



## Fertilização nitrogenada em pastagens naturais diferidas vulneráveis a incertezas climáticas

### Nitrogen fertilization in deferred natural grasslands vulnerable to climatic uncertainties

### Fertilización nitrogenada en pastizales naturales diferidos vulnerables a las incertidumbres climáticas

Franco de Almeida Ollé<sup>1</sup>, Otoniel Geter Lauz Ferreira<sup>2</sup>, Rodrigo Flores Escobar<sup>3</sup>, Karoline Barcellos da Rosa<sup>4</sup>, Pâmela Peres Farias<sup>5</sup>, Carlos Eduardo da Silva Pedroso<sup>6</sup>.

1. Universidade Federal de Pelotas (UFPel), E-mail: [francoolle@hotmail.com](mailto:francoolle@hotmail.com); 2. Universidade Federal de Pelotas (UFPel), E-mail: [oglferreira@gmail.com](mailto:oglferreira@gmail.com); 3. Universidade Federal de Pelotas (UFPel), E-mail: [rodrigoescobar94@gmail.com](mailto:rodrigoescobar94@gmail.com); 4. Universidade Federal de Pelotas (UFPel), E-mail: [karolbarcellos@hotmail.com](mailto:karolbarcellos@hotmail.com); 5. Universidade Federal de Pelotas (UFPel), E-mail: [pamperes@hotmail.com](mailto:pamperes@hotmail.com); 6. Universidade Federal de Pelotas (UFPel), E-mail: [carlos.pedroso@ufpel.edu.br](mailto:carlos.pedroso@ufpel.edu.br)

**RESUMO** - A produção pecuária no bioma Pampa baseia-se em pastagens naturais, cuja produtividade frequentemente é limitada por estiagens recorrentes, mesmo nas estações tradicionalmente favoráveis ao seu crescimento. O diferimento é uma estratégia para acumular forragem nesses períodos críticos, mas, para que seja eficaz, ainda carece de informações que subsidiem as decisões de manejo. Este estudo avaliou, durante três anos, a produtividade e a concentração de proteína bruta de uma pastagem natural diferida e fertilizada com níveis crescentes de nitrogênio (0, 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio), na primavera e no verão. O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Foram realizados dois cortes (primavera e verão) para avaliação da massa de forragem seca (MFS), taxa de acúmulo de forragem (TAF), matéria seca (MS) e proteína bruta (PB). A fertilização nitrogenada aumentou a MFS em até 123% na primavera e 130% no verão, em anos com boa disponibilidade hídrica. A PB apresentou incremento linear com os níveis de N, atingindo até 120 e 144,9 g kg<sup>-1</sup> na primavera e verão, respectivamente. A TAF aumentou, e os teores de MS diminuíram com o aumento dos níveis de N. Os resultados indicam que a pastagem natural diferida respondeu positivamente à fertilização nitrogenada, sendo a disponibilidade hídrica determinante para a eficiência do uso do fertilizante.

**Palavras-chave:** Bioma Pampa. Campo nativo. Diferimento. Produção de forragem. Nitrogênio.

**ABSTRACT** - Livestock production in the Pampa biome is based on natural grasslands, whose productivity is often limited by recurrent droughts, even during seasons traditionally favorable to plant growth. Deferred grazing is a strategy used to accumulate forage for these critical periods; however, its effectiveness still requires further information to support management decisions. This study evaluated, over three years, the productivity and crude protein concentration of a deferred natural grassland fertilized with increasing nitrogen levels (0, 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280 kg ha<sup>-1</sup> of N as ammonium sulfate) in spring and summer. The



experiment followed a randomized block design with four replications. Two cuts (spring and summer) were performed to evaluate dry forage mass (DFM), forage accumulation rate (FAR), dry matter (DM), and crude protein (CP). Nitrogen fertilization increased DFM by up to 123% in spring and 130% in summer in years with favorable water availability. CP showed a linear increase with N levels, reaching up to 120 and 144.9 g kg<sup>-1</sup> in spring and summer, respectively. FAR increased and DM content decreased with rising N levels. The results indicate that deferred natural grasslands respond positively to nitrogen fertilization, with water availability being a key factor for fertilizer-use efficiency.

**Keywords:** Deferred grazing. Forage production. Native grassland. Nitrogen. Pampa biome.

**RESUMEN** - La producción pecuaria en el bioma Pampa se basa en pastizales naturales, cuya productividad suele estar limitada por sequías recurrentes, incluso en estaciones tradicionalmente favorables para su crecimiento. El diferimiento es una estrategia para acumular forraje en estos períodos críticos; sin embargo, su eficacia todavía requiere más información que respalde las decisiones de manejo. Este estudio evaluó, durante tres años, la productividad y la concentración de proteína bruta de un pastizal natural diferido y fertilizado con niveles crecientes de nitrógeno (0, 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280 kg ha<sup>-1</sup> de N en forma de sulfato de amonio) en primavera y verano. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se realizaron dos cortes (primavera y verano) para evaluar la masa de forraje seco (MFS), la tasa de acumulación de forraje (TAF), la materia seca (MS) y la proteína bruta (PB). La fertilización nitrogenada aumentó la MFS hasta un 123% en primavera y un 130% en verano en años con buena disponibilidad hídrica. La PB presentó un incremento lineal con los niveles de N, alcanzando hasta 120 y 144,9 g kg<sup>-1</sup> en primavera y verano, respectivamente. La TAF aumentó y los contenidos de MS disminuyeron con el incremento de N. Los resultados indican que el pastizal natural diferido respondió positivamente a la fertilización nitrogenada, siendo la disponibilidad hídrica determinante para la eficiencia en el uso del fertilizante.

**Palabras clave:** Bioma Pampa. Diferimiento. Nitrógeno. Pastizal nativo. Producción de forraje.

## INTRODUÇÃO

A exploração pecuária constitui-se em uma atividade primária importante para a economia no sul da América do Sul, a qual está alicerçada, principalmente, no modelo pastoril com pastagens naturais (MODERNE *et al.*, 2019). Essas pastagens cobrem uma extensão aproximada de 0,5 milhões de km<sup>2</sup>, representando o principal recurso forrageiro disponível para a produção animal no bioma Pampa do Brasil, no sul e norte do Uruguai e no centro-leste da Argentina (JAURENA *et al.*, 2021).

