

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL

**SUBSTITUIÇÃO DO FUBÁ DE MILHO PELO FARELO DE PALMA
FORRAGEIRA EM DIETAS DE NOVILHAS LEITEIRAS**

FERNANDO DE MELO ROCHA

**MONTES CLAROS
2024**

FERNANDO DE MELO ROCHA

**SUBSTITUIÇÃO DO FUBÁ DE MILHO PELO FARELO DE PALMA FORRAGEIRA EM
DIETAS DE NOVILHAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em
Produção Animal da Universidade Federal de Minas
Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Mário Henrique França Mourthé

Co-orientador (es):

Prof. Dr. Thiago Gomes dos Santos Braz

Profa. Dra. Luciana Castro Geraseev

Montes Claros
2024

Rocha, Fernando de Melo.

R672s Substituição do fubá de milho pelo farelo de palma forrageira em dietas de novilhas
2024 leiteiras [manuscrito] / Fernando de Melo Rocha. Montes Claros, 2024.
39f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Animal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Mário Henrique França Mourthé

Banca examinadora: Luciana Castro Gerascev, Livia Vieira de Barros, Gercino Ferreira Virginio Júnior, Mário Henrique França Mourthé.

Inclui referências: f. 21-24; 37-38

1. Bovinos de leite -- Alimentação e rações -- Teses. 2. Bovinos de leite -- Desempenho -- Teses. 3. Economia agrícola -- Teses. I. Mário Henrique França Mourthé. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 636.084.4

ELABORADA PELA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFG

Nádia Cristina Oliveira Pires / CRB-6/2781



**Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Colegiado de Pós-Graduação em Produção Animal**

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 15 dias do mês de agosto de 2024 às 9:00 horas, sob a Presidência do Professor Mário Henrique França Mourthé, D. Sc. (Orientador – UFMG/ICA) e com a participação dos Professores Luciana Castro Geraseev, D. Sc. (Coorientadora – UFMG/ICA), Livia Vieira de Barros (UFMG/ICA) e Gercino Ferreira Virgínio Júnior, D. Sc. (Epamig), reuniu-se, presencialmente, a Banca de defesa de dissertação de **Fernando de Melo Rocha**, aluno do Curso de Mestrado em Produção Animal. O resultado da defesa de dissertação intitulada **“SUBSTITUIÇÃO DO FUBÁ DE MILHO PELO FARELO DE PALMA FORRAGEIRA EM DIETAS DE NOVILHAS LEITEIRAS”** sendo o aluno considerado **aprovado**. E, para constar, eu, Professor Mário Henrique França Mourthé, Presidente da Banca, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: O aluno somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 53 do regulamento e da resolução 05/2016 do Curso de Mestrado em Produção Animal.

Montes Claros, 15 de agosto de 2024.

Documento assinado digitalmente
MARIO HENRIQUE FRANCA MOURTHE
Data: 20/08/2024 09:33:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Mário Henrique França Mourthé
Orientador

Documento assinado digitalmente
LIMA VIEIRA DE BARROS
Data: 19/08/2024 17:39:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Livia Vieira de Barros
Membro

Documento assinado digitalmente
LUCIANA CASTRO GERASEEV
Data: 20/08/2024 07:54:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luciana Castro Geraseev
Coorientadora

Documento assinado digitalmente
GERCINO FERREIRA VIRGINIO JUNIOR
Data: 19/08/2024 15:44:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gercino Ferreira Virgínio Júnior
Membro

FERNANDO DE MELO ROCHA

**SUBSTITUIÇÃO DO FUBÁ DE MILHO PELO FARELO DE PALMA FORRAGEIRA EM
DIETAS DE NOVILHAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em
Produção Animal da Universidade Federal de
Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Produção Animal.

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof.(a) Dra. Luciana Castro Geraseev.
Coorientadora - ICA/UFMG

Prof.(a) Dra. Lívia Vieira de Barros
ICA/UFMG

Dr. Gercino Ferreira Virginio Júnior
Pesquisador

Prof. Dr.Mário Henrique França Mourthé
Orientador – ICA/UFMG

Montes Claros, 15 de agosto de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família e a minha Tia Fátima Joana de Melo, pela confiança e apoio, principalmente a minha Mãe Geralda Joana de Melo Rocha, que sempre esteve ao lado em todas as decisões e sempre na torcida por mim.

Agradeço ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais pelo acolhimento.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Produção Animal, à CAPES pela bolsa durante o programa e a FAPEMIG pela oportunidade e apoio financeiro ao projeto.

Agradeço ao GREGAL, Grupo de Estudos em Gado Leiteiro e a todos os seus membros, colegas que ajudaram na condução desse trabalho, por todo esse tempo, encontros, aprendizados e companheirismo.

Agradeço aos meus orientadores Mário Henrique França Mourthé, Thiago Gomes dos Santos Braz e Luciana Castro Gerashev, e a todos meus professores ao longo deste ciclo por todo apoio, ensinamentos e oportunidades tendo contribuído diretamente ao meu desenvolvimento, formação como profissional e pessoa.

Agradeço a Livia Vieira de Barros e ao Gercino Ferreira Virgínio Júnior por fazerem parte da banca avaliadora.

Agradeço ao Técnico de Laboratório Sérgio Murilo Duarte pela contribuição durante o período de análises e aos colaboradores do ICA/UFMG o Sr. Elton e Rogério.

Meu muito obrigado a todos!

RESUMO

Um dos fatores que limitam a produção de ruminantes no semiárido é a falta de forragem na estação seca. Nesse contexto, produtores de leite, principalmente das regiões semiáridas, encontram grandes desafios para alimentarem seus animais adequadamente e obter bons resultados econômicos, uma vez que, o preço de insumos nessas regiões, tendem a ser mais altos. Nessas condições, os animais da recria acabam sendo mais prejudicados, pois ainda não estão na fase produtiva e nos períodos de déficit alimentar acabam tendo a nutrição restrita ou negligenciada. Por isso, a qualidade nutricional, o custo de aquisição e a viabilidade agronômica são fatores importantes para a escolha e utilização dos alimentos nas dietas de ruminantes. Assim, o objetivo com o estudo foi avaliar o desempenho produtivo e a viabilidade econômica da substituição do fubá de milho (FM) pelo farelo de palma forrageira (FP) no suplemento concentrado para novilhas leiteiras. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Foram utilizadas 24 bezerras 5/8 Girolando com peso médio de $98,5 \pm 16,88$ kg e idade média de 131 dias. As dietas experimentais foram constituídas pela substituição do FM pelo FP nas proporções 0, 12, 22 e 32% da dieta total, com relação V:C em 50:50%. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca dos suplementos concentrados reduziu linearmente de 89,39 a 81,96% entre 0 e 32% de inclusão do FP. Não houve efeito da substituição do FM pelo FP sobre o peso final (PF), ganho médio diário (GMD) e consumo de matéria seca (CMS), que apresentaram médias de 162,04; 0,802 e 3,42 kg, respectivamente. O custo do GMD foi de R\$/kg 5,51; 5,28; 5,03 e 6,16 para os grupos 0, 12, 22 e 32% FP, respectivamente. A substituição do FM por FP em até 32% da dieta total não altera o ganho de peso dos animais, entretanto, a substituição do FM em até 22% por FP apresentou o menor custo por ganho de peso, sendo mais vantajoso economicamente.

Palavras-chave: Bovinos de leite. Coproduto energético. Custo alimentar. Desempenho da recria. *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck

ABSTRACT

The productive performance of cattle requires adequate daily nutrition, in order to guarantee the supply of nutritional requirements for growth, reproduction and production. Thus, nutritional quality, acquisition cost, and agronomic viability are crucial factors for the selection and utilization of feedstuffs in animal diets. In this context, dairy producers, particularly in semi-arid regions, face significant challenges in feeding their animals adequately and achieving good economic results, since the price of inputs in these regions tends to be higher. Under these conditions, young animals suffer more because they are not yet in the productive phase, and during periods of food deficit, they experience restricted or neglected nutrition. Therefore, the objective of the study was to evaluate the productive performance and economic viability of replacing corn meal (CM) with spineless cactus bran (SCB) in the concentrated supplement for dairy heifers. The experiment was completely randomized with four treatments and six replications. Twenty-four 5/8 Girolando heifers were used, with an average weight of 98.5 kg. The experimental diets were composed of an increasing replacement of CM by SCB in the following proportions: 0, 34, 67, and 100% in the concentrated supplement. The *in vitro* digestibility of dry matter from concentrated supplements showed a linear reduction from 89.39% to 81.96% between 0 and 100% SCB inclusion. There was no effect of replacing CM with SCB on final weight (FW), average daily gain (ADG), and dry matter intake (DMI), which presented averages of 162.04, 0.802, and 3.42 kg, respectively. The cost of weight gain was USD/Kg 1.14; 1.09; 1.04 and 1.28 for groups 0%, 34%, 67%, and 100% PB, respectively. Replacing CM with SCB up to 100% does not alter dry matter intake and weight gain, however replacing CM with SCB up to 67% results in the lowest cost per weight gain and is the most economically advantageous.

Keywords: Dairy cattle. Energy co-product. Feed cost. Rearing performance. *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Panorama do mercado do milho	12
3.2 Condições semiáridas e palma forrageira	13
3.3 Produtividade da palma forrageira	16
3.4 Características nutricionais da palma forrageira	16
3.5 Uso de Palma Forrageira na alimentação de bovinos	18
4 REFERÊNCIAS	21
5 ARTIGO.....	25
5.1 Substituição do fubá de milho por farelo de palma forrageira em dietas de bezerras leiteiras: avaliação produtiva e econômica.	25
CONSIDERAÇÕES FINAIS	38

1 INTRODUÇÃO

A nutrição e alimentação têm um grande impacto na rentabilidade da bovinocultura de leite, pois comumente, compõem a maior parte dos custos de produção. Além disso, esses itens estão diretamente relacionados ao desempenho dos animais e assim, merecem destaque na pesquisa científica (MARCÍLIO *et al.* 2015).

