

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS REALEZA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE, BEM-ESTAR E PRODUÇÃO**  
**ANIMAL SUSTENTÁVEL NA FRONTEIRA SUL**

**ANA ALINE DE OLIVEIRA KOLCHESKI**

**PRODUÇÃO DE SILAGEM DE FORRAGEIRAS DE INVERNO EM SISTEMA DE**  
**TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA**

**REALEZA**

**2023**

**ANA ALINE DE OLIVEIRA KOLCHESKI**

**PRODUÇÃO DE SILAGEM DE FORRAGEIRAS DE INVERNO EM SISTEMA DE  
TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde, Bem-Estar e Produção Animal Sustentável na Fronteira Sul da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Saúde, Bem-Estar e Produção Animal Sustentável na Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Jonatas Cattelan

**REALEZA**

**2023**

### **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Kolcheski, Ana Aline de Oliveira  
PRODUÇÃO DE SILAGEM DE FORRAGEIRAS DE INVERNO EM  
SISTEMA DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA / Ana Aline de  
Oliveira Kolcheski. -- 2023.  
40 f.

Orientador: Doutor Jonatas Cattelam

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da  
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Saúde,  
Bem-Estar e Produção Animal Sustentável Na Fronteira  
Sul, Realeza, PR, 2023.

1. Agroecologia. Ácidos orgânicos. Matéria seca.  
Processo de ensilagem. Potencial de hidrogênio.. I.  
Cattelam, Jonatas, orient. II. Universidade Federal da  
Fronteira Sul. III. Título.

**ANA ALINE DE OLIVEIRA KOLCHESKI**

**PRODUÇÃO DE SILAGEM DE FORRAGEIRAS DE INVERNO EM SISTEMA DE  
TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde, Bem-Estar e Produção Animal Sustentável na Fronteira Sul da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Saúde, Bem-Estar e Produção Animal Sustentável na Fronteira Sul.

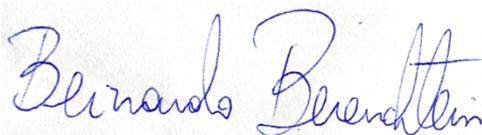
Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 13/12/2023

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Jonas Cattelam – UFFS  
Orientador



---

Prof. Dr. Bernardo Berenchtein – UFFS  
Avaliador



---

Prof. Dr. Fernando Reimann Skonieski – UTFPR  
Avaliador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família, especialmente meu esposo Cristiano Zanella e meu Filho Miguel Augusto Zanella que vem me apoiando e dando força para seguir estudando e buscando aprimoramento profissional.

Agradeço também a todos os colegas que estiveram envolvidos na realização deste projeto e principalmente ao meu orientador por todo apoio desde o início do mestrado e por não me deixar desistir nos momentos difíceis, me apoiando e servindo de exemplo de profissional ético e comprometido com seus alunos.

