

Parâmetros nutricionais na forragem de teosinto como opção para o vazio forrageiro outonal do bioma Pampa

Kelli Flores Garcez ¹

Luiza Vandrielli Goulart Unamuzaga ²

Lueli Fernandes Bragança ²

Rodrigo Holz Krolow ²

Henrique da Costa Mendes Muniz ²

Deise Dalazen Castagnara ^{2*}

Nutritional parameters in teosinto forage as option for the autumn forage shortage in the Pampa biome

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Dois Vizinhos, PR, Brasil

² Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Uruguaiana, RS, Brasil

***Correspondência:** deiseicastagnara@unipampa.edu.br

Recebido: 4 set 2025 | **Aceito:** 5 nov 2025

Editor: Leandro Batista Costa

DOI: <http://dx.doi.org/10.7213/acad.2025.23012>

Rev. Acad. Ciênc. Anim. 2025;23:e23012

Resumo

Objetivou-se avaliar a produção de matéria seca (PMS), os parâmetros nutricionais e a correlação entre estes na forragem produzida pelo teosinto em diferentes épocas de semeadura em área experimental situada na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, Brasil. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com dez tratamentos e oito repetições. Os tratamentos corresponderam às épocas de semeadura, iniciadas em 4 de março, com intervalos de três dias, findando-se em 3 de abril. Aos 40 dias após cada semeadura, procedeu-se

a amostragem das plantas com a determinação da PMS e análises laboratoriais para estimativa dos parâmetros nutricionais. Avaliou-se a proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), carboidratos totais (CHO), carboidratos fibrosos (CF), carboidratos não fibrosos (CNF), o consumo de matéria seca em percentual do peso vivo (CMSPV), valor relativo da forragem (VRF), nutrientes digestíveis totais (NDT), digestibilidade da matéria seca (DIGMS) e frações de carboidratos (A+B1, B2 e C). Houve redução linear (\hat{Y}) na PMS (1275,22-14,735x), PB (13,411-0,124x), CMSPV (2,38-0,008x), VRF (120,85-0,545x) DIGMS (65,59-0,079x), NDT (66,899-0,069x) e fração B2 dos carboidratos (66,648-0,338x). Aumento linear (\hat{Y}) foi constatado em FDN (50,331+0,195x), FDA (29,915+0,099x), CEL (29,887+0,103x), HEM (20,415+0,095x), LIG (1,137+0,108x), CHOT (70,33+0,212x), CNF (23,497+0,104x), CF (46,506+0,095x), e frações dos carboidratos A+B1 (22,91+0,162x) e C (4,082+0,324x). Obteve-se correlação positiva da PB com CMSPV, VRF, DIGMS, NDT e fração B2 dos carboidratos; e negativa da PB com FDN, FDA, HEM, CEL, LIG, CHOT, CNF, CF e as frações A+B1 e C dos carboidratos. O avanço nas datas da semeadura reduziu a produção de matéria seca e aumentou constituintes da parede celular na forragem produzida pelo teosinto, comprometendo seu valor nutricional. Observou-se correlação negativa entre os parâmetros nutricionais e os componentes da parede celular.

Palavras-chave: Celulose. Lignina. Proteína bruta. Valor nutricional. Carboidratos.

Abstract

The objective of this study was to evaluate dry matter production (DMP), nutritional parameters, and their correlation in forage produced by teosinte at different sowing dates in an experimental area located on the Fronteira Oeste of Rio Grande do Sul, Brazil. A randomized complete block design was adopted, with ten treatments and eight replicates. The treatments corresponded to the sowing dates, starting on March 4th, with three-day intervals, ending on April 3rd. Forty days after each sowing, plant sampling was performed to determine DMP, and laboratory analyses were performed to estimate nutritional parameters. Crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose (CEL), hemicellulose (HEM), lignin (LIG), total carbohydrates (CHO), fibrous carbohydrates (FC), non-fibrous carbohydrates (NFC), dry matter intake as a percentage of live weight (DMIPLW), relative forage value (RFV), total digestible nutrients (TDN), dry matter digestibility (DMDIG) and carbohydrate fractions (A+B1, B2 and C) were evaluated. There was a linear reduction (\hat{Y}) in DMP ($1275.22-14.735x$), CP ($13.411-0.124x$), DMIPLW ($2.38-0.008x$), RFV ($120.85-0.545x$) DMDIG ($65.59-0.079x$), TDN ($66.899-0.069x$) and B2 fraction of carbohydrates ($66.648-0.338x$). Linear increase (\hat{Y}) was observed in NDF ($50.331+0.195x$), ADF ($29.915+0.099x$), CEL ($29.887+0.103x$), HEM ($20.415+0.095x$), LIG ($1.137+0.108x$), CHO ($70.33+0.212x$), NFC ($23.497+0.104x$), FC ($46.506+0.095x$), and carbohydrate fractions A+B1 ($22.91+0.162x$) and C ($4.082+0.324x$). A positive correlation was obtained between CP and DMIPLW, RFV, DMDIG, TDN and carbohydrate fraction B2; and negative correlation of CP with NDF, ADF, HEM, CEL, LIG, CHO, NFC, FC, and A+B1 and C fractions of carbohydrates. The advance in sowing dates reduced dry matter production and increased cell wall constituents in the forage produced by teosinte, compromising its nutritional value. A negative correlation was observed between nutritional parameters and cell wall components.

Keywords: Cellulose. Lignin. Crude protein. Nutritional value. Carbohydrates.

Introdução

O bioma Pampa está localizado no sul da América do Sul (Ollé et al., 2024) e compreende o ecossistema

Campos, uma ampla região ecológica, com vasta biodiversidade vegetal e animal que o tornam único no mundo (Jaurena et al., 2021). Chamados também de campos nativos, são usados principalmente para a produção pecuária extensiva (Moraes et al., 2019), com predominância da bovinocultura de corte (Schneider et al., 2024). Em sua composição florística, possui pastagens naturais temperadas e subtropicais, especialmente heterogêneas (Andrade et al., 2018).

Entretanto, a região possui clima semiárido com regime pluviométrico irregular (Malaguez et al., 2017) e ocorrência de geadas no inverno (Vasconcelos et al., 2018). Essa característica climática faz com que a produtividade (Garcez et al., 2023) e valor nutricional (Bragança et al., 2024) destes campos se concentrem na primavera e verão (Moreira et al., 2019). Assim, devido às baixas temperaturas (Maggi et al., 2024), redução da luminosidade (Bragança et al., 2024) e escassez hídrica, por pertencerem ao ciclo de crescimento C4 (Cruz et al., 2019), as pastagens nativas têm seu crescimento restringido no período de outono-inverno (Azevedo et al., 2024).

