

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

ISABELA GONÇALVES RIBEIRO

**TEORES SANGUÍNEOS DE UREIA E GLICOSE COMO BIOINDICADORES DE
EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS DA RAÇA NELORE SUBMETIDOS A
DIFERENTES DIETAS**

UBERLÂNDIA

2026

ISABELA GONÇALVES RIBEIRO

**TEORES SANGUÍNEOS DE UREIA E GLICOSE COMO BIOINDICADORES DE
EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS DA RAÇA NELORE SUBMETIDOS A
DIFERENTES DIETAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Zootecnia.

Orientador (a): Prof^a Dr^a Carina Ubirajara de Faria Bernardes

UBERLÂNDIA

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

R484 Ribeiro, Isabela Gonçalves, 2003-
2026 Teores sanguíneos de ureia e glicose como bioindicadores de
eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore submetidos a
diferentes dietas [recurso eletrônico] / Isabela Gonçalves Ribeiro. -
2026.

Orientadora: Carina Ubirajara de Faria Bernardes Ubirajara de
Faria Bernardes.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Uberlândia, Graduação em Zootecnia.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

1. Zootecnia. I. Bernardes, Carina Ubirajara de Faria Bernardes
Ubirajara de Faria, 1977-, (Orient.). II. Universidade Federal de
Uberlândia. Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDU: 636.08

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

ISABELA GONÇALVES RIBEIRO

TEORES SANGUÍNEOS DE UREIA E GLICOSE COMO BIOINDICADORES DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS DA RAÇA NELORE SUBMETIDOS A DIFERENTES DIETAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Zootecnia.

Uberlândia, 17 de março de 2026

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Carina Ubirajara de Faria Bernardes
Médica Veterinária / Docente FMVZ – UFU

Prof^ª. Dr^ª Eliane da Silva Morgado
Zootecnista / Docente FMVZ – UFU

Prof^ª. Dr^ª Renata Lançoni
Médica Veterinária / Docente FMVZ – UFU

Dedico este trabalho a Deus, que em todos os momentos me mostrou que sua realização era possível, fortalecendo minha fé e perseverança ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que em todas as etapas deste trabalho me mostrou que estava do meu lado e que eu seria capaz de chegar em lugares que nem mesmo eu acreditava.

Aos meus pais, Letícia e José Plínio, que nunca mediram esforços para cuidar de mim, me apoiar e acreditar nos meus sonhos. Tudo o que sou e conquistei foi graças ao amor, dedicação e dos sacrifícios de vocês. A vocês devo não apenas esta conquista, mas a minha vida, meus valores e o meu amor incondicional.

À minha irmã, Mariana, minha parceira de vida e o motivo da minha alegria. Foi ao seu lado que aprendi o verdadeiro significado de felicidade, companheirismo e amor. Você é luz nos meus dias. Ter você como irmã é um dos maiores presentes da minha vida.

Aos meus avós Jordicena e Vilmondes que são a base da minha família. Tenho por vocês uma grande admiração, pela força, pelos valores e pelo amor com que construíram a família que tanto amo e da qual me orgulho profundamente. Esta conquista também carrega o legado de vocês.

Aos meus avós, Plínio e Maria Brígida que não estão mais presentes fisicamente, mas permanecem vivos em minha história.

Aos meus padrinhos, Eduardo, Renata e César, e aos meus tios, Cássio e Cláudia, por todo o amor, carinho e cuidado que sempre dedicaram a mim. Ter vocês na minha vida é um privilégio e uma grande bênção.

Às minhas primas, Carol, Ana Laura, Ana Clara e Gabriele, que, além de família, são minhas melhores amigas. Com vocês aprendi o verdadeiro significado de amizade e união. Obrigada por caminharem ao meu lado, compartilhando risadas e sonhos, e por tornarem minha vida mais leve e cheia de amor.

À minha amiga Bianca, que esteve presente em todas as etapas da realização deste trabalho, obrigada pelo companheirismo e por cada momento em que você esteve ao meu lado, seu apoio foi essencial em cada fase desse processo. À minha amiga Eduarda, minha parceira desde o início da faculdade, obrigada por caminhar comigo em todas as etapas dessa trajetória. A faculdade foi muito mais especial porque tive vocês ao meu lado.

Às minhas amigas Talyta e Ana Cecília, e aos meus amigos Gustavo, Walter, Lucas, Guilherme, Davi e Marcelo, por tornarem essa caminhada muito mais leve e divertida. Obrigada

por transformarem os dias difíceis em lembranças inesquecíveis. Vocês sempre terão um lugar especial no meu coração.

À minha orientadora, Carina Ubirajara, foi através do seu exemplo, da sua dedicação e do amor pelo que faz que eu me identifiquei com esta área. Obrigada por compartilhar seu conhecimento com tanta paixão e por acreditar em mim. Sua influência foi fundamental para a minha formação. Espero, um dia, poder me tornar uma profissional tão dedicada e inspiradora quanto você.

À professora Eliane, que é para mim um grande exemplo de profissional e de ser humano. Tenho imensa admiração pela sua dedicação, liderança e compromisso com a formação dos alunos.

À professora Renata, minha gratidão pelos ensinamentos transmitidos durante a graduação e pela disponibilidade em participar da banca avaliadora deste trabalho.

Ao PET, e a todas as pessoas que fazem e que já fizeram parte dele, em especial as minhas amigas Isabela, Bianca e Ana Laura. Cada integrante, contribuiu para minha formação acadêmica, profissional e pessoal. O PET me proporcionou aprendizado, desafios, crescimento e amizades que levarei para a vida toda.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a todos os seus professores, pela excelência no ensino, pela dedicação e pelo compromisso com a formação de profissionais capacitados.

À Fazenda Experimental Capim Branco, por proporcionar o ambiente e a estrutura necessários para a realização deste estudo, possibilitando a coleta dos dados que fundamentaram este trabalho. Agradeço também a toda a equipe, pelo apoio, disponibilidade e colaboração em cada etapa do processo, contribuindo de forma essencial para a concretização desta pesquisa.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a relação entre as concentrações sanguíneas de ureia e glicose e a eficiência alimentar, mensurada por meio do consumo alimentar residual (CAR), em bovinos Nelore submetidos à prova de eficiência alimentar, avaliados sobre diferentes dietas. Foram conduzidos dois experimentos, submetidos a diferentes proporções volumoso:concentrado, sendo o Experimento 1 ($n = 29$) alimentado com dieta composta por 60% de volumoso e 40% de concentrado e o Experimento 2 ($n = 24$) com 95% de volumoso e 5% de concentrado. As amostras sanguíneas foram coletadas no meio e ao final da prova, sendo também considerada a média entre os dois períodos. As análises estatísticas incluíram correlação de Pearson e análise de variância (ANOVA). No Experimento 1, não foram observadas correlações significativas entre CAR e ureia ou glicose ($p > 0,05$). No Experimento 2, verificaram-se correlações negativas moderadas e estatisticamente significativas entre CAR e ureia nos três momentos avaliados, sendo $r = -0,506$ para a ureia no meio da prova, $r = -0,460$ para a ureia ao final e $r = -0,552$ para a ureia média, indicando que menores valores de CAR estiveram associados a maiores concentrações de ureia sanguínea. Para glicose, não houve associação significativa com o CAR em nenhum dos experimentos. A ANOVA não identificou efeito significativo das classes de CAR sobre as concentrações de ureia ou glicose em ambos os experimentos ($p > 0,05$). Conclui-se que os teores sanguíneos de ureia e glicose não se mostraram bioindicadores consistentes para eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore, independentemente do estado nutricional, uma vez que não foram observadas alterações mesmo sob diferentes proporções de concentrado na dieta, sendo recomendado mais estudos com maior número de animais para melhor compreender seu potencial como biomarcadores.

Palavras-chave: consumo alimentar residual; biomarcadores sanguíneos; gado de corte.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the relationship between blood concentrations of urea and glucose and feed efficiency, measured through residual feed intake (RFI), in Nellore cattle subjected to feed efficiency trials under different dietary conditions. Two experiments were conducted with different forage-to-concentrate ratios: Experiment 1 (n = 29), in which animals were fed a diet containing 60% forage and 40% concentrate, and Experiment 2 (n = 24), with a diet composed of 95% forage and 5% concentrate. Blood samples were collected at mid-test and at the end of the trial, and the average of both periods was also considered. Statistical analyses included Pearson correlation and analysis of variance (ANOVA). In Experiment 1, no significant correlations were observed between RFI and urea or glucose ($p > 0.05$). In Experiment 2, moderate and statistically significant negative correlations were observed between RFI and urea at all evaluated time points, with $r = -0.506$ at mid-test, $r = -0.460$ at the end, and $r = -0.552$ for the average, indicating that lower RFI values were associated with higher blood urea concentrations. No significant association between glucose and RFI was observed in either experiment. ANOVA did not identify a significant effect of RFI classes on urea or glucose concentrations in both experiments ($p > 0.05$). It was concluded that blood concentrations of urea and glucose were not consistent biomarkers of feed efficiency in Nellore cattle, regardless of nutritional status, since no changes were observed even under different dietary concentrate proportions. Further studies with a larger number of animals are recommended to better understand their potential as biomarkers.