## RESUMO

Os sistemas de produção agroecológicos têm como objetivo a produção de alimento em quantidade e qualidade de maneira sustentável, visando a diminuição dos impactos sociais e ambientais decorrentes das explorações agropecuárias. A transição agroecológica trata-se de um processo de mudança gradual do sistema convencional para o agroecológico, fator importante para evitar perdas significativas na produtividade devido a mudança no manejo do solo e controle gradativo das pragas, principalmente, durante a implantação do novo sistema. A pecuária é responsável pela produção de alimentos importantíssimos, no entanto, a criação de animais faz com que seja necessária a produção de cereais e pastagens para sua alimentação, buscando evitar danos ao meio ambiente e melhorar o manejo do solo é necessário adaptar a produção e torná-la sustentável. Desse modo, o presente estudo teve por objetivo avaliar a produtividade de diferentes espécies de forrageiras de inverno em sistema de transição agroecológica, bem como a qualidade da silagem produzida a partir das mesmas. Foram avaliadas a produtividade e a qualidade da silagem de diferentes forrageiras de inverno, sendo essas: trigo silageiro (*Triticum aestivum* spp.), aveia branca (*Avena sativa*) e aveia preta (*Avena strigosa*). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três tratamentos e seis repetições por tratamento, sendo cada parcela considerada uma unidade experimental. O experimento foi realizado por três anos consecutivos entre os anos de 2019 e 2021, no mesmo local e na mesma época de cultivo. O corte das forrageiras para ensilagem foi realizado quando uma das forrageiras cultivadas atingiu o estágio de grão pastoso à massa firme, com intuito de avaliar a precocidade das mesmas e sua produtividade sem interferir na implantação do plantio de cultivares de verão. Prévio à realização do corte para ensilagem, foi mensurado a altura da forrageira e a produtividade das mesmas. Foi realizada a separação dos seus componentes estruturais e quantificação de matéria seca. A produtividade, em kg de matéria verde/ ha foi superior à aveia preta, porém não diferiu das demais forrageiras quando avaliada em relação a kg de matéria seca/ ha. A aveia preta apresentou maior altura e taxa de crescimento que as demais forrageiras, assim como apresentou maior participação de colmo e folhas no material ensilado. O trigo silageiro e a aveia branca apresentaram maior participação de grãos no material ensilado e maior participação de material triturado com menores tamanhos de partículas. Nas diferentes silagens produzidas observou-se participação expressiva do ácido láctico, demonstrando bom desenvolvimento de bactérias ácido lácticas, que auxiliam na queda do pH da silagem e, conseqüentemente, inibe o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

Palavras-chave: Agroecologia. Ácidos orgânicos. Matéria seca. Processo de ensilagem. Potencial de hidrogênio.

## ABSTRACT

Agroecological production systems aim to produce food in quantity and quality in a sustainable way, aiming to reduce the social and environmental impacts resulting from agricultural holdings. The agroecological transition is a gradual process of change in the system conventional to agroecological, important factor to avoid significant losses in productivity due to changes in soil management and, gradual control of pests, mainly during the implementation of the new system. Livestock farming is responsible for the production of very important foods, however, the creation of animals makes it necessary to produce cereals and pastures, seeking to avoid damage to the environment and improve soil management, it is necessary to adapt production and make it sustainable. The goal of this research was to evaluate the productivity of different species of winter forages in an agroecological transition system and the quality of the silage produced. Were evaluated productivity and silage quality of different winter forages: silage wheat (*Triticum aestivum* spp.), white oats (*Avena sativa*) and oats black (*Avena strigosa*). The experimental design used was one-block randomized, with three treatments and six replications per treatment, with each plot considered an experimental unit. The experiment was carried out during three years consecutives between 2019 and 2021, in the same place and at the same time of cultivation. Forage chopping for silage was carried out when one of the cultivated forages reached the stage from pasty grain to firm mass, with the aim of evaluating their precocity and their productivity without interfering in the implementation of the planting of summer cultivars. Before chopping for silage, the height of the forage and productivity were measured. The separation of structural components and dry matter quantification were carried out. The productivity, in kg of natural matter/ha, was higher than that of black oats, however did not differ from other forages when evaluated in relation to kg of dry matter/ ha. Black oat presented greater height and growth rate than other forages, as well as presenting a greater share of stalks and leaves in the ensiled material. Silage wheat and white oats presented higher participation of grains in ensiled material and, greater share of crushed material with smaller particle sizes. Significant participation of lactic acid was observed for the different silages, showing good development of lactic acid bacteria, which help to reduce the pH of the silage and, consequently, inhibits the development of undesirable microorganisms.

