

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Misturas de cereais de inverno de duplo propósito para silagem de
planta inteira**

Emanuel Cassol Dall'Agnol

Passo Fundo

2022

Emanuel Cassol Dall'Agnol

Misturas de cereais de inverno de duplo propósito para silagem de planta inteira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de mestre em Agronomia.

Orientador:

Dr. Carlos Bondan

Coorientador:

PhD Renato Serena Fontaneli

Passo Fundo

2022

CIP – Catalogação na Publicação

D147m Dall’Agnol, Emanuel Cassol

Misturas de cereais de inverno de duplo propósito para silagem de planta inteira / Emanuel Cassol Dall’Agnol. – 2022.

52 f. il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bondan.

Coorientador: Prof. Dr. Renato Serena Fontaneli.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2022.

1. Trigo. 2. Aveia. 3. Silagem. 4. Nutrição animal.

I. Bondan, Carlos, orientador. II. Fontaneli, Renato Serena, coorientador. III. Título.

CDU: 633.1

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Misturas de cereais de inverno de duplo propósito para silagem de planta inteira”

Elaborada por

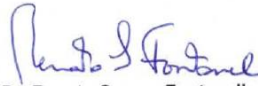
Emanuel Cassol Dall’Agnol

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas


Aprovado em: 11/04/2022
Pela Comissão Examinadora



Dr. Carlos Bondan
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador - UPF



Dr. Renato Serena Fontaneli
Coordenador
EMBRAPA Trigo e UPF



Dr. Roberto Serena Fontaneli
Examinador externo
UERGS - Erechim



Dra. Nadia Canali Lângaro
Membro interno
Coordenadora do PPGAgro



Dr. Eraldo Lourenso Zanella
Diretor da Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária – FAMV/UPF

DEDICATÓRIA

A minha mãe e ao meu pai, pelo incentivo e apoio incondicionais durante todo o período do mestrado.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais, Oscar Dall’Agnol e Anita Domingas Cassol Dall’Agnol, pelos ensinamentos, auxílio, incentivo e apoio incondicionais durante todo o período de mestrado.

Aos professores e orientadores, PhD Renato Serena Fontaneli e Dr. Carlos Bondan, por todas as oportunidades, ensinamentos, conselhos, momentos compartilhados e amizade durante esse período.

À doutoranda Manuele Zeni, pelo companheirismo, ajuda e ensinamentos nestes 2 anos.

Aos funcionários da Embrapa Trigo, Evandro Lampert e Cedenir Scheer, e aos estagiários da unidade, Maria Eduarda Ceolin e Felipe Escobar pela amizade e auxílio nos procedimentos necessários com o experimento.

Aos meus colegas e amigos de mestrado, por todos os momentos felizes proporcionados.

A todos os meus amigos, velhos e novos, com quem compartilhei histórias de anseios e alegrias nestes últimos anos, saibam que vocês também contribuíram com a minha evolução para chegar aonde estou.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos e auxílios.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esta etapa da minha vida fosse concluída.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre os ombros de gigantes”

Isaac Newton

RESUMO

Clique aqui para colar o texto de descrição da referência de dissertação, elaborado por uma bibliotecária da Rede de Bibliotecas da UPF

A conservação de forragens na forma de silagem é técnica essencial para a produção animal devido à sazonalidade de produção forrageira que acontece durante o ano, existindo épocas com excedente de produção e em outras, escassez. Ademais, a utilização de cereais de inverno como alimento para ruminantes se caracteriza como alternativa econômica e ambientalmente viável pois utiliza áreas ociosas no período das entressafras de verão. A mistura de cultivares ou mesmo espécies de cereais de inverno para a confecção de silagem vem ao encontro com a necessidade de ampliar o período de colheita, diminuir riscos com perdas devido a intempéries climáticas e melhorar a relação custo/benefício para o produtor rural. Foram confeccionadas misturas de cereais de inverno de planta inteira no ano de 2020, com os objetivos de avaliar a viabilidade de utilização e as características químicas das silagens resultantes, e partição folha-colmo-espiga ou panícula das cultivares estudadas. A primeira parte da pesquisa foi realizada a campo, na área experimental da Embrapa Trigo em Passo Fundo – RS, em blocos casualizados, com quatro cultivares de trigo (BRS Pastoreio, BRS Tarumaxi, BRS Tarumã e TBio Energix 201), e uma cultivar de aveia preta (Embrapa 139 – Neblina). A segunda parte foi realizada em local abrigado da chuva, do sol e de variações extremas de temperatura, em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram silos de PVC contendo as silagens das cultivares citadas anteriormente e as misturas TBio Energix-Embrapa Neblina, BRS Tarumã-BRS Pastoreio, BRS Tarumaxi-BRS Pastoreio, TBio Energix-BRS Pastoreio, e uma mistura de duas cultivares de cevada (BRS Quaranta-BRS Korbel). Todas as silagens apresentam perfil fermentativo adequado e características nutricionais satisfatórias para atender a demanda de fazendas leiteiras ou de bovinos confinados. A cultivar de trigo BRS Pastoreio pode ser misturada com TBio Energix, BRS Tarumã e BRS Tarumaxi, antecipando ou prolongando o período de colheita em 15 dias. A cultivar de trigo BRS Pastoreio apresenta maior proporção de espiga em relação as demais.

Palavras-chave: 1. Trigo. 2. Aveia preta. 3. Conservação de forragem. 4. Nutrição animal. Clique aqui para digitar a quinta palavra-chave

ABSTRACT

Clique aqui para colar o texto de descrição da referência de dissertação traduzido, elaborado por uma bibliotecária da Rede de Bibliotecas da UPF

Forage conservation as silage is an essential technique for animal production due to the seasonality of forage production throughout the year, with times of surplus and others of shortages in forage production. In addition, the use of small grains as ruminants feed is characterized as an economic and environmentally viable alternative because it uses unoccupied areas during the winter. The mixture of cultivars or even species of small grains for silage meets the necessity to extend the harvest period, reduce risks with losses due to weather conditions and improve the cost/benefit ratio for the farmer. Mixtures of whole plant small grains were made during the 2020 year, with the objectives of evaluating the feasibility of use, the chemical characteristics of the resulting silages, and leaf/stem/cob or panicle partition of the cultivars. The first part of the research was carried out in the experimental field of Embrapa Trigo in Passo Fundo - RS, in randomized blocks, with four wheat cultivars (BRS Pastoreio, BRS Tarumaxi, BRS Tarumã and TBio Energix 201), and a black oat cultivar (Embrapa 139 – Neblina). The second part was carried out in a place sheltered from rain, sun and extreme temperature variations, in a completely randomized design. The treatments were PVC silos containing the silages of the aforementioned cultivars and the mixtures Tbio Energix/Embrapa Neblina, BRS Tarumã/BRS Pastoreio, BRS Tarumaxi/BRS Pastoreio, Tbio Energix/BRS Pastoreio, and the mixture of two barley cultivars (BRS Quaranta/BRS Korbel). All silages showed adequate fermentative profile and satisfactory nutritional characteristics to meet the demand of dairy farms or confined cattle. The wheat cultivar BRS Pastoreio can be mixed with Tbio Energix, BRS Tarumã and BRS Tarumaxi, anticipating or extending the harvest period by 15 days. The wheat cultivar BRS Pastoreio had a higher proportion of cob compared to the others.

Key words: 1. Wheat. 2. Black oat. 3. Forage conservation. 4. Animal Nutrition.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	<i>Qualidade de forragens</i>	15
2.2	<i>Composição química das forrageiras</i>	16
2.3	<i>Ensilagem</i>	18
2.3.1	Qualidade da silagem	19
2.3.2	Silagem de cereais de inverno	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	<i>Local e período da pesquisa</i>	25
3.2	<i>Tratamentos e delineamento experimental</i>	26
3.3	<i>Procedimentos e avaliações</i>	27
3.3.1	Pré-ensilagem: avaliações experimento 1	27
3.3.2	Ensilagem: avaliações experimento 2	28
3.3.3	Valor nutritivo	29
3.4	<i>Análise dos dados</i>	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	<i>Ciclo e altura</i>	30
4.2	<i>Rendimento de biomassa ensilável</i>	31
4.3	<i>Perdas e densidade</i>	32
4.4	<i>Matéria seca, pH e nitrogênio amoniacal</i>	33
4.5	<i>Valor Nutritivo</i>	34
4.5.1	Proteína bruta (PB)	35
4.5.2	Fibra insolúvel em detergente neutro (FDN)	36
4.5.3	Fibra insolúvel em detergente ácido (FDA)	36
4.5.4	Amido	37
4.5.5	Nutrientes digestíveis totais (NDT)	38
4.6	<i>Características do dossel</i>	38
4.6.1	Colmo	39
4.6.2	Folha	39
4.6.3	Espiga/panícula	Error! Bookmark not defined.
4.6.4	Relação folha/colmo	40

5 CONCLUSÃO
REFERÊNCIAS

42

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura mundial vem passando por transformações quanto a forma de produção nas propriedades rurais. As demandas de mercado transcenderam a visão do produto isolado, e passaram a exigir que as propriedades entendam e apliquem conceitos de sustentabilidade nos sistemas de produção. Ademais, a necessidade de ampliar fontes de renda, agregar valor e qualidade ao produto são fundamentais para a sobrevivência das propriedades. Atividades com bovinos, seja para produção de carne ou leite, aliadas a utilização de forrageiras de estação fria, são oportunidades de diversificação, sustentabilidade e aumento da lucratividade na área (FONTANELI; FONTANELI, 2012).

A região Sul do Brasil cultiva durante o período de verão uma área de aproximadamente 17 milhões de hectares, cujas principais culturas são a soja e o milho. Entretanto, apenas cerca de 15% desta área é utilizada para o cultivo de cereais de inverno e canola (CONAB, 2021). Outro problema é a sazonalidade de produção forrageira durante o ano, existindo épocas com excedente de produção e, em outras, escassez. A conservação de alimento na forma de silagem é uma alternativa para minimizar o problema de escassez de alimentos em produção animal intensiva, como por exemplo a produção leiteira.

