



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS REALEZA

CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

DHEYMYS EDUARDO FISS FUCHS

**PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS PARA ENSILAGEM COM USO DE
REGULADOR DE CRESCIMENTO**

REALEZA – PR

2026

DHEYMYS EDUARDO FISS FUCHS

**PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS PARA ENSILAGEM COM USO DE
REGULADOR DE CRESCIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Medicina
Veterinária da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Medicina Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Jonatas Cattelam

REALEZA – PR

2026

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Fuchs, Dheymys Eduardo Fiss
PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS PARA ENSILAGEM COM
USO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO / Dheymys Eduardo Fiss
Fuchs. -- 2026.
14 f.:il.

Orientador: Doutor Jonatas Cattelam

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Medicina Veterinária, Realeza, PR, 2026.

1. aveia preta. 2. centeio. 3. ensilagem. 4. pH. 5.
trigo. I. Cattelam, Jonatas, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DHEYMYS EDUARDO FISS FUCHS

**PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS PARA ENSILAGEM COM USO DE
REGULADOR DE CRESCIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Medicina
Veterinária da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Medicina Veterinária.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 25/06/2026

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 **JONATAS CATTELAM**
Data: 30/06/2026 10:56:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof Dr Jonatas Cattelam

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO FALCI MOTA**
Data: 30/06/2026 14:59:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof Dr Marcelo Falci Mota

Documento assinado digitalmente
 **SUSAMARA DE SOUZA DA SILVA**
Data: 30/06/2026 12:48:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

M.V Susamara Souza Silva

PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS PARA ENSILAGEM COM USO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO

Dheymys Eduardo Fiss Fuchs^{1*}

Jonatas Cattelan^{2**}

RESUMO

A produção animal na região Sul do Brasil depende de estratégias que garantam o fornecimento de forragem durante todo o ano. A utilização de forrageiras hibernais para ensilagem representa uma alternativa para os sistemas produtivos, proporcionando alimento volumoso de qualidade e reduzindo os efeitos da sazonalidade. Práticas de manejo, como a utilização de reguladores de crescimento, podem modificar características morfológicas e produtivas das plantas, influenciando a qualidade do material destinado à ensilagem. O presente estudo foi realizado com diferentes forrageiras hibernais, sendo elas aveia preta (*Avena strigosa*), trigo (*Triticum aestivum* L.) e centeio (*Secale cereale*), e teve como objetivo avaliar a produtividade e a qualidade da silagem produzida com e sem a utilização de regulador de crescimento?. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por três espécies forrageiras, com e sem aplicação de regulador de crescimento. A área experimental foi dividida em 12 parcelas, medindo 10 m de comprimento por 8,0 m de largura cada. As espécies apresentaram produtividades de matéria seca e taxa de acúmulo semelhantes. Aveia preta e centeio apresentaram maior altura e taxa de crescimento que o trigo. Na composição estrutural, o centeio apresentou maior participação de colmos, enquanto o trigo apresentou maior proporção de folhas. A utilização do regulador de crescimento influenciou somente no valor do pH da silagem das forrageiras hibernais. As forrageiras hibernais demonstraram ser alternativas viáveis para produção de silagem na região Sul do Brasil.

Palavras-chave: aveia preta; centeio; ensilagem; pH; trigo.

ABSTRACT

Livestock production in southern Brazil depends on strategies that ensure a year-round supply of forage. The use of winter forage crops for silage provides an alternative for production systems, offering high-quality roughage and mitigating the effects of seasonality. Management practices, such as the use of growth retardants, can alter the morphological and productive characteristics of plants, thereby influencing the quality of the material intended for silage. The present study, which included different winter forage crops black oats (*Avena strigosa*), wheat (*Triticum aestivum* L.), and rye (*Secale cereale*) aimed to evaluate the productivity and quality of silage produced with and without the use of a growth inhibitor. The experimental design was completely randomized, comprising three forage species, with and without the application of a growth inhibitor. The experimental area was divided into 12 plots, each measuring 10 m in length by 8.0 m in width. The species exhibited similar dry matter yields and accumulation

^{1*} Discente do curso de Medicina Veterinária pela Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Realeza PR.
E-mail: dheymys.fuchs@estudante.uffs.edu.br

^{2**} Docente de Medicina Veterinária; Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Realeza; E-mail: jonatas.cattelan@uffs.edu.br.

rates. Black oats and rye had greater height and growth rates than wheat. In terms of structural composition, rye had a higher proportion of stems, while wheat had a higher proportion of leaves. The use of the growth inhibitor influenced only the pH value of the winter forage silage. Winter forage crops have proven to be viable alternatives for silage production in southern Brazil.