Keywords: residual feed intake; blood biomarkers; beef cattle.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. Eficiência alimentar.....	3
2.2. Relação ureia e alimentação de ruminantes.....	5
2.3. Metabolismo da ureia e relação com a eficiência alimentar.....	6
2.4. Relação glicose e alimentação de ruminantes	8
2.5. Metabolismo da glicose e relação com eficiência alimentar	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Caracterização do experimento	11
3.2. Dietas	12
3.3. Determinação do Consumo Alimentar Residual (CAR)	13
3.4 Coleta e análises laboratoriais de teores sanguíneos de ureia e glicose	14
3.5. Análise estatística	14
4. Resultados e discussão	16
4.1. Ureia	16
4.2. Glicose.....	22
5. CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira possui grande relevância global, sendo um dos setores mais expressivos do agronegócio nacional. Desde 2004, o Brasil se consolidou como o maior exportador de carne bovina do mundo e, em 2025, se tornou o maior produtor (CEPEA, 2025). Para assegurar essa competitividade global e garantir um retorno econômico sustentável, é importante adotar novas tecnologias e práticas que aumentem a produtividade e diminuam os custos operacionais.

De acordo com o MAPA, os insumos alimentares representam entre 70% e 80% dos custos totais na pecuária de corte (MAPA, 2023). Nesse contexto, a eficiência alimentar tem se destacado como uma característica de importância econômica em programas nacionais de melhoramento genético. Assim, identificar e selecionar animais mais eficientes é essencial para reduzir custos e, consequentemente, aumentar a lucratividade.

A eficiência alimentar representa a capacidade de um animal em converter o alimento ingerido em ganho de peso de forma otimizada, sendo considerada uma das características de maior impacto econômico na bovinocultura de corte (Nascimento, 2011). Nesse sentido, o Consumo Alimentar Residual (CAR) tem sido amplamente utilizado como parâmetro indicador dessa eficiência alimentar, uma vez que calcula a diferença entre o consumo real e o consumo previsto com base no desempenho produtivo de um animal e em relação ao seu grupo contemporâneo.

O Consumo Alimentar Residual (CAR) é tradicionalmente avaliado por meio de provas de eficiência alimentar (PEA), que requerem monitoramento rigoroso do consumo e do peso dos animais (Oliveira *et al.*, 2014). Atualmente, existem diferentes sistemas para medir o consumo de alimento, como os cochos eletrônicos Intergado® (Ponta), Vytelle® (Vytelle LLC), Calan Gate® (American Calan Inc.), entre outros (Mendes *et al.*, 2020).

Apesar do avanço tecnológico e da maior acessibilidade desses equipamentos, a utilização do Consumo Alimentar Residual (CAR) em larga escala ainda enfrenta importantes limitações práticas, demandando infraestrutura especializada, mão de obra qualificada e custos consideráveis. A mensuração dessa característica depende de provas de eficiência alimentar prolongadas, que exigem controle individual do consumo, pesagens frequentes, infraestrutura específica e mão de obra qualificada, o que eleva

significativamente os custos operacionais. Essas exigências dificultam a adoção do CAR em sistemas comerciais e restringem sua aplicação em programas de melhoramento genético. Nesse contexto, torna-se necessária a busca por métodos indiretos, mais simples e economicamente viáveis, que permitam identificar animais mais eficientes sem a dependência exclusiva de ensaios alimentares tradicionais.

A avaliação de parâmetros biológicos alternativos, como metabólitos sanguíneos, para sua relação com a eficiência alimentar tem sido investigada, com a proposta de que possam servir como indicadores desse fenótipo, dispensando a realização de ensaios alimentares longos e onerosos (Clemmons *et al.*, 2023). Esses metabólitos apresentam, ainda, baixo custo analítico e facilidade de obtenção em condições de campo, o que favorece sua aplicação prática. Diante desse ponto de vista, cresce o interesse no uso de biomarcadores sanguíneos, como ureia e glicose, como indicadores complementares da eficiência alimentar.

Em bovinos Nelore, no que se refere ao metabolismo proteico, níveis baixos de ureia plasmática costumam ocorrer em animais com menor CAR, ou seja, menos eficientes. Em estudo conduzido Nascimento *et al.* (2015), animais classificados como de baixo CAR apresentaram menores concentrações séricas de ureia.

Em relação ao metabolismo energético, embora os resultados para glicose sejam mais heterogêneos, pesquisas relatam associação negativa entre eficiência alimentar e metabolismo glicêmico. Em um estudo com novilhos da raça Angus, animais classificados como baixo CAR (mais eficientes) apresentaram maiores concentrações de pico de glicose durante testes de tolerância, sugerindo maior capacidade de resposta metabólica à glicose (Foote, 2023).

Considerando essa base científica, investigar a relação entre os teores sanguíneos de ureia e glicose e o CAR pode contribuir para o desenvolvimento de métodos alternativos e de baixo custo para seleção de animais mais eficientes. A adoção de biomarcadores pode potencializar o uso do CAR em programas de seleção, reduzindo a dependência de provas de eficiência alimentar que podem demandar mais recursos financeiros e de tempo para geração de fenótipos de características relacionadas à eficiência alimentar.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a associação entre os teores sanguíneos de ureia e glicose com a eficiência alimentar, determinada por meio do consumo alimentar residual (CAR), em bovinos da raça Nelore, submetidos a diferentes dietas com distintas proporções de concentrado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Eficiência alimentar

Sob a perspectiva da física clássica, a eficiência é entendida como a razão entre o trabalho realizado e a energia aplicada para esse fim (Halliday, 2006). No caso dos animais, aqueles que conseguem aproveitar melhor os nutrientes necessitam de uma menor quantidade de alimento para atingir o mesmo nível produtivo. Dessa forma, tornam-se mais rentáveis e possibilitam maior produção de carne por área (Mendes *et al.*, 2017).

Na pecuária, a alimentação é o principal insumo produtivo e, desde o início da zootecnia como ciência, tem sido foco de pesquisas devido à sua influência direta e indiscutível sobre o desempenho final (Havenstein *et al.*, 2003).

O interesse em estudar a eficiência alimentar está relacionado, sobretudo, ao impacto econômico, uma vez que a nutrição representa a maior parcela dos custos na produção de bovinos de corte (Arthur *et al.*, 2001).

Diversos parâmetros podem ser utilizados para avaliar a eficiência alimentar, como: conversão alimentar (CA), eficiência alimentar bruta (EAB), eficiência parcial de crescimento, taxa de crescimento relativo, taxa de Kleiber, consumo alimentar residual (CAR), também chamado *residual feed intake* (RFI), ganho em peso residual (GPR) e consumo e ganho residual (CGR) (Grion, 2012).

Dentre essas medidas, o consumo alimentar residual (CAR) tem se destacado como um dos principais indicadores de eficiência alimentar. O conceito de consumo alimentar residual (CAR) foi proposto por Koch *et al.* (1963) com o objetivo de desenvolver uma medida de eficiência alimentar que não fosse diretamente influenciada pelo ganho de peso ou pelo tamanho corporal dos animais, superando limitações de indicadores tradicionais, como a conversão alimentar. Nesse contexto, o CAR passou a ser utilizado como uma alternativa mais precisa para avaliar a eficiência biológica de utilização dos alimentos.

De acordo com a equação, proposta por Koch *et al.* (1963), o cálculo do CAR é feito pela diferença entre a ingestão de matéria seca observada (IMS_{obs}), obtida durante provas de eficiência alimentar (PEA), e a ingestão de matéria seca esperada (IMS_{esp}), estimada com base no peso vivo médio metabólico (PVMM) e no ganho em peso (GMD). A equação é a seguinte:

$$\text{IMS}_{\text{esp}} = \beta_0 + \beta_1 \text{ GMD} + \beta_2 \text{ PVMM} + \varepsilon$$

Sendo: IMS_{esp} = ingestão de matéria seca esperada; β_0 = intercepto; β_1 = coeficiente de regressão do efeito do ganho médio diário (GMD); β_2 = coeficiente de regressão do efeito do peso vivo metabólico médio (PVMM); ε = resíduo.

A partir dessa equação, calcula-se o valor esperado de ingestão de matéria seca (IMS_{esp}) para cada indivíduo. Já a IMS_{obs} corresponde ao consumo efetivo de matéria seca em kg de MS/dia, registrado por meio dos sistemas de cochos eletrônicos. Assim, o CAR (em kg de MS/dia) é obtido pela fórmula:

$$\text{CAR} = \text{IMS}_{\text{obs}} - \text{IMS}_{\text{esp}}$$

Animais mais eficientes apresentam valores negativos de CAR (consumo menor que o previsto), enquanto os menos eficientes apresentam valores positivos (consumo maior que o estimado) (Trevizan *et al.*, 2016).

Estudos com bovinos Nelore demonstraram que o CAR não apresentou associação com variáveis de desempenho, como peso vivo, peso metabólico e ganho médio diário. Isso indica que o CAR pode ser utilizado para identificar animais mais eficientes no uso dos alimentos, sem comprometer peso final ou ganho de peso (Almeida *et al.*, 2004). O CAR é independente do nível de produção e pode ser interpretado como uma medida de eficiência alimentar não correlacionada com ganho em peso e tamanho corporal, pois é calculado pela regressão do consumo de alimento em função do ganho médio diário (GMD) e do peso vivo médio metabólico (Arthur ; Herd, 2008). Arthur *et al.* (2001), em um experimento iniciado em 1993, selecionaram animais com baixo e alto CAR e acasalaram fêmeas com machos de diferentes níveis de eficiência. Após cinco anos, a progênie dos pais mais eficientes apresentou o mesmo ganho médio diário (1,44 vs. 1,40 kg/dia) e peso final (384 vs. 381 kg), mas menor ingestão de matéria seca (9,38 vs. 10,56 kg/dia).

Além dos aspectos produtivos, a eficiência alimentar também apresenta impacto direto nos resultados econômicos dos sistemas de produção. Nascimento (2011) observou que a lucratividade teve associação significativa com o CAR. Animais mais eficientes reduziram o custo de produção, aumentando o retorno econômico. Nesse estudo, 23% dos bovinos foram classificados como eficientes, apresentando custo por arroba produzida até 4,8% menor do que os classificados como ineficientes.

