



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**FDNi COMO FERRAMENTA PARA FORMULAÇÃO DE DIETAS COM PALMA
FORRAGEIRA + BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR + UREIA EM SUBSTITUIÇÃO
À SILAGEM DE MILHO PARA OVINOS: CONSUMO, COMPORTAMENTO
INGESTIVO E EFICIÊNCIA DE ALIMENTAÇÃO E RUMINAÇÃO.**

PABLO FRANCISCO SANTOS DA SILVA

RECIFE

2026



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**FDNi COMO FERRAMENTA PARA FORMULAÇÃO DE DIETAS COM PALMA
FORRAGEIRA + BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR + UREIA EM SUBSTITUIÇÃO À
SILAGEM DE MILHO PARA OVINOS: CONSUMO, COMPORTAMENTO INGESTIVO
E EFICIÊNCIA DE ALIMENTAÇÃO E RUMINAÇÃO.**

Pablo Francisco Santos da Silva

Graduando

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira

Orientador

Dr. Yasmin dos Santos Silva

Coorientadora

RECIFE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

S586f Silva, Pablo Francisco Santos da.

FDNi como ferramenta para formulação de dietas com palma forrageira + bagaço de cana-de-açúcar + ureia em substituição à silagem de milho para ovinos : consumo, comportamento ingestivo e eficiência de alimentação e ruminação / Pablo Francisco Santos da Silva. – Recife, 2026.

31 f.; il.

Orientador(a): Marcelo de Andrade Ferreira.

Co-orientador(a): Yasmin dos Santos Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Cactaceae. 2. Forragem . 3. Regiões áridas. 4. Volumosos 5. Cactos. I. Ferreira, Marcelo de Andrade, orient. II. Silva, Yasmin dos Santos, coorient. III. Título

CDD 636

PABLO FRANCISCO SANTOS DA SILVA

**FDNi COMO FERRAMENTA PARA FORMULAÇÃO DE DIETAS COM PALMA
FORRAGEIRA + BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR + UREIA EM SUBSTITUIÇÃO
À SILAGEM DE MILHO PARA OVINOS: CONSUMO, COMPORTAMENTO
INGESTIVO E EFICIÊNCIA DE ALIMENTAÇÃO E RUMINAÇÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Zootecnia da
Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Zootecnia.

Aprovado em 07/07/2026

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira
Orientador

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat
Examinador I

Me. Ana Clara Silva Pinheiro Leite
Examinador II

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa a concretização de um sonho construído ao longo de anos de dedicação, desafios, aprendizados e muitas conquistas. Nada disso teria sido possível sem o apoio, incentivo e colaboração de inúmeras pessoas que estiveram presentes em diferentes momentos dessa caminhada. A todas elas, expresso minha mais sincera gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder saúde, força, sabedoria e perseverança para superar cada obstáculo encontrado durante a graduação e por me permitir chegar até este momento tão especial.

À minha família, meu mais profundo agradecimento. À minha mãe, Valdelene, por todo amor incondicional, pelos ensinamentos, pela força e por nunca medir esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Ao meu pai, Flávio, pelos ensinamentos e incentivo ao longo da minha vida. À minha irmã, Beatriz, pelo carinho, apoio e por sempre acreditar em mim. À minha madrastra, Adriana, pelo apoio, cuidado e torcido durante toda essa jornada. À minha avó, Dona Neide, por todo o amor, pelas orações e pelo carinho que sempre me fortaleceram nos momentos mais difíceis. Esta conquista também pertence a vocês.

Aos meus amigos, que fizeram da graduação uma experiência muito mais leve e especial. Em especial à Maria Clara e ao Pedro, que estiveram ao meu lado desde o primeiro período até a conclusão do curso, compartilhando desafios, conquistas, alegrias e dificuldades. Vocês se transformaram em uma verdadeira segunda família, tornando cada momento vivido na universidade ainda mais significativo. Levarei nossa amizade para toda a vida. Também aos amigos Renan, Yasmim Veras, Rubens, Vinícius, Rogério e Adrya, agradeço por todos os momentos vividos, pelas conversas, pelas risadas, pelo incentivo e por estarem presentes em diferentes fases dessa jornada. Cada um de vocês contribuiu de forma especial para minha formação, não apenas como futuro profissional, mas também como pessoa. Estendo esse agradecimento aos demais amigos que, embora não citados nominalmente, fizeram parte dessa caminhada e deixaram sua marca na minha história. Tenho a certeza de que muitas dessas amizades permanecerão por toda a vida.

Ao Grupo de Estudos em Palma Forrageira (GEPAF) e a todos os seus integrantes, meu sincero agradecimento pela acolhida, parceria e amizade. Mesmo ingressando no grupo na reta final da graduação, fui recebido de forma tão calorosa que parecia fazer parte dele há muitos anos. O entrosamento construído durante a condução do experimento tornou essa experiência extremamente enriquecedora, tanto no aspecto profissional quanto pessoal.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira, agradeço pela confiança, pelos ensinamentos, pela disponibilidade e pela oportunidade de desenvolver este trabalho sob sua orientação. Sua dedicação à pesquisa e sua orientação foram fundamentais para minha formação acadêmica e científica.

À Coorientadora e doutoranda Yasmin, agradeço pela paciência, disponibilidade e por toda a ajuda durante a condução do experimento e elaboração deste trabalho. Sua orientação e apoio foram indispensáveis para a realização desta pesquisa.

À doutoranda Ana Clara e à pós-doutoranda Michele, meu muito obrigado por toda a ajuda, pelos ensinamentos, pela troca de conhecimentos e pelo apoio durante todas as etapas do experimento. A contribuição de vocês foi essencial para a execução deste trabalho.

À Professora Helena Emília e à Professora Camila Mendonça, agradeço pela oportunidade de participar do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), pelos ensinamentos, pela orientação e pela confiança depositada em meu trabalho. A experiência proporcionada por vocês teve papel fundamental na minha formação científica e despertou ainda mais meu interesse pela pesquisa.

Ao Laboratório de Microbiologia da UFRPE, onde tive a honra de atuar como monitor durante um ano, agradeço por todos os conhecimentos adquiridos, pelas experiências vivenciadas e pelas amizades construídas. Em especial às minhas amigas Laís e Marina, que tornaram essa experiência ainda mais especial e que levarei comigo para toda a vida.

A todos os professores do curso de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, agradeço pelos ensinamentos, pela dedicação e por contribuírem para minha formação profissional e pessoal ao longo destes anos.