No planejamento forrageiro essa fase é chamada de vazio forrageiro outonal (Malaguez et al., 2017) e corresponde ao período onde as pastagens de verão começam a envelhecer e as de inverno ainda estão sendo implantadas (Ollé et al., 2024). As particularidades dessa transição de estações climáticas ocasionam severo vazio forrageiro, que pode ser agravado durante restrições hídricas severas ou crises climáticas (IPCC, 2023). Desta forma, são necessárias estratégias que minimizem o vazio forrageiro outonal (Ollé et al., 2024) e permitam oferta de forragem de qualidade nutricional aos animais.

Entre estas, tem-se o teosinto, que é um ancestral do milho (Silva-Fernández et al., 2022) de origem mexicana (Vigosa-Mercado, 2024). É uma forrageira ainda pouco estudada (El-Nahrawy et al., 2023), com restritos trabalhos de pesquisa contemplando suas avaliações (Seadh et al., 2022). Estes foram conduzidos nas regiões do Nepal e Egito (Devkota et al., 2017; Mohan et al., 2017; Khanal et al., 2020; Sanjyal et al., 2022; Seadh et al., 2022), porém, o teosinto poderia ser cultivado para produção de forragem em outras regiões do mundo.

Essa afirmação baseia-se na versatilidade de uso e cultivo (Ortiz et al., 2013), adaptação a condições ambientais desfavoráveis (Pedó et al., 2015), e capacidade de produção de biomassa do teosinto

(Seadh et al., 2022), que levou a forrageira a ser selecionada para o programa “Missão Forrageira” do Governo do Nepal, desenvolvido para mitigação do déficit forrageiro do país (Sanjyal et al., 2022). Aspectos positivos como elevada capacidade de perfilhamento, alta produção de folhas (El-Nahrawy et al., 2023) e alto rendimento (Khanal et al., 2020) de forragem com elevados valores energético e proteico (Seadh et al., 2022) contribuíram para essa seleção. Ainda, por se tratar de uma forrageira segura para fornecimento aos animais como forragem verde (Devos et al., 2018), seca ou conservada, na forma de silagem ou feno (Fayed et al., 2020) é amplamente adotada no verão por agropecuaristas do Nepal (Devkota et al., 2017).

Desta forma, objetivou-se mensurar o potencial produtivo e nutricional do teosinto em diferentes épocas de semeadura visando produção forrageira para o vazio forrageiro outonal do bioma Pampa, bem como estabelecer as correlações entre os parâmetros nutricionais.

Material e métodos

O estudo foi conduzido na Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, situada à uma altitude de 74 metros em relação ao nível do mar, latitude 29°45'33" e longitude 57°05'37". O solo da área experimental foi classificado como plintossolo háplico (Santos et al., 2025) e apresentava as seguintes características químicas na camada 0-20 cm: pH em água - 5,70; P (Mehlich) - 10,78 mg/dm³; K (Mehlich) - 0,13 cmol_c/dm³; Ca²⁺ (KCl 1 mol/L) - 5,21 cmol_c/dm³; Mg²⁺ (KCl 1 mol/L) - 0,91 cmol_c/dm³; Al³⁺ (KCl 1 mol/L) - 0,00 cmol_c/dm³; H+Al (ácido de cálcio 0,5 mol/L) - 4,14 cmol_c/dm³; SB - 6,15 cmol_c/dm³; CTC - 10,29 cmol_c/dm³; V - 59,77%; matéria orgânica (método Boyocus) - 30,07 g/dm³.

Nessa região, o clima característico é o tipo subtropical (Cfa), com verões muito quentes (Alvares et al., 2013) e as condições climáticas foram monitoradas por meio de estação climatológica automática (Figura 1).

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com 10 tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram das diferentes datas de semeadura do teosinto, as quais foram espaçadas de três dias, tendo início em 7 de março de

2015 (demais datas de semeadura e tratamentos: 10, 13, 16, 19, 21, 24, 27 e 30 de março e 3 de abril). Na semeadura utilizou-se uma densidade de sementes de 40 kg por hectare, com valor cultural de 77% (Fontaneli et al., 2021), e para adubação de base aplicou-se 800 kg por hectare do formulado 4:20:15 (N:P₂O₅:K₂O). As parcelas possuíam dimensões de 12 m² (3 x 4 m). Adotou-se alta densidade de sementes e alta adubação devido às condições de baixa fertilidade dos solos e visando produção sob alta tecnologia. Para adubação de cobertura, utilizou-se ureia na proporção de 50 kg por hectare após 15 dias de emergência das plantas.

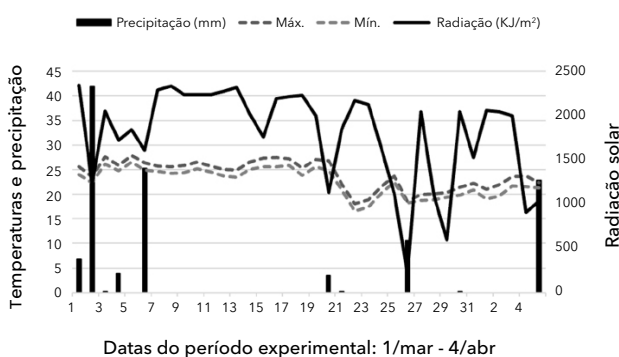


Figura 1 - Precipitação diária acumulada, temperaturas máxima (Máx.) e mínima (Mín.) e radiação solar durante o período experimental, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil.

No processo de amostragem da forrageira, realizado aos 40 dias após a semeadura, adotou-se a técnica de dupla amostragem com a coleta de todas as plantas contidas no interior de unidade amostral com área conhecida (0,25 m²), a uma altura de 10 centímetros do nível do solo. Após, as amostras foram colocadas em estufa com circulação forçada durante 72 horas, a 55 °C, para secagem, permitindo estimar a produção de matéria seca (PMS) expressa em quilogramas por hectare (kg/ha).

Como continuidade, as amostras secas foram moídas em moinho Willey, com peneira de crivo 1 mm, para então passarem para o processo laboratorial bromatológico para determinar sua composição. Os parâmetros avaliados foram proteína bruta (PB) (método 981.10) e extrato etéreo (EE) (método 920.29) (AOAC, 1990).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG) foram determinados conforme Van Soest et al. (1991). Os teores de hemicelulose (HEM) foram obtidos pela diferença entre FDN e FDA. Estimou-se também, segundo Bolsen et al. (1996), os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), segundo a equação $NDT = 87,84 - (0,70 \times FDA)$; a digestibilidade da matéria seca (DMS), por meio da equação $DMS = 88,9 - (0,779 \times \% FDA)$; e o valor relativo da forragem (VRF) utilizando-se a equação $VRF = (DMS \times CMSP) / 1,29$. O consumo de matéria seca em percentual do peso vivo foi estimado pela equação $CMSP = 120 / FDN$ (Mertens, 1994).