Apesar das vantagens do uso do CAR, sua aplicação pode ser limitada principalmente pelo alto custo e pela complexidade da mensuração. A avaliação desse

fenótipo exige a coleta individual de dados de consumo alimentar, o que demanda que os animais sejam mantidos em grupos monitorados e em instalações específicas, elevando os custos de infraestrutura (Lima *et al.*, 2013).

Para viabilizar esse processo, são utilizados sistemas para medir o consumo de alimento, como os sistemas de cochos eletrônicos, a exemplo do Intergado® (Intergado), Vytelle® (Vytelle LLC) e Calan Gate® (American Calan Inc.), entre outros (Mendes *et al.*, 2020). No Brasil, a padronização da coleta de informações de bovinos de corte para avaliação genética das características relacionadas à eficiência alimentar é realizada com base no Manual de Eficiência Alimentar publicado em 2020 (Mendes *et al.*, 2020). Dessa forma, os testes de eficiência alimentar seguem regulamentos específicos, garantindo uniformidade e confiabilidade nos dados obtidos.

2.2. Relação ureia e alimentação de ruminantes

Durante a Primeira Guerra Mundial, em razão da escassez de alimentos, a Alemanha intensificou o emprego da ureia como alternativa proteica na nutrição de ruminantes. Apesar da existência de outros compostos nitrogenados não proteicos, como o biureto, o ácido úrico, os sais de amônio e os nitratos, a ureia tornou-se a mais utilizada devido ao seu menor custo por unidade de nitrogênio, à facilidade de uso e à ampla disponibilidade no mercado, características que a consolidaram em sistemas de produção intensivos (Santos *et al.*, 2001).

A ureia representa uma importante fonte de nitrogênio não proteico (NNP), pois os microrganismos do rúmen conseguem transformar o nitrogênio presente em amônia e em proteína microbiana de elevado valor biológico. Dessa forma, possibilita a substituição parcial de fontes de proteína verdadeira, como o farelo de soja. O aproveitamento da amônia pelos microrganismos, no entanto, depende da energia fornecida pela dieta. Em situações em que o alimento é deficiente em energia, ocorre acúmulo de amônia no rúmen, resultando em aumento da concentração de ureia circulante no sangue (Patino, 2000).

A energia contida na dieta influencia diretamente os indicadores do metabolismo proteico. As flutuações na concentração de ureia plasmática estão associadas ao teor de amônia ruminal e refletem a eficiência de utilização do nitrogênio pelos microrganismos. Dietas com maior proporção de proteínas de rápida degradação elevam a concentração de

amônia no rúmen e, conseqüentemente, aumentam os níveis de ureia no sangue, ao contrário daquelas compostas por proteínas de degradação mais lenta.

A determinação da ureia sanguínea tem sido amplamente utilizada em perfis metabólicos como parâmetro de avaliação do metabolismo proteico. Produzida no fígado em quantidades proporcionais à amônia ruminal, sua concentração no sangue está relacionada ao teor de proteína da dieta e à proporção energia/proteína (Wittwer *et al.*, 1993). Além disso, a ureia reflete o estado proteico dos animais em curto prazo, enquanto a albumina representa esse mesmo estado em longo prazo, o que torna ambos complementares na análise do metabolismo nitrogenado.

Por se tratar de um produto de excreção do metabolismo do nitrogênio, a quantificação da ureia em amostras de soro, associada à avaliação da albumina, fornece informações importantes sobre a atividade metabólica proteica. Sua concentração apresenta relação direta com o fornecimento proteico da dieta: valores baixos são típicos de rebanhos alimentados com dietas deficientes em proteína, enquanto valores elevados são observados em animais submetidos a dietas com excesso proteico ou com deficiência energética (Patino, 2000).

2.3. Metabolismo da ureia e relação com a eficiência alimentar

O metabolismo da ureia em ruminantes tem papel central na regulação do nitrogênio e na eficiência de utilização dos nutrientes. A síntese desse composto ocorre no fígado a partir da amônia resultante da degradação de aminoácidos e do nitrogênio liberado durante a fermentação ruminal. Esse processo é viabilizado pelo ciclo da ureia, que atua na detoxificação da amônia e na manutenção do equilíbrio nitrogenado do organismo (Aquino *et al.*, 2009).

Uma particularidade dos ruminantes é a capacidade de reciclar a ureia. Uma fração expressiva da ureia circulante no sangue pode retornar ao rúmen pela saliva ou por difusão através da parede ruminal, onde serve como fonte de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana pelas bactérias. Esse mecanismo reduz perdas nitrogenadas e potencializa o aproveitamento de dietas com baixo teor de proteína (Sousa, 2020).

Sob o ponto de vista bioquímico, a concentração de nitrogênio ureico no sangue (BUN – *blood urea nitrogen*) é considerada um marcador importante do metabolismo proteico e da eficiência de utilização do nitrogênio. Valores elevados de ureia plasmática indicam excesso de proteína degradável no rúmen ou desajuste entre a oferta de energia

e de nitrogênio para os microrganismos ruminais, o que acarreta perdas energéticas e maior excreção de compostos nitrogenados pela urina (Araújo, 2017).

Em bovinos Nelore, diferenças nos níveis sanguíneos de ureia foram relacionadas ao CAR. No estudo de Nascimento *et al.* (2015), animais classificados como de baixo CAR apresentaram menores concentrações séricas de ureia, juntamente com maiores níveis de insulina e IGF-1 (fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1). Esses achados sugerem que a ureia plasmática, pode funcionar como biomarcador de eficiência alimentar em bovinos de corte.

Resultados semelhantes foram encontrados em novilhas Angus por Clemmons *et al.* (2023), que observaram concentrações significativamente mais altas de BUN em animais de elevado CAR ($\mu = 8,7$ mg/dL) em comparação aos de baixo CAR ($\mu = 6,5$ mg/dL; $P = 0,01$). Esses dados reforçam a aplicabilidade do BUN como ferramenta prática para avaliar o estado proteico de ruminantes, visto que valores mais elevados se associam a menor eficiência no aproveitamento do nitrogênio da dieta.

As concentrações de nitrogênio ureico no sangue (BUN) podem ser utilizadas como indicadores da eficiência alimentar, visto que valores mais elevados estão associados a menor eficiência e possível redução no desempenho reprodutivo.

Segundo Santos (2014), animais de baixo CAR apresentaram menores concentrações sanguíneas de ureia (5,58 vs. 5,91 mmol/L) e maiores níveis de insulina (4,45 vs. 3,70 μ IU/mL) e IGF-I (433 vs. 399 ng/mL) quando comparados aos animais de alto CAR. Essas respostas fisiológicas podem estar relacionadas à maior eficiência na reciclagem de tecidos, a mudanças na composição corporal e à adaptação frente ao estresse.

No entanto, é importante destacar que nem todos os estudos demonstraram associação entre a ureia plasmática e a eficiência alimentar. Kelly *et al.* (2010) relataram que as concentrações de glicose e ureia não apresentaram diferenças significativas entre os grupos de animais classificados de acordo com o fenótipo de consumo alimentar residual (CAR), indicando que a utilidade da ureia como bioindicador pode variar conforme as condições experimentais, a categoria animal avaliada e os critérios metodológicos empregados.

O acompanhamento das concentrações de ureia sanguínea também pode contribuir para a formulação de dietas mais equilibradas, permitindo ajustes no fornecimento de proteína e energia. Com a redução dos níveis plasmáticos de ureia, é possível aumentar o desempenho dos animais, reduzir os custos com alimentação e

minimizar a excreção de nitrogênio no ambiente, favorecendo a sustentabilidade da produção pecuária (Oliveira *et al.*, 2014).

2.4. Relação glicose e alimentação de ruminantes

A glicose constitui o principal carboidrato circulante nos mamíferos e representa importante fonte energética para tecidos dependentes, como o cérebro, o sistema nervoso central e a glândula mamária. Entretanto, em ruminantes, a absorção intestinal direta desse açúcar é bastante limitada, uma vez que a maior parte dos carboidratos ingeridos é fermentada no rúmen antes de alcançar o intestino delgado (Van Soest, 1994).

Em função dessa fermentação pré-gástrica, os carboidratos dietéticos são convertidos principalmente em ácidos graxos voláteis (AGVs), destacando-se o acetato, o propionato e o butirato (Van Soest, 1994). Entre esses, o propionato assume papel central no metabolismo energético, por constituir o principal precursor da glicose em ruminantes.

Diferentemente dos monogástricos, nos quais a glicose absorvida no intestino delgado representa a principal fonte circulante, os ruminantes dependem predominantemente da gliconeogênese hepática para manutenção da glicemia (Bergman, 1990; Huntington *et al.*, 2006). Esse processo ocorre de forma contínua, independentemente do estado alimentar, sendo fundamental para suprir as demandas energéticas dos tecidos glicodependentes.

Durante a gliconeogênese, o propionato produzido na fermentação ruminal é convertido em oxalacetato e, posteriormente, em glicose, garantindo que os ruminantes mantenham suprimento energético constante mesmo diante da baixa absorção intestinal de glicose livre. Assim, enquanto em monogástricos grandes partes da glicose derivam diretamente da digestão do amido no intestino delgado, em ruminantes a dependência da gliconeogênese é quase absoluta, o que torna o fígado um órgão central na regulação do metabolismo energético (Ortega Cerrilla *et al.*, 2003).