A ensilagem, além de apresentar menor custo relativo à fenação ou uso de grãos, e ser menos suscetível aos fenômenos meteorológicos, resulta em alta recuperação de matéria seca e concentração de nutrientes digestíveis similares à forrageira original. A utilização de cereais de inverno de duplo propósito como forragem e silagem destaca-se como uma alternativa para produção de alimento animal utilizando áreas ociosas no inverno, permitindo o uso desta mesma área no verão para produção de grãos.

A mistura de cultivares ou mesmo espécies de cereais de inverno para a confecção de silagem vem ao encontro com a necessidade de ampliar a janela de colheita, diminuir riscos com perdas e melhorar a relação custo/benefício para o produtor rural.

Este trabalho foi produzido com o objetivo de avaliar a viabilidade, características químicas e morfológicas de misturas de silagens de cereais de inverno.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão de literatura apresenta informações relacionadas às características desejadas em forrageiras para nutrição animal, bem como o processo de conservação de forragens de inverno por meio da ensilagem como alternativa para suprir a demanda de alimento nos períodos de escassez. Para a confecção desta revisão, foram consultados artigos científicos publicados em revistas científicas da área.

Para a produção de uma silagem de qualidade, as plantas forrageiras utilizadas no processo devem apresentar características que atendam às expectativas tanto do produtor quanto do animal a quem será ofertado este alimento. O primeiro fator que deve ser levado em conta no processo é a qualidade da cultura forrageira que será ensilada.

2.1 Qualidade de forragens

A qualidade das forragens é dependente da concentração de nutrientes, que determina a digestibilidade, da partição dos produtos metabolizados no trato digestivo e do consumo de forragem, afetando consideravelmente o desempenho animal (DUMONT et al., 2015). Então, a qualidade do alimento é uma combinação de características variadas, que vão desde a composição químico-bromatológica até a forma como esse alimento está disponível aos animais (VALENTE, 2010).

Valor nutritivo pode ser definido como a composição química, digestibilidade e natureza dos produtos digeridos da forragem (MOTT; MOORE, 1985). Quimicamente, as forrageiras são compostas por carboidratos estruturais, carboidratos não estruturais, proteínas, lipídios, minerais e vitaminas (SOEST, 1994). Digestibilidade indica a porção da forragem que pode realmente ser usada, digerida e absorvida pelo trato digestório do animal (HOLECHECK, 1982). O valor nutritivo normalmente é expresso em proteína bruta (PB), digestibilidade in vitro da matéria seca (matéria orgânica) (DIVMS), fibra em

detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e concentrações de lignina (SOLLENBERGER 2011).

O consumo animal pode ser definido como a quantidade de matéria seca (MS) da forragem que o animal consome quando o fornecimento é irrestrito (COLLINS; NEWMAN, 2018). Esta é uma medida crítica para fazer inferências nutricionais sobre a alimentação e a resposta animal. A medição precisa do consumo fornece a base para formulação da dieta em relação à resposta animal (BURNS, 1994). Quanto mais alimento um animal consumir maior será a oportunidade de aumentar sua produção (RETTA, 2016), seja essa de carne, leite ou lã.

Existem diversos fatores que afetam o desempenho animal. Alguns deles são próprios da forragem consumida (fatores químicos, físicos e características estruturais) e outros se referem à quantidade de forragem disponível por animal, ao potencial animal (idade, sexo, raça, estado fisiológico), a doenças e parasitas, ao clima (temperatura, precipitação, radiação solar) e à suplementação alimentar. Portanto, qualidade de forragem é igual a desempenho animal, ou seja, depende do consumo, da digestibilidade, do suprimento de nutrientes e de sua utilização (FONTANELI; FONTANELI, 2012).

2.2 Composição química das forrageiras

A célula vegetal é composta de parede celular e conteúdo celular, isto é, material dentro da célula (HANCOCK, 2014). As paredes celulares representam de 40 a 80% da matéria orgânica das plantas forrageiras, as quais limitam a ingestão de alimentos e também a digestibilidade das forragens. Por outro lado, o conteúdo das células é quase completamente digerível (BUXTON, 1996). A parede celular é composta por carboidratos estruturais, celulose, hemicelulose e lignina (SOEST, 1994). No entanto, o conteúdo celular consiste em ácidos orgânicos, proteínas, lipídios, minerais solúveis e carboidratos solúveis (BUXTON et al., 1996).

A celulose e a hemicelulose podem ser decompostas por bactérias e outros micróbios no trato digestivo do animal, embora a digestão seja notadamente mais lenta

que a digestão de açúcares, amidos e outros carboidratos não estruturais. Já lignina não é baseada em carboidratos, mas é um composto fenólico, o que a torna não digerível. Além disso, a própria presença de lignina atua como uma barreira física às enzimas microbianas que decompõem a celulose e a hemicelulose (HANCOCK, 2014). Pode-se separar a parede celular em FDN, expressa em fibra digerível (celulose, hemicelulose e lignina) e em FDA, que é expressa como a fração indigesta (celulose e lignina) (SOEST, 1994). Apesar de não serem tão digeríveis, os carboidratos estruturais são importantes para o funcionamento normal do rúmen, pois a fibra estimula a ruminação e a insalivação (SOEST et al., 1991).

Os carboidratos não estruturais são a principal fonte de energia digestível nas forragens (HATFIELD; KALSCHUR, 2020). Amido e frutanos são rapidamente e, na maioria das vezes, completamente degradados no rúmen (NOCEK; TAMMINGA, 1991). Glicose, frutose, sacarose e maltose, são responsáveis pela maior parte dos açúcares solúveis nas forragens.

O nitrogênio (N) na forragem pode ser dividido em proteína verdadeira e nitrogênio não proteico (NNP). A maior parte do NNP está em ácidos nucleicos, aminoácidos livres, amidas e nitrato. O NNP é convertido em amônia por micróbios no rúmen e usado para a síntese de proteínas microbianas. A proteína verdadeira compreende de 60 a 80% do N da pastagem. Mais de 90% do N das forragens é facilmente digerível (BUXTON et al., 1995). Os requisitos de proteína para os animais são expressos em proteína bruta (PB) ($N \times 6,25$), com teores que variam de 7% da MS para vacas secas a 19% para vacas leiteiras de alta produção e lactantes (NRC, 1989).

A idade e a maturidade são os fatores mais importantes na determinação da quantidade de energia e proteína disponível nas plantas forrageiras. Além disso, o ambiente da planta, incluindo a fertilidade do solo, causa alterações na forragem, o que pode ocasionar variações de qualidade, mesmo quando essas são colhidas no mesmo estágio de maturação (BUXTON et al., 1995). À medida que a idade fisiológica da planta avança, aumentam as porcentagens de celulose, hemicelulose e lignina, o que diminui a

proporção dos nutrientes potencialmente digestíveis (carboidratos solúveis, proteínas, minerais e vitaminas). Isso representa uma queda acentuada na digestibilidade.

Outro fator que afeta a qualidade das forragens são as variações de produção, tanto quantitativa como qualitativa, no decorrer do ano, principalmente devido à sazonalidade dos períodos chuvosos. Essa distribuição irregular de chuvas durante o ano acarreta em maior e menor oferta de forragem, aumentando os riscos e os custos da produção animal. Devido a este empecilho, a conservação de forragens se apresenta como alternativa a ser utilizada visando estabilidade de oferta de alimento nos sistemas. Desta forma, o uso de recursos forrageiros na forma de silagem beneficia a produção pecuária, uma vez que nos períodos de escassez o alimento armazenado poderá ser fornecido aos animais (MACEDO et al., 2017).

2.3 Ensilagem

Em várias partes do mundo, a forragem conservada é essencial nas dietas para ruminantes durante os intervalos em que as culturas não estão disponíveis na forma fresca. Em todos os países onde existe uma estação de crescimento restrita, como o inverno ou a estação seca, o feno ou a silagem têm um papel muito importante na dieta dos animais (PAHLOW, 2003). Em países da Europa como Alemanha, Itália e Inglaterra, por exemplo, a utilização de silagens de cereais de inverno como fonte de volumosos de qualidade é uma prática comum (FONTANELI; FONTANELI, 2009).

Em comparação ao feno, a silagem é menos dependente do clima e, portanto, melhor adaptada à colheita no estágio ideal de maturação com alto valor nutricional. De maneira geral, o processo de ensilagem oferece os melhores meios para maximizar e preservar o valor nutritivo de uma determinada cultura, desde a colheita até a alimentação dos animais (PAHLOW, 2003).

O processo de produção de silagem pode ser dividido em quatro fases: fermentação aeróbica, fermentação anaeróbica, armazenamento e alimentação (ROOKE, 2003).

Na fase de fermentação aeróbica, depois do enchimento e selagem do silo, ocorre a respiração de biomassa devido à presença de oxigênio retido no sistema. A respiração continua durante várias horas, consumindo açúcar e produzindo dióxido de carbono (CO₂) e água, até que todo o oxigênio (O₂) seja removido (TEIXEIRA, 2016).

Na fase de fermentação anaeróbica, com o O₂ esgotado, os microrganismos de crescimento anaeróbico [bactérias do ácido láctico (BAL), enterobactérias, clostrídios e leveduras] começam a proliferar-se e competir pela matéria orgânica disponível. Os primeiros dias são críticos para o sucesso ou fracasso da fermentação (MCDONALD, 1991). Se as condições forem adequadas, os microrganismos produzirão ácido láctico por várias semanas, diminuindo o potencial hidrogeniônico (pH) para valores acerca de 4,0 (TEIXEIRA, 2016).

Na fase de estabilização, a atividade fermentativa decresce, as condições anaeróbicas são mantidas, o pH permanece estável e a atividade enzimática e microbiana mínima ocorrerá até o período de abertura do silo (TEIXEIRA, 2016).

Na fase de alimentação, uma das faces do silo é aberta e a biomassa é exposta ao ar (KUNG et al., 2018), entrando novamente em contato com o O₂.

Embora o processo de ensilagem seja relativamente simples, existem muitos fatores que podem afetar a qualidade da silagem e a segurança no seu uso (NUSSIO, 2002). Portanto, é essencial que o processo de fermentação seja bem conduzido para produzir silagem de alta qualidade. Um bom processo de fermentação não depende apenas do tipo e qualidade da forragem, mas também da técnica de colheita e ensilagem (ELFERINK, 2000).