Atualmente, as principais commodities agrícolas utilizadas na alimentação animal têm apresentado preço de mercado muito elevado. Um exemplo é o milho, pois é muito utilizado nos suplementos concentrados na alimentação animal como fonte de energia e o maior custo de aquisição tem impacto negativo, sobretudo na lucratividade dos sistemas de produção. Adicionalmente, algumas regiões apresentam características semiáridas que dificultam o cultivo do milho, o que aumenta ainda mais o preço deste insumo (ALVES *et al.*, 2023).

Nesse contexto, para compensar o maior custo dos insumos alimentares, muitos produtores têm priorizado a nutrição das vacas em lactação com relação as demais categorias. As bezerras, por exemplo, são animais que ainda estão em fase de desenvolvimento e não contribuem diretamente na produção, sendo frequentemente submetidas a restrições alimentares visando compensar os maiores custos dos insumos. Entretanto, um déficit nutricional na fase da recria, aumenta a idade ao primeiro parto comprometendo ainda mais o retorno econômico com a atividade leiteira (CORDEIRO *et al.*, 2023).

Desta forma, substitutos do milho que apresentem menor custo ou maior viabilidade agrônômica em sistema de sequeiro podem contribuir para a melhor nutrição das bezerras. A palma forrageira, uma cactácea adaptada às regiões áridas e semiáridas, por exemplo, pode ser uma alternativa ao milho, pois o seu cultivo possui menor exigência hídrica e pode gerar o farelo de palma, mantendo suas características nutricionais, além do melhor ajuste no consumo de matéria seca e do seu armazenamento para períodos de maior escassez ou quando insumos comumente utilizados são mais caros, ademais, seus teores de carboidratos não fibrosos a credenciam como fonte de energia para os bovinos (MARQUES *et al.*, 2017). Entretanto, o teor adequado de substituição ao milho em dietas de bezerras que permita ganho de peso igual ou superior a 600 g/dia associado ao menor custo da dieta ainda não foi determinado.

Portanto, avaliar o desempenho de bezerras submetidas a dietas com níveis crescentes de farelo de palma forrageira em substituição ao fubá de milho em condições climáticas típicas do semiárido, é necessário para determinar a viabilidade técnica e econômica desta fonte energética alternativa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Avaliar a substituição do fubá de milho pelo farelo de palma forrageira em dietas de novilhas leiteiras quanto ao desempenho produtivo e econômico.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar o consumo de matéria seca, proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro e carboidratos não fibrosos das dietas contendo níveis crescentes de farelo de palma forrageira em substituição ao fubá de milho para novilhas leiteiras;
- Determinar o ganho de peso médio diário e total das novilhas leiteiras alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de farelo de palma forrageira em substituição ao fubá de milho;
- Avaliar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca dos insumos alimentares e das dietas experimentais de novilhas leiteiras contendo níveis crescentes de farelo de palma forrageira em substituição ao fubá de milho.
- Avaliar o custo alimentar das dietas experimentais de novilhas leiteiras contendo níveis crescentes de farelo de palma forrageira em substituição ao fubá de milho.

3 REVISÃO DE LITERATURA

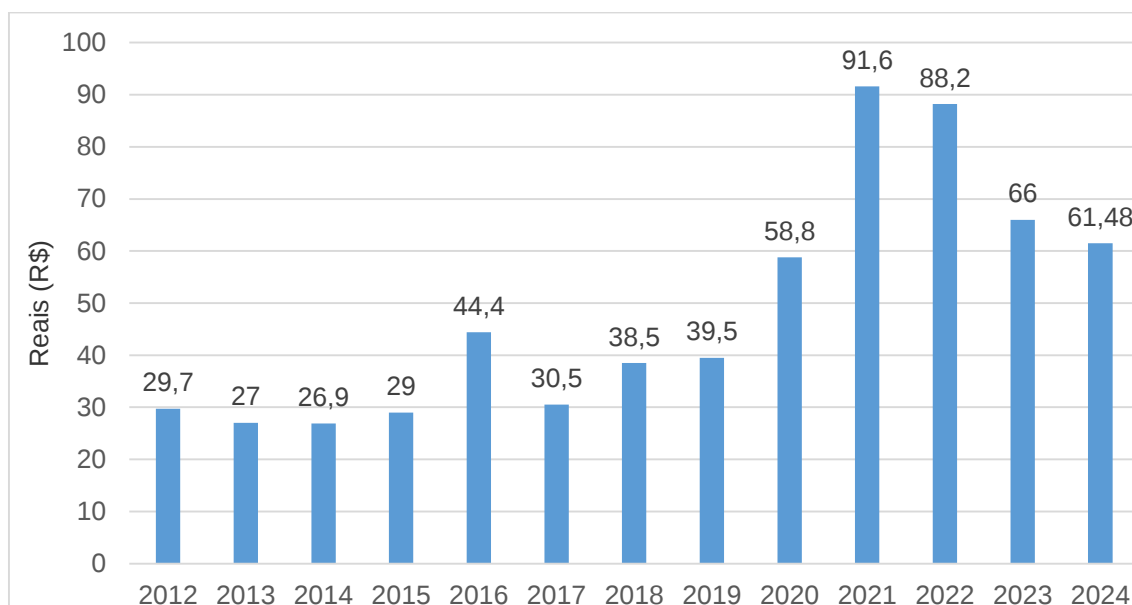
3.1 Panorama do mercado do milho

O milho, historicamente é utilizado na alimentação humana e animal por sua alta densidade energética com, aproximadamente 75% do seu grão composto por amido (FAUSTINO *et al.*, 2020). Comumente, o milho é o principal insumo utilizado na formulação de suplementos concentrados para animais ruminantes e não ruminantes. Logo, a demanda pelo milho é crescente em um mercado muito competitivo. Em relação à produção mundial, o Brasil é o terceiro maior produtor do milho tendo também grande destaque na exportação desta commodity.

Contudo, nos mercados físicos e financeiros das commodities agrícolas, podem ocorrer momentos de alta e de baixa nos preços. Segundo Waquil (2010) e Bini, Canever e Denardim (2015), os fatores que contribuem para a elevação dos preços de alimentos são: o crescimento da demanda mundial, principalmente das economias emergentes; a integração dos mercados globais; as mudanças climáticas; a redução dos estoques mundiais; a queda na produção agrícola; a especulação financeira; o crescimento do setor de biocombustíveis; e a elevação dos preços da indústria petroquímica (derivados de petróleo e fertilizantes), que aumentam os custos dos fretes e da mecanização da agricultura.

Dessa forma, nos últimos 12 anos houve uma grande variação no preço do milho no Brasil, com destaque para o período entre 2019 a 2024 (Gráfico 1).

Gráfico 1. Média do preço pago pelo milho (saco de 60kg) entre 2012 a 2024



Fonte: Adaptado: Cepea, 2024.

Nesses aspectos, os insumos alimentares com altas variações dos seus valores trazem grande impacto econômico aos sistemas de produção e muitas vezes a utilização dos mesmos podem ser economicamente inviáveis. O milho, por exemplo é muito utilizado na composição de

rações para os bovinos de leite e de corte diante do seu valor nutricional, porém os insumos de baixo custo podem trazer maior retorno econômico para a agropecuária a depender do sistema de produção. Dessa forma, estudos com substitutos dos principais insumos da nutrição animal são importantes para a pecuária (RODRIGUES, 2020).

Entre janeiro de 2020 e janeiro de 2022, os custos de produção de leite, medidos pelo Anuário Leite-Embrapa, subiram 60% influenciado pelo preço da soja e milho que apresentaram aumentos expressivos, acima de 80% (EMBRAPA, 2022).

3.2 Condições semiáridas e palma forrageira

Segundo Ab'Saber (1999), o volume total das precipitações no semiárido brasileiro é marcado pela inconstância hídrica com precipitação média anual inferior a 800 mm, insolação média de 2800 horas por ano e umidade relativa anual média em torno de 50% e conforme a classificação de Köppen, o clima da região é o Tropical de Savana. Caracteristicamente, possui forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pelo baixo volume, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período, com média de três a quatro meses. Decorrente dessas variações climáticas o sistema de produção de forragem se torna desuniforme ao longo do ano, tendo um período de alta e de baixa produção, sendo definida como estacionalidade (BARIONI *et al.*, 2003).

A utilização da palma forrageira (gêneros *Opuntia* e *Nopalea*) em sistemas de produção destaca-se como importante alternativa para a alimentação de ruminantes, pois suas características anatômicas e fisiológicas permitem sua adaptação às condições edafoclimáticas das regiões áridas e semiáridas. (PESSOA *et al.*, 2022). Desse modo, a palma forrageira aumenta a viabilidade da produção de ovinos, caprinos e bovinos, principalmente em pequenas propriedades, além de uma melhor convivência com a sazonalidade climática no semiárido (LEITE *et al.*, 2014; AGUIAR *et al.*, 2019).

A palma forrageira é uma espécie da família das cactáceas, nativa do México e dispersa por vários continentes (MARQUES *et al.*, 2017). Na sua estrutura anatômica, as cactáceas apresentam folhas em forma de espinhos, o caule é do tipo cladódio, que se caracteriza pelo aspecto volumoso (“carnudo”), de coloração verde e achatado. As cactáceas são classificadas como plantas do grupo Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC), que apresenta eficiência no uso da água (kg de água/kg de matéria seca) superior às plantas de metabolismo C3 e C4.