Os carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF) e fibrosos (CF) foram estimados de acordo com as equações $CNF = 100 - (PB + FDN + CZ + EE)$ e $CHOT = 100 - (PB + CZ + EE)$, propostas por Sniffen et al. (1992). As frações dos carboidratos também foram estimadas segundo Sniffen et al. (1992), através das seguintes expressões: $A + B1 = 100 - (C + B2)$; $B2 = FDN_{cp} - C$; $C = \%LIG \times 2,4$.

Os dados obtidos foram analisados no programa estatístico SISVAR® (Ferreira, 2014), por meio do qual foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas por meio de análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático com uso do teste t de Student (5%). Para a escolha do modelo, considerou-se a significância e o maior coeficiente de determinação. Os parâmetros nutricionais estudados foram submetidos à análise de correlação de Pearson (5%) para verificação das correlações existentes (Pimentel-Gomes, 2009).

Resultados e discussão

Houve efeito da época de semeadura na PMS, que declinou linearmente com o avanço das datas de semeadura (Figura 2). A intensidade de redução na PMS foi da ordem de 14,735 kg a cada dia de avanço. Esse resultado justifica-se pela redução nas temperaturas e radiação solar com o avanço dos dias do período experimental (Figura 1). Reduções na radiação solar e temperaturas contribuem para redução da taxa fotossintética das plantas, pois ocorre menor abertura estomática e menor atividade enzimática. Isso resulta em menor captura de CO_2

atmosférico e menor fixação deste carbono na matéria seca das plantas resultando em menor PMS.

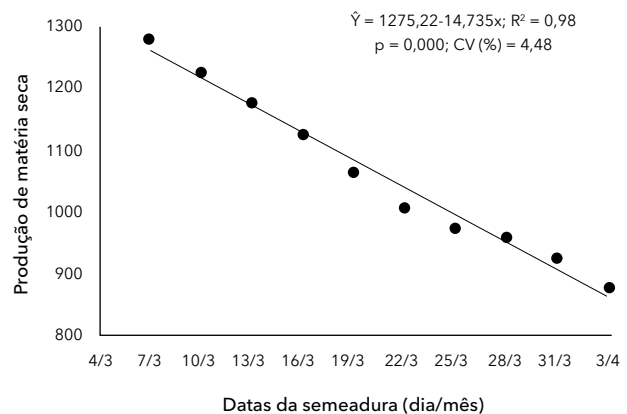


Figura 2 - Produção de matéria seca (kg/ha) de forragem do teosinto em diferentes épocas de semeadura em Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil.

Nota: CV (%) = coeficiente de variação; p = significância pelo teste t de Student; R^2 = coeficiente de determinação.

Houve significância das épocas de semeadura nos teores de PB, FDN, FDA, HEM, LIG, CEL, CMSPV e VRF, sem efeitos para o EE (Tabela 1). As médias de todos esses parâmetros se ajustaram ao modelo linear de regressão. Na PB observou-se decréscimo de 0,12% a cada dia de avanço na época de semeadura. Entretanto, mesmo com a redução de 25% da primeira (13,70%) para a última semeadura (10,28%), os valores obtidos para PB são relevantes, pois se mantiveram acima de 10%, superando os 7% indicados como mínimo para o funcionamento ruminal (Van Soest, 1994). O declínio nos teores de PB justifica-se pela fisiologia das plantas de teosinto, pois com o avanço das épocas de semeadura, as plantas se desenvolveram sob condições de menor temperatura e radiação, o que reduz a fotossíntese e a produção de nutrientes nas plantas.

Os teores de EE variaram de 2,45% (semeadura em 10/março) para 3,60% (22/março), e são superiores aos observados por Mohan et al. (2017), que ao estudarem o teosinto sob diferentes adubações obtiveram EE variando entre 1,01 e 2,12%. Os teores de EE correspondem ao conteúdo lipídico dos alimentos, que é baixo em forragens, porém possui papel essencial no fornecimento de energia.

Tabela 1 - Composição bromatológica, consumo de matéria seca em percentual do peso vivo (CMSPV) e valor relativo da forragem (VRF) produzida pelo teosinto em diferentes épocas de semeadura tardia

Semeadura	PB	EE	FDN	FDA	HEM	LIG	CEL	CMSPV	VRF
07/março	13,70	2,83	50,99	30,18	20,80	1,68	30,18	2,35	119,33
10/março	12,75	2,45	51,13	30,27	20,86	1,70	30,27	2,35	118,84
13/março	12,52	3,17	51,89	30,61	21,28	1,75	30,61	2,31	116,64
16/março	12,08	3,24	52,07	30,99	21,08	1,86	30,99	2,31	115,72
19/março	11,57	3,33	52,90	31,10	21,80	2,03	31,10	2,27	113,73
22/março	11,51	3,60	52,85	31,44	21,41	2,91	31,44	2,27	113,37
25/março	10,96	3,58	53,50	31,62	21,88	3,33	31,62	2,24	111,76
28/março	10,44	2,91	54,17	31,96	22,21	3,62	31,96	2,22	109,91
31/março	10,35	3,02	55,55	32,63	22,92	3,77	32,63	2,16	106,31
03/abril	10,28	3,21	56,54	32,84	23,70	4,39	33,01	2,12	104,22
CV (%)	5,53	19,38	4,21	5,32	6,39	19,27	3,41	5,20	4,37
p linear	0,000	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p quadrática	0,082	0,058	0,236	0,053	0,061	0,051	0,074	0,055	0,072
R ²	0,96	-	0,94	0,98	0,86	0,92	0,97	0,95	0,96

Nota: CV (%) = coeficiente de variação; p = significância pelo teste t de Student; R² = coeficiente de determinação; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; HEM = hemicelulose; LIG = lignina; CEL = celulose. $\hat{Y}PB = 13,411 - 0,124x$; $\hat{Y}FDN = 50,331 + 0,195x$; $\hat{Y}FDA = 29,915 + 0,099x$; $\hat{Y}HEM = 20,415 + 0,095x$; $\hat{Y}LIG = 1,137 + 0,108x$; $\hat{Y}CEL = 29,887 + 0,103x$; $\hat{Y}CMSPV = 2,38 - 0,008x$; $\hat{Y}VRF = 120,85 - 0,545x$.

