

TERMINAÇÃO DE NOVILHOS SUPLEMENTADOS OU NÃO EM PASTAGENS - ABORDAGEM META-ANALÍTICA

Finishing steers supplemented or not on pasture - a meta-analytic approach

Bruna Seger da Silva Pinheiro

Instituto Federal Farroupilha, *Campus* Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, Brasil.
bruna.2021013630@aluno.iffar.edu.br - <https://orcid.org/0009-0003-7938-2143>

Rangel Fernandes Pacheco

Instituto Federal Farroupilha, *Campus* Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, Brasil.
rangel.pacheco@iffarroupilha.edu.br - <https://orcid.org/0000-0002-4444-870X>

Palavras-chave

análises de componentes principais
desempenho animal
meta-análise
suplementação

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da suplementação estratégica sobre o desempenho produtivo de novilhos terminados em pastagem, por meio de uma revisão sistemática e meta-análise. Foram selecionados 12 estudos que atenderam aos critérios de elegibilidade, totalizando 43 observações extraídas e analisadas estatisticamente. O estudo envolveu a comparação entre novilhos suplementados e não suplementados. As variáveis-respostas foram: peso inicial, peso ao abate, ganho médio diário e carga animal. Os dados foram submetidos à análise de variância ou ao teste de *Kruskal-Wallis*, conforme os pressupostos de normalidade. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para verificar a formação de agrupamentos entre os grupos "suplementado" e "não suplementado". Os resultados indicaram ausência de diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis avaliadas, embora tenha sido observada diferença numérica favorável aos animais suplementados para ganho médio diário. A PCA indicou perfis produtivos distintos, com associação dos animais suplementados a variáveis relacionadas ao desempenho individual. A suplementação estratégica pode estar associada a perfis produtivos mais favoráveis em sistemas de terminação a pasto, embora mais estudos com grupos controle bem definidos sejam necessários para fortalecer as evidências.

Keywords

principal component analysis
animal performance
meta-analysis
supplementation

Abstract

This study aimed to evaluate the influence of strategic supplementation on the productive performance of steers finished on pasture, through a systematic review and meta-analysis. Twelve studies that met the eligibility criteria were selected, totaling 43 observations extracted and statistically analyzed. The study involved the comparison between supplemented and non-supplemented steers. The response variables were: initial weight, slaughter weight, average daily gain, and stocking rate. Data were

subjected to analysis of variance or the Kruskal-Wallis test, according to normality assumptions. Principal Component Analysis (PCA) was used to verify the formation of groupings between the “supplemented” and “non-supplemented” groups. The results indicated no statistically significant differences between treatments for the evaluated variables, although a numerical difference favorable to supplemented animals was observed for average daily gain. PCA indicated distinct productive profiles, suggesting that supplementation may positively influence individual performance even under variable conditions among studies. Strategic supplementation may be associated with more favorable productive profiles in pasture-based finishing systems, although more studies with well-defined control groups are needed to strengthen the evidence.

1 Introdução

Os sistemas produtivos com bovinos de corte são caracterizados por modelos extensivos de produção a pasto e com poucas práticas de manejo. Embora alguns indicadores produtivos da atividade tenham melhorado nas últimas décadas, tais como a redução da idade de abate dos machos e do primeiro acasalamento das fêmeas, maiores taxas de natalidade e maior peso de abate, ainda existem variáveis passíveis de melhoria, principalmente as que estão relacionadas à nutrição e alimentação dos animais. Isso ocorre porque a sazonalidade da produção de biomassa das pastagens, em algumas regiões do país, reduz a oferta de forragem e o valor nutritivo das dietas dos animais (Dill *et al.*, 2020; López-González *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2018), tornando necessária a complementação alimentar com forragens conservadas ou alimentos concentrados, a fim de manter níveis constantes de produtividade nas fazendas (Dill *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2025; Sessim *et al.*, 2020).

A administração de alimentos concentrados aos bovinos, tais como grãos, subprodutos e rações concentradas, visa otimizar seu desempenho, especialmente em períodos de baixa qualidade nutricional das pastagens (Carvalho *et al.*, 2014). A escolha da quantidade de suplemento a ser oferecida depende de vários fatores, incluindo o objetivo do produtor, os custos do suplemento e as condições econômicas, como o preço dos grãos e a venda dos animais (Lima *et al.*, 2012). A suplementação estratégica, se bem planejada, pode corrigir a limitação de nutrientes nas pastagens e melhorar o desempenho dos animais, como ganho de peso e peso de abate (Quadros *et al.*, 2016).

A eficácia do uso de suplementação na terminação de bovinos de corte é uma temática amplamente discutida, com elevada variabilidade técnica e respostas biológicas. À medida que se aumenta a oferta de suplemento, observa-se uma tendência de redução na eficiência alimentar, devido à saturação na absorção e utilização de nutrientes pelos animais. Segundo Mertens (1994),

o consumo voluntário é a principal variável que afeta o desempenho, estando diretamente relacionado à capacidade do ruminante de processar e utilizar o alimento no rúmen. Poppi e McLennan (1995) reforçam que, embora a suplementação vise suprir nutrientes limitantes e melhorar a eficiência das pastagens, níveis elevados nem sempre resultam em ganhos proporcionais no desempenho.