A todos os técnicos, tratadores e servidores da Universidade Federal Rural de Pernambuco que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do experimento, deixo meu sincero reconhecimento. O comprometimento e a dedicação de cada um foram fundamentais para que esta pesquisa pudesse ser desenvolvida.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada e contribuíram para que este momento se tornasse realidade. Cada incentivo, conselho, gesto de apoio e palavra de motivação foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 Produção de ruminantes no Brasil e o cenário do Semiárido nordestino	14
3.2 Limitações do milho como volumoso no Semiárido nordestino	14
3.3 Palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (<i>Opuntia stricta</i> [Haw.] Haw).....	15
3.4 Bagaço de cana-de-açúcar e ureia como complementos à palma.....	15
3.5 Fibra em Detergente Neutro (FDN) como parâmetro de formulação de dietas para ruminantes.	16
3.6 Fibra em Detergente Neutro Indigestível (FDNi) e dinâmica ruminal da fibra	17
3.7 Comportamento ingestivo.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 Animais, local e manejo	20
4.2 Delineamento experimental.....	20
4.3 Ingredientes e formulação das dietas.....	21
4. Consumo estimado	22
5. Comportamento ingestivo	23
6. Análises estatísticas	23
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
7.1 Consumos estimados	24
7.2 Comportamento ingestivo.....	25
7.3 Eficiências de alimentação e ruminação.....	26
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
9 REFERÊNCIAS	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas do manejo alimentar dos ovinos durante o experimento: fornecimento das dietas, preparo das misturas experimentais e coleta das sobras.	22
Figura 2. Registro do comportamento ingestivo dos ovinos durante 24 horas por meio do método de varredura instantânea, utilizado para determinação dos tempos de alimentação, ruminação e ócio.....	23
Figura 3. Consumos de MS, FDN e FDNi.	24
Figura 4. Comportamento dos tempos de alimentação (TA), ruminação (TR) e ócio (TO) de ovinos em função dos níveis de substituição da silagem de milho pela associação entre palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana, bagaço de cana-de-açúcar e ureia.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Modelo do delineamento em quadrado latino 5×5 utilizado.	20
Tabela 2. . Proporção dos ingredientes das dietas experimentais e composição estimada.....	21
Tabela 3. Consumos estimados de matéria seca (CMS), fibra em detergente neutro (CFDN) e fibra em detergente neutro indigestível (CFDNi) de ovinos alimentados com diferentes níveis de substituição da silagem de milho pela associação entre palma forrageira Orelha Mexicana, bagaço de cana-de-açúcar e ureia.	24
Tabela 4. Tempos diários de alimentação (TA), ruminação (TR) e ócio (TO) de ovinos alimentados com diferentes níveis de substituição da silagem de milho pela associação entre palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana, bagaço de cana-de-açúcar e ureia.....	25
Tabela 5. Eficiências de alimentação e de ruminação da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) de ovinos alimentados com diferentes níveis de substituição da silagem de milho pela associação entre palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana, bagaço de cana-de-açúcar e ureia.....	27

RESUMO

A escassez de volumosos de elevada qualidade no Semiárido brasileiro impulsiona a busca por alternativas alimentares capazes de substituir a silagem de milho sem comprometer o desempenho dos animais. Nesse contexto, a palma forrageira associada ao bagaço de cana-de-açúcar e à ureia constitui uma estratégia promissora, porém sua formulação baseada apenas na fibra em detergente neutro (FDN) pode limitar o consumo devido às diferenças na dinâmica ruminal da fibra. Diante disso, objetivou-se avaliar o uso da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como parâmetro de formulação de dietas contendo palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw), bagaço de cana-de-açúcar e ureia em substituição à silagem de milho, e seus efeitos sobre o consumo estimado de matéria seca (CMS), fibra em detergente neutro (CFDN) e fibra em detergente neutro indigestível (CFDNi), o comportamento ingestivo e as eficiências de alimentação e ruminação de ovinos. Foram utilizados cinco ovinos machos da raça Santa Inês, fistulados no rúmen, com peso corporal médio de 40 kg, distribuídos em delineamento em quadrado latino 5×5 . Os tratamentos consistiram em cinco níveis de substituição da silagem de milho (0, 25, 50, 75 e 100%) pela associação entre palma forrageira, bagaço de cana-de-açúcar e ureia, mantendo-se constante o teor de FDNi em 11,6% da matéria seca das dietas. O CMS, o CFDN e o CFDNi apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$) em função dos níveis de substituição, com consumos máximos estimados de 1.515,86 g/dia de matéria seca, 502,05 g/dia de FDN e 168,0 g/dia de FDNi, obtidos nos níveis de substituição de 62,32%, 48,85% e 72,8%, respectivamente. O tempo de alimentação não foi influenciado pelos tratamentos ($P > 0,05$), enquanto o tempo de ruminação apresentou tendência de redução linear ($P = 0,060$) e o tempo de ócio tendência de aumento linear ($P = 0,068$). As eficiências de alimentação da matéria seca e da FDN não foram alteradas ($P > 0,05$), porém a eficiência de ruminação da matéria seca aumentou linearmente ($P < 0,05$), refletindo a redução do tempo de ruminação associada à menor concentração de fibra fisicamente efetiva nas dietas. Os resultados evidenciam que a FDNi constitui parâmetro mais sensível que a FDN para a formulação de dietas à base de palma forrageira OEM + bagaço de cana-de-açúcar + ureia, permitindo maior inclusão desse volumoso e maiores consumos, sem comprometer o comportamento ingestivo dos animais. Estudos complementares envolvendo digestibilidade, parâmetros ruminais e dinâmica da fibra são necessários para confirmar os efeitos dessa estratégia sobre o desempenho nutricional dos ovinos.

Palavras-chave: Cactácea; Forragem Conservada; Semiárido; Volumoso.

ABSTRACT

The scarcity of high-quality roughage in the Brazilian semi-arid region drives the search for feed alternatives capable of replacing corn silage without compromising animal performance. In this context, forage cactus combined with sugarcane bagasse and urea represents a promising strategy; however, formulating diets based solely on neutral detergent fiber (NDF) may limit intake due to differences in fiber ruminal dynamics. Therefore, this study aimed to evaluate the use of indigestible neutral detergent fiber (iNDF) as a formulation parameter for diets containing "Orelha de Elefante Mexicana" forage cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw), sugarcane bagasse, and urea as a substitute for corn silage. It also assessed the effects on estimated dry matter intake (DMI), NDF intake (NDFI), and iNDF intake (iNDFI), as well as ingestive behavior and feeding and rumination efficiencies in sheep. Five rumen-fistulated male Santa Inês sheep (mean body weight of 40 kg) were used in a 5 × 5 Latin square design. Treatments consisted of five levels of corn silage replacement (0, 25, 50, 75, and 100%) with the combination of forage cactus, sugarcane bagasse, and urea, while maintaining a constant iNDF content of 11.6% of the diet dry matter. DM, NDF, and iNDF intakes showed a quadratic response ($P < 0.05$) to the substitution levels, with estimated maximum intakes of 1,515.86 g/day of dry matter, 502.05 g/day of NDF, and 168.0 g/day of iNDF, achieved at substitution levels of 62.32%, 48.85%, and 72.8%, respectively. Feeding time was not influenced by the treatments ($P > 0.05$), whereas rumination time showed a trend toward a linear decrease ($P = 0.060$) and idle time showed a trend toward a linear increase ($P = 0.068$). Dry matter and NDF feeding efficiencies remained unchanged ($P > 0.05$); however, dry matter rumination efficiency increased linearly ($P < 0.05$), reflecting the reduction in rumination time associated with the lower concentration of physically effective fiber in the diets. The results demonstrate that iNDF is a more sensitive parameter than NDF for formulating diets based on forage cactus (OEM), sugarcane bagasse, and urea, allowing for higher inclusion levels of this roughage and greater intake without compromising the animals' ingestive behavior. Further studies addressing digestibility, ruminal parameters, and fiber dynamics are needed to confirm the effects of this strategy on the nutritional performance of sheep.