Keywords: black oats; rye; silage; pH; wheat.

1 INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil, a pecuária de ruminantes é fortemente dependente de um planejamento forrageiro eficiente, visto que a estacionalidade climática impõe períodos de produção de pastagens e cultivares no verão e acentuada escassez nos meses mais frios do ano. Nesse contexto, a entressafra representa um dos principais entraves produtivos, podendo comprometer o desempenho animal e a viabilidade econômica dos sistemas de produção, caso não ocorra uma estratégia adequada (Silva *et al.*, 2010).

Dentre as alternativas utilizadas, a conservação de forragens na forma de silagem destaca-se como prática consolidada, permitindo o fornecimento de alimento volumoso de qualidade durante períodos críticos (Nabinger, 2006). Tradicionalmente, culturas como milho e sorgo são amplamente utilizadas para esse propósito, no entanto, a demanda por sistemas mais sustentáveis, diversificados e economicamente viáveis tem favorecido a utilização de gramíneas de inverno como alternativa estratégica nos sistemas produtivos da região (Neumann *et al.*, 2019).

As forrageiras hibernais, como a aveia preta (*Avena strigosa*), o trigo (*Triticum aestivum* L.) e o centeio (*Secale cereale*), apresentam elevada adaptação às condições edafoclimáticas do Sul do Brasil, tolerância ao frio, rápido estabelecimento e alto rendimento de biomassa, fatores importantes para a definição de alternativas aos materiais tradicionais, no período de outono-inverno, destacando sua capacidade em fornecer alimento de alta qualidade durante períodos em que outras culturas não são viáveis (Pereira *et al.*, 2016). Além disso, essas cultivares contribuem para a melhoria da qualidade do solo, contribuindo para o aumento da biomassa microbiana do solo e o carbono orgânico particulado, ciclagem de nutrientes e proteção contra erosão (Souza *et al.*, 2008).

Para que essas forrageiras sejam utilizadas de forma eficiente, é fundamental compreender suas características estruturais e qualitativas. Parâmetros como produtividade de matéria seca, taxa de acúmulo, taxa de crescimento e altura de plantas, além de características relacionadas ao processo fermentativo, como potencial hidrogeniônico (pH) e tamanho de partícula, exercem influência direta na qualidade final da silagem, refletindo diretamente no desempenho animal (Lima *et al.*, 2017).

Práticas de manejo também tem influência sobre o desempenho produtivo e a qualidade do material ensilado, dentre as quais pode-se destacar a utilização de reguladores de crescimento, substâncias reguladoras que atuam na modulação do desenvolvimento vegetal, principalmente por meio da inibição da síntese de giberelinas (Melo, 2002). O uso desses compostos pode resultar em alterações morfológicas, como redução da altura das plantas, maior perfilhamento, aumento da resistência ao acamamento e melhora a arquitetura da planta permitindo melhor entrada de luz solar, características desejáveis de produção. Em forrageiras de inverno, tais efeitos podem resultar em alterações nos parâmetros produtivos, como a taxa de acúmulo e a produtividade de matéria seca, também influenciando nos aspectos qualitativos relevantes à ensilagem, incluindo a compactação do material e a dinâmica fermentativa (Melo, 2002).

Com base no potencial de produção das forrageiras hibernais na região Sul do país, o presente estudo teve como objetivo avaliar a produtividade e qualidade da silagem de diferentes forrageiras hibernais com e sem a utilização de reguladores de crescimento.

2 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Realeza, situada no Sudoeste do estado do Paraná, Brasil, a altitude aproximada de 520 metros, nas coordenadas 25° 46'S de latitude e 53° 31'O de longitude. Conforme a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima subtropical úmido (Cfa), caracterizado por verões com temperaturas superiores a 22 °C e invernos com variação entre -3,0 °C e 18 °C (Celis *et al.*, 2017). O solo da área é classificado como Latossolo vermelho distroférico típico, de textura argilosa (Embrapa *et al.*, 2013).

Foram avaliadas três espécies de forrageiras de inverno: aveia preta (*Avena strigosa* cv Cabocla), trigo (*Triticum aestivum* L. cv Batovi) e centeio (*Secale cereale* cv IPR 89). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. No total, a área experimental foi dividida em 12 parcelas, cada uma medindo 10 m de comprimento por 8,0 m de largura. Para cada espécie forrageira avaliada foram implantadas quatro parcelas, sendo em duas parcelas de cada espécie aplicado regulador de crescimento e duas parcelas sem a utilização do regulador.