Apesar da reconhecida literatura sobre suplementação a pasto, ainda há divergências quanto à extensão dos efeitos sobre desempenho e lotação, especialmente quando comparados animais que são ou não suplementados (Garcia *et al.*, 2014; Vaz; Lobato; Pacheco, 2013). Nesse contexto, a aplicação de procedimentos meta-analíticos, por meio de revisão sistemática e estatísticas multivariadas, tem se mostrado uma alternativa eficaz para compreender e prever respostas produtivas com base em características de fácil mensuração (Cardoso *et al.*, 2019; Pacheco *et al.*, 2021; Mota *et al.*, 2024). Uma das alternativas para estudos multivariados é a Análise de Componentes Principais (PCA) (Jolliffe, 2022), que representa uma técnica estatística não supervisionada voltada à redução da dimensionalidade dos dados e maximização da variância explicada, com o intuito de identificar possíveis agrupamentos entre os tratamentos.

A hipótese deste estudo é que o uso de PCA na meta-análise de publicações científicas realizadas com estudos da suplementação em bovinos a pasto, durante a terminação, possibilita identificar padrões de desempenho que sinalizam animais que receberam ou não suplementação na terminação. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da suplementação estratégica sobre o desempenho produtivo de novilhos terminados em pastagem, por meio de uma síntese quantitativa com abordagem meta-analítica e análise multivariada.

2 Material e Métodos

A pesquisa ocorreu no Instituto Federal Farroupilha, *Campus* Frederico Westphalen, no período de janeiro a junho de 2025. Foram avaliados artigos publicados em revistas científicas com acesso livre e que avaliaram a suplementação de bovinos em pastagens durante a fase de terminação. Os artigos foram selecionados a partir das bases de dados *SciELO* e *Scopus*.

A estratégia de busca foi estruturada com base no acrônimo Paciente/Problema, Intervenção, Comparação e *Outcomes*/Desfecho – PICO (Santos; Pimenta; Nobre, 2007), adotado em revisões sistematizadas e estudos de síntese quantitativa na área de produção animal, conforme metodologia previamente empregada por Pacheco *et al.* (2024). Neste estudo, o componente P correspondeu a novilhos de corte terminados em pastagem; o componente I, à suplementação alimentar em sistemas a pasto; o componente C, à comparação com animais não suplementados,

considerados como tratamento testemunha; e o componente O, aos desfechos de desempenho produtivo, especialmente ganho médio diário, peso ao abate e carga animal (Tabela 1).

TABELA 1 - Descrição da estratégia PICO e elaboração das palavras-chave

Acrônimo*	Definição	Protocolo de busca	Estratégia de busca
P	Paciente ou problema	Bovinos de corte - Novilhos	beef cattle - steers
I	Intervenção	Suplementação alimentar em pastagem	(supplementation OR supplementation levels) AND (pasture OR grazing)
C	Controle ou comparação	Animais não suplementados/testemunha	non-supplemented OR control OR no supplementation
O	Desfecho ("outcomes")	Desempenho ou ganho médio diário.	performance OR average daily gain

*P=Paciente/Problema; I= Intervenção; C=Comparação; O=Outcomes/Desfecho, conforme estratégia PICO (Santos; Pimenta; Nobre, 2007).

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

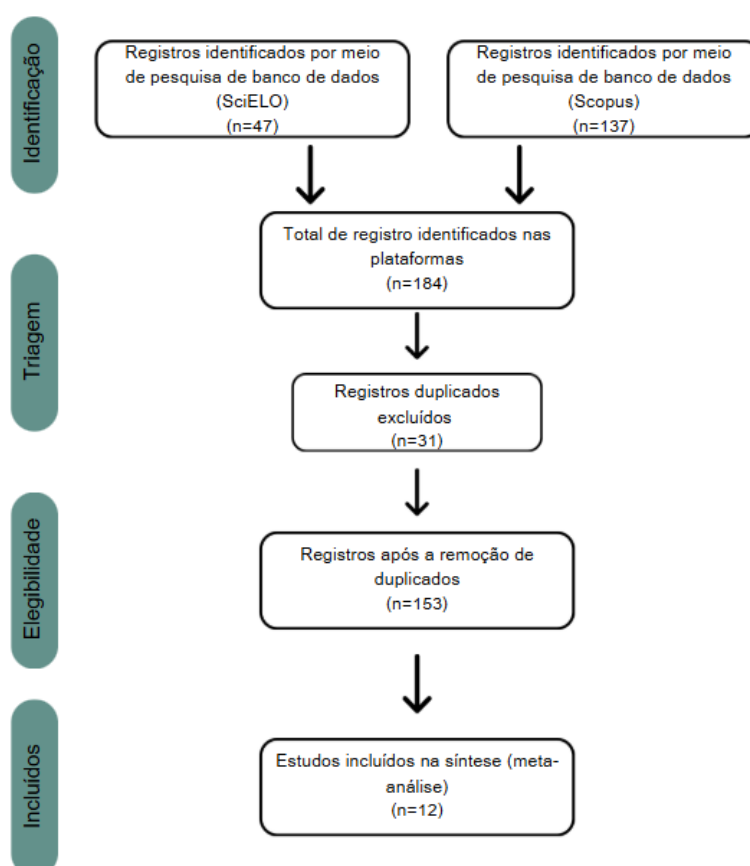
A pesquisa na base *SciELO* foi realizada no dia 16 de janeiro de 2025, às 20h15, resultando na identificação de 47 registros recuperados pela estratégia de busca. Posteriormente, a busca na base *Scopus* ocorreu no dia 21 de janeiro de 2025, às 16h04, onde foram encontrados 264 materiais sobre o tema. Para garantir o acesso completo ao conteúdo dos estudos, foi aplicado o filtro de acesso aberto, restringindo a seleção apenas aos materiais com acesso totalmente aberto, o que reduziu o número final para 137 estudos. Esse processo assegurou que apenas publicações acessíveis e relevantes fossem incluídas na análise. Ao final da primeira seleção, foram totalizados 184 artigos. Após a etapa de busca, os artigos foram identificados com um código referente à base de dados e à ordem de *download*.