Keywords: Cactaceae; Conserved forage; Grasses; Semiarid region.

1 INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes é um dos principais pilares do agronegócio mundial, exercendo papel fundamental na segurança alimentar global por meio do fornecimento de carne, leite e derivados. No Brasil, essa atividade assume caráter ainda mais estratégico, não apenas pela expressão produtiva, mas pela contribuição econômica e social que gera. Somente a cadeia da carne bovina movimentou no ano de 2024, cerca de R\$ 987,36 bilhões, representando aproximadamente 8,4% do PIB nacional, com o país ocupando o primeiro lugar em exportação e o segundo em produção mundial de carne bovina, atrás apenas dos Estados Unidos (CEPEA, 2024; ABIEC, 2024).

Nesse cenário, o milho se consolida como o principal ingrediente energético das dietas de ruminantes, seja na forma de concentrado ou de silagem. Contudo, sua produção está concentrada nas regiões Centro-Oeste e Sul do país, e o Semiárido nordestino enfrenta limitações estruturais severas para seu cultivo, como irregularidade pluviométrica, altos custos de produção e elevada exigência hídrica e de nitrogênio, particularmente quando destinado à ensilagem. Essa realidade impõe a necessidade de alternativas forrageiras mais adaptadas às condições edafoclimáticas da região.

A palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) desponta como alternativa estratégica nesse contexto. Com metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), elevada eficiência no uso da água e bom perfil energético, apresenta teores de carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais próximos aos da silagem de milho, além de suprir parte da necessidade hídrica dos animais (Dantas *et al.*, 2017). Por apresentar baixos teores de fibra fisicamente efetiva e proteína bruta, deve ser associada a fontes complementares, sendo o bagaço de cana-de-açúcar e a ureia os componentes do pacote tecnológico mais utilizado para compor dietas equilibradas.

A principal limitação dessa associação reside na dificuldade de controle do consumo voluntário nas dietas com maior participação de palma. O elevado teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) dessas dietas pode induzir saciedade energética, fazendo com que os animais reduzam o consumo ao atingir suas exigências com menor quantidade de alimento. Adicionalmente, o progressivo aumento de carboidratos não fibrosos (CNF) oriundos da palma, associado à redução do teor de FDN fisicamente efetiva, pode favorecer condições de acidose ruminal subaguda, suprimindo o apetite e comprometendo a eficiência digestiva.

Tradicionalmente o balanceamento de dietas para ruminantes considera o teor total de FDN como indicador da quantidade mínima de fibra necessária para manutenção da saúde ruminal. Entretanto, esse critério assume que toda a fração fibrosa exerce comportamento semelhante no rúmen, desconsiderando diferenças importantes entre as frações potencialmente degradáveis e indigestíveis da parede celular. Em dietas contendo coprodutos fibrosos, como o bagaço de cana-de-açúcar, essa limitação pode comprometer a estimativa do enchimento ruminal e do consumo voluntário.

Diante desse contexto, hipotetizou-se que a utilização da FDNi como parâmetro de formulação permite maior inclusão da associação palma forrageira + bagaço de cana-de-açúcar + ureia em substituição à silagem de milho, não compromete o consumo, o comportamento ingestivo e as eficiências de alimentação e ruminação dos ovinos. hipotetizou-se que a substituição da silagem de milho pela associação entre palma forrageira OEM, bagaço de cana-de-açúcar e ureia, com a FDNi como parâmetro de formulação fixado em 11,6% da MS, não compromete o consumo, a digestibilidade aparente total dos nutrientes e a dinâmica ruminal da fibra em ovinos, podendo, inclusive, favorecer a eficiência de utilização do nitrogênio dietético em função da menor concentração de fibra de baixa degradabilidade nas dietas com maior participação de palma.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da substituição da silagem de milho por palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) associada a bagaço de cana-de-açúcar e ureia, utilizando a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como parâmetro de formulação.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar os efeitos da substituição da silagem de milho por palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) associada a bagaço de cana-de-açúcar e ureia, utilizando a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como parâmetro de formulação sobre:

- Consumo de matéria seca
- Comportamento ingestivo
- Eficiência de alimentação e ruminação

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Produção de ruminantes no Brasil e o cenário do Semiárido nordestino

O rebanho nacional de ruminantes é composto por aproximadamente 275,1 milhões de animais, sendo os bovinos os principais representantes, com 238,2 milhões de cabeças (86,57% do total). Os rebanhos de ovinos e caprinos somam 21,9 e 13,3 milhões de animais, respectivamente, com importância regional expressiva no Semiárido nordestino, onde suas características adaptativas permitem desempenho satisfatório mesmo em condições de escassez hídrica e alimentar (IBGE, 2024).

A região Nordeste concentra mais de 90% do rebanho caprino nacional e parcela significativa do rebanho ovino, sendo a caprinocultura e ovinocultura atividades de grande relevância socioeconômica para pequenos e médios produtores rurais. O clima BSH predominante na região, caracterizado por sazonalidade climática acentuada e irregularidade pluviométrica, impõe variações na disponibilidade de forragem ao longo do ano, tornando fundamental a busca por alimentos alternativos adaptados a essas condições.

3.2 Limitações do milho como volumoso no Semiárido nordestino

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho, com produção estimada em 139,7 milhões de toneladas na safra 2024/25, crescimento expressivo em relação à safra anterior (CONAB, 2025). Entretanto, essa produção está concentrada nas regiões Centro-Oeste e Sul, onde condições climáticas mais favoráveis e maior adoção tecnológica viabilizam altas produtividades.

No Semiárido nordestino, o cultivo do milho enfrenta restrições estruturais importantes: irregularidade das chuvas, baixos índices pluviométricos e ocorrência frequente de estiagens prolongadas comprometem o estabelecimento das lavouras. Mesmo com o uso de sementes crioulas e técnicas orgânicas, os resultados produtivos são inferiores aos de linhagens híbridas e transgênicas, que por sua vez são mais exigentes em insumos e manejo. Aliado a isso, a elevada exigência hídrica e de nitrogênio do milho para silagem torna a fertirrigação praticamente indispensável para produtividades satisfatórias, condição de difícil viabilidade econômica para pequenos produtores (Andrade *et al.*, 2024).