O preparo do solo consistiu em gradagem niveladora, visando a uniformização da superfície e eliminação de plantas invasoras e resíduos vegetais de culturas anteriores. Posteriormente, realizou-se a correção do solo com base nos resultados da análise do solo as. Foram utilizados 5,0 t/ha de calcário, associados a 50 kg/ha de fósforo (fosfato natural reativo – NPK 0-30-0) e 50 kg/ha de potássio (sulfato de potássio – NPK 0-0-50).

O plantio foi realizado com a utilização de semeadora hidráulica acoplada a trator, utilizando densidade de 350 sementes/m², espaçamento entre linhas de 17 cm e profundidade média de 4,0 cm, conforme recomendações técnicas descritas por Fontaneli *et al.* (2007). A adubação de base foi realizada com 350 kg/ha de fertilizante (NPK 08-20-20) conforme a recomendação da análise de solo. A adubação de cobertura consistiu na aplicação de 200 kg/ha de ureia agrícola (NPK 45-0-0), distribuída em duas parcelas iguais, aos 30 e 60 dias após a semeadura. O regulador de crescimento foi aplicado 43 dias após o plantio, sendo para tal empregado trinexapaque-etílico (250 g/L), aplicado por pulverização costal na proporção de 0,5 L/ha, com calda de 200 L/ha.

O corte das forrageiras destinadas à ensilagem foi realizado no estágio de grão pastoso a massa firme, quando o teor de matéria seca se encontrava entre 30% e 35%, conforme literatura descrita por Lehmen *et al.*, (2014). Antes da colheita, foi mensurada a altura das plantas em dez pontos por parcela com auxílio de régua graduada, considerando a distância do solo até o ápice da inflorescência, desconsiderando aristas quando presentes. A taxa de crescimento foi calculada pela relação entre a altura média das plantas e o período decorrido entre a semeadura e o corte para produção da silagem.

A quantificação da produtividade forrageira foi determinada por meio de três amostragens por parcela, com cortes realizados a 5,0 cm do solo, utilizando tesoura manual e tesoura para grama elétrica, dentro de uma moldura de 0,0625 m² (25 × 25 cm). As amostras foram identificadas, acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório para pesagem. A taxa de acúmulo diário foi calculada dividindo a produção total de massa de forragem pelo número de dias entre a semeadura e a colheita para ensilagem.

Após a avaliação do ponto ideal de ensilagem, toda a área útil das parcelas foi cortada a 5,0 cm do solo com o uso de motosegadeira. O material foi então triturado em ensiladeira acoplada a trator. Durante esse processo, foi realizada a determinação do pH da forragem triturada, em duplicata por parcela, utilizando a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006). Para isso, 9,0 g de amostra fresca foram colocadas em um béquer, misturados a 60 mL de água destilada, permanecendo em repouso por 30 minutos, após esse tempo foi realizada a leitura do pH com um potenciômetro digital (peagâmetro). Para cada amostra foram realizadas três leituras de pH, em intervalos de cerca de 30 segundos.

A granulometria do material foi determinada durante a trituração, utilizando o sistema de peneiras *Penn State*, conforme metodologia descrita por Kononoff, Heinrichs e Buckmaster (2003). Para cada avaliação, utilizou-se cerca de 500 g de amostra do material triturado. Esse método utiliza um sistema de bandejas perfuradas com diferentes diâmetros (19 mm; 8,0 mm; 4,0 mm; e fundo), separando certa quantidade de forragem estratificada após as movimentações. O procedimento envolveu movimentos padronizados de agitação, cinco movimentos de vai e volta em cada posição da peneira, depois a peneira foi girada 90 graus, e esses ciclos foram repetidos oito vezes, totalizando 40 movimentos. Após esse processo, o material retido em cada bandeja foi separado e pesado separadamente, tendo o valor dividido pelo peso total da amostra e posteriormente multiplicado por 100, para obter os valores em porcentagem.

As amostras destinadas ao laboratório foram pesadas, o material foi homogeneizado e dividido em duas porções. Uma delas foi destinada à separação morfológica da planta: colmo, folhas, material senescente e inflorescência com grãos. Cada fração foi acondicionada separadamente em sacos de papel, pesada e levada à estufa de ar forçado a 55 °C por 96 horas. Após a secagem, procedeu-se nova pesagem e sua participação na pastagem calculada em relação ao somatório dos pesos secos dos componentes, a fim de estipular sua participação na pastagem.