A disponibilidade de glicose, portanto, está intimamente relacionada ao tipo e à quantidade de carboidratos da dieta. O aporte de propionato — principal substrato gliconeogênico — depende diretamente da composição da dieta, especialmente da proporção volumoso:concentrado (Aschenbach *et al.*, 2010). Dietas com maior inclusão de concentrados, ricas em amido, favorecem a produção ruminal de propionato e, conseqüentemente, aumentam o fluxo de substratos para síntese hepática de glicose. Por

outro lado, dietas com predominância de volumosos estimulam maior produção de acetato, que atua principalmente como substrato energético e precursor de ácidos graxos, apresentando participação limitada na gliconeogênese (Van Soest, 1994).

Em razão da reduzida absorção intestinal de glicose e da forte dependência da produção hepática, os ruminantes apresentam concentrações plasmáticas de glicose inferiores às observadas em monogástricos. Além disso, a elevação glicêmica pós-prandial é menos pronunciada, refletindo o padrão fermentativo ruminal (Huntington *et al.*, 2006). Alterações na glicemia podem sinalizar desequilíbrios entre ingestão energética, capacidade gliconeogênica hepática e exigências metabólicas dos tecidos (Drackley, 1999).

2.5. Metabolismo da glicose e relação com eficiência alimentar

O propionato é responsável por cerca de 60 a 70% da glicose formada, enquanto aminoácidos glicogênicos e o glicerol proveniente do metabolismo lipídico contribuem em menor proporção (Aschenbach *et al.*, 2010). Essa dependência da gliconeogênese constitui importante adaptação evolutiva, permitindo que os ruminantes utilizem eficientemente dietas ricas em carboidratos fibrosos.

A disponibilidade de energia glicídica depende fortemente da eficiência da fermentação ruminal e da capacidade metabólica hepática. A gliconeogênese torna-se, portanto, essencial para a manutenção da homeostase e para atender às exigências energéticas relacionadas ao crescimento, lactação e reprodução (Aschenbach *et al.*, 2010).

Pequenos aumentos no suprimento de glicose estimulam a secreção de insulina, principal hormônio regulador da utilização de glicose pelos tecidos extra-hepáticos. A insulina atua ainda como inibidora da gliconeogênese hepática, redirecionando nutrientes glicogênicos para tecidos muscular e adiposo, além de estimular a síntese de proteínas e lipídios e o ganho de peso corporal (Leão *et al.*, 2021).

A glicose sanguínea reflete o equilíbrio entre produção hepática e utilização periférica, sendo considerada indicador importante do metabolismo energético. Nesse contexto, tem sido investigada como possível biomarcador da eficiência alimentar, mensurada pelo consumo alimentar residual (CAR). Entretanto, os principais mecanismos fisiológicos associados à variação no CAR envolvem exigências de manutenção, transporte de íons, resposta ao estresse, metabolismo tecidual e incremento

calórico (Basarab *et al.*, 2003), o que sugere que a eficiência alimentar resulta de um conjunto complexo de processos metabólicos.

Os resultados da literatura quanto à associação entre glicose e CAR são divergentes. Clemmons *et al.* (2023), avaliando 17 novilhas Angus submetidas a ensaio de eficiência alimentar, observaram diferença significativa na concentração de glicose sanguínea entre animais de alto e baixo CAR ($P = 0,05$), sugerindo que variações no metabolismo glicídico podem estar associadas à eficiência na utilização de nutrientes.

Por outro lado, Nascimento *et al.* (2015) não encontraram diferenças significativas na glicemia entre bovinos classificados como eficientes e ineficientes. Os autores atribuíram esse resultado ao fato de as amostras terem sido coletadas em jejum, condição na qual a glicose plasmática é rigidamente mantida por mecanismos como glicogenólise, lipólise e gliconeogênese. De forma semelhante, Cônsolo *et al.*, (2018), avaliando novilhas alimentadas com forragem, não observou diferença na glicose plasmática entre classes de eficiência, tanto em animais jovens quanto prenhas. O estudo destacou que a eficiência alimentar está associada a alterações metabólicas sistêmicas mais amplas, envolvendo enzimas, lipídios e parâmetros imunológicos.

A glicose basal isoladamente pode não ser suficiente para explicar diferenças no CAR. Foote *et al.* (2024), avaliando novilhos de corte classificados quanto ao CAR, observaram que parâmetros relacionados à dinâmica da glicose e à resposta insulínica diferiram entre animais eficientes e ineficientes, mesmo quando a glicemia basal não apresentou forte associação com a eficiência. Esses achados sugerem que a sensibilidade à insulina e a capacidade de utilização tecidual da glicose podem desempenhar papel mais relevante do que a concentração sanguínea isolada.

Dessa forma, embora a glicose esteja intimamente ligada ao metabolismo energético dos ruminantes, sua utilização isolada como biomarcador de eficiência alimentar apresenta limitações, devendo ser interpretada dentro de um contexto metabólico mais amplo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram coletados os dados de consumo alimentar residual de animais da raça Nelore participantes de duas Provas de Eficiência Alimentar (PEA). Além disso, foram realizadas coletas sanguíneas no período médio e final de execução das PEA, a fim de mensurar os teores de ureia e glicose dos animais avaliados.

3.1. Caracterização do experimento

O estudo foi conduzido na fazenda experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em Uberlândia, MG. Foram utilizados dois lotes de bovinos machos, da raça Nelore, mantidos em sistema de confinamento e submetidos à prova de eficiência alimentar (PEA). O estudo foi conduzido por meio de dois experimentos distintos, em função das diferenças metodológicas entre os grupos avaliados.

Experimento 1: foi composto por 29 animais, cujas pesagens foram realizadas a cada 14 dias. Os animais foram submetidos a um período de adaptação de 14 dias, seguido por uma prova de eficiência alimentar com duração de 56 dias. Dentro deste experimento, os animais foram mantidos sob as mesmas condições experimentais, incluindo dieta, manejo alimentar, categoria sexual, faixa etária e condições sanitárias, de modo a minimizar a variabilidade ambiental e garantir que as diferenças observadas estivessem associadas à eficiência alimentar. Os animais apresentaram idade inicial média de aproximadamente 19 meses com peso corporal inicial médio de 438 kg.

Experimento 2: foi composto por 24 animais, submetidos a pesagens diárias. Os animais passaram por um período de adaptação de 14 dias, sendo avaliados durante 42 dias de duração da prova de eficiência alimentar. Da mesma forma, os animais foram mantidos sob as mesmas condições experimentais. Os animais apresentaram idade inicial média de aproximadamente 22 meses com peso corporal médio inicial de 395 kg.

Ambos os experimentos foram conduzidos conforme o regulamento para provas de eficiência alimentar no Brasil (Mendes et al., 2020).

Todos os procedimentos experimentais envolvendo animais foram conduzidos em conformidade com os preceitos e com as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA). As atividades estão vinculadas ao projeto “Estágio curricular e extracurricular, projetos de extensão e aulas práticas nos

Setores de Produção Animal das Fazendas Experimentais da UFU”, aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais da Universidade Federal de Uberlândia (CEUA/UFU), sob protocolo nº 23117.036451/2025-30.

3.2. Dietas

Em relação a dieta, no experimento 1, composto por 29 animais, a dieta foi formulada com uma proporção de 60% de volumoso e 40% de concentrado (tabela 1). O volumoso utilizado constituiu em silagem de milho, enquanto o concentrado foi fornecido pela empresa Nutritaurus, elaborado especificamente para a Universidade Federal de Uberlândia (UFU). No experimento 2, de 24 animais, a dieta fornecida aos animais foi composta por 95% de volumoso e 5% de concentrado, com base na matéria seca. O volumoso utilizado foi de silagem de milho, enquanto o concentrado era proveniente da marca comercial Connan. Em ambos os experimentos, a alimentação foi fornecida três vezes ao dia. Na tabela 1 é apresentada a composição bromatológica das dietas.

Tabela 1. Composição bromatológica das dietas.

Parâmetro	Experimento 1	Experimento 2
MS (%)	69,01	56,98
MO (%)	92,11	91,94
MM (%)	04,81	3,95
PB (%)	19,13	8,27
FDN (%)	33,36	43,27
FDA (%)	12,82	15,32
EE (%)	05,17	3,80
FDNp (%)	33,17	43,19
LIG (%)	2,89	3,09
CNF (%)	37,53	40,71
NDT (%)	75,21	71,78
ED (Mcal/kg)	3,32	3,16
EM (Mcal/kg)	2,72	2,60
EL (Mcal/kg)	2,90	2,75

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; EE = extrato etéreo; FDNp = fibra em detergente neutro corrigida para proteína; LIG = lignina; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais; ED = energia digestível; EM = energia metabolizável; EL = energia líquida.

3.3. Determinação do Consumo Alimentar Residual (CAR)

Foi realizada, separadamente para cada lote experimental (Experimento 1 e 2), a coleta dos dados de consumo alimentar e desempenho dos animais, que serviram para o cálculo do Consumo Alimentar Residual (CAR). O consumo individual de matéria seca foi registrado por meio do sistema de cochos eletrônico Vytelle®, que permite o monitoramento automatizado da ingestão alimentar de cada animal, com sensores e identificação por RFID (Radio Frequency Identification), tecnologia de identificação por radiofrequência que utiliza etiquetas eletrônicas para reconhecer e registrar automaticamente cada animal.

O consumo de matéria seca observada foi calculado somando-se os consumos diários de cada animal ao longo do período de avaliação e dividindo-se pelo número de dias. O peso vivo médio (PVM) foi obtido como a média aritmética entre o peso inicial e o peso final do animal no período experimental. Em seguida, o PVM é transformado em peso vivo médio metabólico (PVMM) elevando-se à potência de 0,75, considerando que o metabolismo energético não é proporcional ao peso corporal absoluto, mas sim ao peso metabólico.