Nos constituintes da parede celular mensurados pelos teores de FDN, FDA, HEM, LIG e CEL, observou-se ajuste das médias à regressão linear positiva, ou seja, com aumento progressivo no decorrer das datas de semeadura. FDN e FDA aumentaram 0,19 e 0,10% a cada dia de avanço na época de semeadura, respectivamente. FDN elevou-se de 50,99% da primeira época de semeadura (07/março) para 56,54% (3/abril) na última semeadura realizada, o que correspondeu a um aumento de 10%. Na FDA, o aumento ocorrido da primeira (30,18%) para a última semeadura (32,84%) foi de 8%. A mensuração destes parâmetros é fundamental na avaliação de plantas forrageiras, pois refletem o valor nutricional e a capacidade de consumo. Embora tenha ocorrido aumento nos teores de FDN em todas as avaliações, as forragens apresentaram teores de FDN inferiores ou próximos a 55%, considerado como valor limitante para ruminantes. Mohan et al. (2017) encontraram teores de FDN superiores a 60% nas forragens produzidas por todos os tratamentos do estudo.

A FDN corresponde à parede celular dos vegetais e é parcialmente digestível para ruminantes,

contribuindo com o funcionamento ruminal. No metabolismo das plantas, sob situações de estresse hídrico, como ocorreu neste estudo, as plantas reduzem o alongamento celular, o que ocasiona aumento na concentração da parede celular na parte aérea das plantas. O envelhecimento das plantas é um dos fatores que também altera os teores de FDN da forragem (Battiston et al., 2020)., pois com a maturação celular ocorre aumento nos conteúdos da parede celular e redução no conteúdo celular, resultado em queda no valor nutritivo da forragem (Machado et al., 2024). Entretanto, apesar das variações observadas, em todas as forragens obtidas os teores de FDN foram inferiores a 60%, limite a partir do qual ocorrem efeitos negativos na ingestão e digestibilidade de MS (Unamuzaga et al., 2024).

Além da CEL e LIG, que são constituintes da FDA, a FDN possui também a HEM em sua composição. Para este parâmetro observou-se aumento linear de 0,09% a cada dia de avanço nas datas de semeadura (Tabela 1). Esse avanço contribuiu com o aumento observado na FDN, porém, como a HEM é a fração das plantas forrageiras potencialmente digestível, não deve ser caracterizado como um aspecto

negativo. A estimativa deste carboidrato é obtida a partir da diferença entre o FDN e FDA e torna-se relevante para a compreensão do potencial nutricional de um alimento porque a hemicelulose é considerada um carboidrato estrutural potencialmente digestível no ambiente ruminal. Durante seu processo digestivo, o processo de hidrólise carreado pelos microrganismos ruminais propicia a liberação dos polissacarídeos constituintes, permitindo sua degradabilidade ruminal (Zhang et al., 2018).

A HEM contribui com aproximadamente 20 a 25% dos constituintes da parede celular da planta e na sua composição contém principalmente xiloglucanas (Paiva et al., 2009). Estas se ligam à celulose, à pectina e à lignina por meio de pontes de hidrogênio, formando ligações cruzadas. No entanto, ao mesmo tempo que dão estabilidade à parede celular, estas ligações cruzadas dos polímeros que formam a HEM conferem menor resistência à degradação em nível ruminal, em comparação à celulose (Oliveira et al., 2016).

Em sua composição a FDA possui celulose e lignina (Alves et al., 2016). Enquanto a celulose pode ser quebrada até moléculas de glicose gerando energia para o animal, a lignina é um composto fenólico formado por um grande grupo de polímeros aromáticos que inibem o aproveitamento dos carboidratos estruturais (Bezerra et al., 2020), levando à redução da digestibilidade nas forragens (Poczynek et al., 2020). Desta forma, forragens que possuem elevados teores de FDA são consideradas de valor nutricional limitado devido aos teores de lignina contidos. Neste estudo, a forragem produzida pelo teosinto apresentou aumento linear para lignina e celulose, nas proporções de 0,11 e 0,10% a cada dia de avanço nas datas de semeadura. Embora para ambos parâmetros tenha ocorrido aumento, da primeira para a última semeadura o aumento foi de 10% na CEL, enquanto na LIG foi de 161%. O aumento nos constituintes da parede celular, especialmente o expressivo aumento na LIG, deve-se à redução nas temperaturas e luminosidade, que desencadeiam na planta redução do alongamento celular. Este processo reduz o conteúdo celular e aumenta o espessamento da parede celular, elevando seus constituintes na matéria seca da forragem, e sua quantificação é fundamental pois a proporção dos tecidos e espessura da parede celular do vegetal têm impacto no valor nutritivo do alimento (Santana et al., 2021).

Tratando-se da CEL o impacto é negativo, pois é um homopolissacarídeo constituído por unidades de glicose, ligadas entre si por ligações glicosídicas β -1,4 formando polímeros. Estes se distribuem na parede celular paralelamente entre si, formando camadas de cobertura de célula vegetal (Oliveira et al., 2016). Tal disposição confere maior resistência à célula, dificultando, assim, a degradação em nível ruminal por obstruir o ataque dos microrganismos degradadores de fibra, fazendo com que a celulose tenha menor aproveitamento por parte do animal quando comparada à hemicelulose (Carvalho e Pires, 2008). Os efeitos negativos da LIG devem-se à sua estrutura, que é um complexo polímero fenólico, que realiza ligações covalentes com os polissacarídeos da parede celular, formando uma barreira mecânica e diminuindo a taxa de degradação ruminal (Oliveira et al., 2016).

No CMSPV e DIGMS houve resposta inversa aos constituintes da parede celular. No CMSPV, observou-se redução de 0,008% do PV a cada dia de avanço no período experimental, enquanto o VRF decresceu diariamente em 0,54%. A mensuração do CMSPV em pastagens é relevante porque ele possui relação direta com o efeito de enchimento que ocorre em ruminantes. No efeito de enchimento, o animal encontra-se saciado pelo efeito físico proporcionado pela fibra da forragem em digestão, limitando, desta forma, o consumo de um volume maior de MS (Oliveira et al., 2017). O CMSPV é afetado diretamente pelo teor de FDN da forragem, pois quanto maior o teor de FDN, menor será a capacidade de consumo e menor o CMSPV (Detmann et al., 2014).

Em reação ao VRF, a mensuração deste parâmetro em forragens é relevante pois trata-se de um indicador de qualidade quando se refere a concentrações de constituintes da parede celular da planta (Gayer et al., 2019). Quanto maior o VRF de uma forragem (próximo ou superior a 100%), maior o seu conteúdo de carboidratos não fibrosos, que correspondem à fração rapidamente fermentável no ambiente ruminal (Brandstetter et al., 2019). Em condição oposta, quanto menor o VRF da forragem (inferior a 80%), maior o conteúdo de carboidratos fibrosos (Gayer et al., 2019). Estes, como celulose e hemicelulose, que possuem digestão lenta (Du et al., 2020) e lignina, com digestão praticamente inexistente (Brandstetter et al., 2019), quando presentes em altos teores, conferem à forragem um

baixo valor nutricional, evidenciado pelo baixo VRF. Os carboidratos são formados por monômeros, que se unem por meio de ligações covalentes, denominadas glicosídicas do tipo alfa ou beta (Oliveira et al., 2016). Os carboidratos contidos nas plantas podem ser divididos em não fibrosos e fibrosos. Houve aumento linear nos teores de CHOT, CNF e CF das forragens produzidas. Os aumentos diários foram de 0,21, 0,10 e 0,09% com o avanço das épocas de semeadura, respectivamente (Tabela 2). Os teores de CHOT são condizentes com os listados na literatura e sua mensuração é fundamental para o conhecimento do valor nutricional das plantas forrageiras, pois os carboidratos constituem de 70 a 80% da dieta dos ruminantes, uma vez que a base da alimentação desses animais são as plantas forrageiras (Oliveira et al., 2016).