A segunda porção foi utilizada para determinação do teor de matéria seca (MS) da forrageira, sendo submetida ao mesmo processo de secagem acima citado. Após o processo, esse material foi novamente pesado a fim de estimar o teor de matéria seca da pastagem. Assim sendo, o peso dos cortes obtidos foi multiplicado pelo teor de matéria obtido, a fim de estipular a produção de matéria seca por hectare.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento proc GLM, sendo o modelo matemático adotado:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + \varepsilon_{ij}$$

em que: Y_{ij} representa as variáveis dependentes; μ a média geral das observações; T_i efeito da forrageira utilizada; R_j o efeito do uso do regulador; e ε_{ij} o erro residual aleatório. As médias foram classificadas pelo teste “F” e os parâmetros com efeito significativo foram comparados pelo teste de Tukey, com $\alpha = 0,05$. O efeito da interação entre as forrageiras e uso do regulador foi testado, mas por não ter sido significativo foi retirado do modelo. As análises estatísticas foram realizadas através do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System, versão 8.2).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas na produtividade de matéria seca entre as forrageiras avaliadas (Tabela 1), com médias variando de 13.128,2 a 15.560,4 kg/MS/ha, demonstrando bom potencial produtivo. Esses resultados estão de acordo com a literatura, que demonstra desempenho semelhante entre cereais de inverno cultivados sob condições similares

de manejo e cultivo (Ferolla *et al.*, 2007; Meinerz *et al.*, 2011). A taxa de acúmulo de matéria seca também foi semelhante entre as espécies, sendo de 98,68 kg/ha/dia para a aveia preta, 117,2 kg/ha/dia para o centeio e 123,4 kg/ha/dia para o trigo.

Em relação à altura das plantas, houve diferença entre as forrageiras, com a aveia preta (115,5 cm) e o centeio (110,6 cm), apresentando maior estatura em relação ao trigo (97,1 cm). O mesmo comportamento foi observado para a taxa de crescimento, em que a aveia preta (0,91 cm/dia) e o centeio (0,98 cm/dia) apresentaram maior crescimento diário em relação ao trigo (0,77 cm/dia) (Tabela 1).

Apesar de demonstrarem resultados similares em relação à produção de matéria seca, as espécies apresentam características diferentes de desenvolvimento. O centeio é conhecido por seu crescimento mais precoce para produção de silagem, enquanto a aveia tende a apresentar maior desenvolvimento em altura. O trigo, por sua vez, costuma apresentar crescimento mais uniforme e estável, característica que o torna bastante versátil para uso tanto em pastejo quanto em silagem (Ferolla *et al.*, 2007; Fontanelli *et al.*, 2009; Meinerz *et al.*, 2011).

A altura da forrageira pode proporcionar maior versatilidade no manejo de corte, resultando em maior quantidade de matéria seca deixada na lavoura, trazendo benefícios para a conservação do solo. Autores relatam que uma maior quantidade de resíduo vegetal após o corte, contribui para proteção do solo contra erosão, reduz a taxa de evaporação de água e ajuda na manutenção da umidade, além de favorecer o acúmulo de matéria orgânica e nutriente na superfície (Ranaivoson, 2017; McMaster *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2020).

Tabela 1. Características produtivas de forrageiras hibernais destinadas a produção de silagem

Variável	Forrageira			Erro padrão	Valor de P
	Aveia Preta	Centeio	Trigo		
Produção matéria seca, kg/ha	15.560,4	13.128,2	15.558,4	1003,6	0,1419
Taxa de acúmulo, kg MS/ha/dia	98,68	117,2	123,4	8,2	0,1712
Altura, cm	115,5 a	110,6 a	97,1 b	3,5	0,0158
Taxa de crescimento, cm/dia	0,91 a	0,98 a	0,77 b	0,03	0,0040

^{a, b} Letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

No que se refere à composição física das plantas, observaram-se diferenças, em que a maior porcentagem de colmos foi encontrada no centeio (64,1%), enquanto o trigo apresentou maior participação de folhas (16,2%) (Tabela. 2). A maior participação de colmos observada no centeio está relacionada ao maior alongamento do entrenó e ao crescimento vegetativo mais acelerado dessa espécie, o que pode reduzir a digestibilidade da forragem.