Em relação às plantas C3, essa superioridade atinge até 11 vezes. As plantas (MAC) perdem de 50 g a 100 g de água por grama de CO₂ fixado, enquanto as plantas C4 e C3 perdem de 250 g a 300 g e de 400 g a 500 g de água/g CO₂ fixado, respectivamente. Além disso, as plantas (MAC) apresentam eficiência de 162kg de água/kg de matéria seca, superior a qualquer espécie das plantas C3 e C4. Assim, em ambientes de deserto, as plantas (MAC) têm vantagens adaptativas (MARCÍLIO *et al.*, 2015).

A epiderme da palma regula as trocas gasosas, retém água na planta e protege contra pragas e excesso de luz. Sobre essa epiderme há uma camada de cera dura e esbranquiçada, que dificulta a difusão do vapor de água, repele a água da superfície (por ser hidrofóbica), reflete

parte da radiação solar e reduz a temperatura do caule. Os cladódios (figura 1) são classificados em cladódio mãe e cladódios primários ou secundários, de acordo com a sua disposição sobre o crescimento (VIDAL e VIDAL, 2003).

Figura 1 – Características anatômicas das cactáceas



Fonte: Adaptada de Agência Sergipe de Notícias.

Disponível em: <https://goo.gl/Vdsa0j>, Acesso em: 10 de junho, 2022.

A palma é uma espécie de grande importância para o semiárido, principalmente, como recurso forrageiro devido ser de fácil propagação, ter alto rendimento de biomassa fresca (163 ton./ha) e de matéria seca (12,46 ton./ha), podendo conter cerca de 11% de fibras e, 80% de nutrientes digestivos totais, teores comparáveis aos do milho (CAVALCANTE *et al.*, 2017).

As espécies de palma mais cultivadas no Brasil são a *Opuntia ficus*– indica Mill e a *Nopalea cochenillifera* Salm–Dyck, sendo a primeira mais rústica e a segunda mais exigente em umidade. Entre as variedades mais cultivadas, destacam-se a ‘Gigante’, a ‘Redonda’, a ‘Orelha de elefante’ pertencente ao gênero *Opuntia* e as cultivares IPA Sertânia e Miúda do gênero *Nopalea* (LOPES, SANTOS e VASCONCELOS, 2012).

A cultivar IPA Sertânia (espécie *Nopalea cochenillifera* Salm–Dyck) é um dos principais genótipos cultivados devido sua resistência à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*). É considerada altamente palatável por ruminantes devido seu alto teor de carboidrato não fibroso (CNF), em comparação com outras variedades, porém apresenta uma menor resistência à seca (SILVA e SANTOS, 2006).

De acordo com Silva e Sampaio (2015), a IPA Sertânia é planta de porte pequeno e caule bastante ramificado. Apresenta cladódios em formato ovalar com peso de, aproximadamente, 350g e possuem quase 25 cm de comprimento e coloração verde intenso brilhante (Figura 2).

A IPA Sertânia é exigente em fertilidade de solo e sensíveis à cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti*), de acordo com os estudos de Cavalcanti *et al.* (2008) e Silva e Santos (2006). Também é mais exigente em umidade e em relação a temperaturas noturnas mais amenas, quando comparadas a outras cultivares (DONATO *et al.*, 2014).

Figura 2 – Cultivar de palma forrageira: cv. IPA Sertânia



Fonte: Do autor, 2024.

A palma exige solos com boas características físicas e químicas, sendo assim, os solos argilo-arenosos são os mais indicados, desde que apresentem boa drenagem (SANTOS *et al.*, 2006).

De acordo com Santos *et al.* (2013), a palma forrageira atinge seu potencial produtivo em regiões com temperaturas noturnas mais amenas, entre 15 e 20°C. Temperaturas superiores a 20°C associadas à baixa umidade relativa do ar, podem comprometer sua capacidade produtiva e a perenidade do palmar.

Por outro lado, o desempenho agroecológico da palma em condições semiáridas pode ser atribuído às características que limitam a perda de água para a atmosfera, a exemplo: cutículas espessas; baixa razão superfície/volume; grandes vacúolos; tamanho, densidade estomática e frequência de abertura estomática reduzida. Além disso, grande quantidade de drusas de oxalato de cálcio, folhas modificadas em espinho, câmaras subestomáticas, parênquimas clorofilianos, aquíferos bem desenvolvidos e células mucilaginosas são elementos característicos de adaptação ao ambiente xerófito (AZEVEDO *et al.*, 2013).

O sistema radicular da palma está concentrado na camada superficial do solo, a cerca de 15 a 30 centímetros de profundidade, e uma dispersão horizontal do caule principal, que pode chegar em 2,5 metros a 4 metros, e até 8 metros, sendo capaz de absorver a umidade proporcionada por chuvas leves ou até mesmo pelo orvalho. Outra vantagem da palma sobre as demais plantas forrageiras é a ausência de folhas, o que evita a evaporação excessiva de água e facilita o seu armazenamento no interior dos cladódios, popularmente conhecidos como raquetes (GUIMARÃES *et al.*, 2013).

De acordo com Santos *et al.* (2006), a palma pode ser colhida e utilizada de imediato, processada ou armazenada em local sombreado por até 2 semanas, sendo fornecida aos animais durante esse período sem decréscimo nutricional, representando uma redução no custo de colheita, transporte e mão de obra.

3.3 Produtividade da palma forrageira

É uma forrageira com elevado potencial de produção por área e de composição química nutricional variável segundo a espécie, a idade, a época do ano e os tratos culturais. Na tabela 1, a produtividade de diferentes cultivares de palma forrageira em função do número de plantas por hectare.

Tabela 1. Produtividades de massa verde e massa seca de diferentes cultivares de palma

Autor	Cultivar	Adensamento (Plantas/hectare)	Produção (ton./ha)	
			Massa Verde	Massa Seca
Farias <i>et al.</i> (2000)	IPA Sertânia	28.000	124,3	10,7
	Miúda	80.000	639,0	44,7
	Gigante	10.000	100,0	8,5
Silva <i>et al.</i> (2014)	Gigante	80.000	400,0	26,5
	Redonda	10.000	113,0	8,5
	Redonda	80.000	518,0	26,5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Para Cavalcante *et al.* (2014), o adensamento no plantio da palma superior a 40.000 plantas por hectare apresentou menor teor de lignina decorrente do menor tamanho dos cladódios, além de um maior valor nutricional. Nesse contexto, Cunha *et al.* (2012) afirmaram que a variação na distribuição dos nutrientes pela planta influencia as características de desenvolvimento dos cladódios ao longo do seu ciclo. A palma é uma espécie de grande relevância no semiárido, sobretudo, como recurso forrageiro devido à sua facilidade de disseminação (CAVALCANTE *et al.*, 2017).

3.4 Características nutricionais da palma forrageira

Na (Tabela 2) apresenta os níveis em g/kg da composição bromatológica de diferentes genótipos de palma forrageira.

Tabela 2. Composição química-bromatológica de genótipos de palma forrageira

AUTORES	PALMA FORRAGEIRA	MS g/kg	MO g/kg	MM g/kg	PB g/kg	EE g/kg	CNF g/kg	FDN g/kg	FDA g/kg
Silva <i>et al.</i> (2018)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	94	881	119	60	12	547	262	-
Torres <i>et al.</i> (2009)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	103	874	-	55	22	797	126	373
Valadares <i>et al.</i> (2006)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	130	930	70	33	17	711	166	136
Monteiro <i>et al.</i> (2019)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	150	910	70	35	-	574	257	-
Oliveira <i>et al.</i> (2018)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	109	842	156	44	14	534	243	146
Siqueira <i>et al.</i> (2018)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	139	860	140	41	15	523	272	-
Silva <i>et al.</i> (2017)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck4	140	913	87	32	11	667	202	200
Lopes <i>et al.</i> (2017)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	83	789	211	75	18	460	236	-
Silva <i>et al.</i> (2018)	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	157	729	71	35	10	639	246	-
Monteiro <i>et al.</i> (2019)	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	123	914	86	55	-	550	259	-
Conceição <i>et al.</i> (2018)	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	105	802	198	55	12	406	291	-
Barros <i>et al.</i> (2018)	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	112	869	131	51	16	528	257	-
Silvia <i>et al.</i> (2018)	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	127	914	86	33	12	642	227	172
Pessoa <i>et al.</i> (2013)	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	93	880	120	38	24	527	290	225
Batista <i>et al.</i> (2009)	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	153	919	81	44	24	398	248	179
Valadares <i>et al.</i> (2006)	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	88	898	102	50	20	556	277	180
Bispo <i>et al.</i> (2007)	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	93	882	118	49	24	480	328	241
Farias <i>et al.</i> (2000)	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	107	858	142	51	20	532	254	220
	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill 3	82	925	75	46	22	614	244	130
Rocha filho, (2012)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck4	96	848	152	46	17	539	246	128
	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck4	74	815	185	59	16	504	236	140
	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	77	859	141	69	19	509	262	139
	Média das amostras:	110	868	121	48	17	556	246	186

Fonte: Adaptada de LOPES *et al.*, 2019. 1 cv. Orelha de Elefante Mexicana; 2 cv. Miúda; 3 cv. Gigante; 4 cv. IPA Sertânia; Matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE) carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

A palma forrageira, comumente apresenta baixos teores de proteína bruta (33 a 75 g/kg) e altos teores de carboidratos não fibrosos (406 a 711 g/kg) em seus diferentes genótipos de acordo com os autores.

A digestibilidade aparente da MS e demais nutrientes varia tanto em função da espécie animal quanto do genótipo de palma forrageira (Tabela 3).