No entanto, a produtividade dessas pastagens naturais é frequentemente limitada por períodos de estiagem, sobretudo no sul do Brasil. Entre 1991 e 2024, o Rio Grande do Sul concentrou cerca de 12% das ocorrências nacionais de estiagens e secas, com maior incidência nos meses de verão (RIO GRANDE DO SUL, 2025). Esses eventos climáticos adversos comprometem a disponibilidade de forragem natural, mesmo nas estações tradicionalmente favoráveis ao crescimento das pastagens, como a primavera e o verão.



Considerando que esses eventos extremos são relativamente previsíveis (NOAA, 2025), torna-se fundamental integrá-los ao planejamento e ao manejo forrageiro, exigindo estratégias para minimizar os impactos na produção animal. Entre as estratégias de manejo, destaca-se a fertilização nitrogenada associada ao diferimento das pastagens, técnica que possibilita a formação de reservas de forragem em pé para períodos críticos (OLLÉ *et al.*, 2024; FEDRIGO *et al.*, 2021). De acordo com KUNRATH *et al.* (2018), além das condições climáticas, a nutrição nitrogenada é o principal fator de controle dos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que o nitrogênio (N) desempenha papel importante em diversos processos fisiológicos (SADRAS *et al.*, 2016).

É possível, por meio da fertilização nitrogenada, aumentar a quantidade (OLLÉ *et al.*, 2024) e melhorar a qualidade (NÚÑEZ *et al.*, 2022) das pastagens naturais. De modo geral, espera-se que incrementos sucessivos na fertilização nitrogenada promovam elevações na produtividade e na qualidade da forragem até que se atinja um nível de resposta máxima, a partir do qual os ganhos se estabilizam. Esse conhecimento permite utilizar o fertilizante de forma mais eficiente, contribuindo para a otimização dos recursos e a redução das perdas de N para o ambiente.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta de uma pastagem natural diferida à fertilização nitrogenada com sulfato de amônio, sob diferentes condições climáticas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante três anos em área de campo natural do município de Capão do Leão - Rio Grande do Sul (RS), km 535 da BR-116. A área situa-se na região fisiográfica do RS denominada Litoral Sul (31°52'00" Sul; 52°21'24" Oeste; 7 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação Köppen, é do tipo Cfa (MOTA, 1953). Os dados meteorológicos são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica total e temperaturas médias referentes ao período experimental.

Mês	Precipitação (mm)		Temperatura (°C)	
	Normal	Ocorrida	Normal	Ocorrida
<u>Ano 1</u>				
set	132,0	131,9	15,0	15,3
out	105,0	74,4	17,3	17,7
nov	78,0	69,9	19,2	18,8
dez	85,0	67,4	21,6	21,4
jan	120,0	173,3	22,3	24,0
fev	100,0	141,6	22,5	22,8
<u>Ano 2</u>				
set	132,0	34,4	15,0	14,1
out	105,0	143,9	17,3	18,4
nov	78,0	158,1	19,2	20,5
dez	85,0	146,6	21,6	21,9
jan	120,0	64,4	22,3	22,3
fev	100,0	251,6	22,5	22,5
<u>Ano 3</u>				
set	132,0	76,0	15,0	16,3
out	105,0	208,0	17,3	17,9



nov	78,0	36,6	19,2	20,0
dez	85,0	76,4	21,6	23,9
jan	120,0	75,4	22,3	23,6
fev	100,0	169,4	22,5	22,5

**Fonte:** Estação Agroclimatológica da EMBRAPA/UFPEL.

O solo pertence à unidade de mapeamento Pelotas, classificado como Planossolo hidromórfico eutrófico solódico (EMBRAPA, 1999). A análise química do solo anterior ao início do experimento é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas do solo antes do início do experimento e respectivas interpretações segundo a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2016).

Argila (%)	P —(mg dm <sup>-3</sup> )—	K	MO <sup>(1)</sup> (g dm <sup>-3</sup> )	pH <sub>água</sub>	CTC <sup>(2)</sup> (pH 7,0)	Ca+Mg —(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )—	Al	V% <sup>(3)</sup>
≤20	2,7	36	2,9	4,3	5,9	2,9	0,9	51
Classe 4	Muito baixo	Médio	Médio		Baixa	Médio		

**Fonte:** Autores (2025). **Nota:** <sup>(1)</sup>Matéria Orgânica; <sup>(2)</sup>Capacidade de Troca de Cátions; <sup>(3)</sup>Saturação por bases:  $V\% = (Ca+Mg+K/CTC_{pH\ 7,0}) \times 100$ .

Quanto a vegetação, na área experimental identificaram-se espécies de plantas forrageiras pertencentes ao gênero *Paspalum*, *Axonopus*, *Bothriochloa*, *Andropogon*, *Eragrostis*, *Ischaemum*, *Panicum*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Stipa*, *Briza* e, minoritariamente, *Desmodium*, *Medicago*, *Adesmia* e *Vicia*. Ainda, com frequência escassa, espécies de outras famílias botânicas entre elas *Asteraceae*, *Plantaginaceae*, *Solanaceae*, *Apiaceae*, *Verbenaceae* e *Cyperaceae*. Antes do experimento, a área era utilizada para pastejo de bovinos e ovinos.

Os tratamentos consistiram em oito níveis de fertilização nitrogenada (0, 40, 80, 120, 160, 200, 240 e 280 kg ha<sup>-1</sup> de N), aplicados na forma de sulfato de amônio (21% de N e 24% de S), em cobertura, na primavera e no verão, com parcelamento em duas aplicações iguais por estação. No segundo e terceiro anos experimentais, realizou-se adicionalmente adubação de base com 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando superfosfato triplo e cloreto de potássio. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, parcelas de 28 m<sup>2</sup> e área útil de 10 m<sup>2</sup>.

Após o corte de uniformização e a aplicação inicial da fertilização no início da primavera, a área foi submetida ao diferimento até que o dossel forrageiro de um dos tratamentos atingisse altura média de 25-30 cm, condição observada nos tratamentos com fertilização ≥ 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, caracterizando o final da primavera. Nesse momento, as parcelas de todos os tratamentos foram cortadas, conforme metodologia descrita por Coelho *et al.* (2015) e Noro *et al.* (2003), mantendo-se resíduo aproximado de 3 cm do solo. Em seguida, procedeu-se à nova fertilização e a um segundo período de diferimento, culminando no corte de verão. No segundo ano experimental, as parcelas correspondentes aos tratamentos de 0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N foram perdidas.

