,235	0,1679	$\hat{Y}=4,58$	0,0671	0,3090

¹CMS: Consumo de matéria seca total; CMSp: Consumo de matéria seca em relação ao peso corporal; CMSF: Consumo de matéria seca de forragem; CMSFp: Consumo de matéria seca de forragem em relação ao peso corporal; CMSS: Consumo de matéria seca de suplemento; CFDN: Consumo de fibra em detergente neutro; CFDNp: Consumo de fibra em detergente neutro em relação ao peso corporal; CMO: Consumo de matéria orgânica; CPB: Consumo de proteína bruta; CEE: Consumo de extrato etéreo; CCNF: Consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT: Consumo de nutrientes digestíveis totais; ²EPM: Erro padrão da média; ³P-valor: Probabilidade significativa no nível de 5% (L: Linear e Q: Quadrática); ⁴Equação de regressão.

1Y=5,36849+6,85171x (r²=0,80); 2Y=1,5349+1,871x (r²=0,836); 3Y=-0,0696453+3,29237x (r²=0,99); 4Y=4,29012+5,4563x (r²=0,81); 5Y=0,8072+0,913x (r²=0,9982); 6Y=0,0683492+0,166769x (r²=0,76); 7Y=0,657571+2,12924x (r²=0,86).

O consumo de matéria seca total apresentou efeito linear crescente em função do aumento no consumo de suplemento (P<0,05); contudo, os níveis de suplementação não influenciaram o consumo de matéria seca proveniente da forragem (P>0,05). Rocha et al., (2019), ao avaliarem dois planos nutricionais, observaram resultados semelhantes. No plano nutricional 1 (NP1), os animais receberam mistura mineral *ad libitum* durante a estação chuvosa 1, suplemento proteico-energético na quantidade de 1 g/kg do PC durante a estação seca, e novamente mistura mineral *ad libitum* na estação chuvosa 2. Já no plano nutricional 2 (NP2), os animais foram suplementados com 2 g/kg PC e 1 g/kg PC de suplemento proteico-energético, respectivamente, ao longo das três estações. Os autores não observaram efeito significativo sobre o consumo de forragem entre os planos, porém relataram aumento na ingestão de matéria seca total, MO, PB, EE e CNFcp no NP2. Esse incremento foi atribuído à maior participação quantitativa do suplemento na dieta, permitindo um maior consumo total em comparação ao NP1.

Além disso, a suplementação proteica pode promover um aumento no consumo de forragem quando a relação NDT/PB da pastagem é superior a 70,0 g/kg (BARBIZAN et al., 2020). No entanto, no presente estudo, essa relação foi de apenas 43,46 g/kg, o que justifica a ausência de incremento na ingestão de forragem, mesmo com os níveis mais elevados de suplementação (FIGUEIRAS et al., 2016).

Lambertucci et al., (2013), ao avaliarem novilhos terminados em pastagens de *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu, durante a época das águas, consumindo sal mineral, 0,125% e 0,25% do PC de suplemento, não observaram diferenças significativas para o consumo de matéria seca da forragem. Dias et al., (2015) também não encontraram diferenças para o consumo de matéria seca do pasto, ao avaliarem novilhos recebendo sal mineral (Controle) e suplemento a 0,4% do PC, porém observaram incremento no consumo de matéria seca total, para animais que foram suplementados quando comparado com sal mineral.

Entretanto, Dórea et al., (2020) não encontraram diferenças no CMST de novilhos suplementados com 0,3% do peso vivo, mas observaram uma taxa de substituição de 1,47 kg de forragem por kg de suplemento. Machado et al., (2019) também constataram que a suplementação de 0,5% do peso vivo reduziu o consumo de forragem em novilhas, especialmente na seca, devido à menor oferta e qualidade da forragem.

Da Mata et al., (2022), ao avaliarem novilhas da raça Nelore suplementadas com sal mineral, 4 g/kg de PC e 8 g/kg de PC de suplemento concentrado, não identificaram efeitos significativos sobre o consumo total de matéria seca. No entanto, observaram uma redução linear no CMSF, acompanhada por um aumento no CPB e CNDT. Os autores atribuem esses resultados ao efeito substitutivo da forragem pelo suplemento, bem como às elevadas taxas de lotação utilizadas durante períodos de seca (2,26 animais/ha). Esse fator possivelmente reduziu a capacidade dos animais de selecionar a forragem, modificando a proporção de seus componentes morfológicos e estruturais, como a relação folha/colmo.

Barroso et al., (2018), trabalhando com novilhos na época seca do ano recebendo suplementação com 0,2% do PC com 60% de PB, 0,3% com 40% de PB; 0,4% com 30% de PB e 0,5% com 24% de PB, não observaram diferenças significativas para CMST, CFDN_{cp}, CPB, CEE e CNDT, porém observaram redução linear para o consumo de forragem e carboidratos não fibrosos. Entretanto, Barroso et al., (2024), ao trabalharem com estes níveis na estação chuvosa não observaram redução na ingestão da MS da forragem, possivelmente atribuída a maior disponibilidade de MS verde e oferta de forragem, permitindo maior seletividade das folhas e componentes com maior percentual de nutrientes (JAYASINGHE et al., 2022; CHIRAT et al., 2014).

A regulação do CMST em bovinos é modulada por uma combinação de fatores químicos, metabólicos e físicos, entre outros (MERTENS, 1994). No entanto, a ingestão

de forragem é influenciada por uma interação complexa de mecanismos distintos, incluindo limitações físicas e feedbacks metabólicos (ORTEGA et al., 2022). Tais mecanismos englobam fatores nutricionais, como digestibilidade, composição e oferta de forragem, bem como fatores não-nutricionais, no comportamento ingestivo: a taxa de bocados, busca e apreensão e tempo de pastejo (POPPI & McLENNAN 1995).

O aumento dos níveis de suplemento concentrado não alterou a ingestão de FDN ($P>0,05$), possivelmente, devido à ausência de efeito sobre o CMSF e, por consequência, não houve alteração na FDN. Além disso, a manutenção da ingestão de FDN, mesmo com maiores níveis de suplementação, pode ser explicada pela qualidade e disponibilidade do pasto fornecido aos animais (BARBERO et al., 2020).

O aumento no consumo de MO, PB, EE e CNF apresentou correlação direta com a maior ingestão desses nutrientes via suplementação. Em particular, o incremento na ingestão de PB indica que a formulação da dieta atendeu às exigências nutricionais dos animais, garantindo o suprimento adequado de proteína e energia. Estudos conduzidos durante as estações chuvosas e de transição em regiões tropicais têm demonstrado, de forma consistente, um desbalanço na relação proteína:energia, caracterizado por um excedente relativo de energia na dieta (DETMANN et al., 2014; POPPI & McLENNAN, 1995). Esse desbalanceamento pode comprometer a eficiência da utilização da energia metabolizável e restringir a ingestão voluntária devido ao aumento da termogênese induzida pelo excesso energético (ILLIUS & JESSOP, 1996). No entanto, tal efeito não foi observado no presente estudo, sugerindo que a formulação da dieta foi eficiente na adequação do balanço energético e proteico.