O ganho em peso médio diário (GMD) foi obtido ajustando uma regressão linear do peso vivo em função do tempo, sendo o coeficiente angular da reta (β_1) utilizado como estimativa do GMD.

A ingestão de matéria seca predita foi estimada por uma equação de regressão múltipla que relaciona o consumo ao ganho em peso médio diário (GMD) e ao peso vivo médio metabólico (PVMM):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{GMD} + \beta_2 \text{PVMM} + \epsilon_i$$

em que Y_i corresponde ao consumo de matéria seca predito para o animal i , β_0 é o intercepto da regressão, β_1 é o coeficiente associado ao ganho em peso médio diário (GMD), β_2 é o coeficiente associado ao PVMM, e ϵ_i representa o erro residual.

A partir desses cálculos, o CAR foi obtido como a diferença entre a ingestão observada e a ingestão predita de matéria seca para cada animal. Valores negativos indicam animais mais eficientes, enquanto valores positivos indicam menor eficiência alimentar.

3.4 Coleta e análises laboratoriais de teores sanguíneos de ureia e glicose

A coleta sanguínea foi realizada nas datas correspondentes ao meio e ao final das provas de eficiência alimentar (PEA), por meio de punção da veia coccígea, localizada na região ventral da cauda dos animais. As amostras foram coletadas antes do primeiro trato da manhã, sem jejum. Foram utilizados dois tubos a vácuo por animal (3,5 e 4 mL): um tubo contendo gel separador, destinado à análise de ureia; e outro contendo fluoreto de sódio, para determinação da glicose.

Imediatamente após a coleta, as amostras foram devidamente identificadas e acondicionadas em caixa térmica contendo gelo reutilizável, permanecendo sob refrigeração até o transporte ao Laboratório do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

No laboratório, as amostras foram submetidas à centrifugação em centrífuga de bancada, a aproximadamente 3.000 rpm por 10 minutos, para separação das frações sanguíneas. Após a centrifugação, procedeu-se à separação do soro e do plasma conforme o tipo de tubo utilizado. O soro obtido foi transferido para microtubos tipo *Eppendorf* devidamente identificados, enquanto o plasma foi descartado. As alíquotas de soro foram armazenadas sob congelamento até o momento da realização das análises bioquímicas.

As determinações de ureia e glicose foram realizadas posteriormente utilizando *kits* comerciais da marca Labtest Diagnóstica S.A., sendo empregados os *kits* Ureia UV *Liquiform* (Ref. 104-2/250) e Glicose PAP *Liquiform* (Ref. 84-1/500), conforme instruções do fabricante. As leituras foram efetuadas em analisador bioquímico Serium-280 do Grupo *Blister*, com resultados expressos em mg/dL.

Antes das análises, o equipamento foi calibrado conforme recomendações do fabricante, sendo adotados procedimentos internos de controle de qualidade para assegurar a confiabilidade dos resultados.

3.5 Análise estatística

As análises estatísticas foram conduzidas de forma independente para cada experimento (Experimento 1 e Experimento 2), considerando as diferenças no manejo e na duração da prova de eficiência alimentar (PEA). As análises foram realizadas utilizando o *software* R (R Core Team), com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

A análise principal do estudo consistiu na avaliação da associação entre o Consumo Alimentar Residual (CAR, kg de MS/dia) e as variáveis de teores sanguíneos, por meio de análise de correlação de Pearson, utilizando os valores de CAR obtidos para cada animal.

Foram avaliadas as correlações entre CAR e as concentrações de ureia e glicose obtidas no meio da prova (UREIA MEIO, GLICOSE MEIO), no final da prova (UREIA FINAL, GLICOSE FINAL) e a média (UREIA MÉDIA, GLICOSE MÉDIA) entre os dois momentos de coleta para cada variável.

Com o objetivo de comparar as médias das variáveis de teores sanguíneos entre classes de eficiência alimentar (baixo, médio e alto CAR) dentro de cada experimento, foi realizada a análise de variância (ANOVA). Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo os animais considerados unidades experimentais. As análises estatísticas foram realizadas, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

As classes de eficiência alimentar foram definidas com base no desvio padrão dos valores de CAR (± 1 desvio padrão) de cada lote experimental avaliado. Assim, os animais com CAR superior ao limite positivo ($>$ que 1 desvio padrão) estabelecido foram classificados como CAR alto (menos eficientes), aqueles com CAR inferior ao limite negativo ($<$ que - 1 desvio padrão) foram classificados como CAR baixo (mais eficientes), e os animais com valores intermediários foram classificados como CAR médio (valores compreendidos entre -1 e +1 desvio padrão).

Inicialmente, foram verificados os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. As variáveis que não atenderam a esses pressupostos foram submetidas a transformações. Quando, mesmo após a transformação, os pressupostos não foram atendidos, procedeu-se à análise por métodos não paramétricos utilizando o teste de Kruskal-Wallis.

Para a comparação das médias das variáveis de teores sanguíneos entre as classes de eficiência alimentar dentro de cada experimento (Experimento 1 e Experimento 2), foi ajustado o modelo linear considerando como a classe de CAR (baixo, médio e alto) como efeito fixo. A significância do efeito da classe de eficiência alimentar foi avaliada por meio do teste F da análise de variância (ANOVA), adotando-se nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ureia

A Tabela 2 apresenta a análise descritiva do consumo alimentar residual (CAR) e dos teores de ureia sanguínea, avaliados nos momentos intermediário (UREIA MEIO), final (UREIA FINAL) e na média do período experimental (UREIA MÉDIA), nos dois experimentos conduzidos (Experimento 1 e Experimento 2)

Tabela 2. Análise descritiva do consumo alimentar residual (CAR) e dos teores de ureia obtidos ao meio (UREIA MEIO), final (UREIA FINAL) e na média (UREIA MÉDIA) entre os dois períodos, das duas provas de eficiência alimentar (Experimento 1 e 2) realizadas em bovinos da raça Nelore.

Variável	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Experimento 1					
CAR (kg de MS/dia)	29	0	0,723	-1,475	1,398
UREIA MEIO (mg/dL)	27	30,020	4,505	22,330	39,040
UREIA FINAL (mg/dL)	29	30,628	4,696	23,440	43,820
UREIA MÉDIA (mg/dL)	29	30,490	3,963	23,855	39,475
Experimento 2					
CAR	24	0	0,922	-1,744	2,271
UREIA MEIO (mg/dL)	24	11,413	3,688	6,460	19,200
UREIA FINAL (mg/dL)	24	6,271	2,919	2,420	15,710
UREIA MÉDIA (mg/dL)	24	8,842	2,907	4,440	16,495

Para o Experimento 1, o CAR apresentou desvio padrão de 0,723, com valores variando de -1,475 a 1,398 kg de MS/dia, indicando a presença de animais tanto mais eficientes (CAR negativo) quanto menos eficientes (CAR positivo) dentro do grupo. Em relação aos parâmetros sanguíneos, as concentrações médias de ureia foram de 30,020 mg/dL no período intermediário, 30,628 mg/dL no período final e 30,490 mg/dL na média do período. Observa-se que os valores obtidos nos diferentes momentos de coleta foram bastante próximos entre si, indicando relativa estabilidade nas concentrações de ureia ao longo da prova de eficiência alimentar. Dessa forma, os resultados apontam para um padrão relativamente constante de metabolismo nitrogenado nos animais do Experimento 1 ao longo das coletas realizadas.

No Experimento 2 o CAR apresentou desvio padrão (0,922) e amplitude maior, variando de -1,744 a 2,271 kg de MS/dia, sugerindo maior heterogeneidade entre os

animais quanto à eficiência alimentar nesse lote. Diferentemente do observado no Experimento 1, os teores de ureia foram consideravelmente menores, com médias de 11,413 mg/dL no período intermediário, 6,271 mg/dL no período final e 8,842 mg/dL na média do período. Observa-se que houve redução nos valores de ureia ao longo das coletas, sendo o maior valor registrado no período intermediário e o menor no período final da avaliação. Essa diminuição pode indicar variações no metabolismo do nitrogênio ao longo do experimento, possivelmente relacionadas à adaptação progressiva dos animais à dieta. Durante as fases iniciais de adaptação alimentar, é comum ocorrer maior degradação de proteína no rúmen e consequente aumento da produção de amônia, que, quando não é totalmente aproveitada pelos microrganismos ruminais para síntese de proteína microbiana, é absorvida pela parede ruminal e convertida em ureia no fígado.

A comparação entre os experimentos evidencia que os teores de ureia sanguínea foram substancialmente mais elevados no Experimento 1 em relação ao Experimento 2. Essa diferença pode estar diretamente relacionada à composição das dietas fornecidas aos animais. De acordo com a composição bromatológica das dietas, observa-se que o experimento 1 apresentou teor de proteína bruta significativamente superior (19,13%) em comparação ao experimento 2 (8,27%). Esse maior fornecimento de proteína aumenta a disponibilidade de nitrogênio no rúmen, favorecendo a produção de amônia durante a degradação ruminal. Quando a quantidade de amônia produzida excede a capacidade de incorporação pelos microrganismos ruminais para a síntese de proteína microbiana, o excesso é absorvido pela parede do rúmen e transportado até o fígado, onde é convertido em ureia, elevando sua concentração na corrente sanguínea.

As estimativas de correlações entre o CAR e os teores sanguíneos de ureia não foram significativas conforme apresentado na tabela 3. Dessa forma, não foi possível verificar se há associação entre tais variáveis considerando os dados obtidos no lote de animais (Experimento 1) avaliados com dieta de 60% de volumoso e 40% de concentrado.