O corte de uniformização foi realizado em 1º de outubro de cada ano. Na primavera, as aplicações de N ocorreram em 15/10, 01/10 e 14/10 (primeira aplicação) e em 15/11, 01/11 e 18/11 (segunda aplicação) nos anos 1, 2 e 3, respectivamente. O período de diferimento até o corte de primavera foi de 75, 48 e 78 dias, com cortes realizados em 16/12, 19/11 e 19/12 nos



respectivos anos. Após esse corte, a fertilização de verão foi realizada em 16/12, 01/12 e 21/12 (primeira aplicação) e em 15/01, 01/01 e 20/01 (segunda aplicação). O corte de verão ocorreu em 12/02, 31/01 e 13/02, após 56, 72 e 54 dias de diferimento nos anos 1, 2 e 3, respectivamente.

Após o corte e pesagem da massa de forragem verde, uma amostra foi seca em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de  $\pm 65$  °C, até peso constante, para determinação do conteúdo de matéria seca ( $\text{g kg}^{-1}$ ). A taxa de acúmulo de forragem foi calculada pela divisão entre o valor da massa de forragem seca no dia do corte e o número de dias de diferimento. A forragem seca foi moída em moinho tipo Willey com malha de 2 mm para avaliação da concentração de proteína bruta, determinada indiretamente pelo teor de N, conforme os métodos 984.13 e 2001.11 (AOAC, 2019; THIEX *et al.*, 2002).

Considerou-se como fatores de tratamento os três anos experimentais e os oito níveis de fertilização nitrogenada, anteriormente descritos. Após serem avaliados quanto a sua normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ( $P \geq 0,05$ ), os dados de cada corte (primavera e verão) foram analisados individualmente através de ANOVA, teste de comparação de médias de Tukey e regressão polinomial, conforme o caso ( $P \leq 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas com uso da versão acadêmica do pacote estatístico SAS<sup>®</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

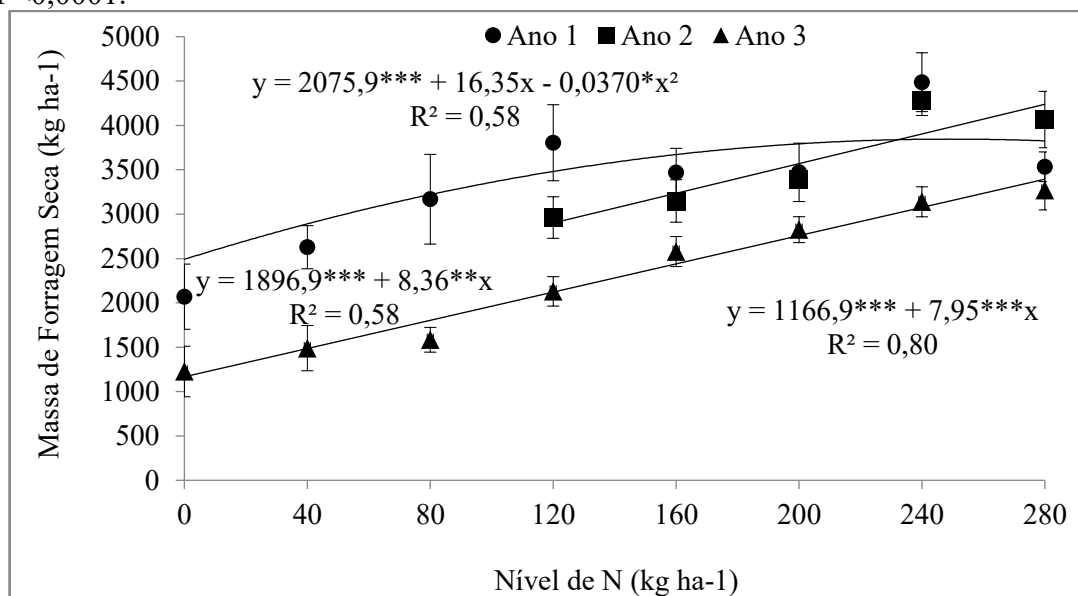
### Corte de primavera

Quando comparadas as massas de forragem seca (MFS) médias entre os anos, verificou-se superioridade ( $F = 36,84$ ;  $P < 0,0001$ ) nos anos 1 ( $3328,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e 2 ( $3569,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ), que não diferiram entre si, em relação ao ano 3 ( $2280,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Neste último ano, logo após a primeira aplicação de N (outubro) ocorreram chuvas que superaram a média normal do mês, 105 mm (Tabela 1). Esse excesso de chuva contribuiu para a lixiviação do N aplicado e para a redução de sua absorção pelas plantas, mesmo considerando-se a utilização de sulfato de amônio, fonte de N menos sujeita a perdas por lixiviação. O N na forma de amônio, por ser um cátion (carga positiva), pode ser retido pela CTC do solo, em especial em solos com predominância de cargas negativas, condição comum em regiões de maior pluviosidade. Ou seja, quanto maior a quantidade de cargas negativas no solo, maior a retenção de cátions (KÖLLN *et al.*, 2023; LU; ZHANG 2019). Além do citado excesso de chuvas, nos meses de novembro e dezembro, a pluviosidade ficou abaixo da normal, com destaque para o mês de novembro, no qual choveu somente 47% da média esperada (Tabela 1), fatores que conduziram aos menores rendimentos de forragem do ano 3.

No ano 1, foi alcançada produtividade máxima de  $3881,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de MFS, considerando-se a aplicação de  $220,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, ou seja, um acréscimo de  $16,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de MFS para cada kg de N aplicado (Figura 1). A resposta quadrática indica que a pastagem poderia responder ainda mais à aplicação de N, se submetida a condições hídricas normais (Tabela 1). Nos anos 2 e 3 verificou-se resposta linear da MFS à aplicação de N, sendo observada produtividade máxima quando a disponibilidade hídrica não estava limitada (ano 2). Nestes dois anos, observaram-se, respectivamente,  $4238,2$  e  $3394,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de MFS com a aplicação de  $280 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, acréscimo de 123% em relação ao tratamento sem aplicação de N ( $1713,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de MFS).



**Figura 1.** Massa de forragem seca ( $\pm$  EP) no corte de primavera de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada. \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,0001$ .