Tabela 3. Digestibilidade aparente de diferentes genótipos de palma forrageira na alimentação animal

Referências	Animal	Espécie	DMS g/kg	DMO g/kg	DPB g/kg	DCNF g/kg	DFDN g/kg
Cardoso <i>et al.</i> (2019)	Ovino	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	755	793	759	917	503
Siqueira <i>et al.</i> (2017)	Bovino	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck4	788	789	832	-	597
Lopes <i>et al.</i> (2017)	Caprino	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	628	635	684	-	596
Lins <i>et al.</i> (2016)	Ovino	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	660	700	737	861	519
Silva <i>et al.</i> (2018)	Ovino	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck2	716	747	863	-	529
Silva <i>et al.</i> (2018)	Bovino	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	658	704	845	-	495
Medeiros <i>et al.</i> (2019)	Bovino	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	686	700	764	964	387
Silva <i>et al.</i> (2017)	Bovino	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	673	727	656	-	622
Barros <i>et al.</i> (2018)	Ovino	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	726	727	644	860	485
Pessoa <i>et al.</i> (2013)	Ovino	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	598	660	777	872	437
Santos <i>et al.</i> (2010)	Caprino	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	679	728	709	-	613
Vieira <i>et al.</i> (2008)	Ovino	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	700	740	707	870	550
Bispo <i>et al.</i> (2007)	Ovino	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	695	715	708	881	526
Misra <i>et al.</i> (2006)	Ovino	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	463	-	315	-	452
	Ovino	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill3	631	660	686	948	423
Rocha filho, (2012)	Ovino	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck4	664	691	703	934	506
	Ovino	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck4	662	689	728	934	511
	Ovino	<i>Opuntia stricta</i> Haw1	658	681	733	916	508
		Média das amostras:	669	671	713	905	508

Fonte: Adaptada de LOPES *et al.*, 2019. 1 cv. Orelha de Elefante Mexicana; 2 cv. Miúda; 3 cv. Gigante; 4 cv. IPA Sertânia; Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), carboidratos não fibrosos (DCNF) e da fibra em detergente neutro (DFDN).

3.5 Uso de Palma Forrageira na alimentação de bovinos

A participação da palma forrageira pode chegar em até 50% da MS da dieta de bovinos, sendo uma fonte energética rica em nutrientes digestíveis totais (NDT), chegando a conter 80%

(CAVALCANTE *et al.*, 2017). Entretanto, possui teor de fibra em detergente neutro (FDN) em torno de 26%, sendo necessário associá-la a uma fonte de fibra que apresente maior efetividade (MELO *et al.*, 2003). Além disso, mesmo com os teores de proteína bruta inferior, a palma pode apresenta digestibilidade da MS superior à silagem de milho (ARAÚJO *et al.*, 2004; SOUSA e SOUSA NETO, 2012).

A inclusão de palma forrageira na dieta pode ser de distintas formas e também depende da categoria animal e metas de desempenho. Neste sentido, há significativa expansão de utilização da palma forrageira na alimentação animal em suas diferentes formas de manejo (*in natura* ou farelo), contribuindo para uma menor dependência de insumos de maior valor de mercado, sobretudo, o milho (MARQUES *et al.*, 2017). O autor relata que a inclusão entre 64% e 70% de palma forrageira *in natura* na dieta de novilhas da raça Holandês e 5/8 Holandês x 3/8 Gir, propiciaram GMD de 0,430 a 1,200 g, respectivamente (MARQUES *et al.*, 2017).

Barros *et al.* (2018) reportaram em 24 novilhas Girolando com 3,5 meses e 100 kg ($\pm$ 3,5kg) GMD de 760, 790, 810 e 830 g/dia, com a substituição do feno Tifton 85 pela palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana – OEM *in natura* em 0, 33, 66 e 100% da dieta, respectivamente. Os autores explicaram que mesmo com a diminuição na ingestão de MS de 4,50 kg/dia para 3,64 kg/dia entre 0 a 100% com a substituição pela palma, não houve alteração no consumo de NDT com média de (2,80 g/kg/MS) nem no ganho de peso dos animais, mas aumento no consumo de CNF de (1,22 a 1,92 kg/dia) e no coeficiente de digestibilidade da MS de (661 a 726 g/kg).

Em novilhas Holandês x Zebu foram observados GMD entre 620 a 850 g/dia com cinco dietas experimentais (CORDEIRO *et al.*, 2023). As dietas foram formuladas com silagem de sorgo ou de capim elefante “BRS capiaçu” com ou sem palma forrageira com nível de inclusão 60:40. As dietas com inclusão de palma forrageira aumentou a ingestão de CNF (1,37 e 1,39 kg/dia) nas dietas com Silagem de sorgo biomassa + palma forrageira e Silagem de capim elefante “BRS capiaçu” + palma forrageira, respectivamente. Nas dietas sem a inclusão de palma forrageira houve menor ingestão de CNF (0,80, 0,51 e 0,40 kg/dia) Silagem de sorgo volumax, Silagem de sorgo biomassa e Silagem de capim elefante “BRS capiaçu”, respectivamente. A digestibilidade proteica aumentou de 52,4 a 75,1%, e a produção microbiana de 527 a 643 g/dia, sem interferência no peso corporal final (215 kg) ou no ganho médio diário (770 g/dia) de

novilhas, recomendando o uso da palma forrageira com silagem na alimentação de novilhas (CORDEIRO *et al.*, 2023).

A substituição do fubá de milho pelo farelo de palma forrageira (cv. Miúda) em 0, 30, 60 e 90% em suplementação com capim *Urochloa brizantha* (cv. Marandú) não influenciou a ingestão de MS com valor médio de 6,29 kg/dia, mas o GMD dos animais foi afetado positivamente pela substituição do milho moído pelo farelo de palma forrageira. O GMD variou de 828 a 1.105 g/dia, porém com efeito quadrático atingindo o máximo com a inclusão de 44,94% de substituição de fubá de milho pelo farelo de palma forrageira. Também houve aumento no coeficiente de digestibilidade do FDNap (3,03 a 3,64 % MS) com 60% de inclusão de farelo de palma forrageira na dieta. Os autores relatam que o resultado pode ser devido ao teor de pectina em torno de 26,5% do CNF e pela alta degradação do farelo de palma (95% de degradabilidade ruminal) em comparação ao fubá de milho, associado a maior taxa de fermentação da pectina no rumem e a não formação de ácido láctico comparado ao milho, com melhora do ambiente ruminal para as bactérias celulolíticas (ABREU FILHO *et al.*, 2022).

Abreu Filho *et al.* (2022) também avaliaram os parâmetros econômicos da produção dos novilhos em pastejo, com a substituição do milho moído pelo farelo de palma forrageira em 0, 30, 60 e 90% no suplemento concentrado. O custo por animal no período (R\$ 108,60 a R\$ 85,00) respectivamente, e o custo por hectare (R\$ 183,80 para R\$ 143,80) reduziram entre os níveis de inclusão 0 e 90% de palma. Esses resultados demonstraram o efeito positivo de suplementos com farelo de palma forrageira em substituição ao milho moído sobre o desempenho econômico da produção de novilhos.

4 REFERÊNCIAS

- ABREU FILHO, G. *et al.* Effects of replacing ground corn with *Nopalea cochenillifera* meal on the intake, performance, and economic viability of grazing steers. **Tropical Animal Health and Production**, 54: 35, 2022.
- ALVES, K. A. *et al.* Effect of replacing corn with cactus pear on the performance and carcass traits and meat quality of feedlot finished lambs. **Brazilian Animal Science**, 24: e-75322P, 2023.
- AB'SABER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 7-59, maio/ago., 1999.
- AGUIAR, S. C. *et al.* Vulnerabilidade da palma forrageira e pecuária bovina no Estado da Paraíba frente ao ataque da cochonilha do carmim. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, p. 104-115, 2019.
- ARAÚJO, P. R. B. *et al.* Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p.1850-1857, 2004.
- AZEVEDO, C. F. *et al.* Morfoanatomia vegetativa de *Opuntia brasiliensis* (willd) Haw. **Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 1, p. 53-56, 2013.
- BARIONI, L. G. *et al.* Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 105-154, 2003.
- BARREIRA, G.; INGLESE, P.; PIMENTA-BARRIOS, E. P. (Ed.). **Agroecologia, cultivo e uso da palma forrageira**. João Pessoa: SEBRAE-PB: FAO, p. 216, 2001.
- BARROS, L. J. A. *et al.* Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, n. 1, p. 149-154, 2018.
- BATISTA, Â. M. V. *et al.* Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v. 62, n. 3, p. 297-301, 2009.
- BINI, D. A.; CANEVER, M. D.; DENARDIM, A. A. Correlação e causalidade entre os preços de commodities e energia. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 25, n. 1, p. 143-160, 2015.
- BISPO, S. V. *et al.* Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.
- CARDOSO, D. B. *et al.* Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 24, n. 7, p. 23-31, 2019.
- CAVALCANTE, A. B. *et al.* Crescimento de palma forrageira em função da cura de segmentos dos cladódios. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, 11(5), p. 15-20, 2017.
- CAVALCANTE, L. A. D. *et al.* Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Agricultural Research in the Tropics), v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.
- CAVALCANTI, M. C. A. *et al.* Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp.). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.
- CONCEIÇÃO, M. G. *et al.* Can cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diet? **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 31, n. 10, p. 1627-1634, 2018.

CORDEIRO, M.W.S. *et al.* Tropical grass silages with spineless cactus in diets of Holstein × Zebu heifers in the semiarid region of Brazil. **Tropical Animal Health Production**, 55: p. 89, 2023.

CUNHA, D. de N. F. V. da *et al.* Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 4, p. 1156-1165, 2012.

DONATO, P. E. R. *et al.* Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Embrapa Gado de Leite. **Inflação do leite de 2020 a 2022**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1143698/1/Inflacao-do-leite-2020-a-2022.pdf>. Acesso em: 24 maio 2022.