A maior proporção de folhas observada no trigo pode favorecer o valor nutritivo da forragem, apresentando maior digestibilidade (Meinerz *et al.*, 2011). A digestibilidade é influenciada pelo estágio de crescimento, sendo maior em fases mais precoces, com valores entre 65% e 70%. O avanço do estágio fenológico promove aumento na participação de colmos, influenciando diretamente as características estruturais e fermentativas da silagem e estando diretamente ligado aos teores de lignina da planta (Wallsten, 2008;). Essa maior porcentagem de colmo pode estar correlacionada ao aumento do conteúdo de fibra com o avanço da maturidade da planta, o que pode impactar negativamente a digestibilidade do material (Stirling *et al.*, 2022), podendo variar entre 60% e 65% da matéria seca (Wallsten, 2008;).

Não houve diferença para a participação do material senescente, cujos valores variaram de 0,7% a 2,7%, assim como para as panículas, que representaram entre 24,9% e 37,9% do material (Tabela. 2).

Tabela 2. Composição física, em % da matéria seca, de forrageiras hibernais destinadas a produção de silagem

Variável	Forrageira			Erro padrão	Valor de P
	Aveia Preta	Centeio	Trigo		
Colmo, %	46,8 b	64,1 a	51,3 ab	3,2	0,0143
Folha, %	12,6 ab	8,2 b	16,2 a	1,4	0,0151
Material senescente, %	2,7	2,7	0,7	0,7	0,1373
Panícula, %	37,9	24,9	31,7	3,8	0,1180

^{a, b} Letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

Quanto ao tamanho do picado, para a peneira de 19 mm, a aveia preta apresentou maior retenção de partículas (34,2%) em comparação ao centeio (10,3%) e ao trigo (17,1%), os quais não diferiram entre si. Esse resultado indica que a aveia preta apresentou maior proporção de partículas longas após a trituração, evidenciando menor redução do tamanho das partículas do material.

A maior parte da amostra ficou retida nas peneiras intermediárias, sendo que para peneira de 8,0 mm não foi observada diferença significativa entre as forrageiras, com valores médios variando entre 39,4 e 52,0%. Isso demonstra distribuição semelhante de partículas intermediárias entre os materiais avaliados, o que é positivo, pois indica que o tamanho das partículas está adequado para uma boa compactação e fermentação da silagem (Fontaneli *et al.*, 2009). Estudos indicam que partículas grandes comprometem a compactação e a expulsão do ar, dificultando a manutenção de um ambiente anaeróbico ideal e aumentando o risco de perdas e elevação do pH (Paris *et al.*, 2015; Neumann *et al.*, 2007).

Para a peneira de 4,0 mm, o centeio (25,6%) e o trigo (26,2%) apresentaram maiores percentuais de retenção em relação à aveia preta (19,4%). De forma semelhante, no fundo da peneira, o centeio apresentou maior proporção de partículas finas (11,9%) quando comparado à aveia preta (6,8%) e ao trigo (7,97%) (Tabela. 3). Esses resultados indicam maior desintegração do material do centeio durante o processamento mecânico.

Partículas excessivamente finas podem reduzir a efetividade física da fibra na dieta de ruminantes, reduzindo a atividade de ruminação e a produção de saliva, alterando o comportamento de ingestão e diminuindo sua eficiência (Bal *et al.*, 2000). Assim, o ajuste do tamanho de partícula é um fator essencial para garantir uma queda rápida do pH e uma melhor preservação dos nutrientes durante o processo de ensilagem (Paris *et al.*, 2015).

Outro aspecto relevante refere-se a estimulação da ruminação, o tempo de ruminação por quilo de matéria seca ingerida aumenta com partículas mais longas, além do que, partículas maiores de forragem estimulam a ruminação, fazendo com que aumente a produção de saliva, sendo que a mesma é essencial para tamponar o pH ruminal (Beauchemin *et al.*, 2003; Yang, 2006; Grant 2023).

Os valores de pH das silagens (Tabela 3) diferiram entre as espécies, com valores de 5,67 para o centeio, 4,77 para a aveia preta e 4,72 para o trigo. Meinerz *et al.* (2011) observaram valores inferiores para o centeio (4,39), aveia preta (3,98) e trigo (3,73). O maior valor observado para o centeio pode indicar menor eficiência fermentativa em comparação às demais forrageiras. A redução do pH é fundamental para a adequada conservação da silagem, uma vez que valores inferiores a 5,0 contribuem para inibir o desenvolvimento de enterobactérias, consideradas microrganismos indesejáveis no processo fermentativo (Muck & Bolsen, 1991). Além disso, a atividade das proteases vegetais é favorecida em pH entre 6,0 e 7,0, embora ainda possa ocorrer em valores inferiores a 4,0 (Heron *et al.*, 1989), evidenciando a importância da rápida acidificação da forragem ensilada para minimizar perdas proteicas e preservar a qualidade da silagem. A estabilização do pH e a adequada conservação da forragem ensilada dependem do conteúdo de umidade da silagem, relacionado à umidade ambiente, ao período de

incidência de luz solar durante a ensilagem e, principalmente, ao teor de matéria seca da forrageira original (Tomich *et al.*, 2003).