2.3.1 Qualidade da silagem

Diversos são os fatores que influenciam a qualidade final da silagem, dentre eles o material ensilado, os procedimentos de ensilagem e o perfil fermentativo devem ser levados em conta para uma silagem de qualidade.

O teor de MS para uma fermentação adequada varia de 28 a 40%. Valores acima de 40% de MS podem desencadear problemas de compactação e presença de O₂ no interior do silo, que pode intensificar o desenvolvimento de microrganismos aeróbios e anaeróbios indesejáveis, promovendo prejuízos do material ensilado (JOBIM et al., 2007). O teor de umidade acima de 80% no processo de conservação será inadequado devido à elevada produção de efluentes, que tem efeito potencial de contaminação do meio ambiente, por carregarem compostos nitrogenados, açúcares solúveis, ácidos orgânicos e sais minerais, gerando perdas de nutrientes de forma geral. Também ocorrerão fermentações oriundas de microrganismos indesejáveis como enterobactérias, clostrídios e leveduras (MACEDO et al., 2017).

A concentração de carboidratos solúveis é muito importante no processo de ensilagem, pois esses componentes promovem boa qualidade de fermentação, sendo utilizados por bactérias presentes no meio como fonte de substrato, que convertem esses carboidratos em ácidos orgânicos, principalmente em ácido lático, promovendo, assim, a acidificação do meio e a conservação do material ensilado (MACEDO et al., 2017).

Durante o processo fermentativo são produzidos diversos tipos de ácidos (lático, acético, butírico, isobutírico, propiônico, valérico, isovalérico, succínico, fórmico dentre outros) (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Porém, os ácidos mais comumente avaliados e que se encontram em maiores concentrações são o lático, acético, butírico e propiônico. Destaque para o ácido lático, produzido por bactérias ácido lácticas (BAL), sejam homo ou heterofermentativas. Esse ácido é fundamental para a conservação do material ensilado. Em uma silagem adequadamente fermentada a proporção deste ácido deve ser superior aos demais (MACEDO et al., 2018). Não é indicado que na fermentação da silagem predomine a fermentação acética, pois isto pode promover condições para o desenvolvimento de microrganismos que crescem em pH menos ácido como as enterobactérias (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). O ácido propiônico é produzido principalmente por bactérias propiônicas e BAL heterofermentativas, porém em menor quantidade quando comparado aos ácidos lático e acético, possui propriedades antifúngicas e em alguns casos pode ser adicionado na ensilagem para melhorar a estabilidade aeróbia da silagem além de ser rapidamente

aproveitado no ambiente ruminal (RAMOS et al., 2017; RUTENBERG et al., 2016). Entretanto, a fermentação predominante de ácido propiônico não é desejável em silagem, pois este ácido pode propiciar o desenvolvimento de microrganismos deletérios à qualidade da silagem (RUTENBERG et al., 2016). A presença do ácido butírico é sinônimo de silagem mal fermentada. Este ácido causa efeito (odor) desagradável na silagem podendo inibir o consumo por parte dos animais, além de que os clostrídios que se desenvolvem no material podem produzir toxinas, esporular e contaminar animais ao serem alimentados com silagens contaminadas, os esporos e as toxinas podem estar presentes na carne ou no leite desses animais, podendo ocorrer a contaminação cruzada com seres humanos (GISMERVIK et al., 2015).

Quando esses ácidos fortes são liberados no meio, existe uma resistência da massa ensilada em diminuir o pH, este fenômeno é conhecido como capacidade tampão. A capacidade tampão pode variar entre plantas forrageiras em função do teor de N, sais minerais, ácidos orgânicos, carboidratos solúveis, dentre outras características. Forragens destinadas ao processo de ensilagem devem possuir baixa capacidade tampão, pois quanto mais rápido ocorrer a queda do pH no processo de ensilagem, menos afetadas serão as características nutricionais do material (ÁVILA et al., 2009).

O teor de MS do material tem influência direta na diminuição do pH. Forragens muito úmidas podem apresentar maior período de fase aeróbia, onde a atuação de microrganismos indesejáveis diminui a capacidade das bactérias do ácido láctico dominarem a massa ensilada. Quanto mais tempo leva para o pH diminuir maiores serão as perdas de nutrientes e energia (MACEDO; SANTOS, 2019).

O crescimento não controlado de microrganismos provoca o aquecimento na massa ensilada. Este aquecimento provoca perdas nutricionais e pode afetar a saúde dos animais (NUSSIO, 2002). As leveduras são os microrganismos mais frequentemente associados a essa atividade. No entanto, bactérias (principalmente as do gênero *Bacillus*) também são responsáveis pelo processo (WOOLFORD, 1984). Se o aquecimento causado pela respiração elevar as temperaturas da silagem para 60 °C, a atividade microbiana

aeróbica pode acelerar a formação de produtos Maillard, onde aminoácidos e açúcares se complexam, tornando-se caramelizados e indisponíveis (MACEDO et al., 2017).

Clostrídias são os principais microrganismos anaeróbicos prejudiciais à qualidade da silagem. Esses microrganismos são divididos em dois grupos principais: sacarolítico e proteolítico. Os clostrídios sacarolíticos fermentam carboidratos e ácidos orgânicos, produzindo ácido butírico, CO₂ e hidrogênio. Os clostrídios proteolíticos fermentam aminoácidos, resultando em uma variedade de ácidos orgânicos, CO₂, amônia e aminas (MCDONALD, 1981). A principal causa de preocupação é a produção de ácido butírico, amônia e aminas, que estão associadas à redução da ingestão *ad libitum* de ruminantes (CONRAD et al., 1977).

É essencial que as etapas da colheita da forragem, transporte, compactação e vedação do silo sejam executadas o mais breve possível, pois durante a fase de pré-fechamento do silo podem ocorrer perdas elevadas de valor nutritivo devido aos fenômenos bioquímicos que ocorrem quando a célula vegetal está respirando, que consomem nutrientes necessários para a nutrição animal (DANNER et al., 2003).

O tamanho de partícula da forragem também interfere na densidade de compactação do material ensilado. Partículas muito grandes (maiores que 5 cm) permitem maior espaçamento entre as frações de forragem, enquanto, partículas muito pequenas (menores que 0,5 cm) podem implicar em maior produção de efluentes. Portanto, indica-se que a forragem seja processada em tamanho de partícula de aproximadamente dois centímetros (FREITAS et al., 2017).

Geralmente, silagens com densidade de 600 a 800 kg/m³ estão adequadamente compactadas, pois não há presença de O₂ o suficiente para prejudicar o processo fermentativo. Entretanto, essa densidade de compactação não é indicada para forrageiras com alto teor de umidade, uma vez que se eleva assim a produção de efluentes. Para estas forrageiras densidades em torno de 500 a 550 kg/m³ são recomendadas (LOURES et al., 2003).

Portanto, a produção bem-sucedida de silagem envolve a compreensão dos fatores físicos, químicos e biológicos que afetam todo o processo de conservação, sendo os mais significativos O₂ e água, do ponto de vista de perdas de nutrientes (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

2.3.2 Silagem de cereais de inverno

Devido a expansão dos sistemas de produção baseados na integração lavoura-pecuária, a utilização de cereais de inverno de duplo propósito [aveia-branca (*Avena sativa* L.), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), cevada (*Hordeum vulgare* L.), centeio (*Secale cereale* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) e triticale (x *Tritico-secale* Wittmack)] se destaca como alternativa na produção de silagem de qualidade e com baixo custo, considerando-se que no final do ciclo dessas culturas normalmente há um excedente de massa de forragem (MEINERZ et al., 2011). O valor nutritivo das gramíneas de clima temperado (metabolismo C3) é diferente do valor das gramíneas tropicais (metabolismo C4). As gramíneas de clima temperado possuem conteúdo celular mais abundante e paredes celulares mais finas, o que facilita a digestão e absorção de nutrientes pelos animais. Além disso, um conteúdo celular mais abundante afeta positivamente o processo de fermentação da silagem, pois a maior concentração de carboidratos solúveis favorece a produção de ácido láctico (BUMBIERIS JUNIOR et al., 2011).

Segundo Fontaneli e Fontaneli (2009), a elaboração de silagem de cereais de inverno deve ser incentivada por diversos fatores: uso da terra no período do inverno para produção de volumosos de qualidade, redução dos riscos de falta de alimento por intempéries climáticas, redução da competição das áreas de verão pelo plantio de milho para silagem e geração de renda com a venda de silagem excedente.

Pesquisas com diferentes cultivares de cereais de inverno têm sido realizadas nas regiões sul e sudeste do país com o objetivo de validar metodologias, manejos e observar o potencial de produção para cada cultura, além das diferentes possibilidades de uso (BUMBIERIS JÚNIOR et al., 2011). Vale ressaltar que os cereais de inverno possuem grande importância devido ao seu valor nutricional, digestibilidade e facilidade de cultivo

na região sul, constituindo uma boa alternativa de cultivo para períodos de escassez de forragem (LEHMEN et al., 2014).

O trigo, por exemplo, pode produzir de 1,5 a 2,5 vezes mais silagem do que gramíneas não graníferas de clima temperado, podendo alcançar valores superiores a 10 t/há de MS (ROSARIO et al., 2012). JOBIM et al., (2013), avaliando a substituição da silagem de milho pela silagem de trigo em dietas de novilhos confinados, bem como o efeito do uso de inoculante na ensilagem de cereais de inverno, obtiveram ganho de peso diário de 1,57, 1,58 e 1,81 kg/animal com silagem de trigo, silagem de trigo com inoculação e silagem de milho, respectivamente. Os autores concluíram que a substituição da silagem de milho por silagens de trigo em dietas de novilhos em confinamento proporciona desempenho animal correspondente.

Como dito anteriormente, diversas pesquisas com cereais de inverno têm sido elaboradas nas regiões Sul e Sudeste, e os resultados destes estudos têm apontado que os cereais de inverno apresentam alto potencial para ensilagem, com características fermentativas adequadas, elevado valor nutritivo e com bons rendimentos de matéria seca, como já observado por diversos autores, como Meinerz et al. (2011), Lehmen et al. (2014), e Neumann et al. (2019). Contudo, as características qualitativas e quantitativas da silagem produzida com cereais de inverno dependem de vários fatores, como a variabilidade entre espécies, entre genótipos da mesma espécie e também da sua adaptabilidade a diferentes condições de clima e solo (HORST, 2016).