Souza *et al.* (2018), em Mossoró-RN, constataram que a fertirrigação com 87,62 kg ha⁻¹ de N proporcionou produtividade máxima de 26,92 t ha⁻¹ de matéria natural na safra de

verão, ao passo que no inverno, doses crescentes até 240 kg ha⁻¹ de N elevaram a produção a 38,14 t ha⁻¹, evidenciando a alta variabilidade do potencial produtivo do milho conforme as condições de cultivo, e reforçando os desafios para sua adoção em sistemas de baixo custo no Semiárido.

3.3 Palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw)

A palma forrageira, com destaque para a variedade Orelha de Elefante Mexicana, apresenta elevada adaptação às condições de déficit hídrico do Semiárido nordestino. Seu metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) permite maior eficiência no uso da água por meio da abertura dos estômatos apenas durante a noite, reduzindo a perda hídrica por transpiração. Adicionalmente, os cladódios possuem elevada capacidade de armazenamento hídrico, o que contribui significativamente para o suprimento de água aos animais em períodos de escassez (Dantas *et al.*, 2017).

Do ponto de vista nutricional, a palma apresenta elevados teores de carboidratos não fibrosos (CNF) e bons níveis de nutrientes digestíveis totais (NDT), próximos aos verificados na silagem de milho, configurando-se como importante fonte energética na dieta de ruminantes. O cultivar OEM destaca-se ainda pela resistência à cochonilha do carmim e pela menor exigência de fertilidade do solo, embora a presença de espinhos reduza sua palatabilidade e dificulte o manejo (Cavalcanti *et al.*, 2008; Tavares *et al.*, 2005).

A principal limitação nutricional da palma reside em seus baixos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB), que variam de 2 a 4% na matéria seca. Dietas compostas exclusivamente por palma podem promover distúrbios digestivos, como a diarreia, além de comprometer a atividade mastigatória e a produção de saliva, reduzindo o efeito tamponante no rúmen. Por isso, sua inclusão nas dietas deve ser acompanhada de fontes de fibra fisicamente efetiva e nitrogênio (Almeida, 2012; Chagas, 2013).

3.4 Bagaço de cana-de-açúcar e ureia como complementos à palma

O bagaço de cana-de-açúcar é amplamente utilizado como fonte de fibra fisicamente efetiva em dietas à base de palma forrageira, sendo responsável por estimular a mastigação, a salivação e a motilidade ruminal, contribuindo para a manutenção do pH e da estabilidade do ambiente fermentativo. Entretanto, esse coproduto apresenta elevada concentração de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fração de baixa degradabilidade que pode aumentar

o tempo de retenção ruminal, dando a sensação de saciedade por preenchimento, reduzindo o consumo voluntário.

A ureia, por sua vez, é utilizada como fonte de nitrogênio não proteico (NNP), viabilizando a síntese de proteína microbiana no rúmen quando há disponibilidade simultânea de energia fermentescível. A sincronização entre a disponibilidade de nitrogênio e de carboidratos rapidamente fermentáveis é determinante para maximizar a eficiência microbiana e o aproveitamento dos nutrientes.

3.5 Fibra em Detergente Neutro (FDN) como parâmetro de formulação de dietas para ruminantes.

A fibra em detergente neutro (FDN) consolidou-se, ao longo das últimas décadas, como o principal parâmetro bromatológico utilizado no balanceamento de dietas para ruminantes. O método analítico que permitiu sua quantificação foi desenvolvido por Van Soest, na década de 1960, a partir do sistema de análise por detergentes, que substituiu a solução alcalina do tradicional método de Weende por soluções detergentes capazes de fracionar o alimento em componentes celulares (solúveis) e de parede celular (fibrosos), dando origem aos conceitos de FDN e fibra em detergente ácido (FDA) (Van Soest, 1994; Alves et al., 2016). Essa metodologia permitiu relacionar de forma mais consistente a fração fibrosa dos alimentos ao seu comportamento no ambiente ruminal, tornando-se referência internacional para a avaliação de forragens e a formulação de rações.

A utilização da FDN como parâmetro de formulação de dietas, entretanto, foi consolidada principalmente pelos trabalhos de Mertens, que, a partir da década de 1970, desenvolveu modelos estáticos e mecanicistas para predição do consumo de matéria seca com base na capacidade de consumo de FDN pelos ruminantes (Mertens, 1987; Pereira et al., 2003). Segundo esse referencial, a FDN ocupa espaço físico no retículo-rúmen, e sua taxa de digestão e passagem determinam, em grande parte, o tempo de permanência do alimento nesse compartimento, constituindo mecanismo de regulação física do consumo (Mertens, 1994). Mertens (1997) avançou ainda ao propor os conceitos de FDN fisicamente efetiva (peFDN) e FDN efetiva (eFDN), reconhecendo que não apenas a quantidade, mas também o tamanho de partícula e a capacidade de estímulo à mastigação e à salivação, são determinantes da resposta animal à fibra dietética (Mertens, 2001 citado por Alves et al., 2016).

Com base nesse referencial teórico, sistemas de exigências nutricionais amplamente utilizados na formulação de dietas para ruminantes, a exemplo do National Research Council

(NRC), passaram a recomendar teores mínimos de FDN geralmente entre 25 e 33% da matéria seca, a depender da proporção oriunda de volumosos, como forma de garantir a estabilidade do ambiente ruminal, a atividade mastigatória adequada e a manutenção do teor de gordura do leite em vacas leiteiras (NRC, 2001; Alves *et al.*, 2016). Atualmente, a FDN permanece como o principal critério de balanceamento fibroso em programas de formulação de dietas, tanto pela sua praticidade analítica quanto pela ampla base de dados que fundamenta suas recomendações, sendo empregada rotineiramente tanto em sistemas de formulação para bovinos leiteiros e de corte quanto para pequenos ruminantes (Detmann *et al.*, 2021).

Entretanto, a FDN reúne, em uma única fração, componentes com taxas de degradação bastante distintas, desde a hemicelulose rapidamente fermentável até a fração indigestível associada à lignificação da parede celular, o que pode comprometer a precisão desse parâmetro em dietas contendo ingredientes de composição fibrosa heterogênea, como coprodutos agroindustriais e forragens não convencionais. Macedo Júnior *et al.* (2006), avaliando níveis crescentes de FDN dietético em ovelhas Santa Inês, verificaram que o consumo de matéria seca foi regulado predominantemente pela densidade energética da dieta (mecanismo fisiológico), e não pelo enchimento físico do rúmen, evidenciando que a quantidade total de FDN nem sempre reflete de forma adequada o efeito de repleção ruminal esperado, sobretudo em dietas com elevada proporção de carboidratos não fibrosos.