Na etapa de triagem dos dados, utilizou-se a ferramenta de inteligência artificial *NotebookLM*, a qual oferece suporte na análise e organização de conteúdos textuais. Essa plataforma permite a importação de diferentes tipos de arquivos, como PDFs, Documentos e Apresentações do *Google*, bem como *links* de páginas da *web*. Foi elaborado um caderno digital com os 184 artigos selecionados em formato PDF, com o objetivo de garantir organização, rastreabilidade e facilitar a sistematização e análise dos conteúdos.

A seleção dos artigos teve como base alguns critérios previamente estabelecidos. Os estudos elegíveis deveriam atender aos seguintes requisitos: serem pesquisas de campo (excluindo-se meta-análises); abordarem a terminação de bovinos em pastagem com suplementação e incluírem, no mínimo, um tratamento controle sem suplementação. O processo de

seleção está representado no fluxograma de seleção dos estudos (Figura 1), no qual se observa que, inicialmente, foram identificados 184 registros por meio das bases de dados *SciELO* ($n = 47$) e *Scopus* ($n = 137$). Após a exclusão de 31 registros duplicados, restaram 153 artigos para avaliação. Destes, 12 estudos atenderam integralmente aos critérios de elegibilidade e foram incluídos na síntese final (meta-análise).

FIGURA 1 - Seleção de Estudos para Composição da Meta-Análise: Etapas de Identificação, Triagem, Elegibilidade e Inclusão.



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

A organização e a triagem textual dos artigos foram realizadas com o apoio da ferramenta *NotebookLM*, com conferência manual pelos pesquisadores. Os artigos selecionados foram avaliados na íntegra para construção da base de dados. Nesta abordagem, cada tratamento extraído dos estudos primários foi considerado uma unidade observacional da base meta-analítica. Assim, as análises comparativas foram conduzidas sobre médias de tratamentos, sem imputação

de dados ausentes, com posterior avaliação univariada e multivariada das variáveis de desempenho. Foram extraídas informações relativas ao local de realização da pesquisa, número de animais utilizados, peso vivo, escore de condição corporal, carga animal ou lotação, tipo de suplementação e nível de suplementação. Na Tabela 2 é apresentada uma síntese dos artigos utilizados na meta-análise.

TABELA 2 - Descrição dos estudos utilizados na meta-análise.

Artigo	País	Pastagem	Tipo de suplemento	Suplementação (% do peso vivo)
Sossa; Barahona (2015).	Colômbia	Capim-kikuio (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	mistura energética	0,0 e ~ 0,2%
Olmedo <i>et al.</i> (2011).	Paraguai	<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	mistura energética	0,0 e 1,0%
Fernandes; Reis; Paes (2010).	Brasil	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	mistura energética	0,0 e 0,6%
Medeiros <i>et al.</i> (2010).	Brasil	<i>Avena strigosa</i> Schreb e <i>Lolium multiflorum</i> L.	mistura energética	0,0; 0,4; 0,8 e 1,2%
Porto <i>et al.</i> (2008).	Brasil	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf.	milho	0,0 e 0,23%
Ítavo <i>et al.</i> (2016).	Brasil	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-4	proteico-energético-mineral	0,0 e <i>ad libitum</i>
Rodas-González <i>et al.</i> (2006).	Venezuela	<i>Echinochloa polystachia</i>	mistura energética	0,0 e 0,33%
Lima <i>et al.</i> (2004).	Brasil	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf.	mistura energética	0,0; 0,15; 0,30 e 0,45%
Detmann <i>et al.</i> (2004).	Brasil	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf.	mistura energética	0,0% e ~ 1,0%
Hellbrugge <i>et al.</i> (2008).	Brasil	<i>Lolium multiflorum</i>	milho	0,0 e 0,4%
Goes <i>et al.</i> (2005).	Brasil	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	mistura energética	0,0; 0,125; 0,25; 0,5 e 1,0%
Rocha <i>et al.</i> (2020).	Brasil	<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	proteico-energético	0,0 e 0,75%

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Para cada média obtida, também foi coletada uma medida de dispersão, como erro-padrão, desvio-padrão ou coeficiente de variação. O resumo estatístico da base de dados utilizada neste estudo, evidenciando as principais variáveis analisadas, bem como o número de estudos e observações consideradas encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3 - Resumo estatístico com a base de dados incluídos no estudo