Tabela 3. Estimativas de correlação de Pearson (acima da diagonal) e suas respectivas significâncias (abaixo da diagonal) entre o consumo alimentar residual (CAR) e os teores sanguíneos de ureia obtidos ao meio (UREIA MEIO), final (UREIA FINAL) e na média (UREIA MÉDIA) entre os dois períodos, da prova de eficiência alimentar com dieta de 60% de volumoso e 40% de concentrado (Experimento 1) em bovinos da raça Nelore.

	CAR	UREIA MEIO	UREIA FINAL	UREIA MÉDIA
CAR	1	0,204	0,309	0,056
UREIA MEIO	0,253	1	0,044	<0,0001
UREIA FINAL	0,203	0,389	1	<0,0001
UREIA MÉDIA	0,359	0,828	0,855	1

Considerando os dados obtidos no Experimento 2, em que os animais foram submetidos à dieta com 95% de volumoso e 5% de concentrado, verificou-se associação significativa entre os teores sanguíneos de ureia com o consumo alimentar residual (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas de correlação de Pearson (acima da diagonal) e suas respectivas significâncias (abaixo da diagonal) entre o consumo alimentar residual (CAR) e os teores sanguíneos de ureia obtidos ao meio (UREIA MEIO), final (UREIA FINAL) e na média (UREIA MÉDIA) entre os dois períodos, da prova de eficiência alimentar com dieta de 95% de volumoso e 5% de concentrado (Experimento 2) em bovinos da raça Nelore.

	CAR	UREIA MEIO	UREIA FINAL	UREIA MÉDIA
CAR	1	-0,506	-0,460	-0,552
UREIA MEIO	0,011	1	0,542	0,906
UREIA FINAL	0,028	0,006	1	0,846
UREIA MÉDIA	0,005	<0,0001	<0,0001	1

O coeficiente de correlação entre o CAR e o teor sanguíneo de ureia avaliado no meio da PEA foi de -0,506 ($p = 0,011$), indicando uma associação negativa de magnitude moderada entre as variáveis. O coeficiente de determinação, representado pelo valor da correlação (R) elevado ao quadrado, foi de $R^2 = 0,256$, indicando que 25,6% da variação observada entre as variáveis é compartilhada entre o CAR e os níveis sanguíneos de ureia avaliados no meio da PEA.

Para o teor sanguíneo de ureia avaliado ao final da PEA, o coeficiente de correlação foi de -0,460 ($p = 0,028$), também caracterizando uma associação negativa moderada. O coeficiente de determinação foi de $R^2 = 0,212$, indicando que 21,2% da

variação observada entre as variáveis é compartilhada entre o CAR e os níveis sanguíneos de ureia avaliados ao final da PEA.

Considerando o valor médio dos teores sanguíneos de ureia ao longo da PEA, o coeficiente de correlação observado foi de -0,552 ($p = 0,005$), representando a associação negativa mais intensa entre as variáveis. O coeficiente de determinação correspondente foi de $R^2 = 0,305$, indicando que 30,5% da variação observada entre as variáveis é compartilhada entre o CAR e os níveis médios de ureia sanguínea ao longo do período experimental.

De modo geral, esses resultados sugerem que, nas condições da dieta utilizada no Experimento 2, caracterizada por alta proporção de volumoso e baixa inclusão de concentrado, os animais mais eficientes (com menor CAR) apresentaram maiores concentrações de ureia sanguínea.

Observa-se também na tabela 4 que a mensuração dos teores sanguíneos de ureia realizada no meio da PEA apresentou maior correlação com os valores médios de ureia sanguínea ao longo do período ($r = 0,906$) quando comparada à mensuração realizada ao final da PEA ($r = 0,846$). Esse resultado sugere que a coleta realizada no meio da prova pode representar de forma mais consistente os níveis médios de ureia durante o período experimental.

No Experimento 1, não foram observadas correlações estatisticamente significativas entre o CAR e as concentrações de ureia nos diferentes momentos avaliados. Esse achado está de acordo com os resultados relatados Kelly *et al.*, as concentrações de ureia não diferiram entre animais classificados quanto ao fenótipo de CAR, indicando que a ureia pode não ser um marcador consistente de eficiência alimentar em todas as condições experimentais.

Considerando que a ureia sanguínea reflete o balanço entre ingestão proteica, degradação ruminal e aproveitamento microbiano (Wittwer *et al.*, 1993; Patino, 2000), a ausência de correlação no Experimento A pode indicar que o metabolismo nitrogenado dos animais foi relativamente uniforme, independentemente da eficiência alimentar. Isso sugere que, sob dieta com maior inclusão de concentrado (40%), possíveis diferenças no aproveitamento de nitrogênio podem ter sido mascaradas pelo adequado sincronismo entre energia e proteína na dieta.

Diferentemente do Experimento 1, no Experimento 2 foram observadas correlações negativas moderadas e estatisticamente significativas entre CAR e ureia. Entretanto, é importante interpretar corretamente a direção dessa associação. Como

animais mais eficientes apresentam CAR negativo, a correlação negativa indica que animais mais eficientes apresentaram maiores concentrações de ureia, resultado que diverge da maior parte da literatura.

Estudos como os de Nascimento *et al.* (2015) e Campos *et al.* (2015) demonstraram que animais de baixo CAR apresentaram menores concentrações de ureia plasmática, sugerindo maior eficiência na utilização do nitrogênio dietético. Da mesma forma, Clemmons *et al.* (2023) observaram maiores valores de BUN em animais de alto CAR, reforçando que maiores concentrações de ureia estariam associadas à menor eficiência.

Portanto, os resultados do Experimento 2 não corroboram diretamente esses achados. Algumas hipóteses podem explicar essa divergência. O Experimento 2 recebeu dieta composta por 95% de volumoso e apenas 5% de concentrado, o que representa um sistema nutricional com predominância de fibra e menor densidade energética quando comparado ao Experimento 1, cuja dieta continha 40% de concentrado. Essa diferença na proporção volumoso:concentrado impacta diretamente o padrão fermentativo ruminal e, consequentemente, o metabolismo do nitrogênio.

Conforme descrito por Van Soest (1994), dietas com maior participação de volumosos favorecem a fermentação com maior produção de acetato e menor proporção de propionato. Já dietas com maior inclusão de concentrado estimulam maior produção de propionato, principal precursor gliconeogênico nos ruminantes, conforme discutido por Aschenbach *et al.* (2010) e Ortega Cerrilla *et al.* (2003).

No contexto do metabolismo proteico, dietas predominantemente volumosas podem apresentar menor sincronização entre disponibilidade de energia rapidamente fermentável e nitrogênio degradável no rúmen. Segundo Patino (2000) e Wittwer *et al.* (1993), quando há descompasso entre energia e proteína, parte da amônia produzida no rúmen não é eficientemente incorporada à proteína microbiana, sendo absorvida e convertida em ureia no fígado, elevando sua concentração sanguínea.

Assim, no Experimento 2, o elevado teor de volumoso pode ter modificado a dinâmica de utilização do nitrogênio, alterando o padrão de reciclagem da ureia descrito por Aquino *et al.* (2009) e Sousa (2020).

Nesse contexto, a associação negativa observada pode indicar que, nessas condições da dieta, os mecanismos fisiológicos relacionados à eficiência alimentar não estejam necessariamente vinculados à menor produção de ureia, mas possivelmente a diferenças na reciclagem de nitrogênio e na dinâmica de fermentação ruminal. Assim, a

ureia sanguínea pode responder de maneira distinta conforme o ambiente nutricional ao qual os animais estão submetidos.

Como análise complementar, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para avaliar o efeito das classes de consumo alimentar residual (CAR alto, médio e baixo) sobre as variáveis estudadas, a fim de verificar a existência de diferenças significativas entre os grupos (tabela 5).

Tabela 5. Médias e desvios padrão (entre parênteses) para os teores sanguíneos de ureia obtidos ao meio (UREIA MEIO), final (UREIA FINAL) e na média (UREIA MÉDIA) entre os dois períodos, de duas provas de eficiência alimentar (Experimento 1 e B), realizadas em bovinos da raça Nelore, de acordo com as classes de consumo alimentar residual (CAR).

Classes de CAR	UREIA MEIO	UREIA FINAL	UREIA MÉDIA
EXPERIMENTO 1			
CAR Baixo	27,10 (2,17)	25,99 (1,59)	26,54 (1,40)
CAR Médio	30,77 (4,91)	31,40 (5,04)	31,26 (4,21)
CAR Alto	28,92 (1,93)	31,24 (0,67)	30,40 (1,22)
EXPERIMENTO 2			
CAR Baixo	14,32 (2,85)	9,29 (4,62)	11,80 (0,88)
CAR Médio	11,72 (3,80)	6,30 (2,85)	9,01 (2,96)
CAR Alto	8,60 (1,75)	4,63 (1,55)	6,61 (1,49)

Após análise, tanto no Experimento 1 quanto no Experimento 2, as concentrações de ureia plasmática avaliadas no meio da prova, ao final da prova e na média entre os dois períodos, não foi observado efeito significativo ($p > 0,05$) das classes de consumo alimentar residual (CAR alto, médio e baixo).

Esses resultados indicam que a eficiência alimentar dos animais, representada pelas classes de CAR, não esteve associada a alterações nos parâmetros sanguíneos de ureia avaliados nas condições experimentais adotadas.

A ureia sanguínea é um indicativo do metabolismo proteico e da utilização do nitrogênio dietético, refletindo o equilíbrio entre ingestão de proteína, degradação ruminal e aproveitamento para síntese microbiana e tecidual. Dessa forma, esperava-se que possíveis diferenças na eficiência alimentar pudessem se refletir em variações nas concentrações de ureia. No entanto, a ausência de diferença entre as classes de CAR sugere que os animais, independentemente da eficiência alimentar, apresentaram padrão semelhante de metabolismo nitrogenado ao longo do período experimental.