FAUSTINO, F.T. *et al.* Utilização de grão de milho reidratado e casca de café na alimentação animal. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, v. 22, n. 1, 2020.

FARIAS, I. *et al.* **Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo granífero no Agreste de Pernambuco**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 35. p. 341-347, 2000.

GAVA, C. A. T.; LOPES, E. B. **Produção de mudas de palma forrageira utilizando fragmentos de cladódios**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012.

GUIMARÃES, A. de S. *et al.* **Potencial da palma forrageira para o Norte de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2013.

JOSÉ, C. C. *et al.* **Sistemas de produção, 2**. (EMBRAPA). Embrapa Milho e Sorgo. Versão eletrônica. ed. 6, ISSN 1679-012X, 2010.

LEITE, M. L. M. V. *et al.* Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri Paraibano. **Revista Caatinga**, v. 2, p. 192-200, 2014.

LINS, S. E. B. *et al.* Spineless cactus as a replacement for wheat bran in sugar cane-based diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 1, pp. 26-31, 2016.

LOPES, L.A. *et al.* **Spineless cactus for ruminant feed**, PUBVET, v.13, n.3a 277, p. 1-10, 2019.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. Cultivo da Palma forrageira. In: LOPES, E. D. (Org.). **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA, p. 21-60, 2012.

LOPES, L. A. *et al.* Replacement of tifton hay with alfalfa hay in diets containing spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) for dairy goats. **Small Ruminant Research**, v. 15, p. 67-11, 2017.

MARCÍLIO, N. L. da F. *et al.* **Palma forrageira na alimentação animal** - Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 4, 2015. (Documentos / Embrapa Meio-Norte, 0104- 866X; 233).

MARQUES, O. F. C. *et al.* Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MELO, A. A. S. *et al.* Substituição parcial do farelo de soja por ureia e palma forrageira (*Opuntia fícus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 727-736, 2003.

MISRA, A. K. *et al.* Intake, digestion and microbial protein synthesis in sheep on hay supplemented with prickly pear cactus [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] with or without groundnut meal. **Small Ruminant Research**, v. 63, n. 1-2, p. 125-134, 2006.

MONTEIRO, C. C. F. *et al.* A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, 59: p. 479-485, 2019.

OLIVEIRA, J. P. F. *et al.* Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 4, p. 529-536, 2018.

PESSOA, R. M. dos S. *et al.* Palma forrageira: Adubação orgânica e mineral. **Research, Society and Development**, 11: e12111334257, 2022.

PESSOA, R. A. S. *et al.* Diferentes suplementos associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, p. 508-517, 2013.

ROCHA FILHO, R. R. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes**, 2012. 87f. Trabalho de conclusão de curso (bacharel em Zootecnia) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, 2012.

RODRIGUES, H. M. **Potencial de utilização da palma forrageira na produção de bovinos na região de alegre**, 2020. 47f. Trabalho de conclusão de curso (bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, Brasil, 2020.

SANTOS, A. O. A. *et al.* Effects of Bermudagrass hay and soybean hulls inclusion on performance of sheep fed cactus-based diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, n. 3, p. 487-494, 2010.

SANTOS, D. C. *et al.* Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 111-121, 2013.

SANTOS, D. C. *et al.* **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006.

SILVA, A. P. G. *et al.* Características físicas, químicas e bromatológicas de palma Gigante (*Opuntia ficus-indica*) e Miúda (*Nopalea cochenillifera*) oriundas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 2, p. 1810–1820, 2015.

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

SILVA, E. T. S. *et al.* Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 9, pp. 761-767, 2017.

SILVIA, R. C. *et al.* Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 3, p. 516-525, 2018.

SILVA, R. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*: sistemas de produção e usos. **Revista Geama**, v. 1, n. 2, p. 151-161, 2015.

SILVA, L. M. *et al.* Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014.

SIQUEIRA, M. C. B. *et al.* Nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed spineless cactus. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 20, n. 1, p. 13-22, 2018.

SIQUEIRA, M. C. B. *et al.* Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. **Animal Feed Science and Technology**, v. 22, n. 6, p. 56-64, 2017.

SOUSA, T. P.; SOUSA NETO, E. P. S. Produção de palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) como alternativa de alimentação para criações no Semiárido. **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Campina Grande, PB, ago. 2012.

TORRES, L. C. L. *et al.* Substituição da palma gigante por palma miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.11, p. 2264-2269, 2009.

VALADARES FILHO, S. C. *et al.* **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, 2006.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica-organografia**: quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos. Viçosa: UFV, 2003.

VIEIRA, E. L. *et al.* Effects of hay inclusion on intake, in vivo nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia fícus-indica* Mill) based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 141, n. 3-4, p. 199-208, 2008.

WAQUIL, P. D. **Mercados e comercialização de produtos agrícolas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010.

5 ARTIGO

5.1 Substituição do fubá de milho por farelo de palma forrageira em dietas de bezerras leiteiras: avaliação produtiva e econômica.

Artigo Submetido na Revista Caatinga “Registro de Submissão 13020” - Universidade Federal do Semi-Árido – UFERSA. (ISSN 1983-2125)

REPLACEMENT OF CORNMEAL WITH FORAGE CACTUS BRAN IN DAIRY CALF DIET: A PRODUCTIVE AND ECONOMIC EVALUATION

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the productive performance and economic viability of replacing cornmeal (CM) with forage cactus bran (FCB) in diets of dairy calves. The experiment was conducted using a completely randomized design with four treatments and six replicates. Twenty-four weaned 5/8 Girolando calves, with an average weight of 98.5 ± 16.88 kg and an average age of 131 days, were used. The experimental treatments included FCB at 0%, 12%, 22%, and 32% of the total diet. Feed intake, weight gain, feed costs, and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of the concentrated supplements were evaluated. The IVDMD decreased linearly from 89.39% to 81.96% as the inclusion of FCB increased from 0% to 32%. Replacing CM with FCB had no significant effect on final weight (FW), average daily gain (ADG), or dry matter intake (DMI), which averaged 162.04 kg, 0.802 kg, and 3.42 kg, respectively. The cost per kilogram of ADG was R\$ 5.51, R\$ 5.28, R\$ 5.03, and R\$ 6.16 for the 0%, 12%, 22%, and 32% FCB groups, respectively. Replacing CM with FCB up to 32% of the total diet did not affect weight gain, and the inclusion of 22% FCB was found to be the most economically advantageous.

Keywords: Dairy cattle, by-product. feed cost, heifer performance, *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck

SUBSTITUIÇÃO DO FUBÁ DE MILHO POR FARELO DE PALMA FORRAGEIRA EM DIETAS DE BEZERRAS LEITEIRAS: AVALIAÇÃO PRODUTIVA E ECONÔMICA

RESUMO – O objetivo foi avaliar o desempenho produtivo e a viabilidade econômica da substituição do fubá de milho (FM) pelo farelo de palma (FP) em dietas para bezerras leiteiras. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Foram utilizadas 24 bezerras desmamadas 5/8 Girolando com peso médio de $98,5 \pm 16,88$ kg e idade média de 131 dias. Os tratamentos experimentais consistiram na inclusão do FP em 0, 12, 22 e 32% da dieta total. Foram avaliados o consumo, ganho de peso das bezerras, custos das dietas experimentais e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) dos suplementos concentrados. A DIVMS reduziu linearmente de 89,39 a 81,96% entre 0 e 32% de inclusão do FP. Não houve efeito da substituição do FM pelo FP sobre o peso final (PF), ganho médio diário (GMD) e consumo de matéria seca (CMS), que apresentaram médias de 162,04; 0,802 e 3,42 kg, respectivamente. O custo do GMD foi de R\$/kg 5,51; 5,28; 5,03 e 6,16 para os grupos 0, 12, 22 e 32% FP, respectivamente. A substituição do FM por FP em até 32% da dieta

total não altera o ganho de peso dos animais e a inclusão de 22% de FP é a mais vantajosa economicamente.

Palavras-chave: Bovinos de leite. Coproduto. Custo alimentar. Desempenho da recria.

Nopalea cochenillifera Salm Dyck

INTRODUCTION

Dairy cattle nutrition in semi-arid regions faces significant challenges, as pasture productivity is typically low and highly seasonal (ROCHA FILHO et al., 2021). Consequently, corn- and soybean-based concentrates are commonly used as supplements. However, these commodities are expensive, and their cultivation in semi-arid areas is difficult, which contributes to the rising prices of these inputs (ALVES et al., 2023). The high cost of corn has prompted the search for alternative ingredients, particularly by-products rich in digestible fibers, which are being evaluated as potential energy sources to replace starch-based grains in concentrate formulations (ALVES et al., 2023; MARCÍLIO et al., 2015).

In this context, forage cactus, a species well-adapted to arid and semi-arid climates, offers potential for both forage and meal production, making it a viable option for ruminant feeding (PESSOA et al., 2022). This plant contains significant amounts of total carbohydrates (TC), ranging from 73.8% to 85.2%, and non-fibrous carbohydrates (NFC) from 42.3% to 65.0% of the dry matter (DM). Additionally, the literature reports dry matter digestibility values between 67.3% and 78.8%, non-fibrous carbohydrate digestibility between 91.7% and 96.4%, and neutral detergent fiber digestibility between 59.7% and 62.2% (SIQUEIRA et al., 2017; SILVA et al., 2017; CARDOSO et al., 2019; MONTEIRO et al., 2019).

In response to rising feed ingredient costs, many producers are now focusing primarily on the nutrition of lactating cows, often at the expense of other categories. For instance, heifers, which are in the developmental phase and do not produce milk, are frequently subject to dietary restrictions as a cost-saving measure (CORDEIRO et al., 2023). While this practice is common, inadequate nutrition during the rearing phase can delay the growth and development of heifers, leading to a later age at first calving and negatively impacting the economic return of dairy production. Therefore, the introduction of corn substitutes that are either more cost-effective or have greater agronomic viability in dryland systems could enhance the nutrition of heifers (MARQUES et al., 2017).