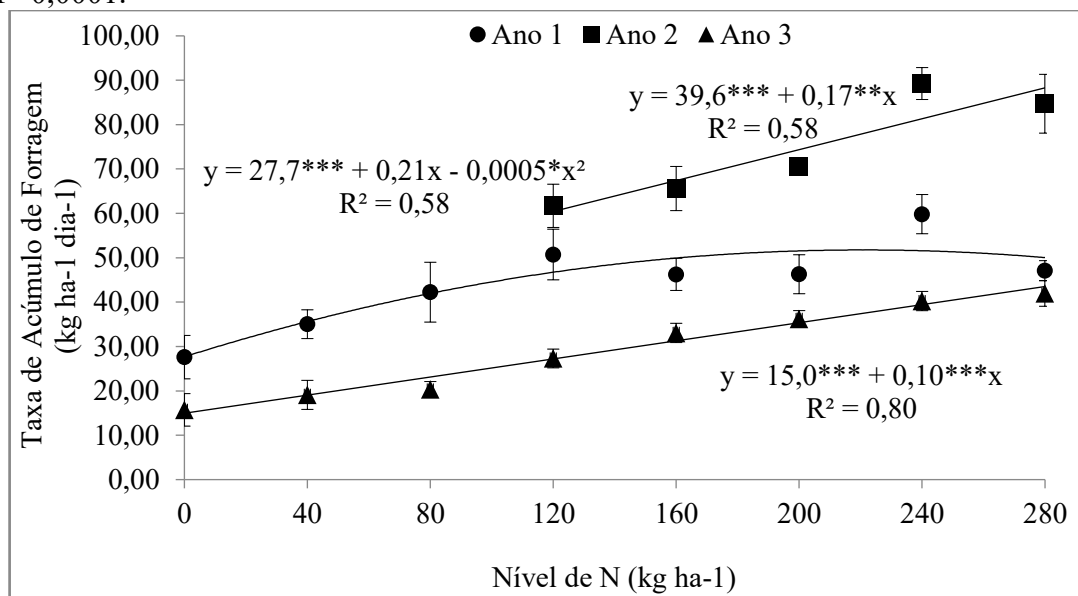
**Fonte:** Autores (2025).

Mesmo sob condições climáticas diferentes, os resultados mostram o potencial de produção de forragem da pastagem natural diferida em resposta à fertilização nitrogenada. Resultados distintos foram relatados por Fedrigo *et al.* (2021), que observaram apenas uma discreta resposta ao N quando aplicado de forma isolada. Por outro lado, Ollé *et al.* (2024), mesmo avaliando o diferimento em época menos favorável, verificaram acréscimos de até 65%

A taxa de acúmulo de forragem (TAF) média diferiu entre os três anos experimentais ( $F = 149,88$ ;  $P < 0,0001$ ). O ano 1 (média de 44,4 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MFS) apresentou acúmulo máximo quando se aplicaram 220,8 kg ha<sup>-1</sup> de N, resultando em uma TAF máxima de 51,8 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MFS (Figura 2). Neste ano, a baixa precipitação pluviométrica que antecedeu o corte caracterizou uma primavera seca (Tabela 1). As TAFs do ano 2 (74,4 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MFS) e 3 (29,2 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MFS) responderam de forma linear positiva com o aumento dos níveis de N, sem alcançar o ponto de máximo acúmulo.



**Figura 2.** Taxa de acúmulo ( $\pm$  EP) no corte de primavera de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada. \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,0001$ .



Fonte: Autores (2025).

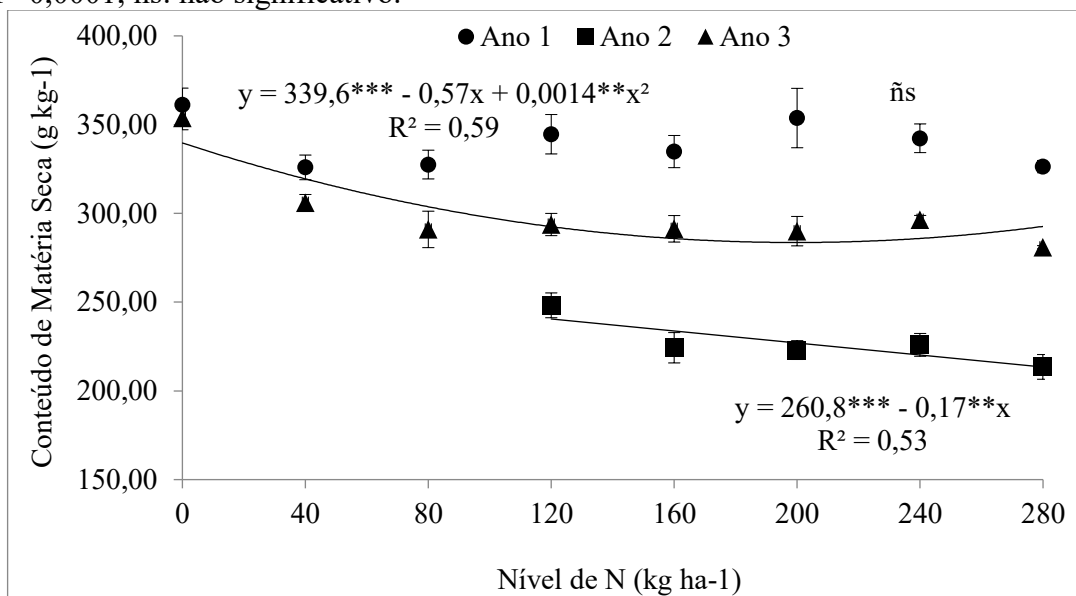
Segundo Modernel *et al.* (2019), sem qualquer intervenção antrópica, a TAF em campo natural pode atingir  $31,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de MFS na primavera e no verão. No presente estudo, as TAFs foram superiores (Figura 2), mostrando o potencial obtido com a adição de N. Esse aumento no acúmulo de forragem representa maior participação de forragem verde e jovem, com elevado teor de carboidratos solúveis, proteínas, minerais e vitaminas (JAURENA *et al.* 2018, MOORE *et al.* 2020).

O conteúdo médio de MS diferiu significativamente entre os três anos experimentais ( $F = 332,17$ ;  $P = 0,0001$ ), sendo de  $339,5 \text{ g kg}^{-1}$  de MS no ano 1,  $227,0 \text{ g kg}^{-1}$  de MS no ano 2 e de  $300,4 \text{ g kg}^{-1}$  de MS no ano 3. Ao relacionarmos esse resultado com as condições climáticas, verifica-se que, no ano 2, a precipitação nos meses que antecederam o primeiro corte (outubro, novembro e dezembro) foi, respectivamente, 37,0%, 102,7% e 72,5% maior que a normal (Tabela 1). Nesse contexto, Rodrigues *et al.* (2023), utilizando fertilização nitrogenada em *Brachiaria* spp. também verificaram redução no conteúdo de MS à medida que aumentou a disponibilidade hídrica no solo.