Os níveis de suplementação não influenciaram os coeficientes de digestibilidade da matéria seca total (DMS), matéria orgânica (DMO) e carboidratos não fibrosos (DCNF) ($P>0,05$). Contudo, foi observado efeito significativo ($P<0,05$) sobre os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (DPB), do extrato etéreo (CDEE) e da fibra em detergente neutro corrigido pra cinzas e proteínas (DFDNcp) ($P<0,05$) conforme demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7: Coeficientes de digestibilidade da matéria seca e de nutrientes de novilhas suplementadas a pasto

Variável ¹	Níveis de suplementação (% PC/dia)				EPM ²	P-valor ³		
	0,2	0,3	0,4	0,5		Eq. ⁴	L	Q
CDMS	56,528	58,379	57,639	56,6225	0,4514	$\hat{Y}=57,33$	0,9132	0,1238
CDMO	62,326	63,367	62,943	61,4425	0,4965	$\hat{Y}=62,58$	0,5115	0,2181
CDPB	75,391	77,002	77,951	71,3333	0,7926	1	0,0903	0,0066

CDEE	61,419	51,583	51,127	61,451	1,5854	2	0,9775	0,0011
CDCNF	60,911	69,364	63,415	63,491	1,7824	$\hat{Y}=64,30$	0,9111	0,2475
CDFDNcp	61,178	60,066	54,993	55,486	0,7928	3	0,0010	0,5639

¹DMS: Digestibilidade da matéria seca; DMO: Digestibilidade da matéria orgânica; DPB: Digestibilidade da proteína bruta; DEE: Digestibilidade do extrato etéreo; DCNF: Digestibilidade dos carboidratos não fibrosos; DFDNcp: Digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigidas para cinzas e proteínas; ²EPM: Erro padrão da média; ³P-valor: Probabilidade significativa no nível de 5%; L: Linear; Q: Quadrático; ⁴Equação de regressão.

1Y=56,721+132,76x-205,69x² (r²=0,9069); 2Y=111,96-353,14x+503,95x² (r²=0,999); 3Y=65,6831-22,148x (r²=0,83)

Apesar do aumento do CMS, o coeficiente da DMS não apresentou efeito significativo (P>0,05), possivelmente, devido à ausência de impacto no consumo de FDN e ao fato do aumento do CMS estar relacionado à maior ingestão do suplemento, que contém carboidratos mais degradáveis. A oferta de amido e carboidratos facilmente fermentáveis para bovinos em pastejo pode favorecer a colonização de bactérias amilolíticas, resultando em maior competição por nutrientes entre os microrganismos ruminais e, conseqüentemente, reduzindo a atividade das bactérias fibrolíticas (CARVALHO et al., 2011).

A digestibilidade dos componentes dietéticos é influenciada por fatores físicos, nutricionais e pelo metabolismo ruminal, além das interações entre esses aspectos. Alterações na colonização bacteriana ruminal e na degradação do substrato disponível podem contribuir para as variações observadas. A ausência de incremento na digestibilidade em algumas variáveis pode estar associada à falta de estímulo suficiente para a multiplicação e seleção de microrganismos ruminais, como bactérias e protozoários, essenciais para a degradação eficiente dos alimentos.

O fato pode ser observado no trabalho que foi conduzido por Barbizan et al., (2020), ao avaliarem novilhos mestiços em pastagens durante a transição do período chuvoso para o seco, submetidos à suplementação contendo 30% de PB nos níveis de 0 (mineral), 0,28, 0,55 e 0,74% do PC, onde não notaram efeito sobre a digestibilidade da MS, MO e FDN. No entanto, identificaram um impacto significativo na DPB, possivelmente atribuído ao aumento do consumo de PB via suplementação. Os autores correlacionaram esses efeitos à ingestão de PB em proporções adequadas em relação ao amido, reduzindo a competição por substratos entre microrganismos ruminais e permitindo que as populações fibrolíticas mantivessem sua capacidade de degradação da fibra.

A ausência de efeito significativo nos coeficientes de DMS, DMO e DCNF (P<0,05), encontrada no presente estudo, contradiz hipóteses previamente estabelecidas

na literatura. Acreditava-se que a inclusão de suplementos e o aumento da disponibilidade de compostos nitrogenados na dieta favoreceriam a digestibilidade da forragem, estimulando a atividade de microrganismos fibrolíticos no rúmen e promovendo maior degradação dos componentes fibrosos da dieta (DETMANN et al., 2009; SOUZA et al., 2010). No entanto, Barroso et al., (2018), ao estudarem bovinos consumindo 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5% do PC, também não observaram aumento na digestibilidade da MS e demais nutrientes.

A suplementação com concentrados em dietas para novilhos em pastejo intensifica a competição entre bactérias amilolíticas e fibrolíticas no rúmen, devido ao aumento de carboidratos solúveis (BARROSO et al., 2018). Como os microrganismos amilolíticos apresentam maior taxa de crescimento e eficiência na assimilação do nitrogênio ruminal, eles predominam sobre os celulolíticos. Essa mudança microbiana reduz a degradação da parede celular vegetal, comprometendo a digestibilidade da fibra.

A inclusão de fontes proteicas e energéticas na dieta pode influenciar a digestibilidade, mesmo quando a forragem disponível apresenta boa qualidade e oferta adequada. Carvalho et al., (2020) demonstraram esse efeito ao observar aumento na DMS, DMO, DPB, DFDN, DCNF e DEE em animais suplementados com proteína a 0,1% do PC, em comparação com aqueles que receberam apenas suplementação mineral. Esses incrementos foram associados ao aumento da fermentação dos CNF, uma vez que a síntese de proteína microbiana no rúmen depende da disponibilidade de carboidratos fermentáveis.

Durante a estação seca, esses efeitos podem ser ainda mais pronunciados. Barroso et al., (2024), ao estudarem novilhos recebendo os mesmos níveis de suplementação do presente estudo, observaram aumento na digestibilidade total da MS, atribuído à redução no consumo de MS proveniente do pasto e ao aumento na ingestão de carboidratos não fibrosos. No entanto, não foram identificadas diferenças significativas na digestibilidade da PB, do extrato etéreo e dos nutrientes digestíveis totais.

Os níveis de suplementação influenciaram a digestibilidade da PB de forma quadrática, com um ponto de máximo estimado em 0,32% do PC e coeficiente de digestibilidade de 78,14% ($P < 0,05$). Para a DEE, também foi observado um efeito quadrático, porém, com ponto de mínima em 0,35% do PC e coeficiente de digestibilidade de 50,09% ($P < 0,05$). Resultados semelhantes foram encontrados por Da

Mata et al., (2022), que relataram efeito quadrático na digestibilidade da PB, com maior valor (68,07%) para o nível de 0,4% do PC.

A digestibilidade da FDN_{cp} apresentou redução linear com o aumento dos níveis de suplementação ($P < 0,05$). Barroso et al., (2018) observaram resultados semelhantes ao utilizarem suplementações de 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5% do PC. O FDN_{cp} é composto pela fração A, que inclui açúcares solúveis e ácidos orgânicos de rápida degradação, e pela fração B1, que contém amido, pectina e glicose, também rapidamente fermentados.

Dueñez et al., (2025), ao trabalharem com novilhos mestiços (Holandês x Zebu) em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante a transição do período seco para o chuvoso, avaliando suplementação concentrada nos níveis de 1 g/kg e 2 g/kg do PC, não observaram efeitos significativos na digestibilidade da MS e PB. No entanto, constataram uma redução na digestibilidade da FDN_{cp} com o aumento da oferta de concentrado. Os autores atribuíram esse resultado ao maior consumo de carboidratos de rápida fermentação oriundos do suplemento, o que teria provocado uma diminuição do pH ruminal e, conseqüentemente, afetado negativamente a atividade dos microrganismos fibrolíticos (LAZZARINI et al., 2016; FRANCO et al., 2017).

Santos et al., (2022), ao estudarem novilhas suplementadas com sal mineral e níveis de 0,2%, 0,4% e 0,6% do PC, não identificaram diferenças significativas na digestibilidade total da MS e da PB. Entretanto, observaram um efeito linear crescente na digestibilidade da FDN. Esses resultados podem estar relacionados à ausência de efeito sobre o consumo total de MS, acompanhada por uma redução no consumo de MS oriunda do pasto, o que pode ter diminuído a ingestão da fração indigestível.