Variável*	Nº de Estudos	n total	Média	Mínimo	Máximo
PI (kg de peso vivo)	12	43	326,67	181	396,3
PA (kg de peso vivo)	11	39	429,38	265	520,15
GMD (kg por dia)	12	43	1,00	0,277	1,914
CARGA (kg de peso vivo por ha)	9	33	612,35	310	1138,5

*PI = peso inicial; PA = peso ao abate; GMD = ganho médio diário; CARGA = carga animal

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Os dados foram submetidos à síntese quantitativa com abordagem meta-analítica e análise multivariada com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação sobre as variáveis de desempenho e manejo dos animais. As análises foram conduzidas em ambiente *Python* (versão 3.11), utilizando os pacotes *scikit-learn*, *scipy*, *pandas*, *numpy* e *matplotlib*. A abordagem meta-analítica foi conduzida a partir das médias dos tratamentos extraídas dos artigos, consideradas como unidades observacionais. Não foram empregados modelos ponderados por variância inversa ou modelos de efeitos aleatórios, em razão da heterogeneidade das informações disponíveis entre os estudos.

Inicialmente, as variáveis consideradas na análise: peso inicial (PI), peso ao abate (PA), ganho médio diário (GMD), carga animal (CARGA), foram exploradas quanto à distribuição e consistência. Valores faltantes foram tratados como ausentes e não imputados, de modo a preservar a integridade do conjunto de dados. A análise de normalidade das variáveis foi realizada separadamente para os grupos Suplementado (composto por animais com níveis de suplementação superiores a 0%) e Não Suplementado, utilizando o teste de *Shapiro-Wilk*, com nível de significância de 5%. As variáveis normalmente distribuídas foram submetidas à análise de variância unifatorial (ANOVA), enquanto aquelas que apresentaram violação da normalidade foram analisadas por meio do teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*.

Para caracterização da estrutura multivariada dos dados, foi aplicada uma análise de componentes principais (PCA), com padronização prévia das variáveis (*z-score*), a fim de eliminar efeitos de escala. A PCA foi conduzida com as variáveis PI, PA, GMD e CARGA, permitindo

identificar as combinações lineares que maximizam a variância explicada e visualizar padrões de agrupamento entre os grupos de suplementação. As cargas fatoriais das variáveis nos componentes principais foram extraídas e analisadas para interpretar a contribuição relativa de cada variável na estrutura multivariada.

Ferramentas de inteligência artificial generativa (*ChatGPT Plus*, com recurso *Data Analyst GPT*) foram empregadas exclusivamente como suporte à automação de tarefas auxiliares - geração de *scripts*, formatação de resultados e revisão de comandos - sem participação no delineamento analítico ou na modelagem estatística dos dados.

Os resultados foram apresentados em tabelas contendo médias seguidas de erro-padrão, e os valores de p foram reportados de acordo com os testes aplicados.

3 Resultados

A análise comparativa entre novilhos suplementados e não suplementados não indicou diferenças estatisticamente significativas para peso inicial, peso ao abate, ganho médio diário e carga animal ($p > 0,05$; Tabela 4). Entretanto, observou-se diferença numérica favorável aos animais suplementados para ganho médio diário, com valor de p próximo ao nível de significância adotado ($p = 0,0599$; Tabela 4).

TABELA 4 - Comparação das variáveis peso inicial (PI), peso ao abate (PA), ganho médio diário (GMD) e carga animal (CARGA) entre novilhos suplementados e não suplementados

Variável	Suplementado*	Não suplementado*	Valor de p
PI (kg de peso vivo)	330,75 ± 10,14	319,08 ± 13,90	0,5007
PA (kg de peso vivo)	437,01 ± 14,43	408,56 ± 19,82	0,1779
GMD (kg por dia)	1,17 ± 0,11	0,87 ± 0,16	0,0599
CARGA (kg de peso vivo por ha)	642,65 ± 63,33	559,34 ± 74,68	0,1595

*Para cada variável, são apresentadas as médias ± erro-padrão.
Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Na Tabela 5 são apresentadas as cargas fatoriais das variáveis nos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2), obtidos por meio da análise de componentes principais (PCA). Esses coeficientes indicam o grau de correlação entre cada variável, permitindo a interpretação dos efeitos que mais contribuíram para a variância explicada em cada componente. Observa-se que o

Componente Principal 1 (PC1) apresentou correlação negativa com as variáveis PI (−0,5613), PA (−0,6414) e GMD (−0,5206), indicando que essas variáveis possuem maior peso na formação desse componente. Já a variável CARGA apresentou carga fatorial próxima de zero em PC1 (−0,0504), sugerindo baixa contribuição para esse componente.

No Componente Principal 2 (PC2), destaca-se a variável CARGA, com elevada carga fatorial positiva (+0,8611), indicando alta contribuição para esse componente. A variável PI também apresentou correlação positiva moderada com PC2 (+0,3146), enquanto PA (−0,0191) e GMD (−0,3990) demonstraram pouca ou nenhuma influência relevante sobre esse eixo. Esses resultados indicam que PC1 está mais relacionado a variáveis de desempenho individual dos animais (como ganho de peso e peso final), enquanto PC2 está fortemente associado à variável de desempenho por área, representada pela lotação animal (CARGA).