Verificou-se que, na maior parte dos anos experimentais, o conteúdo de MS diminuiu com o aumento dos níveis de N (Figura 3). Segundo Black (1963), se o suprimento de N e fatores como disponibilidade hídrica e radiação solar forem adequados ao crescimento vegetal, a tendência é de que os carboidratos disponíveis sejam utilizados prioritariamente na formação de células e protoplasma, em vez de se acumularem nas paredes celulares, promovendo seu espessamento. Assim, as células formadas sob essas condições tendem a apresentar maior tamanho, paredes celulares delgadas e elevado teor de suculência. Ainda, conforme Núñez *et al.* (2022), a fertilização no estágio vegetativo potencializa o crescimento de folhas verdes (novas), o que também pode reduzir o conteúdo de MS com o incremento dos níveis de N.



**Figura 3.** Conteúdo de matéria seca ( $\pm$  EP) no corte de primavera de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada. \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,0001$ ; ñs: não significativo.



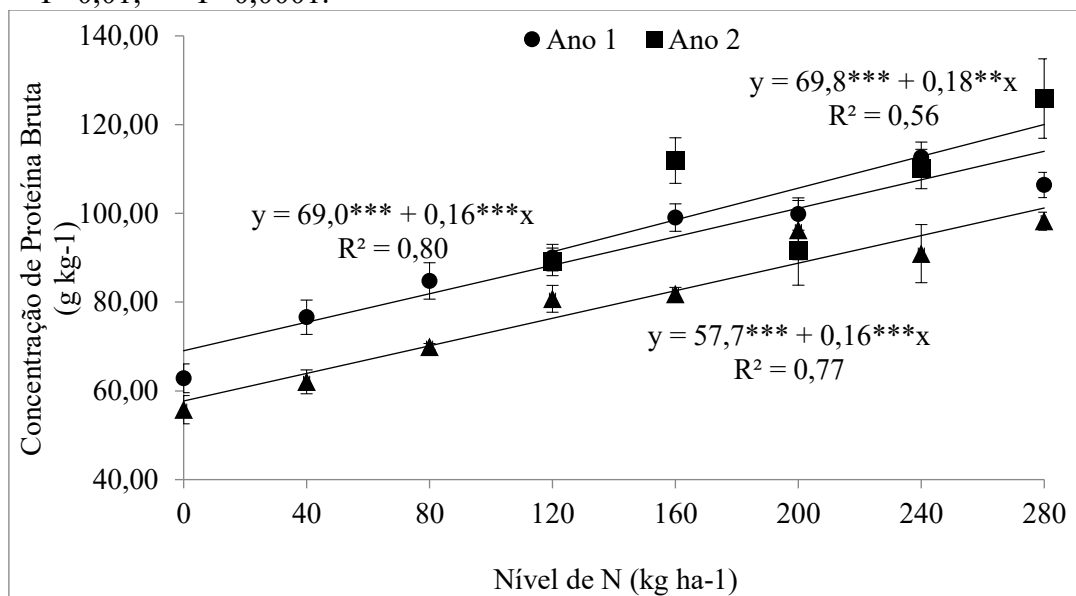
Fonte: Autores (2025).

Maior concentração média de PB foi observada no ano 2 (105,7 g kg<sup>-1</sup>), seguido pelo ano 1 (91,5 g kg<sup>-1</sup>) e pelo ano 3 (79,5 g kg<sup>-1</sup>), todos diferentes entre si ( $F = 22,63$ ;  $P < 0,0001$ ).

Verificou-se que, à medida que aumentaram os níveis de N aplicado, houve aumento linear na concentração de PB (Figura 4). A menor resposta à aplicação de N observada no ano 3 (0,15 g kg<sup>-1</sup> de PB por kg de N), possivelmente se deveu ao déficit hídrico já citado anteriormente. De acordo com Nuñez *et al.* (2022) e Rodrigues *et al.* (2023), em condições de seca ocorre diluição da PB devido à limitação na capacidade de absorção de N, bem como pelo aumento da proporção de material senescente, embora Dumont *et al.* (2015), em estudo meta-analítico, tenham apresentado divergências quanto a esta tendência.



**Figura 4.** Concentração de proteína bruta ( $\pm$  EP) no corte de primavera de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada. \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,0001$ .



Fonte: Autores (2025).

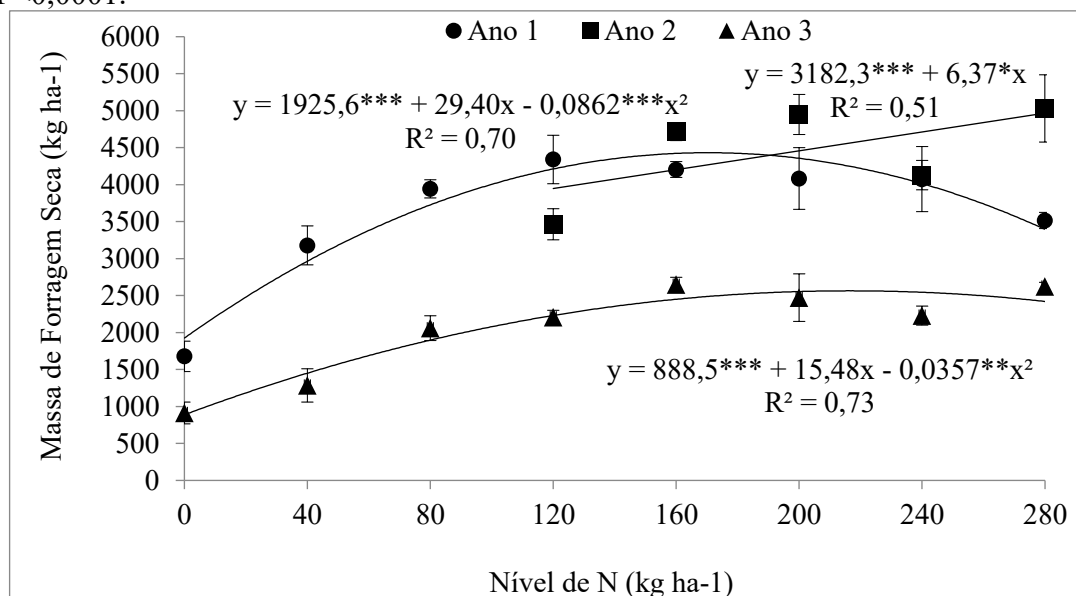
Para os anos 1 e 2, obtiveram-se acréscimos de 0,16 e 0,18 g kg<sup>-1</sup> de PB por kg de N, totalizando 114,0 e 120,0 g kg<sup>-1</sup> de PB no maior nível de N, respectivamente. Todavia, é possível que concentrações superiores sejam encontradas com níveis de fertilização nitrogenada mais elevados, tendo em vista que até 280 kg ha<sup>-1</sup> de N não se alcançou o ponto de máxima concentração em nenhum dos anos experimentais. Essa alteração na concentração de PB pela aplicação de N representa um importante efeito sobre a qualidade da forragem. Maiores acúmulos de produtos nitrogenados e proteínas causam diluição da fração de parede celular, incrementando a digestibilidade (LEMAIRE; BELANGER, 2019). Cabe observar que a concentração apresentada pela pastagem natural diferida sem a adição de N foi de apenas 65,5 g kg<sup>-1</sup> de PB.