Esse tipo de limitação reforça a necessidade de parâmetros complementares, como a fração indigestível da FDN (FDNi), capazes de descrever com maior precisão a dinâmica ruminal da fibra em dietas com composição fibrosa heterogênea, a exemplo das dietas à base de palma forrageira associada ao bagaço de cana-de-açúcar avaliadas no presente estudo, tema explorado na seção seguinte.

3.6 Fibra em Detergente Neutro Indigestível (FDNi) e dinâmica ruminal da fibra

Embora a fibra em detergente neutro (FDN) seja amplamente utilizada na formulação de dietas para ruminantes, sua utilização isolada pode não representar adequadamente a fração da fibra responsável pelo enchimento ruminal. Isso ocorre porque a FDN é constituída por porções com diferentes velocidades de degradação, incluindo uma fração potencialmente degradável e outra indigestível. Assim, dietas com teores semelhantes de FDN podem apresentar comportamentos distintos quanto ao tempo de retenção das partículas no rúmen e ao consumo voluntário.

Nesse contexto, a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) representa a fração da parede celular que não sofre degradação pelos microrganismos ruminais, permanecendo no trato digestório até sua eliminação nas fezes (Detmann et al., 2021). Como sua remoção depende exclusivamente da taxa de passagem das partículas, a FDNi está diretamente relacionada ao enchimento físico do rúmen e ao tempo de retenção da fibra, constituindo um importante indicador da dinâmica ruminal.

A dinâmica da fibra no rúmen pode ser descrita pelas taxas de ingestão (K_i), degradação (K_d) e passagem (K_p). Enquanto a fração potencialmente degradável da FDN sofre fermentação e redução gradual do tamanho das partículas, a FDNi permanece praticamente inalterada, sendo removida apenas pela passagem para os compartimentos posteriores do trato digestório. Dessa forma, alterações na quantidade de FDNi da dieta podem modificar a taxa de renovação do conteúdo ruminal, influenciando diretamente o consumo de matéria seca e a utilização dos nutrientes (Allen e Linton, 2007).

Essa diferença torna-se particularmente importante em dietas compostas por ingredientes com características fibrosas contrastantes. A palma forrageira apresenta baixa concentração de fibra estrutural e elevada proporção de carboidratos rapidamente fermentáveis, enquanto o bagaço de cana-de-açúcar possui elevada concentração de parede celular e maior participação da fração indigestível da fibra. Dessa maneira, o balanceamento baseado apenas na FDN pode não refletir adequadamente o comportamento ruminal dessas dietas, uma vez que ingredientes com o mesmo teor de FDN podem apresentar quantidades bastante distintas de FDNi.

3.7 Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo dos ruminantes é composto por períodos discretos de alimentação, ruminação e ócio, distribuídos de forma não uniforme ao longo das 24 horas do dia (Silva *et al.*, 2023). A ruminação compreende a regurgitação do bolo alimentar, a remastigação, a reinsalivação e a reglutição, sendo essencial para a fragmentação física da fibra e para a manutenção de um ambiente ruminal estável. O tempo dedicado a essa atividade é diretamente proporcional à concentração de parede celular da dieta, especialmente à FDN fisicamente efetiva (Van Soest, 1994).

Em ovinos alimentados com dietas à base de palma forrageira, a redução da fibra fisicamente efetiva tende a diminuir o tempo de ruminação e aumentar o período de ócio, sem necessariamente comprometer o tempo de alimentação (Beltrão, 2012; Bispo *et al.*, 2010; Cavalcanti *et al.*, 2008). As eficiências de alimentação e ruminação, calculadas como a

quantidade de matéria seca ou FDN processada por unidade de tempo, constituem indicadores adicionais da adequação nutricional das dietas e da adaptação dos animais às diferentes composições dietéticas (Chelotti et al., 2024).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Animais, local e manejo

Foram utilizados cinco ovinos machos da raça Santa Inês, fistulados e canulados no rúmen, com peso corporal médio inicial de 40 kg. Antes do início do experimento, os animais foram identificados, vermifugados e pesados, e passaram por um período de adaptação de 10 dias às instalações e ao manejo. Os animais foram alocados em baias individuais de 1,0 m × 1,8 m, equipadas com bebedouro e comedouro, mantidas sob iluminação de 24 horas, em galpão coberto com laterais abertas situado no Biotério de Pesquisa com Ruminantes II, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Todos os procedimentos foram conduzidos conforme normas da CEUA-UFRPE protocolada sob o CEUA nº 2352251125.

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, às 8h00 e às 15h00, de forma homogeneizada (volumoso e concentrado juntos), à vontade. As sobras e os alimentos fornecidos foram pesados diariamente, sendo admitidas sobras de 5% a 10% do ofertado, com ajuste diário com base no consumo do dia anterior. Os animais foram pesados antes e após cada período experimental.

4.2 Delineamento experimental

Os cinco carneiros foram distribuídos aleatoriamente em um delineamento em quadrado latino 5×5. O experimento teve duração total de 110 dias, com cinco períodos de 22 dias cada, sendo 14 dias de adaptação às dietas e 8 dias destinados à coleta de dados e amostras. Cada animal recebeu todos os tratamentos em períodos distintos, atuando como seu próprio controle e permitindo o controle simultâneo das variações associadas aos animais e aos períodos experimentais (Tabela 1).

Tabela 1. Modelo do delineamento em quadrado latino 5×5 utilizado.

Período	Ovino 1	Ovino 2	Ovino 3	Ovino 4	Ovino 5
1º	T2	T4	T3	T5	T1
2º	T5	T1	T4	T3	T2
3º	T4	T2	T5	T1	T3
4º	T1	T3	T2	T4	T5
5º	T3	T5	T1	T2	T4

4.3 Ingredientes e formulação das dietas

As dietas experimentais foram compostas por dois tipos de volumosos: silagem de milho (*Zea mays* L.) e palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) associada ao bagaço de cana-de-açúcar. Ambos os volumosos foram provenientes do Instituto de Pesquisa Agronômica — Estação Experimental de São Bento do Uma/PE. Os ingredientes concentrados utilizados foram o farelo de milho, o farelo de soja e suplemento mineral comercial para ovinos (Supranor Nutrição Animal, PE, Brasil).

Os cinco tratamentos corresponderam a diferentes níveis de substituição da silagem de milho pela palma OEM associada ao bagaço de cana-de-açúcar e ureia: 0, 25, 50, 75 e 100%, com base na matéria seca, mantendo o teor de FDNi fixado em 11,6% da MS em todos os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 2. . Proporção dos ingredientes das dietas experimentais e composição estimada.