4.3 Desempenho animal

Não foi observado efeito significativo no peso corporal inicial (PCI), peso corporal final (PCF), ganho médio diário (GMD), ganho de peso total (GPT) e taxa de lotação (TxL) ($P > 0,05$). No entanto, a conversão alimentar (CA) apresentou um efeito linear crescente ($P < 0,05$), enquanto a eficiência alimentar bruta mostrou um efeito linear decrescente com o aumento dos níveis de suplemento fornecido ($P < 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 8: Desempenho de novilhas suplementadas a pasto

Variável ¹	Níveis de suplementação (% PC/dia)	EPM ²	P-valor ³
-----------------------	------------------------------------	------------------	----------------------

	0,2	0,3	0,4	0,5		Eq. ⁴	L	Q
PCI (kg)	312,70	312,90	311,60	313,40	3,5571	$\hat{Y}=312,65$	0,9809	0,9145
PCF (kg)	398,10	397,10	393,60	403,20	4,9086	$\hat{Y}=398,00$	0,7965	0,6049
GMD (kg)	0,637	0,629	0,610	0,669	0,0238	$\hat{Y}=0,636$	0,7271	0,4982
GPT (kg)	85,40	84,20	82,00	89,80	3,1798	$\hat{Y}=85,35$	0,7095	0,4965
CA (kg/kg)	11,34	10,91	12,40	14,44	0,4999	1	0,0134	0,1972
EA	0,097	0,089	0,087	0,073	0,0037	2	0,0309	0,6861
TxL	1,505	1,502	1,491	1,516	0,0168	$\hat{Y}=1,50$	0,8889	0,6912

¹PCI: Peso corporal inicial; PCF: Peso corporal final; GMD: Ganho médio diário; GPT: Ganho de peso total; CA: Conversão Alimentar; EA: Eficiência alimentar; TxL: Taxa de lotação; ²EPM: Erro padrão da média; ³P-valor: Probabilidade significativa no nível de 5%; L: Linear; Q: Quadrático; ⁴Equação de regressão.

1Y=8,498+10,78x (r²=0,7831); 2Y=0,1106-0,0718x (r²=0,9261)

A ausência de efeito significativo da suplementação sobre o ganho médio diário (GMD) das novilhas pode estar relacionada aos resultados obtidos na digestibilidade da matéria seca (MS), uma vez que os níveis de suplemento fornecidos não foram suficientes para promovê-la. Além disso, observou-se uma redução na digestibilidade da proteína bruta (PB) a partir do nível de 0,32% em relação ao peso corporal, o que pode ter limitado a eficiência do aproveitamento dos nutrientes adicionais. Outro fator determinante para a ausência de resposta no desempenho animal foi a elevada qualidade e disponibilidade da forragem oferecida. Essa condição favoreceu o consumo adequado de nutrientes diretamente da pastagem, além de possibilitar maior seletividade por parte dos animais. Assim, independentemente do nível de suplementação, todos os tratamentos permitiram ingestão satisfatória de uma forragem nutritiva, o que contribuiu para a manutenção do GMD em patamares semelhantes entre os grupos.

Barroso et al., (2024) observaram um aumento linear no GMD com o aumento da suplementação, sendo que o tratamento com 0,5% do PC resultou em um ganho adicional de 120 g/dia em comparação com animais que receberam 0,2% do PC. Segundo os autores, esse incremento no GMD foi atribuído ao maior consumo de NDT e ao aumento na DMS, o que não foi constatado no presente estudo, onde não houve efeito na ingestão de NDT e no coeficiente da DMS.

Em uma meta-análise abrangente sobre os níveis de suplementação para bovinos durante as estações chuvosa e seca, Tambara et al., (2021) observaram que o GMD aumenta progressivamente com o incremento do nível de suplementação, especialmente na época seca, caracterizada por baixa disponibilidade de forragem. Por outro lado, quando há oferta satisfatória de forragem em quantidade e qualidade, a suplementação

não promove diferenças significativas no desempenho dos animais para níveis entre 0,1% e 0,5% do PC.

Santos et al., (2022), ao avaliarem novilhas Nelore durante a transição da estação chuvosa para a seca, observaram que, apesar da ausência de diferença significativa na digestibilidade da MS, o desempenho dos animais que receberam apenas sal mineral foi semelhante ao dos que receberam 0,2% do PC, mas inferior ao dos que receberam 0,4% e 0,6% do PC.

Os níveis de suplementação, por si só, não garantem ganhos de peso elevados, uma vez que o desempenho animal é resultado da interação entre suplemento, forragem e hospedeiro. Esse fenômeno foi confirmado por Ortega et al., (2022) que, ao avaliarem novilhas durante a transição da estação seca para a chuvosa, observaram ganhos de peso de 0,167 kg/dia e 0,353 kg/dia para animais que receberam apenas sal mineral (grupo controle) e 0,6% de suplemento em relação ao PC, respectivamente. Esses valores foram significativamente inferiores aos obtidos no presente estudo.

A conversão alimentar (CA) apresentou aumento linear ($P < 0,05$), enquanto a eficiência alimentar (EA) diminuiu, foi significativo ($P < 0,05$) com o incremento dos níveis de suplementação, uma vez que o GMD permaneceu semelhante entre os tratamentos ($P > 0,05$) (Tabela 8). A CA é um indicador que mensura a quantidade de alimento necessária para que o animal ganhe um quilograma de peso corporal, sendo que menores índices indicam maior eficiência de conversão. Por sua vez, a EA representa a relação entre o ganho de peso e o consumo alimentar, de modo que índices mais elevados refletem melhor desempenho dos animais ou da estratégia testada.

Por fim, é fundamental que a eficiência biológica seja analisada em conjunto com o custo-benefício, uma vez que o suplemento representa o principal custo da estratégia nutricional. Assim, a melhor eficiência alimentar é aquela que resulta na maior eficiência econômica.

4.4 Parâmetros ruminais

Não foi observada interação significativa ($P > 0,05$). entre os níveis de suplementação e os horários de coleta para os valores de pH, ácidos graxos voláteis (AGV) e metano (CH_4). No entanto, os níveis de suplementação influenciaram significativamente as concentrações de acetato, propionato, AGV totais, a relação

acetato:propionato e a produção de metano ($P < 0,05$). Por outro lado, o butirato não foi influenciado de forma significativa nem pelos níveis de suplementação nem pelos horários de coleta ($P > 0,05$) (Tabela 9).

Tabela 9: Valores médios dos ácidos graxos voláteis (mmol/L), metano e pH em função dos níveis de suplementação

Item ¹	Níveis de suplementação (% PC/dia)				EPM ²	P-valor ³			Contraste	
	0,2	0,3	0,4	0,5		Nível	Hora	Niv.*Ho.	L	Q
Ace. ⁴	41,37	39,89	35,58	35,31	0,8171	0,0012	0,0008	0,8357	0,0002	0,6299
Pro. ⁵	9,06	7,55	6,85	6,78	0,3069	0,0006	0,034	0,9175	0,0001	0,0815
But.	5,01	4,03	4,16	5,07	0,3049	0,4104	0,4674	0,8854	0,9056	0,0941
AGVT ⁶	55,41	51,47	47,07	47,17	1,1949	0,0052	0,0024	0,8616	0,0008	0,2773
A:P ⁷	4,86	5,68	5,58	5,56	0,1212	0,0071	0,6453	0,8636	0,0157	0,0230
CH ₄ ⁸	18,33	17,44	15,98	16,05	0,3585	0,0135	0,0009	0,778	0,0022	0,44
pH	6,25	6,12	6,31	6,18	0,0372	0,1291	0,0006	0,9628	0,9467	0,971

¹Ace.: Acetato; Pro.: Propionato; But.: Butirato; AGVT: Ácidos graxos voláteis totais; A:P: Relação acetato:propionato; ²EPM: Erro padrão da média; ³P-valor: Probabilidade significativa no nível de 5%; L: Linear; Q: Quadrático.

⁴Y=45,915-22,495x ($r^2=0,9023$); ⁵Y=10,193-7,5237x ($r^2=0,8433$); ⁶Y=60,473-29,121x ($r^2=0,8887$); ⁷Y=2,3918+16,82x-21,15x² ($r^2=0,8835$); ⁸Y=19,885-8,3416x ($r^2=0,8836$).