### Corte de verão

A MFS diferiu significativamente ( $F = 128,03$ ;  $P < 0,0001$ ) entre os anos 1, 2 e 3, com valores médios de 3626,6; 4456,7 e 2054,3 kg ha<sup>-1</sup> de MFS, respectivamente. O modelo ajustou-se a uma regressão quadrática nos anos 1 e 3, e linear no ano 2 (Figura 5). Contribuíram para a maior produtividade de MFS dos anos 1 e 2 as precipitações ocorridas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (Tabela 1), além da não coincidência dessas chuvas com as aplicações de N, o que reduziu a lixiviação. O ponto de máximo retorno à aplicação de N ocorreu no nível 170,4 kg ha<sup>-1</sup> de N (ano 1) e 216,6 kg ha<sup>-1</sup> de N (ano 3), com produtividades de 4431,0 e 2563,6 kg ha<sup>-1</sup> de MFS, respectivamente. No ano 2 não foi alcançado este ponto máximo, tendo em vista a resposta linear obtida. Esse aumento na produtividade da pastagem natural diferida no verão pode representar até 130% a mais do obtido sem a adição de N (1998,8 kg ha<sup>-1</sup> de MFS).



**Figura 5.** Massa de forragem seca ( $\pm$  EP) no corte de verão de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada. \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,0001$ .



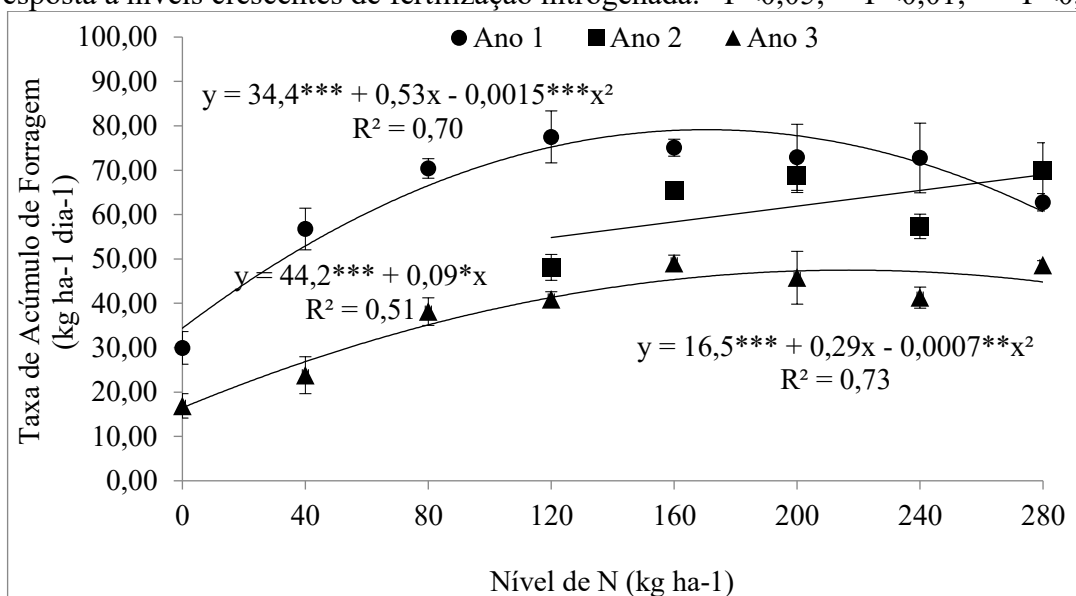
**Fonte:** Autores (2025).

No ano 3, ocorreu déficit hídrico anterior ao corte (Tabela 1), o que demandou maior quantidade de N para atingir a produtividade máxima. Esse resultado reforça que a fertilização nitrogenada sob condições climáticas desfavoráveis tende a ser ineficiente. Em situações de déficit hídrico, as plantas ativam mecanismos de escape que reduzem a assimilação de nutrientes, especialmente de N, cuja absorção depende do fluxo de massa mediado pela solução do solo (SADRAS *et al.*, 2016). Além disso, é comum que as plantas reduzam a expansão foliar para priorizar o sistema radicular, como estratégia adaptativa ao estresse hídrico (SANTOS *et al.*, 2012).

Na taxa de acúmulo de forragem (TAF), observaram-se 64,8; 61,9 e 38,0 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MFS nos anos 1, 2 e 3, respectivamente, com o ano 3 diferindo dos demais ( $F = 88,21$ ;  $P < 0,0001$ ). Assim como na MFS, a resposta ao N foi quadrática nos anos 1 e 3 e linear no ano 2 (Figura 6). No ano 1, a TAF máxima (79,2 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) ocorreu com 170,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, enquanto no ano 3 a máxima (47,5 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) foi obtida com 216,6 kg ha<sup>-1</sup> de N, porém com acúmulo inferior aos demais anos.