Ingredientes (% na MS)	Níveis de substituição (%)				
	0,00	25,00	50,00	75,00	100,00
Silagem de milho	0,00	48,00	32,00	16,00	0,00
Bagaço de cana	0,00	3,00	6,00	9,00	12,00
Palma OEM	0,00	12,79	25,58	38,38	51,14
Ureia /SA ¹	0,00	0,21	0,42	0,62	0,86
Milho	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Farelo de soja	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Mistura mineral	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PB ²	13,40	13,40	13,40	13,40	13,40
FDN ²	42,73	39,06	35,39	31,73	28,06
FDNi ²	11,60	11,60	11,60	11,60	11,60
NDT ²	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00

¹Ureia + sulfato de amônio na proporção 9:1;

²Estimado (% na MS);;

4. Consumo estimado

O consumo foi estimado diariamente pela diferença entre a quantidade de alimento fornecida e as sobras de cada animal durante o período experimental. A partir do consumo individual de cada ingrediente (silagem de milho, palma forrageira, bagaço de cana-de-açúcar e concentrado), estimaram-se os consumos de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), multiplicando-se o consumo de cada ingrediente pelos respectivos teores desses constituintes obtidos na composição bromatológica das dietas.

O consumo total de MS (CMS), FDN (CFDN) e FDNi (CFDNi) foram calculados pela soma das contribuições de todos os ingredientes consumidos por animal em cada período experimental. Posteriormente, foram calculadas as médias por tratamento para realização das análises estatísticas, conforme as equações:

$$\text{CMS} = \text{MS (silagem)} + \text{MS (palma)} + \text{MS (bagaço)} + \text{MS (concentrado)}$$

$$\text{CFDN} = \text{FDN (silagem)} + \text{FDN (palma)} + \text{FDN (bagaço)} + \text{FDN (concentrado)}$$

$$\text{CFDNi} = \text{FDNi (silagem)} + \text{FDNi (palma)} + \text{FDNi (bagaço)} + \text{FDNi (concentrado)}$$



Figura 1. Etapas do manejo alimentar dos ovinos durante o experimento: fornecimento das dietas, preparo das misturas experimentais e coleta das sobras.

5. Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo foi avaliado durante 24 horas consecutivas pelo método de varredura instantânea, com registros realizados a cada 10 minutos, totalizando 144 observações que equivalem a 10 minutos da atividade por animal em cada período experimental. As atividades foram classificadas em alimentação, ruminação e ócio.

As eficiências de alimentação e de ruminação foram calculadas pela razão entre o consumo do nutriente avaliado (matéria seca, FDN ou FDNi) e o tempo despendido na respectiva atividade, sendo os resultados expressos em gramas por hora (g/h), conforme a equação:

$$E = \frac{T}{C}$$



Figura 2. Registro do comportamento ingestivo dos ovinos durante 24 horas por meio do método de varredura instantânea, utilizado para determinação dos tempos de alimentação, ruminação e ócio.

6. Análises estatísticas

Os dados de consumo de matéria seca, FDN e FDNi, comportamento ingestivo e eficiências foram analisados por meio do procedimento GLM do SAS (Statistical Analysis System), utilizando o modelo estatístico correspondente ao delineamento em quadrado latino 5×5, com as fontes de variação: animais, períodos e tratamentos. Os dados foram analisados por meio de regressão, adotando-se o nível de significância de $P < 0,05$. Os consumos de FDN e FDNi foram estimados para efeito de didático de acordo com a composição das dietas (Tabela 2).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Consumos estimados

Os consumos estimados de matéria seca (CMS), fibra em detergente neutro (CFDN) e fibra em detergente neutro indigestível (CFDNI) apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$) em função dos níveis de substituição da silagem de milho pela associação palma OEM + bagaço de cana-de-açúcar + ureia (Tabela 3). A queda do consumo verificada indica a existência de um limite de inclusão da palma associada ao bagaço de cana-de-açúcar e ureia, mesmo quando a FDNi é mantida constante em 11,6% da MS. Porém mesmo com esse limite de inclusão os consumos em todos os níveis de substituição foram superiores ao consumo da dieta controle à base de silagem de milho.

Tabela 3. Consumos estimados de matéria seca (CMS), fibra em detergente neutro (CFDN) e fibra em detergente neutro indigestível (CFDNI)

Variável	Níveis de Substituição (%)					Valor P		
	0	25	50	75	100	EPM	P(L)	P(Q)
CMS (Kg/dia)	1,121	1,250	1,494	1,608	1,297	0,059	0,102	0,036
CFDN (Kg/dia)	0,425	0,447	0,502	0,508	0,383	0,096	0,871	0,031
CFDNI (Kg/dia)	0,111	0,129	0,161	0,181	0,153	0,0060	0,006	0,044

EPM = erro-padrão da média; P(L) = probabilidade do efeito linear; P(Q) = probabilidade do efeito quadrático.

O consumo máximo estimado de matéria seca foi de 1.515,86 g/dia no nível de 62,32% de substituição; o consumo máximo de FDN foi de 502,05 g/dia no nível de 48,85% de substituição e o consumo máximo de FDNi foi de 168,0 g/dia no nível de 72,8% de substituição.

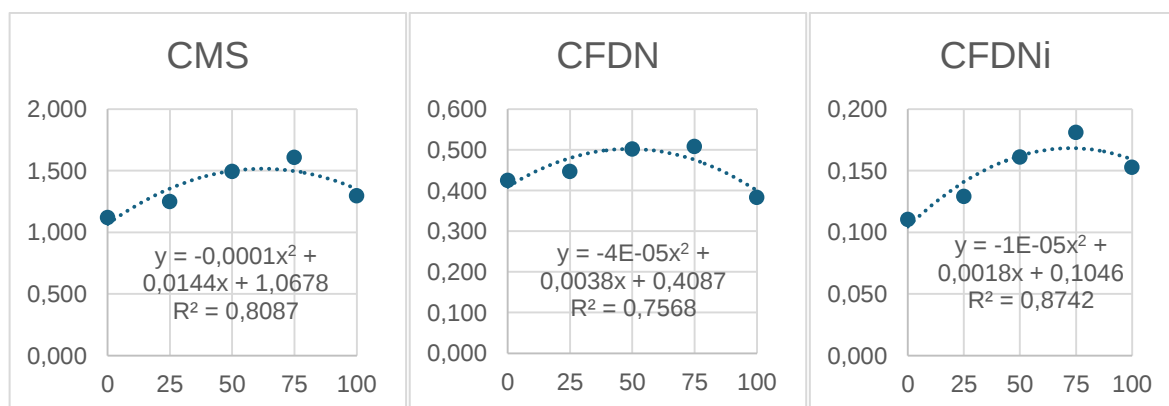


Figura 3. Consumos de MS, FDN e FDNi.