Dessa forma, espera-se ao final deste trabalho que as características das silagens das cultivares de cereais de inverno de duplo propósito estudadas atendam às expectativas quantitativas e qualitativas necessárias, tornando esta uma alternativa viável nos sistemas de produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e período da pesquisa

Experimento 1: O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo – RS, situada nas coordenadas 28° 15' de latitude Sul e 52° 24' de longitude Oeste, em uma altitude de 687 metros acima do nível do mar, durante o período de 2020 a 2022. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho distrófico húmico (STRECK et al., 2008).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Passo Fundo é descrito como subtropical úmido (Cfa), com chuvas bem distribuídas durante o ano (CUNHA, 1997). As condições observadas durante o experimento podem ser vistas nas figuras 1 e 2.

Figura 1 - Média de temperaturas (°C) ocorridas durante o experimento. Passo Fundo, RS, 2020. Fonte: Embrapa – CNPT.

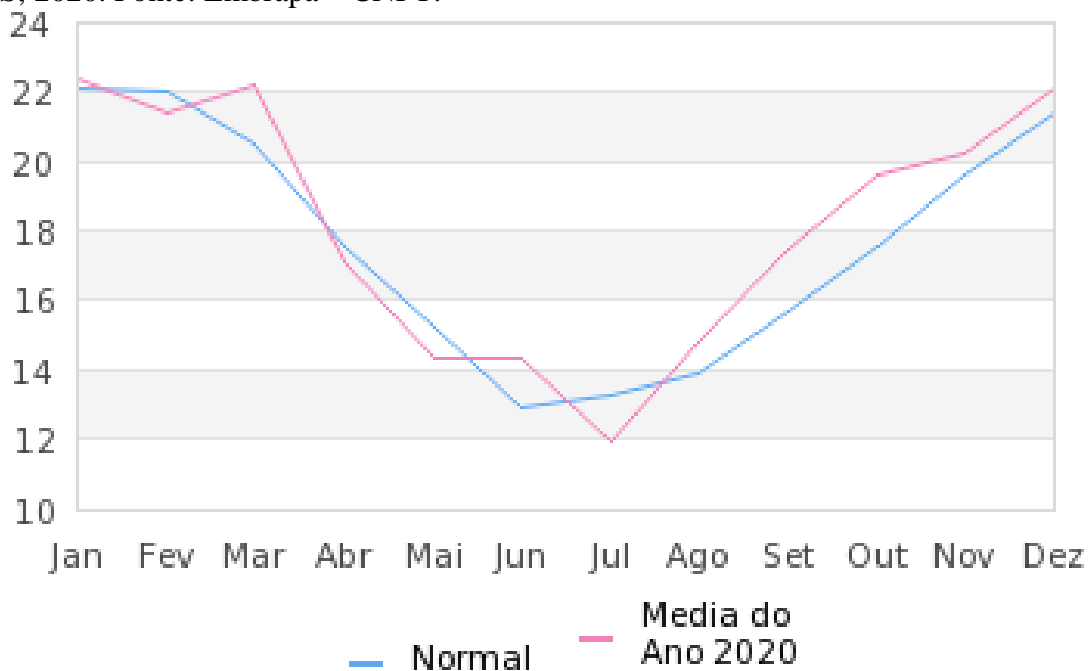
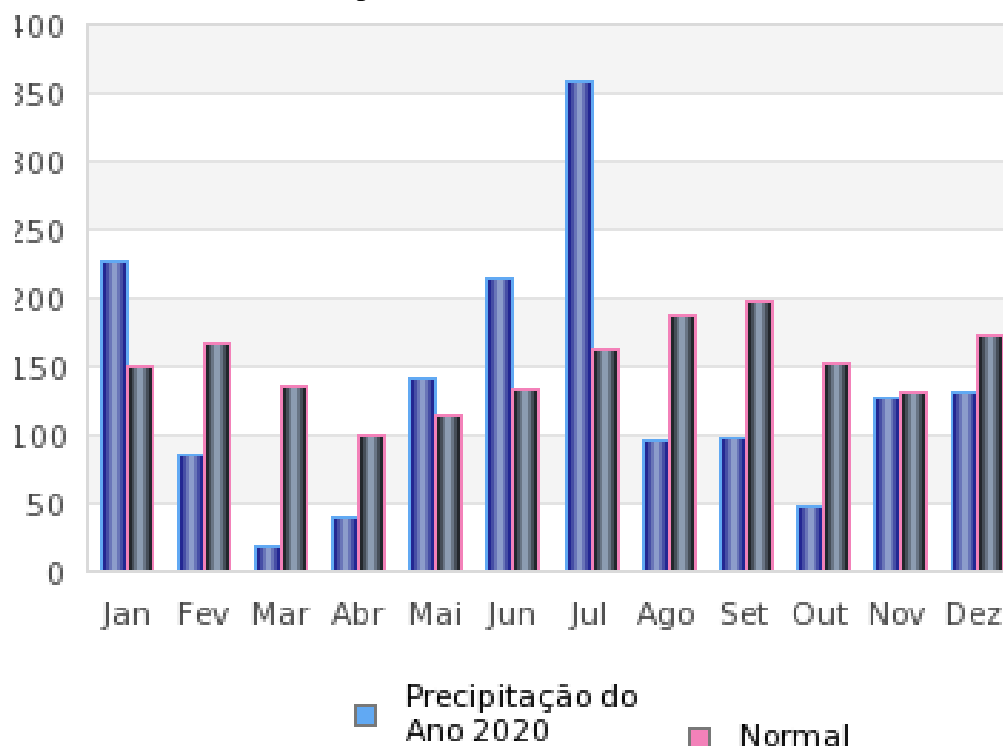


Figura 2 - Médias de precipitação pluvial (mm) ocorridas durante o experimento. Passo Fundo, RS, 2020. Fonte: Embrapa – CNPT.



Experimento 2: O experimento foi conduzido na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo – RS, no laboratório de práticas culturais, em local protegido da luz e das variações de temperatura e umidade.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Experimento 1: Foram avaliadas as cultivares de trigo BRS Pastoreio, BRS Tarumaxi, BRS Tarumã e Tbio Energix 201, e a cultivar de aveia preta Embrapa 139 – Neblina. O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com três repetições e parcelas de 8 linhas, com 0,2 m de espaçamento e 5 m de comprimento, totalizando 8,0 m².

Experimento 2: Foram avaliadas silagens das cultivares de trigo BRS Pastoreio, BRS Tarumaxi, BRS Tarumã e Tbio Energix 201, da aveia preta Embrapa 139, e das

cevadas BRS Korbel e BRS Quaranta, além disso, foram avaliadas misturas entre as cultivares citadas (Tbio Energix/Embrapa Neblina, BRS Tarumã/BRS Pastoreio, BRS Tarumaxi/ BRS Pastoreio, Tbio Energix/BRS Pastoreio), na proporção 50/50. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com onze tratamentos e duas repetições. As unidades experimentais foram silos de PVC com 10 centímetros de diâmetro e 35 centímetros de altura.

3.3 Procedimentos e avaliações

No experimento 1, a área experimental foi dividida em 15 parcelas, em delineamento de blocos casualizados com três repetições. Cada parcela possuiu área de 8m² (8 linhas com 0,2 m de espaçamento x 5 m).

A semeadura foi realizada no dia 11 de maio de 2020, com adubação de 300 kg/há da formulação 5-25-25 (N – P₂O₅ – K₂O), com aplicação de nitrogênio em cobertura no dia 30 de junho de 2020. Foram utilizadas 350 sementes viáveis por m².

Foram realizadas avaliações nas parcelas antes e depois do processo da ensilagem, que constituíram as avaliações do experimento 1 e 2, respectivamente. Antes da ensilagem foram avaliadas as seguintes variáveis: estatura de plantas, rendimento de biomassa ensilável e partição de folha, colmo e panícula. Após a ensilagem foram avaliados o pH, nitrogênio amoniacal, teor de matéria seca (MS), densidade e perdas de silagem, proteína bruta, fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, amido e nutrientes digestíveis totais.

3.3.1 Pré-ensilagem: avaliações experimento 1

A estatura de plantas foi obtida através de medição com régua graduada no momento do corte. Foi coletado 1 metro quadrado de cada parcela para pesagem e quantificação da produção verde por hectare. Deste material, foi retirada uma subamostra para secagem em estufa de ventilação forçada a 60 °C, até peso constante, para

determinação do rendimento de MS de biomassa ensilável. Foi colhida uma linha de um metro de plantas de cada parcela para a avaliação da partição de colmo, folha e panícula.

3.3.2 Ensilagem: avaliações experimento 2

As amostras foram trituradas em moinho forrageiro, em fragmentos de 0,5 a 5 cm, compactadas manualmente, com o auxílio de barras de ferro maciço, em silos experimentais de policloreto de vinila (PVC) com 10 cm de diâmetro e 35 cm de altura. Os tubos de PVC foram pesados antes e depois do fechamento com o material ensilado para possibilitar os cálculos de densidade e perdas apenas com o peso do material ensilado, desprezando o peso do silo.

O corte para ensilagem foi realizado quando as plantas atingiram o estágio de grão pastoso a massa firme. Os silos foram acondicionados em local abrigado da luz e calor, sendo abertos aproximadamente 300 dias após o fechamento.

Na abertura dos silos, os tubos de PVC foram novamente pesados para determinação das perdas durante o processo de ensilagem, bem como a densidade da silagem.

Foram desprezadas as porções superior e inferior de silagem de cada silo. O material retirado foi homogeneizado e foram retiradas amostras para avaliação de pH, nitrogênio amoniacal, teor de matéria seca e valor nutritivo. Para determinação do pH foram misturadas 9 g de silagem fresca em 60 mL de água destilada, a após 30 minutos de repouso foi realizada a leitura do pH com potenciômetro digital (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Para determinação do nitrogênio amoniacal foi utilizada metodologia descrita por Rech et al. (2006), e a determinação da matéria seca foi realizada através de amostras secas em estufa de ventilação forçada a 60°C, onde foi feita a comparação entre os pesos antes e após o período na estufa.