A produção de acetato, propionato e ácidos graxos voláteis totais (AGVT) apresentou um efeito linear decrescente com o aumento dos níveis de concentrado na dieta ($P < 0,05$). Essa redução pode estar relacionada à diminuição na digestibilidade da FDNcp e PB, possivelmente associada ao aumento dos CNF, estimulado pelo maior consumo de matéria seca total. A menor degradação da FDNcp, principal componente da fração orgânica potencialmente fermentável no rúmen, pode limitar a atividade microbiana e, conseqüentemente, reduzir a produção de AGV.

Um dos principais fatores relacionados à menor produção de AGV é a alteração na composição da dieta, especialmente o desequilíbrio entre fibras e CNF. Dietas com altos teores de CNF e baixos níveis de fibra efetiva comprometem a atividade dos microrganismos fibrolíticos, essenciais para a degradação da FDN – substrato importante para a produção de acetato (HOOVER & STOKES, 1991; VAN SOEST, 1994). A redução na digestibilidade da FDN implica em menor disponibilidade de substrato fermentável, o que limita a formação de AGV, em especial o acetato, principal produto da fermentação da celulose e hemicelulose.

Adicionalmente, o aumento no consumo de CNF pode acelerar a taxa de fermentação, favorecendo a produção de lactato em detrimento dos AGV, especialmente em condições de pH ruminal reduzido (RUSSELL & RYCHLIK, 2001). O acúmulo de

lactato, além de desviar o fluxo de piruvato (precursor dos AGV), inibe a atividade das bactérias produtoras de propionato e acetato, prejudicando ainda mais sua síntese (OWENS et al., 1998). No entanto, o lactato, por ser um ácido forte, tende a se acumular apenas quando o pH ruminal cai abaixo de 6,0 – situação não observada no presente estudo, uma vez que a dieta foi baseada em forragem e não houve diferença significativa ($P>0,05$) nos níveis de pH entre os tratamentos, com valor médio de 6,22.

A proporção de produção de cada AGV e de lactato depende das espécies bacterianas predominantes no rúmen, as quais podem ser especializadas na formação de determinados produtos. Essa predominância, por sua vez, é influenciada pela dieta ingerida e pelas concentrações intracelulares de NADH e H_2 (KOZLOSKI, 2016).

Em estudo conduzido por Araujo et al., (2021), com novilhos Nelore suplementados em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, observou-se que o pH ruminal, os teores de acetato e a relação acetato:propionato foram maiores nos animais que receberam apenas sal mineral. Além disso, esses parâmetros variaram entre os tempos de coleta, com reduções no pH observadas após 4 horas, atingindo o menor valor em 8 horas.

A relação acetato:propionato apresentou efeito quadrático ($P<0,05$), com ponto de máximo de 5,73 para o nível de suplementação correspondente a 0,39% do peso corporal, sendo que, a partir desse ponto, os valores começaram a declinar.

A produção de metano entérico (CH_4) apresentou redução linear com o aumento dos níveis de suplementação ($P<0,05$). A diminuição das emissões pode estar associada à maior proporção de CNF na dieta, uma vez que os microrganismos metanogênicos utilizam H_2 e CO_2 para produzir CH_4 (BEAUCHEMIN et al., 2008). Assim, a suplementação reduz a disponibilidade de H_2 para essas populações, resultando em menor produção de metano (BEAUCHEMIN et al., 2020).

Segundo Haque (2018), as duas principais causas da variação na produção de CH_4 são: a quantidade de carboidratos fermentados no rúmen e a proporção relativa entre propionato e acetato produzidos. Isso reforça a importância de um manejo adequado das pastagens, visando ofertar forragem de maior valor nutritivo, conforme destacado por Berça et al., (2019).

O horário de coleta, após fornecimento do suplemento apresentou efeito significativo sobre os níveis de acetato, propionato, AGV totais, metano e pH ($P<0,05$). Por outro lado, não houve efeito significativo para o butirato e a relação acetato:propionato ($P>0,05$), conforme demonstrado nas Figuras 11; 12 e 13.

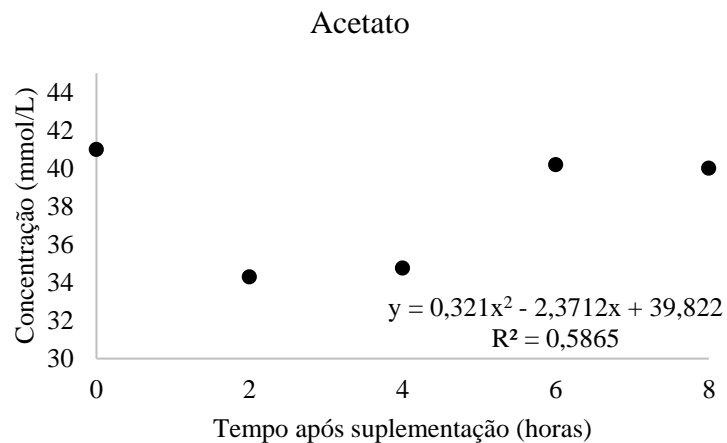


Figura 11: Concentração de Acetato após o fornecimento de suplemento

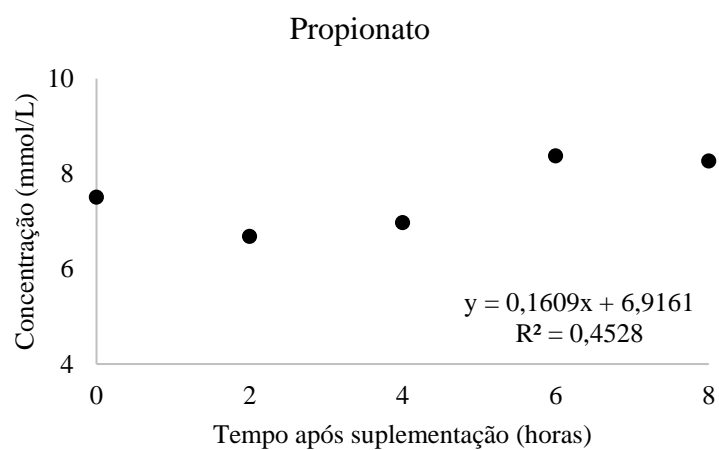


Figura 12: Concentração de Propionato após o fornecimento de suplemento

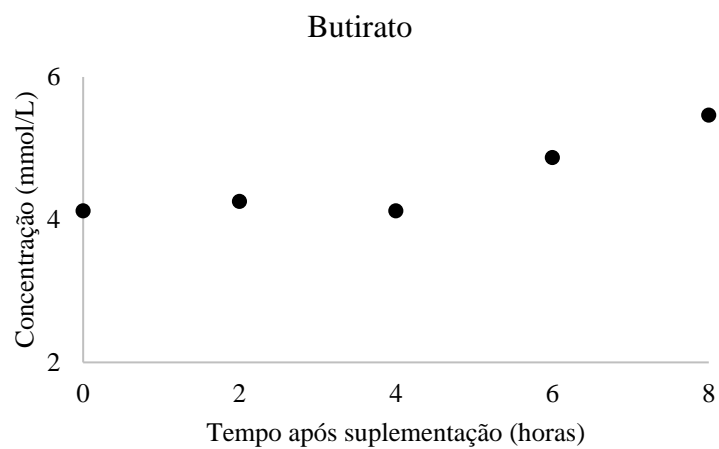


Figura 13: Concentração de Butirato após o fornecimento de suplemento

O ácido acético apresentou comportamento quadrático em função do tempo de coleta ($P < 0,05$), com ponto de mínimo estimado em 3 horas e 69 minutos, associado a uma concentração de 35,44 mmol/L (Figura 11). O ácido propiônico, por sua vez, apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$) com o avanço do tempo de coleta após a suplementação (Figura 12).