Tabela 3. Retenção de partículas em peneira *Penn State Particule Size* do material triturado e potencial hidrogeniônico (pH) de diferentes forrageiras hibernais destinadas para produção de silagem

Variáveis	Forrageira			Erro padrão	P > F
	Aveia Preta	Centeio	Trigo		
19 mm, %	34,2 a	10,3 b	17,1 b	4,1	0,0098
8,0 mm, %	39,4	52,0	48,7	3,5	0,0822
4,0 mm, %	19,4 b	25,6 a	26,2 a	1,3	0,0146
Fundo, %	6,8 b	11,9 a	7,97 b	0,5	0,0399
pH	4,77 b	5,67 a	4,72 b	0,10	<0,0001

^{a, b} Letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

A aplicação de reguladores de crescimento resulta no desenvolvimento de plantas mais compactas, devido à redução de sua altura, fazendo com que os assimilados que seriam destinados ao alongamento, sem a presença do regulador de crescimento, sejam redirecionados para a formação e o desenvolvimento dos grãos, melhorando o enchimento dos grãos de aveia (Kaspary *et al.*, 2015; Bazzo *et al.*, 2018; Bazzo *et al.*, 2020). Entretanto, os resultados apresentados na Tabela 4 indicam que não houve diferença entre as forrageiras hibernais cultivadas com e sem regulador de crescimento para as características produtivas avaliadas. Da mesma forma, não foram observadas diferenças significativas na composição estrutural das forrageiras (Tabela 5), representada pelas proporções de colmo, folhas, material senescente e panícula.

No estudo realizado por Souza *et al.* (2013), o uso de regulador de crescimento trinexapaque-etílico aplicado sobre plantas de soja cv CD 226RR, nos estádios R1 (uma aplicação) e R1+R2 (duas aplicações) não proporcionou redução na estatura das plantas. Esse resultado pode estar relacionado ao estágio de desenvolvimento das plantas quando o regulador de crescimento foi aplicado. Segundo Zagonel e Fernandes (2007), a eficiência dos reguladores de crescimento está diretamente ligada à fase de desenvolvimento da planta, sendo que aplicações realizadas em estágio anterior ao recomendado resultam em pouco efeito sobre a altura das plantas.

Ademais, a recomendação do uso de trinexapaque-etílico é muito abrangente e não distingue cultivares, cujo ciclo é regido pelas características genéticas da cultivar e pelos fatores edáficos e climáticos do local de cultivo (Bazzo *et al.*, 2018).

Tabela 4. Características produtivas de forrageiras hibernais destinadas a produção de silagem com ou sem o uso de regulador de crescimento.

Variável	Regulador de Crescimento		Erro padrão	Valor de P
	Sem regulador	Com regulador		
Produção matéria seca, kg/ha	12.529,8	14.968,2	819,4	0,0685
Taxa de acúmulo, kg MS/ha/dia	103,4	123,4	6,7	0,0694
Altura, cm	111,3	104,1	1,1	0,1182
Taxa de crescimento, cm/dia	0,92	0,86	0,02	0,4460

^{a, b} Letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

Tabela 5. Composição física, em % da matéria seca, de forrageiras hibernais destinadas à produção de silagem com ou sem o uso de regulador de crescimento.

Variável	Regulador de crescimento		Erro padrão	Valor de P
	Sem regulador	Com regulador		
Colmo, %	52,6	55,5	2,7	0,4723
Folha, %	11,5	13,2	1,2	0,3624
Material senescente, %	2,5	1,6	0,5	0,2938
Panícula, %	33,3	29,7	3,1	0,4077

^{a, b} Letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

A ausência de diferenças na composição estrutural das forrageiras refletiu-se diretamente na distribuição do tamanho de partículas obtidas pela peneira (Tabela 6), para as quais não foram observadas diferenças significativas dos tratamentos com e sem regulador de crescimento sobre nenhuma das frações avaliadas (19 mm, 8,0 mm, 4,0 mm e fundo),

Os valores de pH das silagens submetidas ao uso de regulador de crescimento foram diferentes entre os tratamentos (Tabela 6), com pH de 5,33 para as silagens sem regulador e 4,78 para aquelas com aplicação do regulador de crescimento. O menor valor de pH observado nas silagens tratadas com regulador demonstra maior eficiência no processo fermentativo, favorecendo a rápida acidificação do meio e contribuindo para melhor conservação da massa ensilada.