3.3.3 Valor nutritivo

Para determinação do valor nutritivo das silagens foram utilizadas amostras previamente secadas em estufa de ventilação forçada a 60 °C até peso constante. O material seco foi triturado em moinho do tipo Willey, peneira com malha de 1,0 mm, e retirada sub-amostra para determinação dos teores de proteína bruta (PB) conforme metodologia descrita pela AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2016), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) seguindo método descrito por Van Soest (1991), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) conforme método descrito pela AOAC (2016), e amido segundo normas do Instituto Adolfo Lutz (2006). Os nutrientes digestíveis totais (NDT %) foram obtidos pela equação: $NDT = 87,84 - (0,70 \times FDA)$ sugerida por Bolsen (1996).

3.4 Análise dos dados

Os dados obtidos nos dois experimentos foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ciclo e altura

Os resultados obtidos (Tabela 1) demonstram que as cultivares avaliadas são de ciclos distintos, sendo o trigo Tbio Energix 201 e aveia preta Neblina as cultivares de ciclo mais precoce, com 130 dias desde a emergência até o corte para ensilagem, de acordo com as indicações técnicas para a produção de cevada, o ciclo das cultivares BRS Quaranta e BRS Korbel também é precoce, com 132 dias até a maturação (MINELLA, 2017). O trigo BRS Pastoreio apresentou ciclo intermediário, com 143 dias, já as cultivares BRS Tarumaxi e BRS Tarumã demonstraram-se mais tardias, com 158 dias de ciclo.

A altura de plantas também apresentou diferença entre as cultivares avaliadas (Tabela 1). A cultivar de aveia preta Neblina apresentou a maior altura, atingindo 113 cm, já o cultivar de trigo BRS Tarumã obteve a menor estatura, com 63 cm.

Tabela 1 - Ciclo da emergência ao estágio de grão leitoso e altura de cultivares de cereais de inverno e aveia preta para ensilagem. Passo Fundo, RS, 2020.

Tratamentos	Ciclo (dias)	Altura (cm)	
Embrapa Neblina	130	113	A
BRS Pastoreio	143	85	B
Tbio Energix	130	81	Bc
BRS Korbel	132	80	Bc
BRS Quaranta	132	80	Bc
BRS Tarumaxi	158	75	C
BRS Tarumã	158	63	D
Média	143,8	82,3	
CV (%)	-	3,04	
F		0,000*	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$). * = significativo pelo teste F ($p<0,05$).

Lehmen et al., (2014), obtiveram ciclos entre 139 e 170 dias, e altura de plantas de 56 a 160 cm avaliando diversas espécies de cereais de inverno para silagem. Neste estudo, a cultivar de aveia preta Neblina apresentou ciclo de 152 dias e altura de 123 cm, já o trigo BRS Tarumã apresentou ciclo de 152 dias e altura de 79 cm, valores diferentes dos obtidos no presente estudo. A baixa estatura de plantas encontrada no presente estudo deve ter sido motivada pelo baixo volume de chuva nos meses de agosto, setembro e outubro (Figura 2), que suprimiu até certo ponto o desenvolvimento das plantas.

4.2 Rendimento de biomassa ensilável

Houve diferença no rendimento de biomassa ensilável entre as cultivares estudadas (Tabela 2). A cultivar de aveia preta Neblina apresentou o maior rendimento, com 8 toneladas de MS, já a cultivar de trigo BRS Tarumã apresentou o menor rendimento, com 4,1 toneladas de MS.

Leão et al., (2019), avaliando aspectos produtivos e nutricionais de cereais de inverno obtiveram resultados superiores, com a aveia preta cv. Neblina produzindo 9,7 t e o trigo cv. BRS Gralha Azul 11,3 t MS/ha. Já Neumann et al., (2019) obtiveram resultados semelhantes ao avaliar cereais de inverno para silagem, o menor valor obtido foi 4,2 t MS/ha com a cultivar de aveia branca URS Taura e obtiveram 7,1 t MS/ha com a cultivar de centeio BR 1.

Tabela 2 - Rendimento de biomassa seca ensilável (t MS/ha) de cultivares de aveia-preta e trigo. Passo Fundo, RS, 2020.

Tratamentos	t MS/ha	
Embrapa Neblina	8,0	a
BRS Tarumaxi	6,8	ab
BRS Pastoreio	6,5	abc
Tbio Energix	4,8	bc
BRS Tarumã	4,1	c

Média	6,0
CV (%)	15,36
F	0,00541*

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$). * = significativo pelo teste F ($p<0,05$).

4.3 Perdas e densidade

Foi constatada diferença significativa para perdas, que podem ser causadas pela liberação de efluentes, fermentação inadequada e/ou respiração celular, em porcentagem sobre a biomassa total entre as silagens avaliadas (Tabela 3). O teor de perdas variou entre 6,9 e 2 %. A silagem da cultivar de aveia preta Neblina foi a que obteve maior teor de perdas (6,9%), diferenciando-se de todas as demais. Porém, os teores de perdas das silagens dos genótipos avaliados ficaram abaixo de 7 %, que é o limite aceitável considerado para perdas inevitáveis (PEREIRA; BERNARDINO, 2004).

Tabela 3 - Perdas de forragem (MS) e densidade de silagens de cereais de inverno e aveia preta. Passo Fundo, 2021.

Tratamentos	Perdas (%)	Densidade (kg/m ³)
Embrapa Neblina	6,9 a	977 a
BRS Tarumã/BRS Pastoreio	4 b	692 d
BRS Tarumaxi/BRS Tarumã	3,6 bc	692 d
BRS Tarumaxi/BRS Pastoreio	3,3 bcd	702 cd
BRS Quaranta e BRS Korbel	3,1 bcd	846 abc
Tbio Energix/BRS Pastoreio	2,9 bcd	773 bcd
BRS Tarumaxi	2,9 bcd	741 bcd
BRS Tarumã	2,7 bcd	735 bcd
BRS Pastoreio	2,6 bcd	802 bcd
Tbio Energix	2,2 cd	812 bcd
Tbio Energix/Embrapa Neblina	2 d	873 ab
Média	3,3	786
CV %	10,98	4,82
F	0,000003*	0,00023*

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$). * = significativo pelo teste F ($p<0,05$).

4.4 Matéria seca, pH e nitrogênio amoniacal

Houve diferença significativa para o teor de matéria seca e pH das silagens avaliadas. O menor teor de matéria seca foi de 28,8 % para a silagem de aveia preta Neblina, e o maior teor foi obtido pela mistura BRS Tarumaxi/BRS Tarumã, com 54,7 %. Haigh (1990), identificou, em fazendas comerciais do Reino Unido, o teor de 26% de MS como ideal mínimo para fermentação láctica eficaz em silagem de gramíneas de estação fria. Já Muck, Kung Jr e Collins (2020), indicam que silagens contendo menos de 30% de MS devem ser evitadas, pois estas condições aumentam a possibilidade de desenvolvimento de clostrídios e outras bactérias indesejáveis, e Bueno et al., (2020) indica o teor de 40% de MS como limite máximo. Apesar da maioria das silagens possuírem teor de MS acima do limite indicado, não foram constatados problemas derivados desta característica.

Os valores de pH variaram de 3,9 a 4,6 nas silagens estudadas, com valor médio de 4,4. Estes valores encaixam-se na faixa ideal (3,8 a 5,0) para restringir o crescimento de microorganismos indesejáveis e estabilizar a silagem (COLLINS; MOORE, 2018).

Bueno et al., (2020) avaliando silagens de aveia obteve valores médios de MS (acima de 40%) e pH (4,39) similares a este estudo. Segundo os autores, estes dois fatores em conjunto contribuíram para a efetiva preservação dos materiais. No presente estudo, não foi identificado nenhum problema relacionado a fermentação das silagens, apesar do nível elevado de MS.

Os teores elevados de matéria seca obtidos podem ter sido causados pela quantidade de chuvas abaixo do normal nos meses de agosto, setembro e outubro de 2020, e por ter sido levado em conta apenas o ponto de maturidade do grão como indicativo de ponto para ensilagem. Todas as cultivares foram ensiladas quando estas estavam em estágio de grão pastoso. A aveia preta Neblina, por ser espécie forrageira de inverno precoce, e a cultivar de trigo TBio Energix, que possui ciclo mais curto que as demais, chegaram ao ponto de ensilagem com umidade adequada, porém, as outras cultivares, por ficarem mais tempo sem chuvas, excederam o ideal de matéria seca.

Tabela 4 - Perdas de forragem (MS) e densidade de silagens de cereais de inverno e aveia preta. Passo Fundo, 2021.

Tratamentos	MS (%)		pH		N-NH3 (%)
BRS Tarumaxi/BRS Tarumã	54,7	A	4,6	a	5,3
BRS Tarumã/BRS Pastoreio	53,5	Ab	4,6	a	5,2
BRS Tarumaxi/BRS Pastoreio	52,6	abc	4,65	a	6,5
BRS Tarumaxi	51,8	abc	4,5	abc	5,6
BRS Tarumã	51,6	abc	4,55	ab	5,0
TBIO Energix/BRS Pastoreio	48,6	abcd	4,45	abc	6,6
BRS Pastoreio	44,3	bcd	4,3	abc	5,5
BRS Quaranta/BRS Korbel	43,8	Cd	4,55	ab	5,3
TBIO Energix	40,0	De	4,15	cd	6,4
TBIO Energix/Embrapa Neblina	31,5	Ef	4,2	bcd	6,1
Embrapa Neblina	28,8	F	3,9	d	4,7
Média	45,6		4,4		5,7
CV (%)	5,4		2,22		11,36
F	0,000002*		0,00001*		0,14953 ^{ns}

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey

($p > 0,05$). * = significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

Não foi constatada diferença significativa entre os valores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) das silagens estudadas. O teor de nitrogênio amoniacal é um dos parâmetros mais utilizados para indicar a ocorrência de processo fermentativo eficiente, sem que haja quebra excessiva das proteínas em amônia, a qual não é aproveitada pelo animal. É indicado que o conteúdo de nitrogênio amoniacal não deva ser superior a 10% da quantidade de nitrogênio total da silagem. Valores abaixo de 10% indicam baixa degradação de proteínas, boa preservação e qualidade da silagem (TOMICI et al., 2003; VAN SOEST, 1994).