Como a substituição foi baseada na FDNi, os teores de FDN diminuíram com a inclusão de palma + bagaço (Tabela 3), esse fato pode ter contribuído para o aumento inicial no consumo de matéria seca. Como as dietas apresentavam o mesmo teor de NDT calculado, a diminuição a partir do nível 62,32% pode ser devido ao atendimento das exigências nutricionais. O consumo de NDT não foi estimado, mas como as dietas foram formuladas para apresentar o mesmo teor NDT calculado, é esperado que o aumento no consumo de matéria seca leve a um maior consumo de NDT (Conrad, 1966; Forbes, 2007). Outro fator que pode ter contribuído foi à progressiva redução do teor de FDN, reduzindo os níveis de fibra fisicamente efetiva e do crescente aumento de carboidratos não fibrosos (CNF) oriundo da palma, condições que podem suprimir o apetite por meio de alterações no pH ruminal e na dinâmica fermentativa (Tavares *et al.*, 2005; Cavalcanti *et al.*, 2008).

7.2 Comportamento ingestivo

O tempo de alimentação (TA) não foi influenciado pelos níveis de substituição da silagem de milho ($P > 0,05$), mesmo com alteração no consumo. Com a inclusão de palma forrageira e, em função da mucilagem presente nela, a seleção por parte dos animais é dificultada. Outro fator importante é a alta aceitação da palma forrageira, associada ao balanceamento das dietas em proteína e energia, contribui para a manutenção do padrão de alimentação independentemente do nível de substituição (Tavares *et al.*, 2005; Cavalcanti *et al.*, 2008).

Tabela 4. Tempos diários de alimentação (TA), ruminação (TR) e ócio (TO)

Variável	Níveis de Substituição (%)					Valor P		
	0	25	50	75	100	EPM	P(L)	P(Q)
TA (min/dia)	182	166	170	178	172	8,94	0,900	0,756
TR (min/dia)	444	456	442	408	318	21,15	0,060†	0,213
TO (min/dia)	814	818	828	854	950	22,70	0,068†	0,303

EPM = erro-padrão da média; P(L) = probabilidade do efeito linear; P(Q) = probabilidade do efeito quadrático. † indica tendência ($P < 0,10$).

O tempo de ruminação (TR) apresentou tendência de redução linear ($P = 0,060$) com o aumento dos níveis de substituição. Esse comportamento é diretamente explicado pela redução progressiva do teor de FDN, uma vez que as dietas foram formuladas com base na

FDNi. A ruminação é regulada pelo estímulo mecânico das fibras longas sobre a parede ruminal, de modo que dietas com menor concentração de fibra fisicamente efetiva reduzem esse estímulo e, conseqüentemente, o tempo de mastigação merícica (Van Soest, 1994). Beltrão (2012) e Bispo *et al.* (2010), trabalhando com ovinos Santa Inês alimentados com crescentes inclusões de palma forrageira, relataram comportamento semelhante, atribuindo a redução da ruminação à menor proporção de parede celular nas dietas com maior participação da cactácea.

De forma complementar, o tempo de ócio (TO) apresentou tendência de aumento linear ($P = 0,068$) com o incremento dos níveis de substituição. Esse comportamento foi consequência daquele observado para o tempo de ruminação, restando mais tempo para os animais ficarem em ócio, uma vez que não houve alteração no tempo de alimentação. Animais com menor necessidade de processamento mecânico da fibra dedicam mais tempo ao repouso, o que pode refletir conforto digestivo, mas também indica menor atividade mastigatória total e, potencialmente, menor produção salivar e tamponamento ruminal. Cavalcanti *et al.* (2008) e Bispo *et al.* (2010) verificaram aumento no ócio em animais com dietas de menor teor de fibra efetiva, resultados coincidentes com os obtidos no presente estudo.

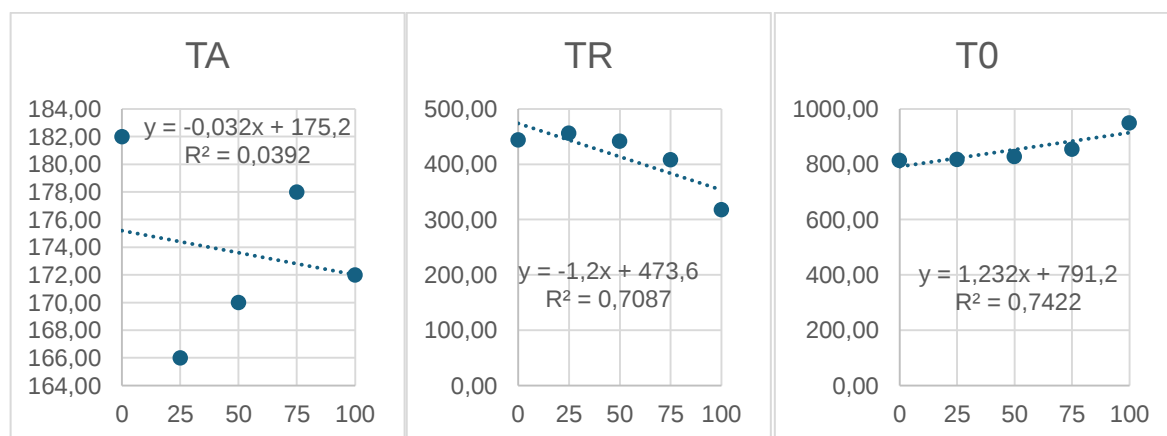


Figura 4. Comportamento dos tempos de alimentação (TA), ruminação (TR) e ócio (TO)

7.3 Eficiências de alimentação e ruminação

As eficiências de alimentação da matéria seca (EAMS) e da fibra em detergente neutro (EAFDN) não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos níveis de substituição da silagem de milho pela associação entre palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (OEM), bagaço de cana-de-açúcar e ureia (Tabela 6). A ausência de efeito sobre essas variáveis pode ser atribuída ao

fato de o tempo de alimentação também não ter sido alterado pelos tratamentos, demonstrando que a elevada aceitabilidade da palma e a homogeneização da dieta impediram mudanças importantes na dinâmica de ingestão dos alimentos.

Por outro lado, a eficiência de alimentação da FDNi apresentou aumento linear ($P < 0,05$). Esse resultado decorre do aumento do consumo de FDNi, associado à manutenção do tempo de alimentação. Embora o teor de FDNi tenha permanecido constante nas dietas (11,6% da matéria seca), o maior consumo de matéria seca proporcionou maior ingestão absoluta dessa fração, elevando sua eficiência de processamento durante a alimentação.