4.2. Glicose

A Tabela 6 apresenta as estatísticas descritivas do consumo alimentar residual (CAR) e das concentrações sanguíneas de glicose obtidas nos diferentes momentos de coleta (meio, final e média) nos experimentos 1 e 2.

Tabela 6. Análise descritiva do consumo alimentar residual (CAR) e dos teores de glicose obtidos ao meio (GLICOSE MEIO), final (GLICOSE FINAL) e na média (GLICOSE MEDIA) entre os dois períodos, das duas provas de eficiência alimentar (Experimento 1 e B) realizadas com dados de bovinos da raça Nelore.

Variável	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
EXPERIMENTO 1					
CAR (kg de MS/dia)	29	0	0,723	-1,475	1,398
GLICOSE MEIO (mg/dL)	29	87,808	10,906	71,670	119,850
GLICOSE FINAL (mg/dL)	29	88,049	13,814	73,240	138,060
GLICOSE MÉDIA (mg/dL)	29	87,928	11,855	75,060	128,955
EXPERIMENTO 2					
CAR (kg de MS/dia)	24	0	0,922	-1,744	2,271
GLICOSE MEIO (mg/dL)	24	71,350	7,233	63,540	97,510
GLICOSE FINAL (mg/dL)	24	69,912	5,256	62,780	84,810
GLICOSE MÉDIA (mg/dL)	24	70,631	5,780	63,465	91,160

Em relação às concentrações de glicose, no Experimento 1, observa-se que os valores médios foram bastante próximos entre os diferentes momentos de coleta. A média no período intermediário foi de 87,808 mg/dL, enquanto no período final foi de 88,049 mg/dL, resultando em uma média geral de 87,928 mg/dL. Esses valores muito semelhantes indicam estabilidade nas concentrações de glicose ao longo do período experimental, sem grandes variações entre as coletas.

No Experimento 2, também se observa comportamento semelhante, com valores médios relativamente próximos entre os períodos avaliados. A média de glicose no período intermediário foi de 71,350 mg/dL, enquanto no período final foi de 69,912 mg/dL, resultando em uma média geral de 70,631 mg/dL. Embora haja uma pequena redução no período final em relação ao período intermediário, os valores permanecem próximos, indicando pequena variação nas concentrações de glicose ao longo das coletas.

Ao comparar os dois lotes, observa-se que as médias de glicose do Experimento 1 foram superiores às do Experimento 2 em todos os momentos avaliados, evidenciando diferença consistente entre os lotes ao longo de todo o período experimental. Essa

diferença indica que, independentemente do momento de coleta, os animais do Experimento 1 apresentaram concentrações sanguíneas de glicose mais elevadas em comparação aos animais do Experimento 2.

Essa diferença entre os lotes pode estar relacionada à composição da dieta fornecida aos animais. O Experimento 1 recebeu uma dieta com maior proporção de concentrado, dietas com maior inclusão de concentrado tendem a aumentar a produção de propionato no rúmen, principal precursor da gliconeogênese hepática em ruminantes. Como consequência, há maior disponibilidade de glicose no organismo, o que pode explicar as maiores concentrações sanguíneas de glicose observadas no Experimento 1. Por outro lado, dietas com maior proporção de volumoso favorecem a produção de acetato e butirato na fermentação ruminal, resultando em menor disponibilidade de propionato e, consequentemente, menores concentrações de glicose sanguínea, como observado no Experimento 2.

A análise de correlação realizada entre o consumo alimentar residual (CAR) e as concentrações sanguíneas de glicose não evidenciou associação significativa em nenhum dos lotes avaliados. Tanto no Experimento 1 (tabela 7) quanto no Experimento 2 (tabela 8), todos os valores de *p* foram superiores a 0,05, indicando ausência de correlação estatisticamente significativa entre as variáveis analisadas. Dessa forma, os resultados sugerem que, nas condições experimentais do presente estudo, as concentrações de glicose sanguínea não apresentaram relação com a eficiência alimentar dos animais, representada pelo CAR.

Tabela 7. Estimativas de correlação de Pearson (acima da diagonal) e suas respectivas significâncias (abaixo da diagonal) entre o consumo alimentar residual (CAR) e os teores sanguíneos de glicose obtidos ao meio (GLICOSE MEIO), final (GLICOSE FINAL) e na média (GLICOSE MÉDIA) entre os dois períodos, da prova de eficiência alimentar com dieta de 60% de volumoso e 40% de concentrado (Experimento 1) em bovinos da raça Nelore.

	CAR	GLICOSE MEIO	GLICOSE FINAL	GLICOSE MÉDIA
CAR	1	-0,139	0,051	-0,034
GLICOSE MEIO	0,473	1	0,838	0,948
GLICOSE FINAL	0,795	<0,0001	1	0,968
GLICOSE MÉDIA	0,859	<0,0001	<0,0001	1

Tabela 8. Estimativas de correlação de Pearson (acima da diagonal) e suas respectivas significâncias (abaixo da diagonal) entre o consumo alimentar residual (CAR) e os teores sanguíneos de glicose obtidos ao meio (GLICOSE MEIO), final (GLICOSE FINAL) e na média (GLICOSE MÉDIA) entre os dois períodos, da prova de eficiência alimentar com dieta de 95% de volumoso e 5% de concentrado (Experimento 2) em bovinos da raça Nelore.

	CAR	GLICOSE MEIO	GLICOSE FINAL	GLICOSE MÉDIA
CAR	1	-0,032	0,020	-0,011
GLICOSE MEIO	0,883	1	0,706	0,947
GLICOSE FINAL	0,925	0,0001	1	0,897
GLICOSE MÉDIA	0,960	<0,0001	<0,0001	1

No Experimento 1, não foram observadas correlações significativas entre CAR e glicose em nenhum dos momentos avaliados ($p > 0,05$). Esse resultado está em consonância com Nascimento *et al.* (2015), que também não observaram associação significativa entre glicose plasmática e CAR. Os autores sugerem que a glicose apresenta rígido controle homeostático, sendo mantida relativamente constante mesmo diante de variações metabólicas.

Segundo Cantalapiedra-Hijar *et al.* (2024), a glicose isoladamente pode não ser um preditor consistente de eficiência alimentar, justamente devido ao forte controle hormonal envolvendo insulina, glucagon e cortisol.

De forma semelhante ao Experimento 1, o Experimento 2 também não apresentou correlações significativas entre CAR e glicose ($p > 0,05$).

Esse resultado diverge parcialmente de Clemmons *et al.* (2023), que observaram diferenças significativas entre grupos de alto e baixo CAR, embora com valores médios muito próximos. Entretanto, o próprio estudo destaca que a glicose sofre grande influência do momento da coleta e do estado fisiológico do animal.

Além disso, considerando o metabolismo da glicose em ruminantes, descrito por Aschenbach *et al.* (2010) e Ortega Cerrilla *et al.* (2003), a glicemia depende principalmente da gliconeogênese hepática a partir do propionato. Assim, variações na fermentação ruminal e na proporção volumoso:concentrado podem influenciar a disponibilidade energética sem necessariamente alterar de forma expressiva a glicose sanguínea.

Como análise complementar, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para avaliar o efeito das classes de consumo alimentar residual (CAR alto, médio e baixo)

sobre as variáveis estudadas, a fim de verificar a existência de diferenças significativas entre os grupos (tabela 9).

Tabela 9. Médias e desvios padrão (entre parênteses) para os teores sanguíneos de glicose obtidos ao meio (GLICOSE MEIO), final (GLICOSE FINAL) e na média (GLICOSE MÉDIA) entre os dois períodos, de duas provas de eficiência alimentar (Experimento 1 e B), realizadas em bovinos da raça Nelore, de acordo com as classes de consumo alimentar residual (CAR).

Classes de CAR	GLICOSE MEIO	GLICOSE FINAL	GLICOSE MÉDIA
EXPERIMENTO 1			
CAR Baixo	91,26 (10,84)	85,78 (6,80)	88,52 (8,43)
CAR Médio	86,58 (9,81)	87,35 (12,54)	86,97 (10,60)
CAR Alto	90,80 (17,70)	93,97 (25,08)	92,39 (21,39)
EXPERIMENTO 2			
CAR Baixo	82,25 (21,58)	75,23 (13,56)	78,74 (17,57)
CAR Médio	69,44 (3,93)	68,77 (4,40)	69,10 (3,38)
CAR Alto	74,49 (6,65)	72,42 (2,41)	73,45 (4,51)

Após a realização das análises, verificou-se que, tanto no Experimento 1 quanto no Experimento 2, as concentrações de glicose plasmática mensuradas no meio da prova, ao final da prova e na média dos dois períodos não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) das classes de consumo alimentar residual (CAR alto, médio e baixo). Esses achados mostram que a eficiência alimentar dos animais, expressa pelo CAR, não esteve relacionada às concentrações de glicose, nas condições experimentais avaliadas.

Mesmo quando analisada por meio da comparação entre classes de CAR, a glicose não apresentou diferenças significativas, reforçando evidências da literatura de que a glicose isoladamente não constitui um parâmetro consistente para avaliação da eficiência alimentar. Cònsolo *et al.*, (2018) não identificou variações significativas na glicose plasmática entre classes de eficiência alimentar, destacando que alterações metabólicas associadas ao CAR envolvem mecanismos mais complexos do que a concentração glicêmica basal isolada.