4.5 Valor Nutritivo

Tabela 5 - Teor de proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), amido e nutrientes digestíveis totais (NDT) em silagens de cereais de inverno e aveia preta. Passo Fundo, 2021.

Tratamentos	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Amido (%)	NDT (%)
Embrapa 139	8,0	59,4	39,1	23,2	60,4
BRS Quaranta/BRS Korbel	7,1	57,9	38,7	27,6	60,7
Tbio Energix	7,3	58,6	37,5	22,3	61,5
Tbio Energix/Embrapa 139	7,6	61,7	38,5	22,0	60,8
Tbio Energix/BRS Pastoreio	8,0	61,4	35,9	26,5	62,6
BRS Pastoreio	8,6	59,1	39,0	28,3	60,5
BRS Tarumã	8,2	54,5	33,4	33,5	64,4
BRS Tarumã/BRS Pastoreio	6,5	61,1	34,5	24,0	63,6
BRS Tarumaxi	7,7	62,0	38,5	27,4	60,8
BRS Tarumaxi/BRS Pastoreio	7,5	62,3	38,7	30,0	60,7
BRS Tarumaxi/BRS Tarumã	6,9	64,7	35,6	27,4	62,8
Média	7,6	60,3	37,2	26,6	61,7
CV %	7,53	7,9	7,56	14,6	3,19
F	0,09968 ^{ns}	0,73995 ^{ns}	0,47613 ^{ns}	0,22208 ^{ns}	0,47613 ^{ns}

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). * = significativo pelo teste F (p<0,05).

4.5.1 Proteína bruta (PB)

Não houve diferença para os valores de proteína bruta entre as silagens estudadas. Os valores encontrados variaram entre 6,5 e 8,6 % de PB. Segundo Van Soest (1994), a necessidade de PB mínima para crescimento microbiano do rúmen é de 7%, valores abaixo de 7% podem prejudicar a fermentação ruminal, além de diminuir o consumo de alimento devido a baixa concentração de proteína. Apenas as misturas BRS Tarumã/BRS Pastoreio e BRS Tarumaxi/BRS Tarumã apresentaram teores abaixo deste valor.

Leão et al., (2017) e Lehmen et al., (2014), avaliando silagens de cereais de inverno, obtiveram valores médios de proteína similares ao deste estudo, no primeiro estudo, os autores obtiveram valores médios de 7,3% para trigo e 5,3 % para aveia preta, já para o segundo experimento, os valores variaram de 6,2 a 8,4%. Lehmen et al., (2014), atrelaram os valores de proteína abaixo do normal ao nível de precipitação inferior no mês de setembro comparada à média normal. Esse fato pode ter contribuído para acelerar o processo de maturação das plantas e, dessa forma, resultar em redução dos teores de

proteína das silagens avaliadas. Como pode ser visto na figura 2, a precipitação foi inferior à média normal nos meses de agosto, setembro e outubro de 2020, fato que pode explicar os valores similares de PB do presente estudo com os de Lehmen.

No entanto, se levarmos em consideração o processo de fermentação das silagens, o baixo teor de proteína bruta reduz a capacidade tamponante do material ensilado, proporcionando uma queda mais rápida do pH, fazendo com que as silagens se estabilizem mais rapidamente (CHERNEY & CHERNEY, 2003).

4.5.2 Fibra insolúvel em detergente neutro (FDN)

Não houve diferença significativa entre os teores de FDN avaliados. Os valores variaram de 54,5% para a silagem da cultivar de trigo BRS Tarumã, a 64,7% para a mistura de cultivares de trigo BRS Tarumaxi/BRS Tarumã. Sabe-se que a FDN das forragens está diretamente relacionada ao consumo, onde, quanto menor o teor de FDN, maior é a capacidade de ingestão de alimento pelo animal. Portanto, à medida que o teor de fibra da ração aumenta, mais tempo os animais demoram para comer, maior é a duração de cada refeição e mais severa é a seleção de alimento no cocho (BEAUCHEMIN, 1991).

Leão et al., (2017), avaliando a composição nutricional e estabilidade aeróbia de silagem de cereais de inverno com diferentes tempos de estocagem, obtiveram valores médios de FDN de 76% para aveia preta, 66% para trigo e 62% para cevada. Valores ligeiramente superiores aos encontrados no presente estudo.

O NRC (2001) recomenda o teor de FDN de 40% da ração para não limitar o consumo de matéria seca pelos animais. Os valores de FDN deste estudo são superiores ao recomendado, portanto, é necessária a mistura destas silagens com outros componentes de menor teor de fibra para obter uma formulação balanceada que maximize o desempenho animal.

4.5.3 Fibra insolúvel em detergente ácido (FDA)

Para a FDA, os valores variaram de 33,4 a 39,1 %, não havendo diferença significativa entre as cultivares estudadas. A FDA está diretamente ligada a digestibilidade do alimento. Altos valores de FDA resultam na baixa digestibilidade da silagem. Por outro lado, baixos teores de fibra resultam em diversos distúrbios ruminais, bem como redução na gordura do leite (VAN SOEST, 1994). De acordo com Meinerz et al., (2011), forrageiras com valores de FDA superiores a 40%, além de apresentarem baixa digestibilidade, também levam à redução no consumo.

Leão et al., (2017), obtiveram valores médios de FDA de 49% para aveia preta, 42% para trigo e 35% para cevada. Os autores justificaram os valores menores de FDA da cevada em relação aos demais cereais de inverno devido a maior presença de grãos na silagem da mesma. Os teores de aveia preta e trigo estão ligeiramente acima dos obtidos neste experimento, já o teor de cevada está dentro da média observada.

Segundo a recomendação do NRC (2001), os valores de FDA para a formulação de rações devem ser em torno de 20% da matéria seca. Neste aspecto, o teor de FDA das silagens do presente estudo está acima do recomendado, se fazendo necessária a adição de outros componentes para que a ração atenda aos requisitos nutricionais.

4.5.4 Amido

Não houve diferença significativa para o teor de amido das silagens. Os valores variaram entre 22 a 33,5% de amido. Segundo Moore e Hatfield (1994), a quantidade média de amido em gramíneas de estação fria varia de 0 a 20% da matéria seca. Os resultados obtidos neste experimento ficaram na média de 26,6%.

Um fator que pode explicar estes valores superiores é o tempo de armazenamento das silagens, que foi de 300 dias. De acordo com Huntington (1997), durante o período de armazenamento ocorre a hidrólise de prolaminas e hemicelulose. As prolaminas são matrizes proteicas que recobrem os grânulos de amido, com o tempo estas podem ser solubilizadas por ácidos orgânicos presentes na silagem, aumentando a exposição e digestibilidade do amido.

O teor de amido é um dos parâmetros nutricionais mais importantes das silagens pois é fonte de energia para os ruminantes. Vacas leiteiras de alta produção requerem grandes quantidades de energia na dieta para atender às demandas do aumento da produção de leite (KMICIKEWYCZ; HEINRICHS, 2015). Atualmente, o teor de amido na alimentação de ruminantes se destaca não só pelo seu uso pelas bactérias ruminais e pela formação de ácidos graxos voláteis (AGV), mas também pela digestão intestinal deste componente e absorção de glicose (REYNOLDS et al., 2014). A absorção de glicose intestinal aumenta o fornecimento de energia para o metabolismo animal, além dos AGV produzidos no rúmen (LOHRENZ et al., 2011; MILLS et al., 2017). Estima-se que 90% do amido proveniente de cereais de inverno é digerido no rúmen, e 10% no intestino (ORSKOV, 1986).

4.5.5 Nutrientes digestíveis totais (NDT)

Não foi constatada diferença significativa para o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens de cereais de inverno avaliadas. Os teores ficaram na faixa de 60,4 a 64,4%. Todas as silagens estudadas atingiram teores de NDT superiores ao mínimo de 55% recomendado pelo National Research Council (NRC, 2001) como o necessário para ruminantes.

Neumann et al., (2019) obtiveram valores similares aos encontrados neste estudo, com média de 61,3 % de NDT para cultivares de aveia branca, cevada, trigo, centeio e triticale.

4.6 Características do dossel

Tabela 6 - Proporção de colmo, folha, espiga/panícula e relação folha/colmo (F/C) na matéria seca total de trigo e aveia preta. Passo Fundo, 2021.

Tratamentos	Colmo (%)		Folha (%)		Espiga (%)		F/C	
Tbio Energix	60,7	a	12,6	c	26,5	b	0,21	c
BRS Tarumaxi	51,3	b	21,6	ab	26,9	b	0,42	ab
Embrapa Neblina	50,2	bc	17,7	bc	32,0	b	0,35	bc

BRS Tarumã	46,9	c	23,9	a	29,1	b	0,51	a
BRS Pastoreio	37,6	d	15,0	c	47,3	a	0,40	ab
Média	49,3		18,2		32,4		0,38	
CV (%)	3,00		11,72		6,96		14,11	
F	0,000001*		0,00106*		0,00002*		0,00139*	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). * = significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

4.6.1 Colmo

Foi observada diferença significativa na porcentagem de colmo presente nas amostras das cultivares. A cultivar de trigo TBio Energix apresentou 60,7 % de colmos em relação a massa total da planta, por outro lado, a cultivar de trigo BRS Pastoreio apresentou 37,6 %.

Leão et al., (2019), avaliando aspectos produtivos e nutricionais de cereais de inverno, obtiveram valores médios de 41% para a cultivar de trigo Gralha Azul, e 61% para a cultivar de aveia preta Neblina, mesma cultivar utilizada no presente estudo. Neumann et al., (2019) observaram que o centeio, que demonstrou ser a espécie com maior participação de colmo na silagem, também obteve o maior teor de FDA entre as cultivares estudadas. Os autores explicaram que o colmo é uma porção rica em celulose e lignina da planta e, portanto, tem conexão direta com o ter de fibra em detergente ácido. No presente estudo não foi observada diferença significativa de FDA entre as silagens estudadas.

4.6.2 Folha

Houve diferença significativa para a quantidade de folhas sobre a massa total da amostra entre as cultivares estudadas. Destaque para o trigo BRS Tarumã, que apresentou 23,9 % de folhas, em contrapartida, a cultivar de trigo TBio Energix apresentou 12,6 % de folhas.