Tabela 5. Eficiências de alimentação e de ruminação da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi)

Variável	Níveis de Substituição (%)					Valor P		
	0	25	50	75	100	EPM	P(L)	P(Q)
EAMS (g/hora)	406,03	466,78	548,24	544,02	487,49	26,70	0,2161	0,1560
EAFDN (g/hora)	154,93	166,91	183,74	145,20	144,07	9,33	0,5170	0,3065
EAFDNi (g/hora)	40,34	48,25	58,97	61,30	57,40	2,857	0,0286	0,1866
ERMS (g/hora)	170,88	203,56	203,56	240,69	246,99	10,16	0,0147	0,8586
ERFDN (g/hora)	64,50	60,55	68,40	75,96	73,11	7,09	0,1173	0,9381
ERFDNi (g/hora)	16,76	17,51	21,96	27,07	29,17	0,877	<0,001	0,6585

EPM = erro-padrão da média; P(L) = probabilidade do efeito linear; P(Q) = probabilidade do efeito quadrático.

A eficiência de ruminação da matéria seca (ERMS) aumentou linearmente ($P < 0,05$) com a substituição da silagem de milho pela associação palma + bagaço + ureia. Esse comportamento resulta da combinação entre o aumento do consumo de matéria seca e a redução do tempo de ruminação observada nos tratamentos com maior participação da palma. A diminuição da concentração de FDN nas dietas reduziu o estímulo físico exercido sobre a parede ruminal, diminuindo a necessidade de mastigação merícica e permitindo que maior quantidade de matéria seca fosse ruminada por unidade de tempo.

Resultado semelhante foi observado para a eficiência de ruminação da FDNi (ERFDNi), que apresentou incremento linear ($P < 0,001$). Apesar de a concentração de FDNi ter sido mantida constante entre os tratamentos, o aumento do consumo dessa fração associada ao aumento da inclusão do bagaço de cana-de-açúcar nas dietas, aliado à redução do tempo de ruminação, elevou a quantidade de FDNi processada por hora. Esse resultado evidencia que a manutenção da FDNi como parâmetro de formulação não promoveu aumento

da atividade de ruminação, sugerindo que a fração indigestível presente nas dietas foi suficiente para manter a dinâmica ruminal sem provocar limitações por enchimento físico.

A eficiência de ruminação da FDN (ERFDN), por sua vez, não foi influenciada pelos tratamentos ($P > 0,05$). Embora o consumo de FDN tenha apresentado comportamento quadrático, a redução simultânea do tempo de ruminação contribuiu para manter relativamente constante a quantidade de fibra processada por unidade de tempo. Esses resultados demonstram que modificações na concentração total de FDN não necessariamente se traduzem em alterações na eficiência de utilização da fibra, uma vez que fatores como degradabilidade, tamanho de partículas e composição da parede celular também influenciam a dinâmica ruminal (Mertens, 1997; Van Soest, 1994).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da FDNi como ferramenta na formulação de dietas para ovinos promoveu aumento no consumo de matéria seca. Para melhor avaliação de sua eficiência, serão necessários os resultados referentes ao consumo de outros nutrientes, notadamente energia, digestibilidade e parâmetros ruminais.

9 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Beef Report: perfil da pecuária no Brasil**. São Paulo: ABIEC, 2024.
- ALLEN, M. S.; LINTON, J. A. Nutrient synchrony: sound in theory, but fails to improve the performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, supl., p. E19-E29, 2007.
- ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 8-14, out./dez. 2012.
- ALVES, A. R. *et al.* Fibra para ruminantes: aspecto nutricional, metodológico e funcional. **PUBVET**, Maringá, v. 10, n. 7, p. 568-579, jul. 2016.
- ANDRADE, A. P. *et al.* Cultivo do milho no semiárido nordestino: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 23, n. 1, p. 1-12, 2024.
- BELTRÃO, E. S. **Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com níveis crescentes de palma forrageira**. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.
- BISPO, S. V. *et al.* Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante: efeitos sobre o comportamento ingestivo de ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 175-180, 2010.
- CAVALCANTI, M. C. A. *et al.* Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante e palma orelha de elefante. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **PIB do agronegócio brasileiro**. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2024.
- CHAGAS, E. C. O. **Lipídios em dietas à base de palma forrageira para cordeiros em crescimento**. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- CHELOTTI, J. O. *et al.* Livestock feeding behaviour: a review on automated systems for ruminant monitoring. **Biosystems Engineering**, v. 240, p. 1-20, 2024.
- CHEN, X. B.; GOMES, M. J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details**. Bucksburn: Rowett Research Institute, 1992. (Occasional Publication, n. 992).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2024/25**. Brasília: CONAB, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 15 de maio de 2026.
- CONRAD, H. R. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: physiological and physical factors limiting feed intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 25, n. 1, p. 227-235, fev. 1966. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1966.251227x>.

DANTAS, F. D. G. *et al.* **Palma forrageira: cultivo, uso e perspectivas.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2017.

DETMANN, E. *et al.* (ed.). **Métodos para análise de alimentos.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2021.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals.** 2. ed. Wallingford: CABI, 2007.

HALL, M. B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis.** Gainesville: University of Florida, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa da Pecuária Municipal 2023.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

MACEDO JÚNIOR, G. de L. *et al.* Influência de diferentes níveis de FDN dietético no consumo e digestibilidade aparente de ovelhas Santa Inês. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 547-553, maio/jun. 2006.

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide.** 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 64, n. 5, p. 1548-1558, 1987.

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.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

MERTENS, D. R. Physical effective NDF and its use in formulating dairy rations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 2., 2001, Lavras. **Anais [...]**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 25-36.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001.

PEREIRA, E. S. *et al.* Consumo voluntário em ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 191-196, jan./jun. 2003.

ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W. P. T.; THEANDER, O. (ed.). **The analysis of dietary fiber in food.** New York: Marcel Dekker, 1981. p. 123-158.

RUSSELL, J. B. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p. 3551-3561, 1992.

RUSSELL, W. M. S.; BURCH, R. L. **The principles of humane experimental technique.** London: Methuen, 1959.

SANTOS, C. C. C. *et al.* Neutral detergent fiber as a limiting factor in replacing corn silage with cactus cladodes (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) plus sugarcane bagasse and urea. **Small**

Ruminant Research, Amsterdam, v. 255, e107689, 2026a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2025.107689>.

SCHULTZ, E. B. **Comportamento ingestivo e produção leiteira de cabras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra e tamanho de partículas**. 2017. 49 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, vtt-206970, 2017.

SILVA, A. B. **Períodos discretos do comportamento ingestivo de bezerros de corte oriundos de vacas com suplementação injetável**. 2023. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Piauí, Campus Jesualdo Cavalcanti, Corrente, 2023.

SOUZA, J. T. A. *et al.* Produção de silagem de milho sob fertirrigação com doses de nitrogênio em Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 428-436, abr./jun. 2018.

TAVARES, A. M. A. *et al.* Níveis crescentes de feno em dietas à base de palma forrageira para caprinos: comportamento ingestivo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 497-504, 2005.

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

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 1750-1761, ago. 1999.