Na nutrição animal, a DIGMS reflete a fração da forragem que, após o consumo pelos animais, efetivamente será digerida e metabolizada (Carvalho et al., 2021). Neste parâmetro observou-se redução linear na proporção de 0,08% a cada dia de avanço na data de semeadura (Tabela 2). Isso ocorreu devido ao aumento na parede celular da forragem,

com aumento nos teores de FDN e LIG e redução nos teores de PB que afetam os coeficientes de digestibilidade (Santana et al., 2021); ou seja, o aumento nos tecidos de baixa digestão (fibra e lignina) afetam negativamente a digestibilidade (Oliveira et al., 2016). A DIGMS é um importante parâmetro para avaliação do valor nutricional das forragens porque além do potencial de fornecimento de nutrientes, também atua no CMSPV (Cardoso et al., 2014). Esse efeito deve-se à taxa de degradação da fibra no ambiente ruminal, pois quanto maior a DIGMS maior a velocidade de degradação dos carboidratos no rúmen. Esse aumento acelera a taxa de passagem do alimento, reduzindo a sensação de saciedade e estimulando o consumo nos animais (Oliveira et al., 2017).

No NDT houve redução linear, com queda de 0,07% a cada dia de avanço nas datas de semeadura. Esse componente nutricional reporta ao valor energético de alimentos para ruminantes. Como houve aumento nos teores de CEL e HEM com o avanço das épocas de semeadura, houve redução das porções das plantas com maior potencial de fornecimento de energia, resultando em decréscimo no NDT.

Tabela 2 - Carboidratos totais (CHOT), não fibrosos (CNF) e fibrosos (CF), digestibilidade da matéria seca (DIGMS), nutrientes digestíveis totais (NDT) e frações de carboidratos (A+B1; B2 e C) da forragem produzida pelo teosinto em diferentes épocas de semeadura tardia

Semeadura	CHOT	CNF	CF	DIGMS	NDT	A+B1	B2	C
07/março	71,72	23,25	46,18	65,39	66,71	23,01	64,58	5,69
10/março	71,68	25,05	46,63	65,32	66,65	25,05	64,37	5,72
13/março	70,76	23,52	47,44	65,06	66,41	23,32	66,27	5,94
16/março	71,69	23,81	47,88	64,76	66,15	23,81	64,83	6,23
19/março	73,05	25,06	47,98	64,67	66,07	25,06	63,81	6,67
22/março	73,94	25,32	48,62	64,41	65,83	25,32	59,54	9,45
25/março	73,49	25,45	48,04	64,27	65,71	25,45	60,24	10,87
28/março	74,46	26,51	47,96	64,00	65,47	26,51	58,77	11,66
31/março	76,09	26,49	48,91	63,48	65,00	27,18	57,86	11,89
03/abril	77,18	25,61	49,24	63,32	64,85	27,94	57,23	13,68
CV (%)	4,21	7,31	2,94	4,75	6,44	11,09	5,41	19,32
p linear	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p quadrática	0,112	0,678	0,301	0,063	0,059	0,336	0,179	0,241
R ²	0,86	0,68	0,83	0,95	0,97	0,84	0,84	0,92

Nota: CV (%) = coeficiente de variação; p = significância pelo teste t de Student; R² = coeficiente de determinação. $\hat{Y}_{CHOT} = 70,33 + 0,212x$; $\hat{Y}_{CNF} = 23,497 + 0,104x$; $\hat{Y}_{CF} = 46,506 + 0,095x$; $\hat{Y}_{DIGMS} = 65,59 - 0,079x$; $\hat{Y}_{NDT} = 66,899 - 0,069x$; $\hat{Y}_{A+B1} = 22,91 + 0,162x$; $\hat{Y}_{B2} = 66,648 - 0,338x$; $\hat{Y}_C = 4,082 + 0,324x$.

Considerando as frações dos carboidratos da forragem, é possível uma classificação de acordo com suas taxas de degradação. Nessa classificação, a fração A corresponde aos açúcares solúveis que são prontamente fermentados no rúmen, enquanto a fração B1 é composta de carboidratos como o amido e a pectina, que apresentam taxa intermediária de degradação no ambiente ruminal (Trevisoli et al., 2024). Neste estudo, observou-se aumento linear da fração A+B1, indicando maior teor de carboidratos de reserva na forragem (Tabela 2). Este resultado se justifica pelas condições climáticas com o avanço do período experimental, pois a menor radiação solar e temperaturas (Figura 1) reduziram o crescimento das plantas com menor PMS (Figura 2) e contribuíram com maior quantidade de componentes do conteúdo celular. Neste estão contidos açúcares (glicose, frutose), ácidos orgânicos e outros carboidratos de reserva de plantas, tais como amido, sacarose e frutanas (Sniffen et al., 1992), que correspondem principalmente aos carboidratos de reserva. Como a fração A+B1 representa a porção de rápida degradação ruminal e o suporte inicial de energia para os microrganismos ruminais (Santo et al., 2017), forragens com maiores proporções desta fração na matéria seca podem ser consideradas de valor nutricional mais promissor para o desempenho animal.

Na fração B2, que é composta por carboidratos estruturais e que corresponde à fração lenta e potencialmente digerível da parede celular (Trevisoli et al., 2024), houve redução linear (Tabela 2) devido ao menor acúmulo de matéria seca nas plantas (Figura 2) em função das condições climáticas (Figura 1). Embora tenha ocorrido aumento na CEL e HEM com o avanço das épocas de semeadura (Tabela 1), uma redução nos teores de pectina, que é um agente cimentante da parede celular, justificaria essa redução na fração B2 dos carboidratos. Como os principais componentes da fração B2 são os carboidratos fibrosos da parede celular e estes são de disponibilidade ruminal lenta, sua degradação ruminal é dependente da taxa de passagem (Sniffen et al., 1992). Assim, podem ser degradados em maior ou menor proporção e influenciam no fornecimento de energia no rúmen, que pode afetar a síntese microbiana e o desempenho animal (Santo et al., 2017).