Resultados similares aos obtidos para a cultivar de trigo BRS Tarumã foram encontrados por Leão et al., (2019), já para a aveia preta, os autores obtiveram 21% de folhas na composição, enquanto no presente estudo a mesma cultivar obteve 17%.

De acordo com Horst et al., (2017), uma alta concentração de folhas implica em maior concentração de nutrientes digestíveis na matéria seca, porém, esta afirmação não se fez verdadeira no presente estudo, onde não foi constatada diferença significativa para os valores de nutrientes digestíveis totais das silagens.

4.6.3 Relação espiga ou panícula com massa aérea total

Houve diferença significativa para a porcentagem de espiga/panícula sobre a massa total das plantas para as cultivares estudadas. A cultivar de trigo BRS Pastoreio destacou-se das demais, obtendo 47,3 % de espigas sobre a massa total. As outras cultivares apresentaram valores entre 32 e 26,5 %, não diferenciando entre si.

A porcentagem de espigas encontrada na cultivar de trigo BRS Pastoreio é superior ao encontrado por Leão et al., (2019), que obtiveram 35% de espigas com a cultivar Gralha Azul, porém, as outras cultivares obtiveram valores ligeiramente inferiores (29,1; 26,9 e 26,5%). Para a cultivar de aveia preta Neblina, os autores obtiveram 17% de panículas, valor inferior ao encontrado neste experimento (32%).

A maior proporção de grãos confere melhor qualidade à silagem (MAYOMBO et al., (1997). Porém, a fração fibrosa do caule, folhas e espiga, combinadas com o percentual de cada uma destas partes na silagem também determina o valor nutritivo do material (BARRIÈRE et al., 1997).

4.6.4 Relação folha/colmo

Foi observada diferença significativa na relação folha/colmo das cultivares estudadas. A cultivar de trigo BRS Tarumã obteve o maior valor (0,51), porém, não foi diferente estatisticamente das cultivares BRS Tarumaxi (0,42), e BRS Pastoreio (0,40).

Já a cultivar de trigo Tbio Energix obteve o menor valor (0,21), e diferenciou-se das demais. Leão et al., (2019) obtiveram valores similares de relação folha/colmo para trigo (0,56) e aveia preta (0,34).

Estes valores podem estar ligados ao fato de que o trigo BRS Tarumã possui crescimento prostrado e é indicado apenas para pastejo, sendo característica da cultivar a grande produção de folhas durante todo o ciclo. Já o trigo Tbio Energix é uma mistura de duas cultivares (Tbio Energia 1 e Tbio Energia 2) de ciclo precoce, que são indicadas apenas para a ensilagem, e tende a diminuir a quantidade de folhas para concentrar no enchimento dos grãos da espiga quando chega na época reprodutiva.

5 CONCLUSÃO

Todas as cultivares e misturas avaliadas possuem boas características fermentativas e adequado valor nutritivo, o que as tornam ótimas opções para para o cultivo de inverno.

A aveia-preta Neblina e a cultivar de trigo TBio Energix 201 são os genótipos mais precoces para ensilagem.

A aveia-preta Neblina foi destaque quanto a produção de matéria seca ensilável.

A cultivar de trigo BRS Pastoreio pode ser misturada com Tbio Energix, BRS Tarumã e BRS Tarumaxi, antecipando ou prolongando o período de colheita em 15 dias.

A cultivar de trigo Tbio Energix apresenta maior proporção de colmo em relação as demais.

A cultivar de trigo BRS Tarumã apresenta maior proporção de folha, não sendo estatisticamente diferente da cultivar BRS Tarumaxi.

A cultivar de trigo BRS Pastoreio apresenta maior proporção de espiga em relação as demais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of A.O.A.C. International**. 20 ed. 2016.

ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; FIGUEIREDO, H. C. P.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, O. G.; SCHWAN, R. F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 779-787, 2009.

BEAUCHEMIN, K. A. Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 7, p. 439-463, 1991.

BALDWIN, R. L.; ALLISON, M. J. Rumen metabolism. **Journal of Animal Science**, v. 57, p. 461-477, 1983. Supplement 2.

BARRIÈRE, Y.; ARGILLIER, O.; MICHALET-DOREAU, B.; HÉBERT, Y.; GUINGO, E.; GIAUFFRET, C.; ÉMILE, J. C. Relevant traits, genetic variation and breeding strategies in early silage maize. **Agronomie**, v. 17, n. 5, p. 395-411, 1997.

BOLSEN, K. K. Silage technology. In: AUSTRALIAN MAIZE CONFERENCE, 2., Queensland. Proceedings... Queensland: Gatton College, 1996. p. 1-30, 1996.

BOLSEN, K. K.; BERGER, L. L.; CONWAY, K. L.; RILEY, J. G. Wheat, barley and corn silages for growing steers and lambs. **Journal of Animal Science**, v. 42, n. 1, 1976.

BRUCKNER, P. L.; HANNA, W. W. In vitro digestibility of fresh leaves and stems of small-grain species and genotypes. **Crop Science**, v. 30, p. 196-202, 1990.

BUENO, A. V. I.; RIBEIRO, M. G.; JACOVACI, F. A.; TRÊS, T. T.; LEÃO, G. F. M.; GOMES, A.; LUIZA M.; JOBIM, C. C. Valor nutricional e produção de matéria seca digestível de cultivares de aveia visando à produção de silagem. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, 2020.

BUMBIERIS JR., V. H.; OLIVEIRA, M. R.; JOBIM, C. C.; BARBOSA, M. A. A. F.; CASTRO, L. M.; BARBERO, R. P. Perspectivas para uso de silagem de cereais de inverno no Brasil. In: SIMPÓSIO PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2011.

BURNS, J. C.; POND, K. R.; FISHER, D. S. Measurement of Forage Intake. In: FAHEY, G. C. (Ed). **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994.

BUXTON, D. R. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. **Animal Feed Science and Technology**, v. 59, p. 37–49, 1996.

BUXTON, D. R.; MERTENS, D. R.; MOORE, K. J.; BOYD, L. J.; OLDFIELD, J. E. Forage Quality for Ruminants: Plant and Animal Considerations. **The Professional Animal Scientist**, v. 11, p. 121–131, 1995.

BUXTON, D.R.; MERTENS, D.R.; FISHER, D.S. Forage quality and ruminant utilization. In: MOSER L. E. et al. (Eds.) **Cool-season forage grasses**. Madison: ASA, CSSA, and SSSA, 1996. p. 229-266.

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing Silage Quality. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds). **Silage Science and Technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 141-198.

COLLINS, M.; NEWMAN, Y. C. Forage Quality. In: In: MOORE, K. J.; COLLINS, M. C.; NELSON, J.; REDFEARN, D. D. (Eds). **Forages: the science of grassland agriculture**. 7. Ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2018.

COLLINS, M.; MOORE, K. J. Preservation of forage as hay and silage. In: In: MOORE, K. J.; COLLINS, M. C.; NELSON, J.; REDFEARN, D. D. (Eds). **Forages: the science of grassland agriculture**. 7. Ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2018

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim de Monitoramento Agrícola**, Brasília, DF, v. 10, n. 10, Out. 2021.

CONRAD, H. R.; BAILE C. A.; MAYER, J. Changing meal patterns and suppression of feed intake with increasing amounts of dietary nonprotein nitrogen in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 60, p. 1725-1733, 1977.

CUNHA, G. R. **Meteorologia: fatos e mitos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1997. 268 p.

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.

FONTANELI, Ren. S.; DEL DUCA, L. J.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, Rob. S.; CAIERÃO, E. Trigo de duplo propósito. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011, p. 239-252.

FONTANELI, R.S. Trigo de duplo-propósito na integração lavoura-pecuária. **Revista Plantio Direto**, v. 16, n. 99, p. 29-32, 2007.

FONTANELI, Ren.S.; SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, Rob.S. (eds.). **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2012. 544p. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/li/p_li01.htm>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FONTANELI, Rob. S.; FONTANELI, Ren. S. Qualidade e valor nutritivo de forragem. In: FONTANELI, Ren. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, Rob. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. p. 27-50.

FONTANELI, Rob. S.; FONTANELI, Ren. S. Silagem de cereais de inverno In: FONTANELI, Ren. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, Rob. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 143-149.b

FONTANELI, Rob. S.; FONTANELI, Ren. S. Uso e abuso da espectroscopia no infravermelho proximal (NIRS). In: RENNÓ, F. P.; PRADO E SILVA, L. F. Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes. 2007, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: USP, 2007. p. 160-193.

FREITAS, P. M. D.; CARVALHO, G. G. P. de; SANTOS, E. M.; ARAUJO, G. G. L.; OLIVEIRA, J. S. de; PIRES, A. J. V.; MARANHÃO, C. M. de A.; RODRIGUES, T. C. G. de C.; PINTO, L. F. B. Qualitative parameters of pearl millet silage ammoniated with urea, at different compaction densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 679-689, 2017.

GISMERVIK, K.; RANDBY, A. T.; RORVIK, L. M.; BRUHEIM, T.; ANDERSEN, A.; HERNANDEZ, M.; SKAAR, I. Effect of invasive slug populations (*Arion vulgaris*) on grass silage. II: Microbiological quality and feed safety. **Animal Feed Science and Technology**, v. 199, p. 20-28, 2015.

HANCOCK, D.W.; SAHA, U.; STEWART, R. L. JR.; BERNARD, J. K.; SMITH, R. C. III; JOHNSON J. M. Understanding and Improving Forage Quality. Disponível em: <<http://nwdistrict.ifas.ufl.edu/phag/files/2014/05/UGA-Understanding-and-Improving-Forage-Quality.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2020.

HATFIELD, R. D.; KALSCHEUR, K. F. Carbohydrate and Protein Nutritional Chemistry of Forages. In: MOORE, K. J.; COLLINS, M. C.; NELSON, J.; REDFEARN, D. D. (Eds). **Forages: the science of grassland agriculture**. 7. Ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2020.

HOLECHECK, J. L.; VAVRA, M.; PIEPER, R. D. Methods for Determining the Nutritive Quality of Range Ruminant Diets: A Review. **Journal of Animal Science**, v. 54, p. 363–376, 1982.

HORST, E. H. **Produção e qualidade nutricional da forragem e da silagem pré-secada de diferentes cereais de inverno colhidos em estágio de pré-florescimento**. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2016.