Tabela 6. Retenção de partículas em peneira *Penn State Particule Size* do material triturado e potencial hidrogeniônico (pH) de diferentes forrageiras hibernais destinadas para produção de silagem ou sem o uso de regulador

Variável	Regulador de Crescimento		Erro padrão	Valor de P
	Sem regulador	Com regulador		
19 mm, %	18,1	23,0	2,0	0,3365
8,0 mm, %	48,6	44,8	2,8	0,3808
4,0 mm, %	24,3	23,2	1,1	0,4914
Fundo, %	8,9	8,9	1,0	0,9824
pH	5,33	4,78	0,08	0,0001

^{a, b} Letras diferentes na linha diferem pelo teste t de Student (P<0,05)

A redução do pH observada nas silagens pode estar relacionada às alterações fisiológicas promovidas pelo regulador de crescimento. O trinexapaque-etil atua na inibição da biossíntese de giberelinas, reduzindo o alongamento celular e a altura das plantas, reduzindo potencialmente os teores de lignina, um composto estrutural associado a parede celular vegetal, além de modificar a distribuição de fotoassimilados e a arquitetura vegetal (Rademacher, 2000). Essas alterações podem influenciar indiretamente a composição química do material ensilado e a disponibilidade de carboidratos solúveis presentes nas folhas, que constituem o principal substrato para as bactérias ácido-láticas e estão diretamente relacionados à produção de ácido lático e à redução do pH da silagem (Kung Jr. *et al.*, 2018). Dessa forma, é possível que a aplicação do regulador tenha favorecido uma fermentação láctica mais eficiente, embora essa hipótese necessite de confirmação por meio da avaliação dos carboidratos solúveis e dos produtos da fermentação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As forrageiras hibernais aveia preta, centeio e trigo apresentaram potencial para utilização na produção de silagem, demonstrando produtividade satisfatória e características adequadas para sistemas de produção.

O uso do trinexapaque-etílico não influenciou as características produtivas e estruturais das forrageiras avaliadas, porém contribuiu para a redução do pH da silagem produzida.

REFERÊNCIAS

BAL, M. A. *et al.* Crop processing and chop length of corn silage: effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 6, p. 1264–1273, 2000.

BAZZO, J. H. B. *et al.* Mineral composition of oat grains in response to nitrogen fertilization and growth regulator. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 2, 2020. DOI: 10.5039/agraria.v15i2a6714.

BAZZO, J. H. B. *et al.* Physiological quality of seeds of white oat cultivars in response to trinexapac-ethyl application. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 4, p. 636-643, 2018. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180072>.

BEAUCHEMIN, K. A.; YANG, W. Z.; RODE, L. M. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 2, p. 630-643, 2003.

CELIS-ALVAREZ, M. D. *et al.* Evaluación nutricional in vitro de forrajes de cereales de grano pequeño para sistemas de producción de leche en pequeña escala. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 20, n. 3, p. 439-446, 2017.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Embrapa, 2013. 353 p.

FEROLLA, F. S. *et al.* Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule+ bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1512-1517, 2007.

FONTANELI, R. S. *et al.* A cultura da aveia no Rio Grande do Sul. 2. ed. **Embrapa Trigo**, 2007. 92 p. (Sistemas de Produção, 4).

FONTANELI, R. S. *et al.* Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2116-2120, 2009.

FONTANELI, R. S. *et al.* Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. **Embrapa Trigo**, 2009.

GRANT, R. J.; COTANCH, K. W. Perspective and Commentary: Chewing behavior of dairy cows: Practical perspectives on forage fiber and the management environment. **Applied Animal Science**, v. 39, n. 3, p. 146-155, 2023.

HERON, S. J. E.; EDWARDS, R. A.; PHILLIPS, P. The effect of pH on the activity of ryegrass (*Lolium multiflorum*) proteases. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.46, n.3, p.267-277, 1989.

KASPARY, T.E. *et al.* Regulador de crescimento na produtividade e qualidade de sementes de aveia-branca. **Planta Daninha**, v.33, n.4, p.739, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000400012>.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effects of Moisture Content on its Measurements. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 5, p. 1858–1863, 2003.

KUNG, L. J. *et al.* Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, 101, 4020-4033.