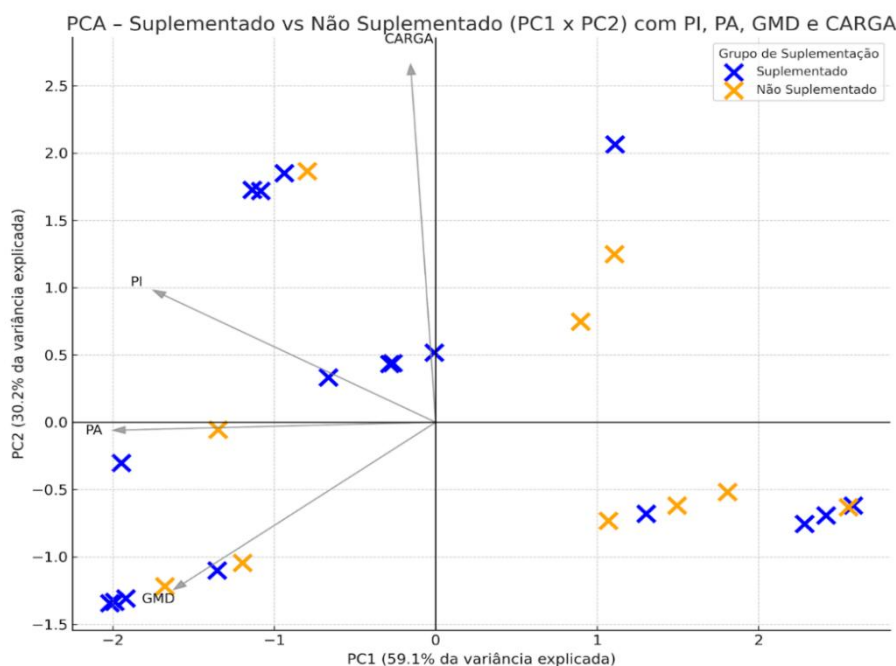
TABELA 5 - Cargas fatoriais das variáveis peso inicial (PI), peso ao abate (PA), ganho médio diário (GMD) e carga animal nos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2), obtidas pela análise de componentes principais conduzida com dados de novilhos em diferentes regimes de suplementação.

Variável	Carga fatorial em PC1	Carga fatorial em PC2
PI (kg de peso vivo)	−0,5613	+0,3146
PA (kg de peso vivo)	−0,6414	−0,0191
GMD (kg por dia)	−0,5206	−0,3990
CARGA (kg de peso vivo por ha)	−0,0504	+0,8611

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

O Componente Principal 1 (PC1) foi responsável por 59,1% da variância total, enquanto o Componente Principal 2 (PC2) explicou 30,2%, totalizando 89,3% da variabilidade dos dados representada nos dois primeiros eixos, o que justifica sua interpretação (Figura 2). No *biplot* gerado, os vetores das variáveis originais foram projetados sobre o plano PC1 × PC2. Como PI, PA e GMD apresentaram cargas fatoriais negativas em PC1, maiores valores dessas variáveis estão associados a indivíduos localizados no lado esquerdo do gráfico (PC1 < 0). Já a variável CARGA apresentou carga fatorial fortemente positiva em PC2, refletindo que animais com maior carga animal estão posicionados na parte superior do gráfico (PC2 > 0).

FIGURA 2 - Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) com distribuição dos novilhos suplementados e não suplementados em função das variáveis peso inicial (PI), peso ao abate (PA), ganho médio diário (GMD) e carga animal (CARGA), incluindo vetores de contribuição e identificação dos quadrantes multivariados.



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Em resumo, a configuração vetorial identificada na análise de PCA mostra que animais suplementados (representados pelos pontos azuis) estão associados a valores mais elevados de PI, PA e GMD. Em contrapartida, os animais não suplementados (em laranja) tendem a se posicionar à direita do gráfico ($PC1 > 0$), sugerindo menores valores para essas mesmas variáveis.

4 Discussão

A literatura que trata sobre suplementação na fase de terminação de bovinos de corte tem demonstrado a relevância das estratégias de suplementação, especialmente quando se busca a produção de novilhos precoces a pasto, com ganhos superiores a 0,650 kg/dia (GMD) (Assad *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2014; Garcia *et al.*, 2014; Lima *et al.*, 2012; Hellbrugge *et al.*, 2008; Fernandes; Reis; Paes, 2010; Goes *et al.*, 2003; Porto *et al.*, 2008; Detmann *et al.*, 2004; Gomes Júnior *et al.*, 2002). A implementação da suplementação alimentar estratégica tem potencial para promover aumento na taxa de ganho médio diário anual dos animais, reduzindo o período necessário para

que atinjam o peso ideal de abate. Além disso, a antecipação do abate otimiza o uso da infraestrutura e dos recursos produtivos, proporcionando maior rotatividade do capital investido e favorecendo a entrega de animais mais jovens e valorizados comercialmente (Barbosa *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2012). No entanto, a ausência de significância estatística observada para as variáveis avaliadas (Tabela 4), possivelmente atribuída à elevada variabilidade intra e entre estudos, indica que a extensão do efeito da suplementação deve ser avaliada com parcimônia. Essa interpretação deve considerar fatores como níveis de suplementação, composição e qualidade dos suplementos, condições de manejo das pastagens e diferenças metodológicas entre os estudos incluídos.