In this context, forage cactus bran retains its nutritional value and can be stored during periods of scarcity or when commonly used inputs become more expensive, making it a promising alternative to cornmeal. However, it is essential to evaluate the optimal level of substitution that maximizes both zootechnical and economic performance in dairy calf diets formulated for high weight gain.

Therefore, the aim of this study was to assess the productive performance and economic viability of replacing cornmeal with forage cactus bran in concentrated supplements for dairy calves.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted from August 22 to November 8, 2023, in Montes Claros, MG (16.686316° S latitude, 43.843763° W longitude). The climate of the region is classified as Tropical Savannah (Aw) according to the Köppen classification. All animal handling practices were approved by the Animal Use Ethics Committee (CEUA) of UFMG (Protocol number 123/2017).

The experiment was conducted using a completely randomized design with four treatments and six replicates. Twenty-four weaned 5/8 Holstein and 3/8 Gyr calves were used, with an average body weight of 98.5 ± 16.88 kg and an average age of 131 days.

The experimental treatments involved the inclusion of forage cactus bran (FCB) at levels of 0% (T0), 12% (T12), 22% (T22), and 32% (T32) of the total diet for dairy calves, replacing cornmeal (CM) (Table 1). The T32 diet represented a 100% replacement of CM with FCB in the total diet.

The experimental diets were formulated to achieve a weight gain of 600 g/day, following the guidelines of the NRC (2001), and included the ingredients FCB, CM, soybean meal (SM), a commercial mineral mix, and corn silage (CS). The roughage:concentrate ratio of the diet was 50:50 on a dry matter basis (Table 1). FCB was produced in the experimental field, while the other ingredients were purchased. The chemical composition of the diets and ingredients is show in table 2.

Table 1. Proximate composition of experimental diets for dairy calves with increasing content of forage cactus bran replacing cornmeal.

Ingredients	Experimental Diets			
	T0	T12	T22	T32
Forage cactus bran (%)	0.00	11.83	22.19	31.80
Cornmeal (%)	36.70	23.10	11.08	0.00
Soybean meal (%)	11.77	13.55	15.21	16.67
Mineral mix ¹ (%)	1.53	1.53	1.53	1.53
Corn silage (%)	50.00	50.00	50.00	50.00

¹Mineral mix = Calcium (min) 180 g/kg, Calcium (max) 220 g/kg, Phosphorus (min) 80 g/kg, Sodium (min) 100 g/kg, Magnesium (min) 10 g/kg, Sulfur (min) 12 g/kg, Copper (min) 1145 mg/kg,

Iodine (min) 57 mg/kg, Manganese (min) 1145 mg/kg, Selenium (min) 22 mg/kg, Cobalt (min) 50 mg/kg, Zinc (min) 3437 mg/kg and maximum fluorine of 800 mg.

Table 2. Chemical composition of ingredients and diets for dairy calves with increasing content of forage cactus bran replacing cornmeal

Ingredients	DM	MM	CP	NDF	ADF	EE	NFC	TDN
	g/kg DM							
Forage cactus bran	874,5	186,0	50,3	290,1	191,1	8,7	464,9	590,0
Cornmeal	869,8	13,5	117,7	266,0	73,2	26,7	576,1	698,5
Soybean meal	866,7	66,9	554,4	101,8	62,0	5,3	235,5	602,3
Corn silage	267,0	77,7	68,5	520,8	275,6	36,7	296,3	567,2
T0 *	566,9	65,6	125,6	378,3	168,4	28,8	401,8	620,6
T12 *	567,5	80,6	121,3	366,9	172,4	25,2	406,1	614,1
T22 *	567,2	103,5	116,3	364,7	183,5	21,2	394,5	599,3
T32 *	569,3	121,3	116,3	369,5	197,4	19,6	373,5	585,9

DM = dry matter (g/1000 g of natural matter); MM = mineral matter; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; EE = ether extract; NFC = non-fibrous carbohydrate; TDN = total digestible nutrients. *Experimental treatments with inclusion of palm bran at 0, 12, 22 and 32% of the total diet.

The palm grove used for harvesting was the IPA Sertânia cultivar (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), covering a total area of approximately 2 hectares. The plants were arranged in single rows with a spacing of 0.25 m between cladodes and 2.7 m between rows. Fertilization at planting included 300 g of NPK (10-10-10) per linear meter, equivalent to 111 kg of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) per hectare.

The cladodes for bran production were harvested manually after 24 months of growth. They were then processed using a Trapp® JK-500 forage palm shredder, spread on a concrete floor, and left in the sun to dry, with the material being turned daily. After nine days of drying, the chopped and dehydrated palm was ground in a Nogueira® disintegrator with a 3 mm mesh sieve to obtain forage cactus bran (FCB).

The experimental period lasted 79 days, including a 15-day adaptation phase prior to the start of the experiment. The animals were housed in individual 15 m² pens equipped with feeders and water available at all times in plastic containers, which were sanitized twice daily. All pens had dirt floors and a shaded area of approximately 10 m².

Before the start of the experiment, the calves were dewormed with levamisole phosphate (1 mL/40 kg) upon arrival and received albendazole (10%) at a dosage of 1 mL/10 kg after 30 days. They also underwent ectoparasite control using Aciendel Pour-On Plus Biogenesis® (1

mL/10 kg) and doramectin (1%) at a dosage of 1 mL/50 kg. Control of bovine parasitic infections was achieved with diminazene diaceturate (7 g; 0.5 mL/10 kg) and oxytetracycline (1 mL/10 kg), repeated as necessary. The calves were vaccinated against clostridiosis using Clostrisan 11 (VIRBAC®) at 5 mL, with a booster administered after 30 days.

The diets were offered as a complete mixture at 6:00 AM and 3:00 PM. The amount of food was adjusted daily to ensure 10% leftovers. Before the morning feeding, the leftovers from each experimental unit were collected, weighed, identified, and sampled (200 g), then stored frozen at -10°C. Subsequently, the samples were thawed and combined into composites for each 15-day period.

The ingredients and composite samples of the diet leftovers were weighed and dried in a forced air circulation oven at 55°C for 72 hours (DETMANN et al., 2012). Subsequently, the samples were processed using a Wiley knife mill with a 1 mm sieve. The processed materials were then analyzed for dry matter (DM), mineral matter (MM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), and acid detergent fiber (ADF) according to DETMANN et al. (2012). The contents of non-fibrous carbohydrates were estimated using the equation $NFC = 100 - (CP + NDF + EE + MM)$ (SNIFFEN et al., 1992), and total digestible nutrients (TDN) were calculated using the equation $TDN = 40.2526 + 0.1969 CP + 0.4028 NFC + 1.903 EE - 0.1379 ADF$ (KEARL, 1982).

Dry matter intake (DMI) was calculated using the formula:

$$DMI = [(Roughage \text{ (kg)} \times \% \text{ DM of roughage}) + (\text{Concentrate (kg)} \times \% \text{ DM of concentrate})] - \text{Leftover (kg)} \times \% \text{ DM of leftover}$$

This value was expressed in kg/day as a percentage of body weight (% BW), and in metabolic weight ($MW \text{ g/kg}^{0.75}$). The intake of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), non-fibrous carbohydrate (NFCC) and total digestible nutrients (TDN) were estimated based on DMI.

Total weight gain (TWG) was calculated as the difference between the final weight (FW) on the 79th day and the initial weight (IW) on the first day, with the calves on a water-only diet for 12 hours prior to weighing. The average daily gain (ADG) was determined by dividing TWG by the number of days in the experimental period. Feed conversion ratio (FCR) was calculated as the ratio of DMI (kg/day) to ADG (kg/day).

Samples of the four experimental supplements, as well as the ingredients forage cactus bran (FCB), cornmeal (CM), soybean meal (SM), and corn silage (CS), were evaluated for *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) using the two-stage methodology proposed by Tilley and Terry (1963). Ruminal fluid was collected from five male Nellore cattle at a commercial slaughterhouse. Immediately after slaughter, the fluid was stored in a thermos and transported to the Chemical Analysis Laboratory of ICA/UFGM for analysis of its characteristics: pH, color, odor, consistency, and methylene blue reduction test (PRAM) following the protocol of DIRKSEN et al. (2008). In the PRAM, the result indicated the presence of active microorganisms, with a reduction time of up to 3 minutes. The fluid was yellowish-brown in color, had an aromatic odor, and exhibited slightly viscous consistency. The pH was measured using an INSTRUTHERM® benchtop digital pH

meter (PH2600), and the ruminal liquid was stabilized with CO₂ until it reached a pH of 6.82, after which it was inoculated with the samples for IVDMD analysis.

The samples were ground to 1 mm and sealed in pre-weighed F-57 Ankom® Filter Bags (5.5 cm x 5.5 cm). The bags were placed in a Tecnal® in vitro incubator (TE-150) for fermentation in a buffer solution containing ruminal fluid for 48 hours, followed by 24 hours of digestion with pepsin in an acidic solution to simulate digestion in the abomasum. After this period, the bags were removed, washed with distilled water, and dried in a forced air circulation oven at 55 to 60°C for 12 hours. The bags were then placed in an oven at 105°C for 2 hours to determine dry matter (DM) content. The in vitro dry matter digestibility (IVDMD) was calculated as the difference between the incubated sample and the residual sample, with four replicates used per treatment.