O ácido butírico, por sua vez, não apresentou variação significativa em função do tempo de coleta ($P > 0,05$), com concentração média de 4,56 mmol/L (Figura 13). De forma semelhante, De Araujo et al., (2021), ao avaliarem bovinos submetidos a diferentes estratégias de suplementação, observaram que as concentrações de butirato não diferiram significativamente entre os tempos de 0, 2, 4 e 6 horas após a suplementação. No entanto, os autores relataram um aumento na concentração desse ácido graxo volátil às 8 horas, atingindo 11,47 mmol/L,

A produção e a proporção dos AGVs no rúmen podem sofrer alterações substanciais ao longo do tempo após a ingestão da suplementação. Essas variações estão diretamente relacionadas à dinâmica da fermentação ruminal. Imediatamente após a suplementação, os substratos altamente fermentáveis, como o amido e os açúcares, são prontamente metabolizados pelos microrganismos ruminais, resultando em picos na produção de AGVs, principalmente após as primeiras 4 horas da suplementação. À medida que esses substratos são consumidos e a taxa de fermentação diminui ocorre uma estabilização ou alteração nos perfis de produção dos AGVs, dependendo da natureza dos nutrientes ainda disponíveis no rúmen.

Cabe destacar que os AGVs não permanecem acumulados no rúmen por períodos prolongados, sendo rapidamente absorvidos pela parede ruminal. Dessa forma, o momento da coleta (por exemplo, 2h, 4h ou 6h após a suplementação) influencia significativamente os perfis de concentração observados, uma vez que os picos de produção e absorção ocorrem de maneira rápida e transitória.

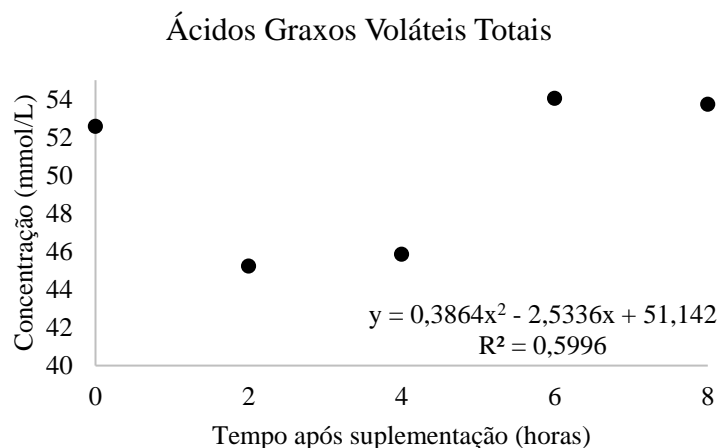


Figura 14: Concentração de Ácidos Graxos Voláteis Totais (AGVT) após o fornecimento de suplemento

A concentração AGVT apresentou comportamento quadrático em função do tempo de coleta ($P < 0,05$), com ponto de mínimo estimado em 3 horas e 27 minutos, correspondente a uma concentração de 46,98 mmol/L (Figura 14). Oliveira et al., (2009), ao avaliarem bovinos recebendo suplementação mineral e proteica correspondente a 0,1% do peso corporal, observaram os maiores picos de concentração de AGVs no período de 9 horas após a suplementação, evidenciando a influência do tempo pós-prandial na dinâmica fermentativa ruminal.

Segundo Kozloski (2016), as taxas de produção dos AGV variam com o tempo após ingestão e com o tipo de alimento. Quando o alimento é a base de concentrado, a curva é mais aguda e o pico de produção ocorre em torno de 2 a 3 horas após a ingestão. De outro modo, quando a dieta consiste de forragem, a curva de produção é menos aguda e o pico ocorre em torno de 4 a 5 horas após a ingestão.

A relação acetato:propionato não apresentou efeito significativo em relação ao tempo de coleta ($P > 0,05$), apresentando uma média de 5,42 (Figura 15).

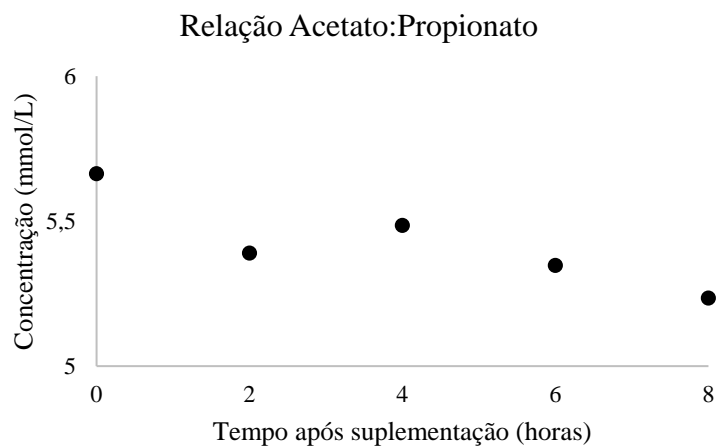


Figura 15: Relação Acetato:Propionato após o fornecimento de suplemento

O tempo de coleta após a suplementação apresentou efeito quadrático para a produção de CH_4 ($P < 0,05$) como ponto de mínima de 15,75 mmol/L no tempo de 3 horas e 67 minutos, após esse tempo, os valores aumentaram (Figura 16).

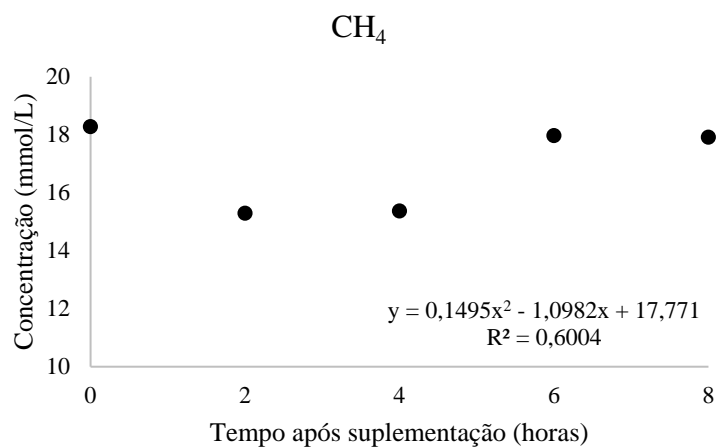


Figura 16: Produção de metano (CH_4) após o fornecimento de suplemento

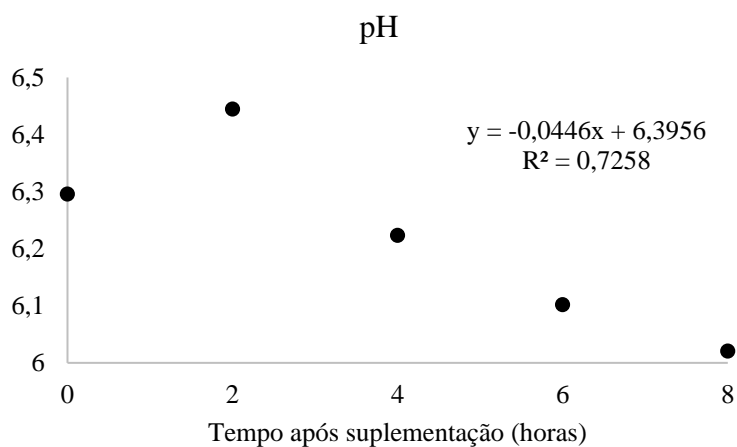


Figura 17: Valores médios do pH após o fornecimento do suplemento.

O tempo de coleta exerceu efeito linear decrescente sobre os valores de pH ruminal ($P < 0,05$) como demonstrado na Figura 17. Reduções nos valores de pH também foram constatados por de Araujo et al., (2021), com reduções a partir das 4 horas após suplementação, tendo menores valores com 8 horas. De acordo com Santos et al., (2012), essa redução é esperada em função do aumento do tempo após a suplementação, sendo atribuída à rápida fermentação dos carboidratos no rúmen e à diminuição da salivagem provocada pela menor duração da ruminação, fatores que contribuem para a acidificação do meio ruminal.