A variável carga animal, que representa a capacidade de lotação das pastagens, apresentou orientação vertical e maior projeção sobre PC2, indicando que variou de maneira relativamente independente em relação ao desempenho individual dos animais. Esse resultado sugere que os valores de GMD observados nos estudos estiveram mais associados ao fornecimento de suplementação do que à variação na lotação animal. Entretanto, é importante destacar que a independência entre desempenho individual e carga animal não é absoluta. O artigo clássico de Mott e Lucas (1952) já apontava que a produção por animal tende a se manter relativamente constante até que se atinja um "ponto crítico" de oferta de forragem; a partir desse limite, o ganho individual passa a ser negativamente correlacionado com a lotação. Por outro lado, a produção por área aumenta linearmente com a elevação da carga animal até esse ponto crítico, mas tende a declinar quando a lotação ultrapassa a capacidade de suporte da pastagem (El-Memari Neto *et al.*, 2003). Nesse contexto, a suplementação nutricional assumiria papel fundamental, pois atua como estratégia compensatória, assegurando o ganho médio diário (GMD) mesmo em situações em que a quantidade e a qualidade da forragem disponível não são suficientes para sustentar o desempenho desejado.

Esses resultados indicam que variáveis de desempenho podem contribuir para a caracterização de padrões produtivos associados à suplementação. No entanto, a utilização desses padrões para inferência individual ou classificação de lotes exigiria validação independente, com bases de dados específicas e modelos preditivos supervisionados. Essa ressalva é importante porque determinados mercados consumidores valorizam sistemas de terminação a pasto com baixa ou nenhuma inclusão de concentrado na dieta, os quais podem estar associados a características específicas de carcaça e carne, como menor teor de gordura intramuscular (Duckett *et al.*, 2013; Patiño *et al.*, 2015) e coloração mais amarelada da gordura (Dunne *et al.*, 2009; Nozière *et al.*, 2006). Assim, caso modelos preditivos validados venham a confirmar esses padrões, informações produtivas e nutricionais dos animais poderão auxiliar, em nível industrial, na segmentação de lotes,

no direcionamento para programas de qualidade e na definição de critérios de bonificação ou padronização comercial (Menezes *et al.*, 2010).

Os resultados deste estudo, com uso da PCA, indicam diferenciação multivariada entre os perfis produtivos de novilhos suplementados e não suplementados, especialmente pela associação entre peso corporal, ganho médio diário e carga animal. No entanto, esses padrões não permitem, isoladamente, classificar indivíduos ou lotes quanto ao histórico de suplementação, sendo necessária validação independente para esse tipo de aplicação.

Uma limitação identificada durante a construção da base de dados foi o reduzido número de estudos elegíveis que apresentavam, simultaneamente, terminação de novilhos em pastagem, tratamentos com suplementação e tratamento testemunha sem suplementação. Ressalta-se que todos os estudos incluídos nesta meta-análise apresentaram pelo menos um tratamento com 0,0% de suplementação, justamente porque a presença do grupo não suplementado foi adotada como critério de elegibilidade. Portanto, a limitação não se refere à ausência de tratamento controle nos estudos incluídos, mas ao pequeno número de trabalhos encontrados na literatura que atenderam a esse critério comparativo. Desse modo, pesquisas futuras devem ampliar o número de experimentos a campo que comparem diferentes níveis de suplementação com grupos testemunha não suplementados, permitindo maior robustez em análises preditivas e multivariadas.

5 Conclusão

A suplementação estratégica não promoveu diferenças estatisticamente significativas nas análises univariadas, para peso inicial, peso ao abate, ganho médio diário e carga animal de novilhos terminados em pastagem. Entretanto, a análise de componentes principais evidenciou padrões multivariados associados ao desempenho produtivo, com maior proximidade dos animais suplementados às variáveis relacionadas ao desempenho individual, especialmente peso ao abate e ganho médio diário.

Dessa forma, a abordagem multivariada complementou as análises univariadas ao permitir a identificação de padrões produtivos não evidenciados pela avaliação isolada das variáveis. Contudo, os resultados devem ser interpretados com cautela, considerando o número restrito de estudos elegíveis e a heterogeneidade entre experimentos, tipos de suplemento, níveis de suplementação e condições de manejo das pastagens.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal Farroupilha (IFFar), pelo respaldo institucional à condução desta pesquisa, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