LEHMEN, R. I.; FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, v. 44, n. 7, p. 1180–1185, 2014. DOI: 10.1590/0103-8478cr20130840.

LI, Y. *et al.* Residue retention promotes soil carbon accumulation in minimum tillage systems: Implications for conservation agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 740, p. 140147, 2020.

LIMA, L. M. *et al.* Lining bunker walls with oxygen barrier film reduces nutrient losses in corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4565-4573, 2017.

MCMASTER, G. S.; AIKEN, R. M.; NIELSEN, D. C. Optimizing wheat harvest cutting height for harvest efficiency and soil and water conservation. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 6, p. 1104-1108, 2000.

MEINERZ, G. R. *et al.* Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2097-2104, 2011.

MELO, N. F. Introdução aos Hormônios e Reguladores de Crescimento Vegetal. In: seminário coda de nutrição vegetal. **Embrapa Semi-Arido**. v. 1, n. 1, p. 37-54, 04 dez. 2002.

MUCK, R.E.; BOLSEN, K.K. Silage preservation and additive products. **Field Guide and Silage Management in North America**, p.105-126, 1991.

NABINGER, C. *et al.* Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtrópico brasileiro. **Simpósio de forrageiras e produção animal**, v. 1, p. 25-76, 2006.

NEUMANN, M. *et al.* Productivity, profitability and nutritional quality of forage and silage of winter cereals. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 1275-1286, 2019.

PARIS, W. *et al.* Qualidade da silagem de aveia preta sob efeito de estádios fenológicos, tamanhos de partícula e pré-murchamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 3, p. 486-498, 2015.

PEREIRA, A. V. *et al.* **Catálogo de forrageiras recomendadas pela Embrapa**. Embrapa, 2016. 75 p.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 501-531, 2000. DOI: 10.1146/annurev.arplant.51.1.501.

RANAIVOSON, L. *et al.* Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 37, n. 4, p. 26, 2017.

SILVA, N. V. *et al.* Alimentação de ovinos em regiões semiáridas do Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 4, p. 233-241, 2010.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Editora UFV, 2006. 235 p.

SOUZA, C. A. *et al.* Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de reguladores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

SOUZA, E. D. *et al.* Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1273-1282, 2008.

STIRLING, S. *et al.* Growth stage and ensiling: impact on chemical composition, conservation quality and in situ ruminal degradability of whole-crop oat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 7, p. 2783-2791, 2022.

TOMICH, T. R. *et al.* Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: **Embrapa Pantanal**, 2003. 20 p. (Documentos, 57).

WALLSTEN, J. Whole-crop cereals in dairy production: digestibility, feed intake and milk production. **Department of Agricultural Research for Northern Sweden**, Swedish University of Agricultural Sciences, 2008.

YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 1, p. 217-228, 2006.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v.25, n. 2, p. 331-339, 2007.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder saúde, força, sabedoria e perseverança para superar os desafios ao longo desta jornada. Sua presença guiou meus passos, fortaleceu minha fé e permitiu alcançar mais esta etapa em minha vida. Sem sua proteção e propósito, nada disso seria possível.

À minha família, expresse minha gratidão por todo amor, apoio e incentivo incondicional. Vocês foram a base que sustentou minha caminhada, acreditando em mim e celebrando cada conquista alcançada. Em especial, agradeço aos meus pais, pelo esforço, dedicação e pelos ensinamentos que moldaram meu caráter e me permitiram chegar até aqui. Esta conquista também é de vocês.

Agradeço à minha namorada, Ana Carolina, por todo carinho, compreensão, paciência e companheirismo. Seu apoio foi fundamental em todos os momentos, oferecendo palavras de incentivo, tranquilidade e motivação para que eu seguisse firme em busca dos meus objetivos.

Agradeço também a todos os meus professores, que compartilharam seus conhecimentos e experiências ao longo da graduação, contribuindo para minha formação profissional e pessoal, em especial ao meu orientador, Professor Dr. Jonatas Cattelan, agradeço a confiança, disponibilidade, orientação e contribuições para a realização deste trabalho, seus conhecimentos, conselhos e dedicação foram essenciais para meu desenvolvimento acadêmico e profissional, contribuindo para a conclusão desta etapa.

Por fim, agradeço aos amigos e colegas que compartilharam comigo muito mais do que apenas os anos de graduação. Cada amizade, e cada momento vivido contribuíram para tornar essa jornada mais tranquila e divertida. Levarei comigo não apenas os conhecimentos adquiridos na universidade, mas também as histórias e amizades que fizeram desses anos uma fase inesquecível da minha vida.