Adicionalmente, a queda no pH pode estar relacionada ao pico de concentração de amônia no rúmen após a ingestão alimentar. Um ambiente com pH mais ácido compromete a absorção de amônia pela parede ruminal, o que, por sua vez, pode limitar o crescimento microbiano (JASIM et al., 2020).

Cabe destacar, que os valores médios de pH observados neste estudo, mantiveram-se próximos do valor de 6,2, considerado ideal por Russell e Dombrowski (1980) para o adequado crescimento de bactérias celulolíticas, amilolíticas e fibrolíticas (KOZLOSKI, 2016).

4.5 Viabilidade econômica

Os níveis de suplementação não apresentaram efeito significativo sobre as variáveis de receita bruta por hectare e por animal ($P > 0,05$). Por outro lado, as demais variáveis relacionadas aos custos, receita líquida, retorno por real investido, taxa de retorno mensal e lucratividade mostraram efeitos significativos com o aumento da suplementação ($P < 0,05$), conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Valores médios da viabilidade econômica em relação aos níveis de suplementação

Variável ¹	Níveis de suplementação (% PC/dia)				EPM ¹	P-valor ³		
	0,2	0,3	0,4	0,5		Eq. ⁴	L	Q
Custo/Animal	422,92	497,99	567,74	649,58	14,04	1	<,0001	0,694
Custo com Sup. (R\$/@prod.)	48,89	64,69	79,80	84,62	3,10	2	<,0001	0,224
Custo/Arroba	81,769	98,249	114,27	114,73	3,92	3	0,0006	0,244
Custo/há	805,56	948,56	1081,41	1237,29	26,74	4	<,0001	0,694
RB/ha	1180,03	1163,74	1137,52	1239,27	41,98	$\hat{Y}=1180,14$	0,6976	0,499
RB/animal	619,51	610,96	597,20	650,62	22,04	$\hat{Y}=619,57$	0,6976	0,499

RL/há	374,47	215,19	56,12	1,98	45,08	5	0,0011	0,517
R\$ret/R\$inv	1,46	1,22	1,05	1,00	0,048	6	<,0001	0,237
TxMes (%)	10,35	5,03	1,08	-0,04	1,07	7	<,0001	0,245
IL (%)	29,20	14,94	1,07	0,67	3,39	8	0,0006	0,244

¹Custo com sup.: Custo com suplemento; RB/ha: Receita bruta por hectare; RB/animal: Receita bruta por animal; ²EPM: Erro padrão da média; ³P-valor: Probabilidade significativa no nível de 5%; L: Linear; Q: Quadrático; ⁴Equação de regressão.

1Y=272,1466+749,744x (r²=0,913807); 2Y=22,367+138,53x (r²=0,9911); 3Y=62,037+114,9x (r²=0,8973); 4Y=518,38+1428,1x (r²=0,9991); 5Y=608,73-1276,5x (r²=0,9609); 6Y=1,73261-1,56913x (r²=0,93); 7Y=16,402-35,13x (r²=0,932); 8Y=46,288-99,482x (r²=0,8973).

Os custos por animal, por arroba produzida e por hectare apresentaram aumento linear (P<0,05) à medida que se elevaram os níveis de suplementação, sendo os maiores valores registrados nos tratamentos com maior oferta de suplemento (Tabela 10). De forma semelhante, Mendes (2013), ao comparar níveis de suplementação (0,2%, 0,4%, 0,6% e 0,8% do PC) em novilhos mestiços mantidos em pastagens de *Brachiaria brizantha*, observou menor custo por hectare no menor nível de suplementação.

Embora o custo do quilograma do suplemento utilizado no tratamento com 0,2% do peso corporal tenha sido R\$ 0,66/kg mais elevado do que o do suplemento ofertado no tratamento com 0,5% do peso corporal, essa diferença não foi suficiente para reduzir os custos totais, uma vez que o consumo do suplemento no tratamento com 0,5% foi 2,63 vezes maior do que no tratamento com 0,2%.

Cabral et al., (2008), ao avaliarem os efeitos de diferentes níveis de suplementação sobre o desempenho de bovinos Nelore (com suplementação mineral e concentrada a 0,2%, 0,4% e 0,6% do peso corporal), observaram aumentos progressivos na ingestão de concentrado, no custo por animal e no custo total, de acordo com o nível de suplementação adotado.

A renda bruta por hectare e por animal não apresentou diferença significativa (P>0,05), uma vez que o peso vivo final dos animais não variou entre os tratamentos. Diante desses resultados e, considerando desempenho animal semelhante, torna-se evidente que, ao analisar a viabilidade econômica de um suplemento, o produtor deve considerar não apenas o preço por quilograma, mas, principalmente, o produto entre o preço e a quantidade consumida diariamente.

Brandão et al., (2018), trabalhando com novilhos mestiços em duas estratégias de suplementação — (E1) suplementação mineral e 0,2% do PC com suplemento proteico-energético; e (E2) suplementação a 0,4% e 0,6% do PC no segundo período — observaram maior RB/animal e por hectare na estratégia E2, o que está associado à

maior produção de arrobas. No entanto, a receita líquida por hectare foi de R\$ 2.920,90 para E1 e R\$ 1.295,07 para E2, evidenciando que a lucratividade foi superior na estratégia com menor nível de suplementação.

Romanzini et al. (2020), em uma ampla revisão sobre os diferentes cenários (ano e nível de suplementação) na produção de bovinos de corte durante a recria e terminação em pastagens tropicais brasileiras, observaram que, na fase de recria, animais suplementados com sal mineral e concentrado a 0,3% do peso corporal apresentaram os menores custos operacionais e custos operacionais totais. Já na fase de terminação, os menores custos foram observados nos animais suplementados com 1,0% do peso corporal. O melhor desempenho econômico na recria foi verificado no cenário de 2012 (cenário 2), com mistura mineral, apresentando 11 ciclos de *payback*, 26,3% de lucratividade e 9,30% de taxa interna de retorno (TIR). Na terminação, o cenário mais favorável foi o de 2013 (cenário 3), com suplemento múltiplo a 1,0% do peso corporal, resultando em 4 ciclos de *payback*, 68,7% de lucratividade e TIR de 27,00%.

As taxas de retorno mensal e a lucratividade foram significativamente superior ($P < 0,05$) nos animais que consumiram suplemento a 0,2% do peso corporal, indicando uma estratégia economicamente mais viável. Por outro lado, o tratamento com suplementação de 0,5% apresentou taxa de retorno mensal negativa, devido aos altos custos do concentrado, tornando essa estratégia inviável para o sistema analisado.

De forma semelhante, Silva et al. (2010), ao avaliarem novilhos Nelore em terminação em pastagens de *Brachiaria brizantha* no Sudoeste da Bahia, testando quatro níveis de suplementação com concentrado (controle, 0,3%, 0,6% e 0,9% do peso corporal), observaram maiores taxas de retorno e lucratividade nos tratamentos com menores níveis de suplementação. Resultados semelhantes foram verificados no presente estudo.

A taxa interna de retorno e o valor presente líquido com (8, 10 e 12% ao ano) apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) à medida que se elevaram os níveis de suplementação (Tabela 11).

Tabela 11: Taxa interna de retorno e valor presente líquido da suplementação

Variável ¹	Níveis de suplementação (% PC/dia)				EPM ²	P-valor ³		
	0,2	0,3	0,4	0,5		Eq. ⁴	L	Q
TIR (%)	0,158	0,078	0,017	-0,002	0,0167	1	<,0001	0,2815
VPL 8%	191,99	108,27	22,686	-2,993	24,4221	2	0,0016	0,5133
VPL 10%	189,20	105,52	20,008	-5,927	24,3364	3	0,0015	0,5134
VPL 12%	186,43	102,779	17,348	-8,84	24,2516	4	0,0015	0,5135

¹TIR = taxa interna de retorno, VPL = valor presente líquido com taxas mínimas de atratividade de 8, 10 e 12% ao ano, respectivamente; ²EPM: Erro padrão da média; ³P-valor: Probabilidade significativa no nível de 5%; L: Linear; Q: Quadrático; ⁴Equação de regressão.
1Y=0,2501-0,5345x (r²=0,9366); 2Y=314,67-670,53x (r²=0,9561); 3Y=312,01-670,89x (r²=0,9566); 4Y=309,37-671,25x (r²=0,957).