Referências

- ASSAD, L. V de F. *et al.* Proteína degradável no rúmen e frequência de suplementação para novilhos Nelore em pastejo: desempenho produtivo e análise econômica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 2105-2118, 2015. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/16108>. Acesso em: 29 jun. 2026.
- BARBOSA, F. A. *et al.* Análise econômica da suplementação protéico-energética de novilhos durante o período de transição entre água-seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 4, p. 911-916, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/GyhvptDMzhZYNXjVGMMkwLb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 jun. 2026.
- CARDOSO, G. S. *et al.* Effect of replacement of soybean meal with protected or common urea on the carcass and meat characteristics of confined steers. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 353-364, 2019. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/32129>. Acesso em: 29 jun. 2026.
- CARVALHO, D. M. G. *et al.* Eficiência bioeconômica da suplementação de novilhos em pastagens de Capim Marandu. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2685-2698, 2014. Disponível em: <https://www.ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/14617?articlesBySimilarityPage=1>. Acesso em: 29 jun. 2026.
- DETMANN, E. *et al.* Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiços em pastejo durante a época seca: desempenho produtivo e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.1, p. 169-180, 2004. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/56ad/cdcc36eb41d7704ac01dbf4281817a3d4350.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2026.
- DILL, M. D. *et al.* Association of the forage management practices, weaning rate, and factors that influence technological adoption in beef cattle production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, e20190145, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/rbz/a/XgHpDcpPs9WqxSHQNXNKVwR/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 29 jun. 2026.
- DUCKETT, S. K. *et al.* Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 1454-1467, 2013. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?params=/context/animalscifacpub/article/1826/&path_info=Lewis_2013_JAS_Effects_of_forage_species_or_concentrate_finishing_onn_animal_performance_carcass_and_meat_quality_D_C_ver.pdf. Acesso em: 29 jun. 2026.
- DUNNE, P. G. *et al.* Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: a review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. **Meat Science**, v. 81, n. 1, p. 28-45, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/51778031_Colour_of_bovine_subcutaneous_adipose_tissue_A_review_of_contributory_factors_associations_with_carcass_and_meat_quality_and_its_potential_utility_in_authentication_of_dietary_history. Acesso em: 29 jun. 2026.
- EL-MEMARI NETO, A. C. *et al.* Suplementação de novilhos nelore em pastejo de *Brachiaria brizantha* com diferentes níveis e fontes de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1945-1955, 2003. Disponível em: https://rbz.org.br/wp-content/uploads/articles_xml/1516-3598-rbz-S1516-35982003000800019/1516-3598-rbz-S1516-35982003000800019.pdf. Acesso em: 29 jun. 2026.

FERNANDES, L. de O; REIS, R. A; PAES, J. M. V. Efeito no desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 240-248, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/pf6WqV9KFbm5bqPsVfQwQqn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 jun. 2026.

GARCIA, J. *et al.* Consumo, tempo de pastejo e desempenho de novilhos suplementados em pastos de *Brachiaria decumbens*, durante o período seco. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2095-2106, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284173709_Consumo_tempo_de_pastejo_e_desempenho_de_novilhos_suplementados_em_pastos_de_Brachiaria_decumbens_durante_o_periodo_seco. Acesso em: 29 jun. 2026.

GOES, R. H. T. B. *et al.* Desempenho de novilhos nelore em pastejo na época das águas: ganho de peso, consumo e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 214-221, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/cLRzLpPrTxm9hgqWYybdMjvf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 jun. 2026.

GOES, R. H. T. B. *et al.* Desempenho de novilhos Nelore e seus mestiços com Santa Gertrudis e Simental, recebendo cinco níveis de suplementação a pasto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 6, p. 1265-1271, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/JHZCRz8ZKwFWf3VnHnGGNjp/?lang=pt>. Acesso em: 30 jun. 2026.

GOMES JÚNIOR, P. *et al.* Desempenho de novilhos mestiços na fase de crescimento suplementados durante a época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 139-147, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/BWtcTd95RSmcLvtHwJkZkF/?lang=pt>. Acesso em: 30 jun. 2026.

HELLBRUGGE, C. *et al.* Desempenho de bovinos de corte em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum*) com ou sem suplementação energética. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 723-730, 2008. Disponível em: file:///D:/Users/Servidor_IFFar/Downloads/jlgarcia,+Gerente+da+revista,+2791-9182-1-CE.pdf. Acesso em: 30 jun. 2026.

ÍTAVO, L. C. V. *et al.* Combinações de fontes de nitrogênio não proteico em suplementos para novilhos Nelore em pastejo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 3, p. 448-460, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/7FWTyHbJCYDv79xVDdXWx8S/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 jun. 2026.

JOLLIFFE, I. A 50-year personal journey through time with principal component analysis. **Journal of Multivariate Analysis**, v. 188, 104820, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047259X21000981?via%3Dihub>. Acesso em: 29 jun. 2026.

LIMA, J. B. M. P. *et al.* Suplementação de novilhos Nelore sob pastejo, no período de transição águas-seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 4, p. 943-952, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/yCnRhRTTnLCQdtn6NCx4F3d/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 30 jun. 2026.

LIMA, W. D. *et al.* Desempenho de novilhos Nelore suplementados em pasto durante época das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p. 182-190, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/items/dfdf7051-a65e-4f6e-a91c-991272740caa>. Acesso em: 30 jun. 2026.

LÓPEZ-GONZÁLEZ, F. A. *et al.* Intensification of cow-calf production: How does the system respond biologically to energy inputs in a long-term horizon? **Livestock Science**, v. 237, n. 4, 104058, 2020.

MEDEIROS, F. S. *et al.* Desempenho e características de carcaça de novilhos terminados em pastagem de aveia preta e azevém anual com diferentes níveis de suplementação energética. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/nxripSYVX74ggc7nMLLkijMN/?lang=pt>. Acesso em: 30 jun. 2026.

MENEZES, L. F. G. *et al.* Características da carcaça e da carne de novilhos superjovens da raça Devon terminados em diferentes sistemas de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 667-676, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/ZqJWxB75ctXkmxP8XnGY4KF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 jun. 2026.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G. C. (ed.). **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450-493.