HORST, E. H.; NEUMANN, M.; SANTOS, J. C. dos; MAREZE, J.; MIZUBUTI, I. Y.; BUMBIERIS JÚNIOR, V. H. Fiber composition and degradability of cold season green forage and pre-dried silage harvested at pre-flowering. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 2041–2049, 2017.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 852-867, 1997.

INSITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, v.1, p. 125-130. Ed. São Paulo: PROL, 2005.

JOBIM, C. C.; NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M. R1.; TRÊS, T. T.; MARAFON, F.; SILVA, M. S. J.; OLIVEIRA, T. M. Performance of feedlot steers fed corn and wheat silage. In: 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE FORAGE CONSERVATION. 15., 2013, High Tatras, Slovak Republic. **Annals...**High Tatras, 2013.

KASSA, S. R. Role of probiotics in rumen fermentation and animal performance: A review. **International Journal of Livestock Production**, v. 7, n. 5, p. 24–32, 2016.

KMICIKEWYCZ, A.D.; HEINRICHS, A.J. Effect of corn silage particle size and supplemental hay on rumen pH and feed preference by dairy cows fed high-starch diets. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 373–385, 2015.

KUNG, L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J.; SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 4020–4033, 2018.

LEÃO, G. F. M.; JOBIM, C. C.; NEUMANN, M.; HORST, E. H.; SANTOS, S. K. dos; VENANCIO, B. J.; SANTOS, L. C. Nutritional composition and aerobic stability of winter cereal silage at different storage times. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, p. 131–, 2017.

LEÃO, G. F. M.; JOBIM, C. C.; NEUMANN, M.; SANTOS, S. K. dos; HORST, E. H.; SANTOS, L. C. dos. Aspectos produtivos e nutricionais de cereais de inverno em regimes de corte para ensilagem. **Archivos de zootecnia**, v. 68, p. 168-175, 2019.

LEHMEN, R. I.; FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, v. 44, n. 7, p. 1180-1185, 2014.

LOHRENZ, A.K.; DUSKE, K.; SCHÖNHUSEN, U.; LOSAND, B.; SEYFERT, H. M.; METGES, C. C.; HAMMON, H. M. Glucose transporters and enzymes related to glucose synthesis in small intestinal mucosa of mid-lactation dairy cows fed 2 levels of starch. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 4546-4555, 2011.

LOURES, D. R. S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; SOUZA, A. L. de. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1851-1858, 2003.

MACÊDO, A. J. da S.; SANTOS, E. M. Princípios básicos para produção de silagem. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**, UNIPAR, Umuarama, v. 22, n. 4, p. 147-156, 2019.

MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L. de.; EDVAN, R. L.; OLIVEIRA, J. S. de.; PERAZZO, A. F.; SÁ, W. C. C. dos S.; PEREIRA, D. M. Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 35, n. 2, p. 121-129, 2018.

MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F. Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 18, n. 9, set. 2017.

MAYOMBO, A.P.; DUFRASNE, I.; HORNICK, J.L.; DIEZ, M.; ISTASSE, L. Influence du stade de maturité de la plante de may récolté pour ensilage sur la composition, la digestibilité apparente, les caractéristiques de fermentation dans le rume et les performances zootechniques chez le taurillon à l'engraissement. *Animal Zootech*, v. 46, n. 1, p. 43-55, 1997.

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage**. John Wiley and Sons, Ltd., Chichester, UK. 1981.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.; HERON, S. J. **The Biochemistry of Silage**, 2 ed., Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, 1991.

MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; VIÉGAS, J.; NÖRNBERG, J. L.; AGNOLIN, C. A.; SCHEIBLER, R. B.; HORST, T.; FONTANELI, R. S. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 10, p. 2097-2104, 2011.

MILLS, J.A.N.; FRANCE, J.; ELLIS, J.L.; CROMPTON, L. A.; BANNINK, A.; HANIGAN, M. D.; DIJKSTRA, J. A mechanistic model of small intestinal starch digestion and glucose uptake in the cow. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 4650-4670, 2017.

MINELLA, E. Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2017 e 2018. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CEVADA, 31. 2017, Guarapuava, PR. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2017. 104 p.

MOSER, L. E.; BUXTON, D. R.; CASLER, M. D.; BUXTON, D. R.; MERTENS, D. R.; FISHER, D. S. Forage Quality and Ruminant Utilization. In: MOSER, L.; BUXTON, D.; CASLER, M. (Eds). **Cool-Season Forage Grasses**. Madison: American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc. 1996. p. 229-266.

MOTT, G.O.; MOORE, J. E. Evaluating forage production. In M.E. HEATH et al. (Eds.) **Forages: The science of grassland agriculture**. Iowa State Univ. Press, Ames, IA. 1985. p. 422-429.

MUCK, E. R.; KUNG JR, L.; COLLINS, M. Silage production. In: MOORE, K. J.; COLLINS, M. C.; NELSON, J.; REDFEARN, D. D. (Eds). **Forages: the science of grassland agriculture**. Vol 2. 7. Ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2020.

NEUMANN, M.; DOCHWAT, A.; HORST, E. H.; VENANCIO, B. J.; SANTOS, J. C.; HEKER JUNIOR, J. C.; CRISTO, F. B.; SANTOS, L. C.; SILVA, E. P. e. Productivity, profitability and nutritional quality of forage and silage of winter cereals. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 1275, 2019.

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3598-3629, 1991.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academies Press, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. (6th Rev. Ed.). Washington, DC: NRC, 1989.

NUSSIO L. G.; PAZIANI S. F.; NUSSIO C. M. B. Ensilagem de capins tropicais. **Acervo da Embrapa**. 2002. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPPE/14080/1/PROCICMBN2002.00031.PDF>>

OHSHIMA, M.; MCDONALD, P. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. **Journal of the Science and Food Agriculture**, v. 29, p. 497, 1978.

ORSKOV, E. R. Starch digestion and utilisation in ruminants. **Journal of Animal Science**, p. 1624-1633, 1986.

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S. J. W. H. O.; SPOELSTRA, S. F. Microbiology of Ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage Science and Technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003.

PEREIRA, O. G.; BERNARDINO, F. S. Controle de efluentes na produção de silagem. In: PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; FONSECA, D. M. de; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2004. p. 509-545.

RAMOS, J. P. F.; SOUSA, W. H.; SANTOS, E. M.; MEDEIROS, A. N.; MOURA, J. F.; LIMA JUNIOR, A. C.; CARTAXO, F. Q.; OLIVEIRA, J. S. de; SILVA, M. A. Fontes de volumoso em dieta para cabras anglo nubianas em lactação: consumo, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 18, n. 3, p. 1-20, 2017.

RECH, C. L. de S.; XAVIER, E. G.; DEL PINO, F. A. B.; ROLL, V. F. B.; RECH, J. L.; CARDOSO H. B. P.; NASCIMENTO P. V. N. Determinação do nitrogênio amoniacal. In: RECH, C. L. de S.; XAVIER, E. G.; DEL PINO, F. A. B.; ROLL, V. F. B.; RECH, J. L.; CARDOSO H. B. P.; NASCIMENTO P. V. N. **Análises Bromatológicas e Segurança Laboratorial**, Pelotas: UFPel, 2006. p. 41-42.

REYNOLDS, C.K.; HUMPHRIES, D.J.; VAN VUUREN, A.M.; BANNINK, A. Considerations for feeding starch to high-yielding dairy cows. **Journal of Recent Advances on Animal Nutrition**, p. 9-11, 2014.

RODRIGUES, P. H. M.; LOBO, J. R.; SILVA, E. J. A. da; BORGES, L. F. O.; MEYER, P. M.; DEMARCHI, J. J. A. de A. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1751-1760, 2007.

ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D. Biochemistry of Ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage Science and Technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 95-139.

ROSÁRIO, J. G.; NEUMANN, M.; UENO, R. K.; MARCONDES, M. M.; MENDES, M. C. Produção e utilização de silagem de trigo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 5, n. 1, p. 207-218, 2012.

RUTENBERG, R.; GRANIT, R.; CHEN, Y.; POVERENOV, E.; WEINBERG, A. G. Encapsulated propionic acid as a silage additive. **Israel Journal of Plant Sciences**, v. 63, n. 1, p. 58-63, 2016.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; AGRANIONIK, H.; FONTANELI, R. S. Acúmulo de biomassa e composição bromatológica de milhetos das cultivares comum e africano. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 4, p. 483-486, 2004.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; DÜRR, J. W.; FONTANELI, R. S. **Valor nutritivo de forragens: concentrados, pastagens e silagens**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo - Centro de Pesquisa em Alimentação, 2003. 31p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. Determinação do pH, da acidez titulável e do ácido láctico da silagem. In: SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. (Ed.). **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. p. 163-168.

SOLLENBERGER, L. E.; VANZANT, E. S. Interrelationships among Forage Nutritive Value and Quantity and Individual Animal Performance. **Crop Science**, v. 51, n. 2, p. 420, 2011.

STANLEY, R. L. Cool-season grasses. Ryegrass, small grains, and tall fescue. In: CHAMBLISS, C. (Ed.) **Florida forage handbook**. Gainesville: University of Florida, 1999. p. 65-67.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

TEIXEIRA, R. F.; BUFFIÈRE, P.; BAYARD, R. Ensiling for biogas production: Critical parameters. A review. **Biomass and Bioenergy**, v. 94, p. 94–104, 2016.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; BORGES, I. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20 p. (Documentos, 57).

VALENTE, B. S. M.; CÂNDIDO, M. J. D.; CUTRIM JUNIOR, J. A. A.; PEREIRA, E. S.; BOMFIM, M. A. D.; FEITOSA, J. V. Composição químico-bromatológica, digestibilidade e degradação in situ da dieta de ovinos em capim-tanzânia sob três frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 113-120, Jan. 2010.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WILKINSON, L. M.; HILL, L.; LEAVER, J. D. Effect of swath treatment and period of wilting on field losses, ensiling characteristics and feeding value of grass silage. **Grass and Forage Science**, v. 53, p. 227-236, 2001.

WOOLFORD, M. K. Managing aerobic deterioration in silage. In: **Silage management**. Natl. Feed Ingrid. Assoc., W. Des Moines, IA, 1984, p. 42-74.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.