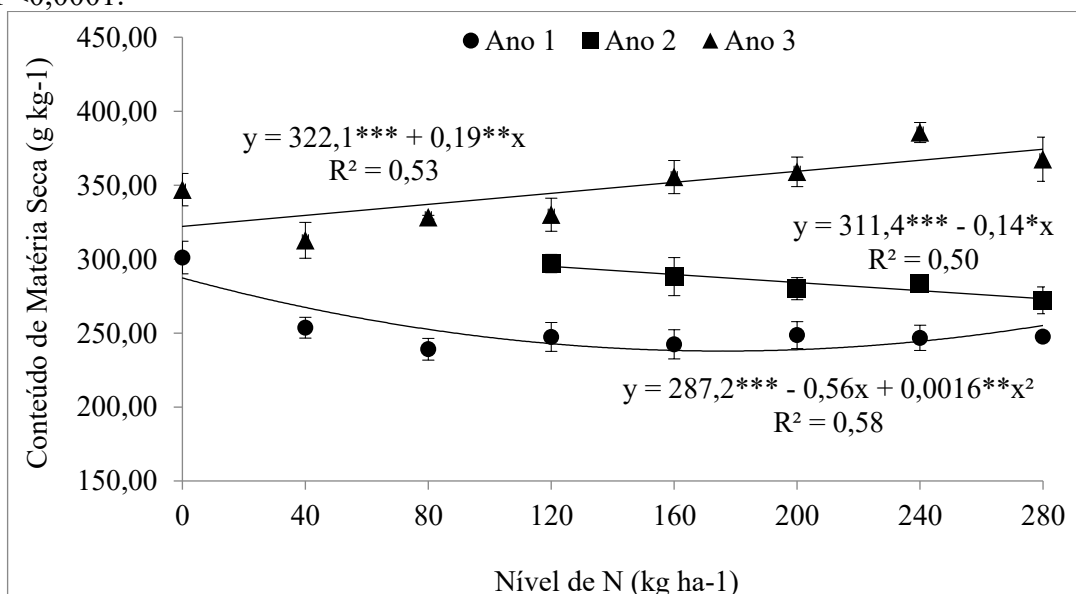
**Figura 6.** Taxa de acúmulo ( $\pm$  EP) no corte de verão de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada. \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,0001$ .



Fonte: Autores (2025).

O teor de matéria seca (MS) foi menor no ano 1 ( $253,3 \text{ g kg}^{-1}$ ), seguido dos anos 2 ( $284,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) e 3 ( $348,2 \text{ g kg}^{-1}$ ), todos distintos entre si ( $F = 286,5$ ;  $P < 0,0001$ ). No ano 1, o MS reduziu até  $237,9 \text{ g kg}^{-1}$  com  $175,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, voltando a aumentar em doses mais altas; já nos anos 2 e 3 observou-se resposta linear positiva ao N (Figura 7). Nos anos 2 e 3, por outro lado, observou-se resposta linear positiva ao incremento de N (Figura 7).

**Figura 7.** Conteúdo de matéria seca ( $\pm$  EP) no corte de verão de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada. \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,0001$ .



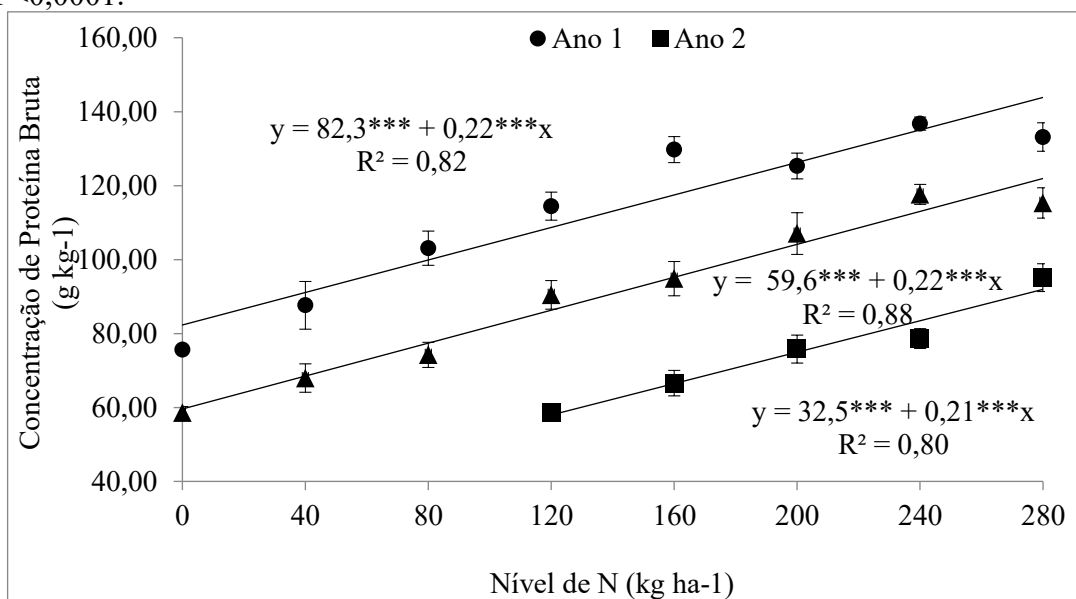
Fonte: Autores (2025).



É importante destacar que o corte de verão foi realizado no final do mês de janeiro (ano 2) e final da primeira quinzena do mês de fevereiro (anos 1 e 3), período em que a maioria das espécies do campo natural no RS já se encontram em pré-florescimento ou florescimento pleno (GROSSMAN; MOHRDIECK, 1956). Neste período, mesmo com o aumento na disponibilidade de N, as plantas alteram a prioridade na alocação de recursos, direcionando-os da produção de novas folhas e perfilhos para a formação de estruturas reprodutivas, as quais, naturalmente, apresentam maior produção de MS. No ano 3, a baixa precipitação pluviométrica (Tabela 1), aliada ao citado avanço do ciclo fenológico, possivelmente explique o significativo maior conteúdo de MS (Figura 7).

Maior concentração média de proteína bruta (PB) foi observada no ano 1 (112,6 g kg<sup>-1</sup>), seguido pelo ano 3 (90,8 g kg<sup>-1</sup>) e pelo ano 2 (75,0 g kg<sup>-1</sup>), todos diferentes entre si (F = 274,23; P < 0,0001). Em relação ao incremento dos níveis de N, observaram-se acréscimos de 0,22 g kg<sup>-1</sup> de PB para cada kg de N na média dos três anos, atingindo 119,6 g kg<sup>-1</sup> de PB com 280 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 8), aumento significativo quando não aplicado N (58,1 g kg<sup>-1</sup> de PB em média). Esses resultados revelam o potencial da fertilização nitrogenada como ferramenta para melhoria da qualidade da pastagem natural diferida quando colhida no verão.

**Figura 8.** Concentração de proteína bruta (± EP) no corte de verão de uma pastagem natural de Planossolo em resposta a níveis crescentes de fertilização nitrogenada. \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,0001.



Fonte: Autores (2025).



## CONCLUSÕES

A pastagem natural diferida responde positivamente à fertilização nitrogenada com sulfato de amônio, resultando em maior produtividade de forragem e concentração de proteína bruta.

A disponibilidade hídrica constitui fator determinante para a eficiência da fertilização nitrogenada em pastagem natural diferida, sendo necessários níveis mais elevados de nitrogênio em condições de déficit hídrico.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que o trabalho não possui conflito de interesses.

## REFERÊNCIAS

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. v. 21, 2019.