MOTA, L. M. S. *et al.* Grazing management of *Panicum maximum* cv. Mombaca and Tanzania pastures for beef cattle: a meta-analytic study. **Crop & Pasture Science**, v. 75, n. 9, CP24001, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/383562033_Grazing_management_of_Panicum_maximum_cvv_Mombaca_and_Tanzania_pastures_for_beef_cattle_a_meta-analytic_study. Acesso em: 01 jul. 2026.

MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 2., 1952, State College. **Proceedings** [...]. State College, PA: Pennsylvania State College, 1952.

NOZIÈRE, P. *et al.* Carotenoids for ruminants: from forages to dairy products. **Animal Feed Science and Technology**, v. 131, p. 418-450, 2006. Disponível em: <https://www.robertorubino.eu/wp-content/uploads/2016/05/Carotenoids-for-ruminants.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2026.

OLMEDO, D. O. *et al.* Desempenho e características da carcaça de novilhos terminados em pastejo rotacionado ou em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 2, p. 348-355, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/YgdqD9Xb4Bg7jssfbXTBqdf/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 01 jul. 2026.

PACHECO, R. F. *et al.* Comparison of the effects of slow-release urea vs conventional urea supplementation on some finishing cattle parameters: A meta-analysis. **Livestock Science**, v. 250, 104549, 2021. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65dfb26663b8185d9cae170d>. Acesso em: 01 jul. 2026.

PACHECO, R. F. *et al.* A meta analysis on carcass and meat traits of feedlot steers from different genetic backgrounds in Brazil. **Brazilian Animal Science**, v. 25, 78628E, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cab/a/GdLszd5VkfJGDcXbQ7y3T9S/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 01 jul. 2026.

PATÍÑO, H. O. *et al.* Productive performance, meat quality and fatty acid profile of steers finished in confinement or supplemented at pasture. **Animal**, v. 9, n. 6, p. 966-972, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731115000105?_cf_chl_f_tk=3MZVokEipovqEZBF8ydK0Jp_T5Pet7IT.bdno137uds-1782913205-1.0.1.1-SHCbzJFnFeVd_onw6OWBJVWwIBehzUI8ADkkHmd4uaYs. Acesso em: 01 jul. 2026.

PEREIRA, P. R. R. X. *et al.* Climate change and beef supply chain in Southern Brazil. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 6, p. 731-738, 2018. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/climate-change-and-beef-supply-chain-in-southern-brazil/B98A6A1885789439F3BE8DBD6D2B27B1>. Acesso em: 01 jul. 2026.

PEREIRA, P. R. R. X. *et al.* Crop-livestock integration: a risk management approach for economic sustainability. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 3, e9206, 2025. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/9206>. Acesso em: 28 jul. 2026.

POPPI, D. P.; McLENNAN, S. R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 1, p. 278-290, 1995. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7601744/>. Acesso em: 01 jul. 2026.

PORTO, M. O. *et al.* Formas de utilização do milho em suplementos para novilhos na fase de terminação em pastagem no período das águas: desempenho e parâmetros nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2251-2260, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/JG45VqmFVh6DSgz3M7YfWnd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 jul. 2026.

QUADROS, D. G. *et al.* Avaliação bioeconômica de estratégias de suplementação de novilhos zebuínos mantidos em pastagens diferidas de capim-marandu no período seco. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 3, p. 461-473, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/KZNccRvXGPSdPnK7zThBxqm/?lang=pt>. Acesso em: 01 jul. 2026.

ROCHA, T. C. *et al.* Performance, body composition and net requirements of protein and energy for weight gain in steers supplemented with or without addition of lipids. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 2, p. 507-518, 2020. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/performance-body-composition-and-net-requirements-of-protein-22r187s7iu.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2026.

RODAS-GONZÁLEZ, A. *et al.* Características al sacrificio, rasgos de la canal y rendimiento carnicero de novillos criollo limonero sometidos a suplementación durante la fase de ceba a pastoreo. **Revista Científica**, v. 16, n. 4, p. 371-380, 2006. Disponível em: <https://criabufalosvenezuela.com/wp-content/uploads/2019/11/Rodas-Gonz%C3%A1lez-et-al.-2006.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2026.

SANTOS, C. M. C.; PIMENTA, C. A. M.; NOBRE, M. R. C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, n. 3, p. 1-4, 2007. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/f741b9f2-a50c-40ac-a9ef-f23308c449e8/PIMENTA%2C%20C%20A%20de%20M%20doc%20116.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2026.

SESSIM, A. G. *et al.* Efficiency in cow-calf systems with different ages of cow culling. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, 476, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2020.00476/full>. Acesso em: 01 jul. 2026.

SOSSA, C. P.; BARAHONA, R. Comportamiento productivo de novillos pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética. **Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia**, v. 62, n. 1, p. 67-80, 2015. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remez/article/view/49386>. Acesso em: 01 jul. 2026.

VAZ, R. Z.; LOBATO, J. F. P.; PACHECO, P. S. Performance of Braford steers grazing on cultivated pastures and fed or not fed an energy supplement. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 2, p. 130-136, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/4zK9w58NvL9dr3tSQfZyWjx/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 01 jul. 2026.

Recebido em 12/11/2025

Aceito em 01/06/2026



This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).