A fração C, que é representada pela porção indigerível ao longo do trato gastrointestinal (Trevisoli et al., 2024), elevou-se linearmente com o avanço das datas de semeadura. Esse resultado é negativo do ponto de vista nutricional e de utilização da forra-

gem, pois como esta fração representa a parede celular indisponível, corresponde à porção indigestível dos carboidratos estruturais. Desta forma, forragens com altos teores dessa fração induzem a menores ingestões voluntárias de matéria seca (Van Soest, 1994).

Nas correlações entre os parâmetros nutricionais, constatou-se correlações positivas entre PB e CMSPV, VRF, DIGMS, NDT e fração B2 dos carboidratos (Tabela 3). Esses resultados confirmam o impacto da PB no valor nutricional das forragens, conforme já reportado por Van Soest (1994). No entanto, foram observadas também correlações negativas da PB com FDN, FDA, HEM, CEL, LIG, CHOT, CNF, CF e frações A+B1 e C dos carboidratos. Como a PB é um componente do conteúdo celular, com o envelhecimento das plantas e espessamento da parede celular, caracterizados pelo aumento das frações fibrosas, consequentemente ocorre a redução da PB. O EE não apresentou correlações significativas com os demais parâmetros.

Nas correlações do FDN, pode-se destacar a correlação positiva com FDA, HEM, LIG, CEL, e fração C dos carboidratos, que é justificável porque todos esses constituintes fazem parte da parede celular (Trevisoli et al., 2024). E como o aumento dos constituintes da parede celular afeta negativamente o valor nutricional das forragens, constatou-se correlação negativa do FDN com CMSPV, VRF, DIGMS e NDT. A correlação negativa do FDN com o CMSPV deve-se ao efeito de enchimento ruminal ocasionado pelas frações fibrosas (Mertens, 1994).

Na FDA, da mesma forma que para o FDN, observou-se correlação positiva com os constituintes da parede celular e negativa com CMSPV, VRF, DIGMS e NDT. Da mesma forma, a LIG teve correlação positiva com FDN e FDA, pois é um dos constituintes desses parâmetros; e negativa com CMSPV, VRF, NDT e DIGMS. O impacto negativo da LIG no valor nutricional de alimentos para ruminantes deve-se a sua molécula, que é um polímero fenólico complexo que forma uma barreira mecânica na parede celular impedindo a ação dos microrganismos (Oliveira et al., 2016). Essa característica impacta negativamente o valor nutricional dos alimentos, pois reduz a digestibilidade ruminal (Van Soest, 1994).

As correlações detectadas por meio da correlação de Pearson entre os parâmetros nutricionais analisados neste estudo confirmam o impacto negativo dos constituintes da parede celular no valor nutricional da forragem produzida e concordam com o reportado por Van Soest (1994) e Sniffen et al. (1992).

Tabela 3 - Correlações de Pearson entre parâmetros bromatológicos e nutricionais na forragem produzida pelo teosinto semeado tardiamente em diferentes épocas de semeadura na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, Brasil

	EE	FDN	FDA	HEM	LIG	CEL	CMSPV	VRF	CHOT	CNF	CF	DIGMS	NDT	A+B1	B2	C
PB	-0,15	-0,81**	-0,81**	-0,64**	-0,72**	-0,79**	0,82**	0,84**	-0,52**	-0,52**	-0,51**	0,81**	0,81**	-0,57**	0,55**	-0,70**
EE		0,12	0,24	-0,00	0,13	0,23	-0,14	-0,17	-0,05	-0,21	0,09	-0,24	-0,24	-0,22	-0,03	0,15
FDN			0,86**	0,90**	0,76**	0,84**	-0,99**	-0,99**	0,49**	0,31**	0,58**	-,86**	-0,86**	0,36**	-0,47**	0,74**
FDA				0,56**	0,81**	0,99**	-0,86**	-0,92**	0,44**	0,42**	0,40**	-0,99**	-0,99**	0,49**	-0,60**	0,80**
HEM					0,55**	0,54**	-0,89**	-0,83**	0,42**	0,12	0,60**	-0,55**	-0,56**	0,18	0-,26*	0,54**
LIG						0,81**	-0,76**	-0,79**	0,45**	0,48**	0,29**	-0,81**	-0,81**	0,52**	-0,82**	0,99**
CEL							-0,85**	-0,91**	0,42**	0,41**	0,38**	-0,98**	-0,99**	0,47**	-0,65**	0,79**
CMSPV								0,99**	-0,48**	-0,31**	-0,58**	0,86**	0,86**	-0,37**	0,47**	-0,74**
VRF									-0,49**	-0,35**	-0,55**	0,92**	0,92**	-0,41**	0,52**	-0,78**
CHOT										0,56**	0,23*	-0,44**	-0,44**	0,53**	-0,67**	0,41**
CNF											-0,26*	-0,42**	-0,42**	0,97**	-0,61**	0,46**
CF												-0,40**	-0,40**	-0,21	-0,09	0,29**
DIGMS													0,99**	-0,49**	0,60**	-0,79**
NDT														-0,48**	0,61**	-0,80**
A+B1															-0,59**	0,50**
Frac B2																-0,77**

Nota: PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; HEM = hemicelulose; LIG = lignina; CEL = celulose; CMSPV = consumo de matéria seca em percentual do peso vivo; VRF = valor relativo da forragem; CHOT= carboidratos totais; CNF = carboidratos não fibrosos; CF = carboidratos fibrosos; DIGMS = digestibilidade da matéria seca; NDT = nutrientes digestíveis totais; A+B1 = fração A+B1 de carboidratos; Frac B2 = fração A+B2 dos carboidratos; C = fração C dos carboidratos.

Conclusão

O avanço nas datas da semeadura reduziu a produção de matéria seca e aumentou constituintes da parede celular na forragem produzida pelo teosinto, comprometendo seu valor nutricional. Observou-se correlação negativa entre os parâmetros nutricionais e os componentes da parede celular.

Contribuição dos autores

KFG: condução do estudo e coleta dos dados. LVGU e LFB: análises de laboratório. HCMM: análises estatísticas. RHK: idealização e auxílio na condução do experimento de campo. DDC: idealização, orientação dos acadêmicos na execução do projeto e obtenção dos dados. Todos os autores leram e aprovaram a versão final do manuscrito.

Declaração de disponibilidade de dados

Os dados da pesquisa não estão disponíveis.