The unit cost of the experimental diets (R\$) was calculated based on the acquisition prices in June 2023 for soybean meal (SM), cornmeal (CM), and the vitamin-mineral supplement, which were R\$ 2.90, R\$ 1.32, and R\$ 4.36, respectively. The cost of forage cactus bran (FCB) was determined by considering the production costs (including soil preparation, purchase of seedlings, fertilizers, and labor for planting and fertilization) and processing costs (including transportation of green and dry palm, purchase of bags, labor for crushing, grinding, and bagging, as well as electricity costs) in the collection area, extrapolated to a per-hectare basis. The total production cost was then divided by the yield of 1 hectare, resulting in a unit value of R\$ 0.81. The cost of corn silage (CS) was based on the commercial price quoted in Montes Claros, MG, in June 2023, with a unit value of R\$ 0.18.

The unit cost of each ingredient (R\$) was determined by the ratio of its unit cost on a natural matter (NM) basis to its dry matter (DM) content. The unit cost of the concentrated supplements (R\$) was calculated by multiplying the cost of each ingredient by its proportion in the supplement. The unit cost of the total diet (R\$) was obtained by adding the cost of the supplement to the cost of silage, calculated as the percentage of silage inclusion multiplied by the unit cost of silage DM. The daily feed cost (R\$) was determined by multiplying the cost of the total diet by the dry matter intake (DMI). Finally, the cost of weight gain (R\$) was calculated by the ratio of the feed cost to the average daily gain (ADG) for each treatment. The statistical model used was $y_{ij} = \mu + T_i + \beta_1(X_{ij} - \bar{X}) + \beta_2(X_{ij} - \bar{X})^2 + e_{ij}$, where: y_{ij} is the observation of the response variable measured in treatment i and repetition j ; μ is the overall mean of the response variable; T_i is the effect of treatment i ; β_1 is the linear effect of the covariate initial weight; X_{ij} is the value of the covariate in the experimental unit of treatment i and replicate j ; $\bar{X}$ is the mean of the covariate initial weight; β_2 is the quadratic effect of the covariate initial weight; e_{ij} is the experimental error associated with treatment i and replicate j .

The economic data were analyzed using descriptive statistics. Intake and production performance data were evaluated through analysis of variance (ANOVA) and regression analysis for the performance traits using SAS software, version 13.2 (2014), with a 5% significance level. The REG procedure was applied for regression analysis, allowing for the calculation of the residual coefficient of variation (CV) and model determination coefficient (R^2). The GLM procedure

was used to test the initial weight as a covariate and to assess the lack of model fit (PROC REG, SAS 2014).

RESULTS AND DISCUSSION

The replacement of CM with FCB resulted in a linear reduction ($p < 0.05$) in the IVDMD of the concentrate supplements ($\hat{y} = 0.23x + 90.07$, $r^2 = 0.92$), with mean values of 89.4%, 88.0%, 86.0%, and 82.0% for the T0, T12, T22, and T32 diets, respectively. This result can be explained by the higher IVDMD of CM (90.51%) compared to FCB (73.30%).

Despite the observed effect, all concentrate supplements exhibited IVDMD values above 80%, with a maximum variation of 7.28% between the T0 and T32 diets. It is important to note that CM is derived from grain processing and is primarily composed of starch (73.64% of DM), whereas FCB originates from the vegetative parts of the plant. Although starch and pectin levels were not determined in this study, both are components of the non-fibrous carbohydrates (NFC), the most digestible fraction of carbohydrates in feed. Forage cactus contains 18 to 21% pectin in its dry matter (PESSOA et al., 2020).

IVDMD values above 80% have been observed in various forage palm cultivars, including IPA 20 (*Opuntia ficus-indica* Mill), IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill), and Ereta Espinhosa Pera (*Opuntia stricta* Haw). Additionally, 65.74% of the carbohydrates in palm are classified as rapidly or intermediately degradable, with only 11.57% considered unavailable (PESSOA et al., 2020). Forage palm also contains 12.9% starch, a relatively high value for forages (BATISTA et al., 2003).

SB also exhibited high IVDMD (87.0%), with an intermediate value between CM and FCB. CS showed an IVDMD of 65.67%, which is considered good for a forage, as reported values in the literature range from 34.70% to 76.20% (SANTOS et al., 2020). Based on the IVDMD results, the dietary ingredients can be considered highly digestible. Several factors influence the digestibility of grains and corn silage, including endosperm vitreousness, prolamin content, starch granule exposure to microorganisms, nitrogen fraction, fiber quality, ear proportion, plant height, and maturity (LIMA et al., 2022; VARELA et al., 2023). Similarly, FCB digestibility is influenced by its pectin, NDF, and ADF content, as well as crop management practices, harvest stage, and cultivar (BATISTA et al., 2003; PESSOA et al., 2020).

The replacement of CM with FCB did not significantly affect ($p > 0.05$) the dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), total weight gain (TWG), final body weight (FBW), and body weight (BW), with mean values of 3.42 kg/day, 0.802 kg/day, 63.54 kg, 162.04 kg, and 130.30 kg, respectively (Table 3).

These results demonstrate that forage cactus bran (FCB) served as a viable alternative energy source to cornmeal (CM), effectively meeting the nutritional requirements of dairy heifers for high weight gain. The observed average daily gain (ADG) of 802 g/day surpassed the

recommended target of 600 g/day, which is intended to achieve first calving around 24 months of age.

A similar performance was reported by Barros et al. (2018) in Girolando heifers, with ADG values between 760 and 830 g/day when replacing Tifton 85 hay with fresh forage cactus (0-100% of the diet). Likewise, Holstein × Zebu heifers exhibited ADG values of 720 g/day and 840 g/day with the inclusion of elephant grass silage 'BRS Capiapu' with forage palm (60:40) and sorghum silage with forage palm (60:40) at a 75:25 roughage:concentrate ratio (CORDEIRO et al., 2023). The high ADG observed in these studies was attributed to increased intake of non-fibrous carbohydrates (NFC), improved crude protein (CP) digestibility, and enhanced microbial production. This evidence supports the strategic use of forage cactus as a corn replacement without negatively impacting weight gain in dairy heifers.

The response of the FCR (feed conversion rate) to the increase in FCB inclusion in the diets was quadratic ($p < 0.05$). The FCR decreased with the inclusion of FCB in the diets, reaching a minimum point at 3.95. Beyond this level, the FCR achieved its highest value in animals from the T32 group (Table 3). This response indicated that the animals in the T32 group exhibited the poorest feed conversion efficiency in terms of weight gain.

The effect observed on FCR can be attributed to the linear increase in DMI/BW and DMI/MBW with the inclusion of FCB in the diet ($p < 0.05$). Accordingly, in relation to BW and MBW, the animals showed an increase in DMI, with the higher values observed in the T32 group. Higher values of FCR, DMI/BW, and DMI/MBW, without an increase in ADG, may indicate lower efficiency in zootechnical performance or higher feed costs.

Table 3. Performance of dairy heifers fed increasing levels of forage cactus bran as a substitute for cornmeal in the total diet

Variables	Inclusion level of forage cactus bran in the diet (%)				² regression	³ CV (%)
	0	12	22	32		
DMI (kg)	3,30	3,32	3,47	3,58	$\hat{y} = 3,42$	9,45
DMI/BW (%)	2,51	2,53	2,60	2,81	$\hat{y} = 0,01x + 2,49$ $r^2 = 0,27$	8,76
DMI/MBW (g/kg ^{0,75})	8,49	8,54	8,80	9,40	$\hat{y} = 0,03x + 8,45$ $r^2 = 0,19$	10,17
ADG (kg)	0,81	0,82	0,87	0,71	$\hat{y} = 0,802$	16,49
TWG (kg)	64,00	65,17	69,00	56,00	$\hat{y} = 63,54$	16,49
FBW (kg)	163,67	162,83	166,50	155,17	$\hat{y} = 162,04$	6,19
BW (kg)	131,67	130,25	132,00	127,17	$\hat{y} = 130,30$	4,14
FCR	4,18	4,11	3,97	5,02	$\hat{y} = 0,002x^2 - 0,05x + 4,26$ $r^2 = 0,47$	14,03

DMD (%)	42,87	43,42	46,81	51,05	$\hat{y} = 0,24x + 51,34$ $r^2 = 0,80$	4,29
CPI (kg)	0,44	0,45	0,44	0,54	$\hat{y} = 0,003x - 0,012$ $r^2 = 0,71$	13,25
NDFI (kg)	1,62	1,61	1,69	1,62	$\hat{y} = 1,63$	14,69
NFCI (kg)	1,46	1,43	1,47	1,48	$\hat{y} = 1,46$	12,04
TDNI (kg)	2,43	2,42	2,49	2,51	$\hat{y} = 2,46$	9,02

²significant at 5% probability; ³CV = Coefficient of variation (%); DMI = Dry matter intake; DMI/BW = Dry matter intake relative to body weight; DMI/MBW = Dry matter intake relative to metabolic body weight; ADG = Average daily gain; TWG = Total weight gain; FBW = Final body weight; BW = body weight; FCR = Feed conversion ratio; DMD = Dry matter content of the diet consumed; CPI = Crude protein intake; NDFI = Neutral detergent fiber intake; NFCI = Non-fibrous carbohydrate intake; TDNI = Total digestible nutrient intake.

The observed effect on the IVDMD of the supplements was not significant enough to alter DMI (kg/day) among the animals, which helps explain the similar ADG across treatments. Additionally, replacing CM with FCB did not significantly affect ($p > 0.05$) the intake of neutral detergent fiber (NDFI), non-fibrous carbohydrates (NFCI), or total digestible nutrients (TDNI), which showed average values of 1.63 kg, 1.46 kg, and 2.46 kg, respectively (Table 3)

The replacement of CM with FCB had a significant linear effect on DMD ($p < 0.05$). For every 1% increase in FCB inclusion in the diet, there was a 0.24% increase in DMD. This result reflects the animals' diet selection behavior. With the increase in FCB, the animals consumed more concentrate supplement, which had a higher DM content than CS (Table 2). As a result, despite the similarity in DMI across groups, the composition of the ingested diet, with a higher proportion of concentrate, may have compensated for the lower IVDMD of FCB compared to CM, leading to similar ADG among the animals. In fact, differences in diet selection were visibly noticeable during the experimental period, as evidenced by the characteristics of feed leftovers in the trough (Figures 2 and 3) between groups T0 and T32.