Segundo Almeida et al. (2014), os valores da Taxa Interna de Retorno (TIR) de uma atividade permitem avaliar sua viabilidade econômica, sendo que, quanto maior a TIR de um projeto, maior sua atratividade para implementação. Diante dos resultados observados, é possível inferir que o menor nível de suplementação apresentou maior atratividade econômica para implantação.

O Valor Presente Líquido (VPL), independentemente da taxa mínima de atratividade (TMA) considerada, apresentou diferenças significativas entre as estratégias de suplementação (P<0,05), sendo mais elevado no grupo que consumiu 0,2% do PC, e negativo no grupo que recebeu 0,5% do PC.

O VPL de um investimento representa a soma dos fluxos de caixa projetados para um determinado período, atualizados por uma taxa de desconto, de modo a refletir o valor presente desses retornos (ALMEIDA et al., 2014). De acordo com os autores, as taxas de desconto podem ser interpretadas como a expectativa de retorno do investidor, uma vez que possibilitam avaliar se o capital investido será recuperado no tempo, auxiliando na tomada de decisão sobre a viabilidade ou não de um projeto.

Em uma análise financeira conduzida por Brandão et al., (2018), foi observada maior atratividade econômica para animais que receberam suplemento mineral e suplemento proteico-energético a 0,2% do PC (Estratégia 1), em comparação com aqueles suplementados a 0,4% e 0,6% do PC (Estratégia 2). A TIR para a Estratégia 1 foi de 0,2%, e o VPL, independentemente da taxa mínima considerada, foi significativamente superior, com incrementos de 172,02%, 202,26% e 241,84% para as taxas de 5%, 10% e 15%, respectivamente. Esses resultados são atribuídos ao menor custo com alimentação observado na Estratégia 1, que refletiu diretamente na redução do custo total.

A análise econômica, orienta as decisões dos diferentes segmentos da cadeia produtiva. No caso da suplementação de bovinos em pastejo, é essencial considerar tanto os benefícios no desempenho animal quanto os impactos sobre os custos de produção. O grande desafio dentro da propriedade é encontrar o equilíbrio entre produtividade biológica e sustentabilidade financeira.

V - CONCLUSÃO

Recomenda-se a adoção de níveis de suplementação equivalentes a 0,2% do peso corporal (PC) durante a fase das águas na terminação de novilhas em regime de pasto, uma vez que essa estratégia demonstrou proporcionar melhor desempenho econômico em comparação com níveis mais elevados de suplementação. Tal prática representa uma alternativa viável e eficiente para produtores que buscam otimizar os custos de produção sem comprometer o desempenho animal, contribuindo para a sustentabilidade econômica dos sistemas de pecuária a pasto.

VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V.V.S, SILVA, R.R., QUEIROZ, A.C; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, F.F, ABREU FILHO, G.; LISBOA, M.M.; SOUZA, S.O. Economic viability of the use of crude glycerin supplements in diets for grazing crossbred calves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.7, p.382-389, 2014.

BARBERO, R.P.; MALHEIROS, E.B.; AGUILAR, N.M.; ROMANZINI, E.P.; FERRARI, A.C.; NAVE, R.L.G.; MULLINKS, J.T.; REIS, R.A. Supplementation level increasing dry matter intake of beef cattle grazing low herbage height. **Journal of Applied Animal Research**, v.48, p.28-33, 2020. doi:10.1080/09712119.2020.1715985.

BARBIZAN, M.; VALENTE, E.E.L.; DAMASCENO, M.L.; LOPES, S.A.; TANAKA, E.S.; BARROS JUNIOR, C.P.; MELO, B.V.R. Balanced protein/energy supplementation plan for beef cattle on tropical pasture. **Livest. Sci.**, v.241, 104211, 2020.

BARROSO, D.S.; da SILVA, F.F.; AZEVEDO, J.A.G.; CARVALHO, G.G.P.; TRINDADE JÚNIOR, G.; SILVA, J.W.D.; PAIXÃO, T.R.; MENDES, F.B.L.; LIMA JÚNIOR, D.M.; SILVA, R.R. Performance, carcass traits, and meat attributes of steers finished on tropical pasture under increasing supplementation levels. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.85, n.2, p.161-169, 2024.

BARROSO, D.S.; SILVA, R.R.; SILVA, F.F.; SANTOS, L.V.; FILHO, G.A.; SOUZA, S.O.; SANTOS, M.C.; ROCHA, W.J.; SILVA, A.P.G.; LISBOA, M.M.; PEREIRA, M.M.S.; CARVALHO, V.M. Increasing levels of supplementation for crossbred steers on pasture during the dry period of the year. **Tropical Animal Health and Production**, v.50, p.1411-1416, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1574->

BEAUCHEMIN, K.A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T.A. Nutritional Management for Mnteric Methane Abatement: A Review. **Aust. J. Exp. Agric.**, v.48, p.21-27, 2008.

BEAUCHEMIN, K.A.; UNGERFELD, E.M.; ECKARD, R.J.; WANG, M. Fifty years of Research on Rumen Methanogenesis: Lessons Learned and Future Challenges for Mitigation. **Animal**, v.14, p.2-16, 2020.

BERÇA, A.S.; CARDOSO, A.S.; LONGHINI, V.Z.; TEDESCHI, L.O.; BODDEY, R.M.; BERNDT, A.; REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C. Methane Production and Nitrogen Balance of Dairy Heifers Grazing Palisade Grass Cv. Marandu Alone or with Forage Peanut. **Journal Animal Science**, v.97, p.4625–4634, 2019.

CABRAL L, ZERVOUDAKIS J, COPPEDÊ C. Suplementação de bovinos de corte mantidos em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia-1 no período das águas. **Rev Bras S Prod Anim**, v.2. p.293-302, 2008.

CARVALHO, I.P.C.; DE DETMANN, E.; MANTOVANI, H.C.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.; DE, C.; COSTA, V.A.C.; GOMES, D.I. Growth and antimicrobial activity of lactic acid bacteria from rumen fluid according to energy or nitrogen source. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1260–1265, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000600014>.

CARVALHO, V.M.; SILVA, R.R.; LINS, T.J.A.; LISBOA, M.M.; PEREIRA, M.M.S.; FILHO, G.A.; SILVA, J.W.D.; SOUZA, S.O.; AVILA, V.D.; PRADO, I.N. Effects of supplementation strategies for beef cattle in tropical grassland conditions. **Research, Society and Development**, v.9, n.9, e15996384, 2020.

CHIRAT, G., GROOT, J.C.J., MESSAD, S., BOCQUIER, F., ICKOWICZ, A. Instantaneous intake rate of free-grazing cattle as affected by herbage characteristics in heterogeneous tropical agro-pastoral landscapes. **Applied Animal Behaviour Science**, v.157, p.48-60, 2014. doi:10.1016/j.applanim.2014.06.003.

DA MATA, V.J.V.; OLIVEIRA, L.R.S.; DETMANN, E.; ALVES, K.S.; MEZZOMO, R.; LACERDA, N.G.; SANTANA, K.R.S.; GOMES, D.I. Does a high moderate nutritional supplementation affect the puberty and productive performance of Nellore heifers? **Bioscience Journal**, v.38, e38079, 2022. <https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-61302>.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SAMPAIO, C.B.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; DETMANN, K.S.C.

Parameterization of ruminal fiber degradation in low quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. **Livestock Science**, 126, 136–146, 2009.

DETMANN, E., VALENTE, É.E.L., BATISTA, E.D., HUHTANEN, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livest. Sci.** v.162, p.141–153, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.029>.