Referências

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z.* 2013;22(6):711-28. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Alves AR, Pascoal LAF, Cambuí GB, Trajano JS, Silva CM, Gois GC. Fibra para ruminantes: aspecto nutricional, metodológico e funcional. *Pubvet.* 2016;10(7):568-79. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n7.568-579>
- Andrade BO, Marchesi E, Burkart S, Setubal RB, Lezama F, Perelman S, et al. Vascular plant species richness and distribution in the Río de la Plata grasslands. *Bot J Linn Soc.* 2018; 188(3):250-6. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boy063>
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis. 12 ed. Washington: AOAC; 1995.
- Azevedo EB, Rosa FQ, Dornelles RR, Malaguez EG, Trindade JK, Castagnara DD, et al. Nutritional characteristics estimated by faecal protein in cattle fed with heterogeneous natural grassland. *Anim Prod Sci.* 2024;64(2):AN22418. <https://doi.org/10.1071/AN22418>

Battiston J, Henrique DS, Mayer LRR, Kölln RS, Fluck AC, Oliveira JG, et al. Composição química e cinética de degradação ruminal in vitro de aveia branca cv. URS guapa sob diferentes níveis de adubação nitrogenada. Arq Bras Med Vet Zootec. 2020;72(2):581-9. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11131>

Bezerra HVA, Gallo SB, Rocha AF, Fernandes AC, Luz e Silva S, Leme PR. Impact of purified lignin on performance, rumen health, oxidative stress control and meat quality of lambs fed a high-concentrate diet. Livest Sci. 2020;231: 103882. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103882>

Bolsen KK. Silage technology. Australian Maize Conference; Queensland, Australia. Queensland: Gatton College; 1996.

Bragança LF, Unamuzaga LVG, Schneider CR, Garcez KF, Zambom MA, Mattei E, et al. Potencial forrageiro de milho e sorgo na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. Obs Econ Latinoam. 2024;22(7):e5651. <https://doi.org/10.55905/oelv22 n7-059>

Brandstetter EV, Costa KAP, Santos DC, Souza WF, Costa e Silva V, Dias MBC. Protein and carbohydrate fractionation of Jiggs Bermudagrass in different seasons and under intermittent grazing by Holstein cows. Acta Sci Anim Sci. 2019;41:e43363. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.43363>

Cardoso ES, Santana Jr HA, Santana EOC, Ferreira AHC, Maciel MS, Oliveira ZF, et al. Reguladores de consumo de bovinos em pastagem: recentes avanços. Rev El Nutritime. 2014;11(5): 3672-82. <https://tinyurl.com/32893v3c>

Carvalho CBM, Macambira GM, Santos ACF, Oliveira HSDH, Ribeiro AG, Silva GD, et al. Métodos de análise da composição química e valor nutricional de alimentos para ruminantes. Res Soc Dev. 2021;10(10):e523101019047. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.19047>

Carvalho GGP, Pires AJV. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. Arch Zootec. 2008;57(1)13-28.

Cruz P, Lezana L, Durante M, Jaurena M, Figari M, Oliveira LB, et al. A functional classification of 63 common Poaceae in the "Campos" grasslands of South America. Ecol Austral. 2019;29(2):239-48. <https://doi.org/10.25260/EA.19.29.2.0.727>

Detmann E, Gionbelli MP, Huhtanen P. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. J Anim Sci. 2014;92(10):4632-41. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7717>

Devkota NR, Ghimire RP, Adhikari DP, Upreti CR, Poudel LN, Joshi NP. Fodder productivity of teosinte (*Euchlaena mexicana* Schrad) at different sowing dates in western mid-hills of Nepal. J Agric For Univ. 2017;1:129-37. https://old.afu.edu.np/sites/default/files/Fodder_productivity_of_Teosinte_Euchlaena_mexicana.pdf

Devos Y, Ortiz-García S, Hokanson KE, Raybould A. Teosinte and maize x teosinte hybrid plants in Europe – Environmental risk assessment and management implications for genetically modified maize. Agric Ecosyst Environ. 2018;259:19-27. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.032>

Du Z, Risu N, Gentu G, Jia Y, Cai Y. Dynamic changes and characterization of the protein and carbohydrate fractions of native grass grown in Inner Mongolia during ensiling and the aerobic stage. Asian-Australas J Anim Sci. 2019;33(4):556-7. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0212>

El-Nahrawy SM, EL-Gaafarey TG, Mariey SA, Rady AMS. Agromorphological and genotypic diversity of some local Egyptian teosinte (*Zea mexicana*) genotypes. Asian J Agric Allied Sci. 2023;6(1):1-19. <https://doi.org/10.56557/ajaas/2023/v6i136>

Fayed EA, Aboelgoud SA, Mostafa ESEI. Agromorphologic characterization and molecular markers of some teosinte (*Zea mexicana*) genotypes. J Plant Prod Sci. 2020;11(8):755-60. <https://doi.org/10.21608/jpp.2020.114573>

Ferreira DF. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. Cienc Agrotec. 2014;38(2):109-12. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

Fontaneli RS, Fontaneli RS, Brondan C, Santos HP, Machado JRA, Manfron ACA, et al. Utilização estratégica de gramíneas anuais de verão para vazio forrageiro outonal e cobertura de solo. Plant Direto. 2021;179:42-8. <https://plantiodireto.com.br/artigos/28>

Garcez KF, Schneider CR, Bragança LF, Fernandes T, Neres MA, Krolow RH, et al. Adição de farelos de milho, soja e arroz melhoram a conservação e valor nutricional de silagens de Tifton 85. Braz J Anim Environ Res. 2023;6(2):1773-90. <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n2-066>

Gayer TO, Kasper NF, Tadielo LE, Krolow RH, Azevedo EB, Oaigen RP, et al. Different dry matters content used for the conservation of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) in an anaerobic environment. Afr J Agric Res. 2019;14(6):369-78. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13675>