BLACK, C. A. **Soil-plant relationships**. v. 2. New York: John Wiley and Sons Inc., p. 792, 1968.

COELHO, R. A. T.; FERREIRA, O. G. L.; SILVA, J. L. S.; COSTA, O. A. D.; FARIAS, P. P.; KRONING, A. B.; DE CONTO, L. Características produtivas de cultivares do gênero *Trifolium* no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Científica Rural**, v. 17, p. 17-28, 2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS - RS/SC). **Manual de calagem e fertilização para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 376, 2016.

DUMONT, B.; ANDUEZA, D.; NIDERKORN, V.; LÜSCHER, A.; PORQUEDDU, C.; PICON-COCHARD, C. A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. **Grass and Forage Science**, v. 70, p. 239-254, 2015. <https://doi.org/10.1111/gfs.12169>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA – SPI, p. 412, 1999.



FEDRIGO, J. K.; JAURENA, M.; PINTO, M. F.; DEVINCENZI, T.; CADENAZZI, M.; CARASSAI, I.; NABINGER, C. Spring deferment and NP fertilization in natural grasslands vulnerable to summer water deficit. **Agrociencia Uruguay**, v. 25, n. 2, 2021. <https://doi.org/10.31285/agro.25.354>.

GROSSMAN, J.; MORDIECK, K. H. Experimentação forrageira no Rio Grande do Sul. In: **Histórico da Diretoria da Produção Animal**. Secretaria da Agricultura, p. 115-122, 1956.

JAURENA, M.; DURANTE, M.; DEVINCENZI, T.; SAVIAN, J. V.; BENDERSKY, D.; MOOJEN, F. G.; PEREIRA, M.; SOCA, P.; QUADROS, F. L. F.; PIZZIO, R.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F.; LATTANZI, F. A. Native grasslands at the core: a new paradigm of intensification for the Campos of Southern South America to increase economic and environmental sustainability. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, p. 11, 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.547834>.

JAURENA, M.; PORCILE, V.; BAPTISTA, R. La regla verde: una herramienta para el manejo del campo natural. **Revista INIA**, v. 54, 2018.

KÖLLN, O. T.; SILVA, S. R.; PALUDETTO, A. O solo: a base para a produção vegetal. In: KÖLLN, O. T. (Org.). **Sistemas para produção agropecuária sustentável no norte pioneiro do Paraná**. UENP, p. 15-60, 2023.

KUNRATH, T.; LEMAIRE, G.; SADRAS, V. O.; GASTAL, F. Water use efficiency in perennial forage species: interactions between nitrogen nutrition and water deficit. **Field Crops Research**, v. 222, p. 1-11, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.031>.

LEMAIRE, G.; BELANGER, G. Allometries in plants as drivers of forage nutritive value: a review. **Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 5, 2019. <https://doi.org/10.3390/agriculture10010005>.

LU, N.; ZHANG, C. Soil sorptive potential: concept, theory, and verification. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 145, n. 4, p. 04019006, 2019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0002025](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002025).

MODERNEL, P.; PICASSO, V.; DO CARMO, M.; ROSSING, W. A.; CORBEELS, M.; SOCA, P.; DOGLIOTTI, S.; TITTONELL, P. Grazing management for more resilient mixed livestock farming systems on native grasslands of southern South America. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 4, p. 636-649, 2019. <https://doi.org/10.1111/gfs.12445>.

MOORE, K. J.; LENNSEN, A. W.; FALES, S. L. Factors affecting forage quality. In: BARNES, R. F. *et al.* (Ed.). **Forages: the science of grassland agriculture**. v. 2, p. 701-717, 2020. <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch39>.

MOREIRA, A.; BREMM, C.; FONTANA, D. C.; KUPLICH, T. M. Seasonal dynamics of vegetation indices as a criterion for grouping grassland typologies. **Scientia Agricola**, v. 76, p. 24-32, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0173>.



MOTA, F. S. Estudo do clima do Estado do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W. Köppen. **Revista Agrônômica**, v. 8, p. 132-141, 1953.

NOAA. Climate Prediction Center. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>. Acesso em: 18 maio 2025.

NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S.; ANDREATTA, E. Gramíneas anuais de inverno para produção de forragem: avaliação preliminar de cultivares. *Agrociencia Uruguay*, v. 7, n. 1, p. 35-40, 2003.

NÚÑEZ, L.; HIRIGOYEN, A.; DURANTE, M.; ARROYO, J. M.; CAZZULI, F.; BREMM, C.; JAURENA, M. What factors control the crude protein content variation of a basaltic “Campos” native grassland of South America?. *Agronomy*, v. 12, n. 8, p. 1756, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081756>.

OLLÉ, F. A.; FERREIRA, O. G. L.; PEDROSO, C. E. S.; FARIAS, P. P.; AZEVEDO, G. M.; VAZ, R. Z. Potencial da fertilização nitrogenada em pastagem natural diferida em mitigar o vazio forrageiro outonal. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 4, p. e12388, 2024. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2024v17n4e12388>.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Estiagens e secas. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/estiagens-e-secas>. Acesso em: 16 jun. 2025.

RODRIGUES, J. G.; DIFANTE, G. D. S.; ÍTAVO, L. C. V.; PEREIRA, M. D. G.; GURGEL, A. L. C.; DA COSTA, A. B. G.; VERAS, E. L. L.; MONTEIRO, G. O. A.; DIAS, A. M.; ÍTAVO, C. C. B. F. Forage accumulation and nutritional characteristics of *Brachiaria* cultivars grown in a semi-arid environment. **Tropical Animal Science Journal**, v. 46, n. 1, p. 85-96, 2023. <https://doi.org/10.5398/tasj.2023.46.1.85>.

SADRAS, V. O.; HAYMAN, P. T.; RODRIGUEZ, D.; MONJARDINO, M.; BIELICH, M.; UNKOVICH, M.; MUDGE, B.; WANG, E. Interactions between water and nitrogen in Australian cropping systems: physiological, agronomic, economic, breeding and modelling perspectives. **Crop and Pasture Science**, v. 67, p. 1019-1063, 2016. <https://doi.org/10.1071/CP16027>.

SANTOS, D. D.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 836-842, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000800004>.

THIEX, N. J.; MANSON, H.; ANDERSON, S.; PERSSON, J. Determination of crude protein in animal feed, forage, grain, and oilseeds by using block digestion with a copper catalyst and steam distillation into boric acid: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 2, p. 309-317, 2002. <https://doi.org/10.1093/jaoac/85.2.309>.