DETMANN, E.; COSTA E SILVA, L.F.; ROCHA, G.C.; PALMA, M.N.N.; RODRIGUES, J.P.P. Métodos para análise de alimentos. **Métodos para análise de alimentos**-INCT-Ciência Animal, 2ª ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 350p., 2021.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: DZO-UFV, p.191-240, 2010.

DUEÑEZ, W.Y.S.; CEDIEL-DEVIA, D.C.; MELGAR, O.R.A.; SANTOS, M.D.C.; SOUZA, S.O.D.; SANTOS, L.V.; FERREIRA, R.A.; APONTE, P.F.C.; RIOBO, J.C.O.; TEIXEIRA, F.A.; et al. Low Levels of Supplementation for Post-Weaning Girolando Steers on Tropical Pasture During the Dry to Rainy Season Transition. **Vet. Sci.**, v.12, n.4, p.384, 2025. <https://doi.org/10.3390/vetsci12040384>

FIGUEIRAS, J.F.; DETMANN, E.; FRANCO, M.O.; BATISTA, E.D.; REIS, W.L.S.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Effects of Supplements with Different Protein Contents on Nutritional Performance of Grazing Cattle During the Rainy Season. **Asian-Australas J. Anim. Sci.**, v.29, p.1710–1718, 2016.

FRANCO, M.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; BATISTA, E.D.; RUFINO, L.M.A.; BARBOSA, M.M.; LOPES, A.R. Intake, digestibility, and rumen and metabolic characteristics of cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and different levels of starch. **Asian-Australas J. Anim. Sci.**, v.30, p.797–803, 2017.

HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, 81, 3226–3232, 2003.

HAQUE, M. Dietary manipulation: A sustainable way to mitigate methane emissions from ruminants. **J. Anim. Sci. Technol**, v.60, p.15, 2018.

HAYDOCK, K.P. AND SHAW, N.H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, 15, 663–670, 1975.

HODGSON, J. Grazing Management: **Science into practice**. New York: John Wiley & Sons. p.203, 1990.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v..74, n.10, 1991.

ILLIUS, A.W., JESSOP, N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **J. Anim. Sci.**, v.74, p.3052–3062, 1996.

JAYASINGHE, P.; RAMILAN, T.; DONAGHY, D.; PEMBLETON, K.; BARBER, D. Comparison of nutritive values of tropical pasture species grown in different environments, and implications for livestock methane production: A meta-analysis. **Animals**, v.12, n.1806, p.1-17, 2022. doi:10.3390/ani12141806.

KAMIŃSKI, M., KARTANOWICZ, R., JASTRZĘBSKI, D. AND KAMIŃSKI, M.M. Determination of carbon monoxide, methane and carbon dioxide in refinery hydrogen gases and air by gas chromatography **Journal of Chromatography A**, 989, 277–283 (Elsevier), 2003.

LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; BATISTA, E.D.; RUFINO, L.M.A.; REIS, W.L.S.; FRANCO, M.O. Nutritional Performance of Cattle Grazing during Rainy Season with Nitrogen and Starch Supplementation. **Asian-Australas J. Anim. Sci.**, v.29, p.1120–1128, 2016.

MANNETJE, L; EBERSOHN, J.P. Relations between sward characteristics and animal production. **Tropical Grasslands**, v.14, n.3, p.273-280, 1980.

MENDES, F.B.L. Níveis de suplementação em dietas de novilhos terminados em pastagens. (2013). 93p. **Tese Doutorado**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-Ba.

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.

MOSS, A. R., JOUANY, J. P., & NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de zootechnie**, 49(3), 231-253, 2000. DOI: 10.1051/animres:2000119

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7. Ed. rev. Washington, D. C.: National Academy Press, 2000. 242 p.

NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 8th ed. **National Research Council (NRC)**, National Academy Press, Washington, D.C., USA, 2016.

ORTEGA, R.M.; MORENO, D.S.; ANGÚLO, L.M. Protein-energy supplementation on productive and nutritional performance of grazing beef heifers. **Semina: Ciênc. Agrár. Londrina**, v.43, n.1, p.297-310, 2022.

OWENS, F.N.; SCREIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v.76, p.275-286, 1998.

PAULINO, M. F.; DETMANN, E. D.; VALADARES FILHO, S. C. Bovinocultura funcional nos trópicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2008, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: 2008. v.6, p.275-305.

PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica?. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3. 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SIMFOR, p.359-392, 2006.

PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BARROS, L.V. Nutrição de bovinos em pastejo. **In: Proceedings of 4rd Symposium on Strategic Management of Pasture** (Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, Brazil), 131–170, 2008.

PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Crescimento de folhas de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.327-332, 1994.

POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal Animal Science**, v.73, p.278–290, 1995. <https://doi.org/10.2527/1995.731278x>.

ROCHA, W.J.B.; SILVA, R.R.; da SILVA, F.F.; CARVALHO, G.G.P.; SILVA, A.P.G.; SILVA, J.W.D.; PAIXÃO, T.R.; FREITA, T.B.; MENDES, F.B.L.; BARROSO, D.S.; SOUZA, S.O.; SANTOS, L.V. Intake, digestibility, and growth performance of Girolando bulls supplemented on pasture in Bahia, Brazil. **Tropical Animal Health and Production**. v.51, p.1413-1420, 2019.

ROEDER, M. 1975. Reconhecimento climatológico. Ilhéus, CEPLAC/IICA, 89 p. (Diagnóstico Sócio-Econômico da Região Cácaueira, v. 4).

RUSSELL, J.B.; RYCHLIK, J.L. Factors that alter rumen microbial ecology. **Science**, v.282, p.1119-1122, 2001.

SANTOS, A.R.M.; CABRAL, C.H.A.; CABRAL, C.E.A.; de BARROS, L.V.; PIRES, D.F.; ROSA, A.S.; ALVES, G.R.; COUTINHO, M.P.S. Energy supplementation as strategy of pasture management. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.44, e55761, 2022.

SILVA, F.F.; SÁ, J.F.; SCHIO, A.R. et al. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.371-389, 2009.

SILVA, R.R.; PRADO, I.N.; CARVALHO, G.G.P, SILVA, F.F.; SANTANA JÚNIOR, H.A.; SOUZA, D.R. DE; DIAS, D.L.S.; PEREIRA, M.M.; MARQUES, J.A. PAIXÃO, M.L. Novilhos nelore suplementados em pastagens: Consumo, desempenho e digestibilidade. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.549-560. 2010.

SILVA-MARQUES, R. P.; ZERVOUDAKIS, J. T.; HATAMOTO-ZERVOUDAKIS, L. K.; CABRAL, L. D. S.; ALEXANDRINO, E.; NETO, A. J.; MELO, A. C. B. Multiple supplements for beef heifers on pasture during the dry season: nutritional characteristics. **Semina: Ciências Agrárias**, 36(1), 509-524, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p509>

SOUZA, M.A.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; SAMPAIO, C.B.; LAZZARINI, I.; VALADARES FILHO, S. de C. Intake, digestibility, and rumen dynamics of neutral

detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. **Tropical Animal Health and Production**, in press, 2010. doi:[10.1007/s11250-010-9566-6](https://doi.org/10.1007/s11250-010-9566-6)

TAMBARA, A.A.C.; HARTER, C.J.; RABELO, C.H.S.; KOZLOSKI, G.V. Effects of supplementation on production of beef cattle grazing tropical pastures in Brazil during the wet and dry seasons: a meta-analysis. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.50, e20210020, 2021. <https://doi.org/10.37496/rbz5020210020>

TITGEMEYER, E.C., ARMENDARIZ, C.K., BINDEL, D.J., GREENWOOD, R.H. AND LÖEST, C.A. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, 79, 1059 (Oxford Academic), 2001.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2ed. (Cornell University Press, Ithaca, NY), 1994.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds In: Proceedings of the 61th Cornell Nutrition Conference Feed Manufactures, (Cornell University: Ithaca), 176–185, 1999.