- IPCC. Climate Change 2023: Synthesis report, summary for policymakers. Contribution of working groups I, II and III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Geneva: IPCC; 2023. p.1-34. <http://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- Jaurena M, Durante M, Devincenzi T, Savian JV, Bendersky D, Moojen FG, et al. Native grasslands at the core: A new paradigm of intensification for the Campos of Southern South America to increase economic and environmental sustainability. *Front Sustain Food Syst.* 2021;5:547834. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.547834>
- Khanal B, Devkota NR, Tiwari, MR, Gorkhali NA. Maximizing fodder yield of dates and mixed fodder cropping management. *J Agric For Univ.* 2020;4(1):269-78. <https://doi.org/10.3126/jafu.v4i1.47097>
- Machado BM, Garcez KF, Unamuzaga LVG, Schneider CR, Bragança LF, Krolow RH, et al. Laudos bromatológicos objetivando a melhoria da pecuária na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. *Braz J Anim Environ Res.* 2024;7(2):e70039. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-077>
- Maggi G, Schneider CR, Lima AD, Rovaris GB, Krolow RH, Castagnara DD. Quality of sorghum hybrid silages at different storage times. *S Afr J Anim Sci.* 2023;53(4):560-72. <https://doi.org/10.4314/sajas.v53i4.10>
- Malaguez EG, Dinarte GV, Tadielo LE, Santos NLT, Castagnara DD. Alternatives for spring forage emptiness in Pampa, Brazil. *Rev Agric Neotrop.* 2017;4(4):58-64. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i4.1590>
- Mertens DR. Regulation of forage intake. In: Fahey Jr GC, Collins M, Mertens D R, Moser LE, editors. Forage quality, evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America; 1994. p. 450-93.
- Mohan S, Dar EA, Singh M. Fodder quality of teosinte fodder as influenced by nitrogen, phosphorus and zinc application. *Int J Pure App Biosci.* 2017;5(3):596-604. <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.2557>
- Moraes A, Carvalho PCF, Crusciol CAC, Lang CR, Pariz CM, Deiss L, et al. Integrated crop-livestock systems as a solution facing the destruction of pampa and cerrado biomes in South America by intensive monoculture systems. In: Lemaire G, Carvalho PCDF, Kronberg S, Recous S, editors. Agroeco-system diversity. Academic Press; 2019. p. 257-73. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00016-9>
- Moreira A, Bremm C, Fontana DC, Kuplich TM. Seasonal dynamics of vegetation indices as a criterion for grouping grassland typologies. *Sci Agric.* 2019;76(1):24-32. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0173>
- Oliveira BC, Caetano GAO, Caetano Jr MB, Martins TR, Oliveira CB. Mecanismos reguladores de consumo em bovinos de corte. *Nutr Rev Eletr.* 2017;14(4):6066-75. <https://tinyurl.com/4t5f78c7>
- Oliveira VS, Santana Neto JA, Valença RL, Silva BCD, Santos ACP. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. *Vet Not.* 2016;22(2):1-18. <https://seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/view/32660>
- Ollé FA, Ferreira OGL, Pedroso CES, Farias PP, Azevedo GM, Vaz RZ. Potencial da fertilização nitrogenada em pastagem natural diferida em mitigar o vazio forrageiro outonal. *Rev Agro Amb.* 2024;17(4):e12388. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2024v17n4e12388>
- Ortiz VM, Cargnelutti Filho A, Loro MV, Somavilla FM, Schuller BR, Reis MB, et al. Correlação e análise de trilha entre caracteres de teosinto. *Sigmae.* 2023;12(1):29-39. <https://doi.org/10.29327/2520355.12.1-2>
- Paiva EP, Lima MS, Paixão JA. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. *Rev Iberoam Polim.* 2009;10(4):196-211. <https://tinyurl.com/yc62thcm>
- Pedó T, Aumonde TZ, Oliveira LC, Nora L, Morselli TBGA, Mauch CR. Produtividade e caracterização físico-química de pimentas submetidas a diferentes fontes e doses de adubação orgânica. *Rev Fac Agron.* 2014;113(2): 134-9. <http://revista-vieja.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/243>
- Pimentel-Gomes F. Curso de Estatística Experimental. 15 ed. Piracicaba: FEALQ; 2009.
- Poczynek M, Toledo AF, Silva AP, Silva MD, Oliveira GB, Coelho MG, et al. Partial corn replacement by soybean hull, or hay supplementation: Effects of increased NDF in diet on performance, metabolism and behavior of pre-weaned calves. *Livest Sci.* 2020;231:103858. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103858>

- Sanjyal S, Hampton JG, Rolston P, Marahatta S. Teosinte (*Euchlaena mexicana* L.) seed production: Effect of sowing date, seed rate and cutting management on seed yield. *Agronomy*. 2022;12(7):1646. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071646>
- Santana FS, Cruz NT, Backes AA, Valença RL, Lima LKS, Sousa BML, et al. Nutrição de ruminantes com uso do feno de capim elefante amonizado. *Cienc Anim*. 2021;31(2):60-75. <https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/9360>
- Santo AX, Silva LDF, Lançanova JAC, Ribeiro ELA, Mizubuti IY, Fortaleza APS, et al. Fractionation of carbohydrates, protein and "in vitro" ruminal degradation kinetics by gas production technique of supplementary rations containing sunflower cake. *Arq Bras Med Vet Zootec*. 2017;69(1):234-42. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8761>
- Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrreras JF, Coelho MR, et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 6 ed. Brasília: Embrapa; 2025. 396 p.
- Schneider CR, Bragança LF, Garcez KF, Unamuzaga LVG, Mattei E, Azevedo EB, et al. Alterações no valor nutricional do feno de aveia branca na desidratação e armazenamento. *Obs Econ Latinoam*. 2024;22(7):e5655. <https://doi.org/10.55905/oelv22n7-063>
- Seadh SE, Abido WAE, Aboelgoud SA, Kamel MM. The effects of planting date and cutting time on teosinte productivity under soil salinity. *J Plant Prod Sci*. 2022;12(6):219-23. <https://doi.org/10.21608/jpp.2022.140224.1116>
- Silva-Fernandéz SE, García-Lara S, Serna-Saldívar SO. Physicochemical characterization of the anatomical structures of teosinte (*Zea mays* subsp. *mexicana*) covered caryopses. *J Cereal Sci*. 2022;103:103353. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103353>
- Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Anim Sci*. 1992;70(11):3562-77. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
- Trevisoli FCA, França AFS, Pause AGS, Silva NR, Oliveira LG, Nassar RF, et al. Fracionamento de proteínas e carboidratos das silagens de milheto forrageiro com adição de casca de soja. *Obs Econ Latinoam*. 2024;22(4):e3998. <https://doi.org/10.55905/oelv22n4-006>
- Unamuzaga LVG, Rocha SS, Tadielo LE, Barreto MT, Takiya CS, Severo IK, et al. Alturas de manejo afetam pastagens de azevém no pampa do Rio Grande do Sul. *Obs Econ Latinoam*. 2024;22(12):e8418. <https://doi.org/10.55905/oelv22n12-259>
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*. 1991;74(10):3583-97. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(91)78551-2)
- Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press; 1994. 476 p. <https://tinyurl.com/van-soestnutritional>
- Vasconcelos JLM. Genetic improvement of fertility in beef cattle: challenges and opportunities. *Anim Reprod*. 2018;15(4):912-21.
- Vigosa-Mercado JL. Claves para las tribus y géneros mexicanos de gramíneas (*Poaceae*). *Acta Bot Mex*. 2024;131:e2343. <https://tinyurl.com/5n7au6ev>
- Zhang Q, Yu Z, Wang X, Tian J. Effects of inoculants and environmental temperature on fermentation quality and bacterial diversity of alfalfa silage. *Anim Sci J*. 2018;89(8):1085-92. <https://doi.org/10.1111/asj.12961>