Assim, alterações na eficiência alimentar podem estar mais relacionadas à dinâmica de utilização da glicose pelos tecidos, à sensibilidade insulínica do que propriamente à concentração sanguínea isolada. Esse forte controle fisiológico limita a capacidade da glicose plasmática basal de refletir diferenças sutis na eficiência metabólica, reduzindo sua aplicabilidade como biomarcador isolado de eficiência alimentar.

5. CONCLUSÃO

Os teores sanguíneos de ureia e glicose não se mostraram bioindicadores consistentes para eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore, independentemente do estado nutricional, uma vez que não foram observadas alterações mesmo sob diferentes proporções de concentrado na dieta, sendo recomendado mais estudos com maior número de animais para melhor compreender seu potencial como biomarcadores.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. C. **Níveis dietéticos de proteína bruta sobre o metabolismo de nitrogênio**. 2017. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/3170>. Acesso em: 25 ago. 2025.
- ALMEIDA, R.; PAZZANESE, D.; ROBERTO, P. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, Campo Grande, 2004. **Anais [...]**. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001388310>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- AQUINO, A. A. et al. Utilização de nitrogênio não protéico na alimentação de vacas leiteiras: metabolismo, desempenho produtivo e composição do leite. **Revista Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 575-591, 2023. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/1255>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- ARTHUR, P. F. et al. **Response to selection for net feed intake in beef cattle**. *In: ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS*, 14., 2001. Queenstown. *Proceedings...* Queenstown: AAABG, 2001. p. 135-138. Disponível em: <https://www.aaabg.org/livestocklibrary/2001/ab01031.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 37, p. 269-279, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300031>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/CcGzFdm64ypMBwbKLfp6v5k/?lang=en>. Acesso em: 2 mar. 2026.
- ARTHUR, P. F. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 79, n. 11, p. 2805-2811, 2001. DOI: <https://doi.org/10.2527/2001.79112805x>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/79/11/2805/4645243>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- ASCHENBACH, J. R. et al. Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough. **IUBMB Life**, [s. l.], v. 62, n. 12, p. 869-877, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1002/iub.400>. Disponível em: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/iub.400>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 2, p. 189-204, 2003. DOI: <https://doi.org/10.4141/A02-065>. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/A02-065>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v. 70, n. 2, p. 567-590, 1990. DOI:

<https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.2.567>. Disponível em:
<https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/A02-065>. Acesso em: 2 mar. 2026.

CAMPOS, M. M. et al. Tecnologias para avaliação de desempenho genético de bovinos de corte. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], n. 81, p. 49-62, 2015.

Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1037877/1/Cnpogl2015CadTecVetZootTecnologias.pdf>. Acesso em: 19 de set. 2025.

CANTALAPIEDRA-HIJAR, G. et al. Some plasma biomarkers of residual feed intake in beef cattle remain consistent regardless of intake level. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 14, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59253-7>. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/s41598-024-59253-7>. Acesso em: 12 ago. 2025.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA).

Boi Cepea: Brasil é o maior produtor de carne bovina do mundo. Piracicaba, 2025.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em:

<https://www.cepea.org.br/br/diarias-de-mercado/boi-cepea-brasil-e-o-maior-produtor-de-carne-bovina-do-mundo.aspx>. Acesso em: 3 mar. 2026.

CLEMMONS, B. A. et al. Blood parameters associated with residual feed intake in beef heifers. **BMC Research Notes**, [s. l.], v. 16, 2023. DOI:

<https://doi.org/10.1186/s13104-023-06444-6>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1186/s13104-023-06444-6>. Acesso em: 15 ago. 2025.

CÔNSOLO, N. R. B. et al. Associations of blood analysis with feed efficiency and developmental stage in grass-fed beef heifers. **Animals**, [s. l.], v. 8, n. 8, p. 1-13, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.3390/ani8080138>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/8/8/138>. Acesso em: 3 mar. 2026.

DRACKLEY, J. K.; OVERTON, T. R.; DOUGLAS, G. N. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 11, 1999. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75474-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75474-3).

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030299754743>. Acesso em: 9 ago. 2025.

FOOTE, A. P. et al. Association of glucose metabolism and insulin resistance with feed efficiency and production traits of finishing beef steers. **Journal of Animal Science, Oxford**, v. 102, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skae050>. Disponível em:

<https://academic.oup.com/jas/article/doi/10.1093/jas/skae050/7613799>. Acesso em: 12 ago. 2025.

GRION, A. L. **Parâmetros genéticos de medidas indicadoras de eficiência alimentar de bovinos de corte**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2012. Disponível em:

<https://iz.agricultura.sp.gov.br/pdfs/1367498272.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2025.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Volume 1 – Mecânica**. 9. ed. [s. l.]: LTC, 2012. Disponível em: <https://archive.org/details/halliday->

[resnick-walker-fundamentos-de-fisica-nona-edicao-volume-1-mecanica](#). Acesso em: 25 ago. 2025.

HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, [s.l.] v. 82, n. 10, p. 1500-1508, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1500>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119439278>. Acesso em: 12 ago. 2025.

HUNTINGTON, G. B.; HARMON, D. L.; RICHARDS, C. J. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Raleigh, v. 84, p. 14-24, 2006. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75474-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75474-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030299754743>. Acesso em: 10 ago. 2025.

KELLY, A. K. et al. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 88, n. 1, p. 109-123, 2010. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2196>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19820067/>. Acesso em: 13 set. 2025.

KOCH, R. t al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 22, p. 486-494, 1963. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1963.222486x>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/22/2/486/4699113>. Acesso em: 13 ago. 2025.

LEÃO, J. M. et al. How divergence for feed efficiency traits affects body measurements and metabolites in blood and ruminal parameters on pre-weaning dairy heifers. **Animals**, [s. l.], v. 11, n. 12, p. 3436, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11123436>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/12/3436>. Acesso em: 3 jan. 2026.

LIMA, N. L. L.; PEREIRA, I. G.; RIBEIRO, J. S. Consumo alimentar residual como critério de seleção para eficiência alimentar. **Acta Veterinaria Brasilica**, Belo Horizonte, v. 7, n. 4, p. 255-260, 2013. DOI: <https://doi.org/10.21708/avb.2013.7.4.3269>. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/acta/article/view/3269/5289>. Acesso em: 13 set. 2025.

MENDES, E. D. M.; CAMPOS, M. M. Eficiência alimentar em bovino de corte. **Informe Agropecuário**, [s.l.], v. 37, n. 292, p. 28-38, 2016. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1069956>. Acesso em: 12 ago. 2025.

MENDES, E. D. M. et al. **Procedimentos Para Mensuração De Consumo Individual De Alimento Em Bovinos De Corte**. 2. ed. Uberaba: ABCZ (Associação Brasileira de Criadores de Zebu), 2020. Disponível em: https://www.abcz.org.br/common/uploads/pmgz_pnat/3519.pdf. Acesso em: 13 set. 2025.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Agrostat - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. [s. l.], 2023. Site. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/cartas-de-servico/relacoes-internacionais-para-o-agronegocio/sistema-de-estatisticas-de-comercio-exterior-do-agronegocio-agrostat-brasil> . Acesso em: 13 set. 2025.

NASCIMENTO, C. F. et al. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 93, n. 3, p. 1318-1326, 2015. DOI: 10.2527/jas.2014-8368. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/93/3/1318/4563421>. Acesso em: 15 ago. 2025.

NASCIMENTO, M. L. **Eficiência alimentar e suas associações com o lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore**. 2011. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-24012012-094448/publico/MICHELE_LOPES_NASCIMENTO_VERSAO_REVISADA.pdf Acesso em: 13 ago. 2025.

OLIVEIRA, L. F.. **Consumo alimentar residual e produção de metano entérico de bovinos em confinamento e pastagem**. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/039073a5-6648-42b6-92ef-cla73d80709c>. Acesso em: 15 ago. 2025.

ORTEGA CERRILLA, M. E.; MENDOZA MARTÍNEZ, G. Starch digestion and glucose metabolism in the ruminant: a review. **INCI**, Caracas, v. 28, n. 7, p. 380-386, jul. 2003. Disponível em: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442003000700005&script=sci_arttext. Acesso em: 13 ago. 2025.

PATINO, H. O. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. 2000. [S. l.: s. n.], Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26657/000274557.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2025.

RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, [s. l.], v. 44, n. 5, p. 431-440, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA02221>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/an/EA02221>. Acesso em: 12 ago. 2025.

SANTOS, G. T.; CAVALIERI, F. L. B.; MODESTO, E. C. Recentes avanços em nitrogênio não protéico na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, Lavras. **Anais[...]**. Lavras: UFLA, 2001. p. 199-228. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/recentes.pdf> . Acesso em: 16 ago. 2025.

SANTOS, G. P., **Eficiência alimentar, parâmetros sanguíneos e comportamento ingestivo de machos e fêmeas da raça Nelore**. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2014.

SOUSA, J. A. **Manejo e desempenho de bovinos em sistemas intensivos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2020. Disponível em: <https://umbu.uft.edu.br/bitstream/11612/3259/1/Jhonatta%20Andrade%20Sousa%20-%20TCC%20Monografia%20-%20Zootecnia.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2025.

TREVIZAN, N. **Relação do consumo alimentar residual com desempenho, parâmetros metabólicos e crescimento de bovinos Nelore**. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2016. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/bvs-vet/resource/pt/vtt-200341>. Acesso em: 13 ago. 2025.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/127061647/Livro-Van-Soest-Traduzido-Nutritional-Ecology-of-the-Ruminant-2nd-Edition>. Acesso em: 20 ago. 2025.

WITTWER, F. **Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. p. 9-22. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/178391/001067213.pdf#page=65>. Acesso em: 20 ago. 2025.