Figure 2 - Feed leftovers (A) and composition of feed leftovers (B) from the treatment with no inclusion (0%) of forage cactus bran in the diet.



Figure 3 - Feed leftovers (A) and composition of feed leftovers (B) from the treatment with 32% inclusion of forage cactus bran in the diet.

The greater selection of diets containing forage cactus bran (FCB) may be linked to the high pectin content's effect on ruminal pH (ABREU FILHO et al., 2022). Pectin, a component of the non-fibrous carbohydrates (NFC) in FCB, promotes a higher production of acetate during fermentation compared to starch, which is the primary NFC in cornmeal. In contrast, starch tends to produce more propionate or lactate, both of which have a greater potential to lower ruminal pH (PESSOA et al., 2020; ABREU FILHO et al., 2022).

The substitution of CM with FCB resulted in a linear increase in CPI ($p < 0.05$). The increase in CPI was 0.036 kg for every 1% of FCB included in the diet. This effect may be attributed to a greater selection of concentrate over CS by these animals, as it contained a higher CP content than CS (Table 2).

The unit cost of concentrated supplements on a dry matter (DM) basis decreased with the substitution of cornmeal (CM) for forage cactus bran (FCB) (Table 4). This reduction is attributed to the higher unit price of CM compared to FCB (R\$ 1.52 vs. R\$ 0.81). Consequently, a greater difference in unit costs was observed between the supplements T0 and T32, amounting to R\$ 0.26. Since the inclusion of corn silage (CS) was consistent across all diets (50% of DM), the total diet cost (R\$/kg) reflected this pattern, with a larger difference of R\$ 0.13 between T0 and T3.

In contrast, the daily feed cost varied differently from the costs of the supplements and the total diet. While the highest cost was observed for the T0 group, the lowest cost was recorded for the T12 group, showing a difference of R\$ 0.13 between them. The three groups that included FCB in their supplements (T12, T22, and T32) exhibited lower feed costs compared to the group that received only cornmeal (T0), indicating that FP contributed to a reduction in diet costs.

The T32 group exhibited the highest unit cost of weight gain, while the lowest was observed in the T22 group, with a difference of R\$ 1.13 between the two. The elevated unit cost of weight gain in the T32 group can be attributed to its poorer performance in terms of FCR, DMI/BW, DMI/MBW.

It is important to highlight the significance of correlating the cost of the supplement or diet with performance traits. Although diet T32 exhibited a lower cost, when linked to ADG, it showed the highest economic value. However, in situations where the recommended ADG is low to moderate (up to 500 g/day) or when the difference between the costs of CM and FCB is even greater than those presented in this study, the T32 diet may offer more advantageous feed and

weight gain costs compared to supplements containing corn. This is because the cultivation and use of palm primarily occur in regions with low and seasonal average annual precipitation, where corn cultivation is agronomically more challenging and its acquisition cost may be even higher than those observed in this study.

Table 4. Economic performance of dairy reifers fed increasing levels of forage cactus bran as a substitute for cornmeal in total diets

Parameters	Inclusion level of forage cactusm bran (%)			
	0	12	22	32
Cost of the Supplement (R\$/kg)	2,03	1,94	1,85	1,77
Cost of the total diet (R\$/kg)	1,35	1,31	1,26	1,22
Feed cost (R\$/dia)	4,46	4,33	4,38	4,38
Cost of weight gain (R\$/kg)	5,51	5,28	5,03	6,16

Cost of the supplement = Unit cost of the dry matter of each ingredient (R\$) × Percentage of inclusion of each concentrated ingredient (kg). Total diet cost = Cost of the supplement + (percentage inclusion of silage × unit cost of the dry matter of silage). Daily feed cost = Total diet cost × dry matter intake (kg). Cost of weight gain = Total feed cost / average daily weight gain (kg).

A study involving Holstein x Zebu steers on pasture receiving supplements at 0.6% of their body weight (0 to 90% FCB replacing CM) found that a 45% substitution level yielded the best economic return (ABREU FILHO et al., 2022). However, the unit costs of FCB and CM were R\$ 0.40 and R\$ 0.60, respectively, which are lower than those reported in the present study. Therefore, the optimal substitution level of CM with FCB, in addition to biological performance, depends on input acquisition costs, animal category, and supplementation level. Overall, FCB demonstrated potential as an energy source in the diets of young dairy heifers for optimal performance, with the T22 supplement being the most economically advantageous for an ADG of 0.802 kg/day.

CONCLUSION

The inclusion of cactus bran in up to 32% of the total diet increases dry matter intake relative to body and metabolic weight, but does not affect the weight gain of dairy calves.

The inclusion of cactus bran as a replacement for cornmeal, up to 22% of the diet, offers the lowest cost per unit of weight gain, making it the most economically advantageous option.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for granting a postgraduate scholarship (Master's degree) and Emergency Postgraduate Development Program for Strategic Consolidation (CAPES - PDPG 88881.923833/2023-01) and the Minas Gerais State Research Support Foundation for their financial support of the project (APQ-03004-18).

REFERENCES

ABREU FILHO, G. et al. Effects of replacing ground corn with Nopalea cochenillifera meal on the intake, performance, and economic viability of grazing steers. **Tropical Animal Health and Production**, 54: 35, 2022.

ALVES, K. A. et al. Effect of replacing corn with cactus pear on the performance and carcass traits and meat quality of feedlot finished lambs. **Brazilian Animal Science**, 24: e-75322P, 2023.

BARROS, L.J.A. et al. Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers diet. **Tropical Animal Health Production**, 50: 149-154, 2018

BATISTA, A. M. V. et al. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. **Journal Science and Food Agriculture**, 83: 440-445, 2003.

CARDOSO, D. B. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (Nopalea cochenillifera Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, 24: 23-31, 2019.

CORDEIRO, M.W.S. et al. Tropical grass silages with spineless cactus in diets of Holstein × Zebu heifers in the semiarid region of Brazil. **Tropical Animal Health Production**, 55: 89, 2023.

DETMANN, E. et al. (Eds.) **Métodos para análise de alimentos**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.

DIRKSEN, G. Sistema digestivo, In: DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.; STÖBER M. (Eds.). **Exame Clínico dos Bovinos**. 3ª. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2008. p.166-228.

KEARL, L.C. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. 1982. 196 f. Dissertation (Doctor in Philosophy in Animal Science) - International Feedstuffs Institute, Utah State University, Logan, 1982.

LIMA, L. M. et al. Factors determining yield and nutritive value of maize for silage under tropical conditions. **Gross and Forage Science**, 77: 201-215, 2022.

MARCÍLIO, N. L. da. F. et al. **Palma forrageira na alimentação animal** - Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2015. 47 p. ; 21 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, 0104- 866X; 233).

MARQUES, O. F. C. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, pp. 75-93, 2017.

MONTEIRO, C. C. F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with Dactylopius opuntiae. **Animal Production Science**, 59: 479-485, 2019.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7ª. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001, 381 p.

PESSOA, D. V. et al. Forage cactus of the genus Opuntia in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, 181: 104243, 2020.

PESSOA, R. M. dos S. et al. Palma forrageira: Adubação orgânica e mineral. **Research, Society and Development**, 11: e12111334257, 2022.

ROCHA FILHO, R.R. et al. Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck)—The Best Forage Cactus Genotype for Feeding Lactating Dairy Cows in Semiarid Regions. **Animals**, 11: 1774, 2021.

SANTOS, A. O. et al. A Survey of whole-plant Corn Silages from Minas Gerais Dairy Farms. **Scientia Agricola**. 77: e20180080, 2020.

SILVA, E. T. S. et al. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52: 761-767, 2017.

SIQUEIRA, M. C. B. et al. Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. **Animal Feed Science and Technology**, 22: 56-64, 2017.

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, 70: 3562-3577, 1992.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crop. **Journal of the British Grassland Society**, 18: 104-111, 1963.

VARELA, J. et al. Effects of endosperm type and storage length of whole-plant corn silage on nitrogen fraction, fermentation products, zein profile, and starch digestibility. **Journal of Dairy Science**, 106: 8710-8722, 2023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O farelo de palma forrageira como substituto ao fubá de milho em dietas para novilhas revelou-se como uma alternativa promissora e viável nos sistemas de produção leiteira. Os resultados do estudo, na substituição do fubá de milho não comprometeu o desempenho zootécnico das novilhas, indicando que as dietas formuladas foram eficientes em suprir as exigências nutricionais dessa categoria animal.

Com base nos resultados deste estudo, recomenda-se a adoção do farelo de palma forrageira como parte integrante das dietas de novilhas em sistemas de produção leiteira, assim, de acordo com seu perfil nutricional o farelo de palma pode contribuir para manter o desempenho semelhante ao obtido com dietas convencionais à base de milho. No entanto, é necessário continuar investigando para otimizar o uso do farelo de palma forrageira, avaliando diferentes níveis de inclusão e seus efeitos sobre parâmetros como saúde ruminal e metabolismo energético.

Em conclusão, a substituição do fubá de milho pelo farelo de palma forrageira demonstra ser uma estratégia sustentável e econômica para melhorar a eficiência dos sistemas de produção

de leite, contribuindo para a competitividade e sustentabilidade do setor agropecuário em condições climáticas típicas do semiárido.