Keywords: Agroecology. Organic acids. Dry matter. Silage process. Hydrogen potential.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do solo da área utilizada no cultivo da forrageiras de inverno para produção de silagem	27
Tabela 2 – Características produtivas de forrageiras de inverno destinadas a produção de silagem	28
Tabela 3 – Composição física de forrageiras de inverno destinadas a produção de silagem	29
Tabela 4 – Retenção de partículas em peneira <i>Penn State Particule Size</i> do material triturado de diferentes forrageiras de inverno	30
Tabela 5 – Potencial de hidrogênio (pH) durante o processo fermentativo da silagem de diferentes forrageiras de inverno	31
Tabela 6 – Concentrações dos ácidos orgânicos da silagem de diferentes forrageiras de inverno	32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>09</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
2.1	PRODUÇÃO DE SILAGEM .....	11
2.2	FORAGEIRAS DE INVERNO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM	12
2.3	QUALIDADE DA SILAGEM DE FORRAGEIRAS DE INVERNO	13
2.4	ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA PRODUÇÃO FORRAGEIRA	14
<b>3</b>	<b>ARTIGO 1 - Produtividade e qualidade da silagem de forrageiras de inverno produzidas em sistema de transição agroecológica</b>	<b>16</b>
	Resumo	16
	Abstract	16
	Introdução	17
	Material e Métodos	18
	Resultados e Discussão	21
	Conclusões	26
	Referências	26
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção agroecológicos têm como objetivo a produção de alimento em quantidade e qualidade de maneira sustentável, visando a diminuição dos impactos sociais e ambientais decorrentes das explorações agropecuárias, como a erosão do solo, contaminação das águas, diminuição da biodiversidade, entre outros fatores. Para iniciar um sistema de produção agroecológico faz-se necessário passar por um sistema de transição agroecológica (PACHECO et al., 2021).

A transição agroecológica trata-se de um processo de mudança gradual do sistema convencional para o agroecológico, fator importante para evitar perdas significativas na produtividade devido a mudança no manejo do solo, principalmente, até que o sistema atinja equilíbrio, além de auxiliar no controle gradativo das pragas durante a implantação do novo sistema. Logo, no período de transição ainda é permitido o uso de insumos agroquímicos, no entanto, em menor quantidade, adequando o manejo para uso de adubos orgânicos e produtos biológicos para controle de pragas (MEDEIROS, CARVALHO e STRASSBURGER, 2011; PACHECO et al., 2021).

A pecuária tem grande participação na produção de alimentos no Brasil, sendo fonte da proteína através da carne, dos ovos e do leite, principalmente. E a alimentação desses animais é responsável por parte expressiva da produção agrícola no país, ocupando espaço para produção de grãos para fabricação de ração e também destinados à pastagens e produção de cereais próprios para a produção de silagem, neste último principalmente o milho. Como os animais necessitam de alimentação durante todo o ano, pode ocorrer a ausência de rotatividade de culturas, o que prejudica a qualidade do solo.

A ausência de rotatividade pode ser justificada pela baixa oferta de forragens de qualidade nos meses de inverno, tornando-se necessária a armazenagem de alimento para este período durante o verão, reduzindo a escassez de alimento e garantindo a manutenção dos índices zootécnicos dos rebanhos bovinos. (FONTANELI e FONTANELI, 2009; LEHMEN et al., 2014).

Na região Sul do Brasil pode-se considerar comum a utilização de forrageiras de inverno, utilizadas em cultivo singular ou consorciado, em áreas integradas com cultivos estivais (grãos ou pastos de verão), ou sobressemeadas em pastagens

naturais (NABINGER, 2006). No entanto, uma das formas de melhor explorar a produtividade destas forrageiras na produção animal, está a possibilidade de empregá-las na produção de forragens conservadas, pois esses cereais podem ser utilizados para produção de feno, pré-secado, grãos, pastagens, cobertura de solo e silagem. (FONTANELI e FONTANELI, 2009). Dessa forma, aumenta a possibilidade de produção de alimento para os animais e forragens conservadas no período de inverno (FONTANELI e FONTANELI, 2009).

A produtividade e qualidade da silagem obtida pode variar bastante em virtude da fertilidade do solo utilizado e da qualidade e quantidade de fertilizantes empregados na produção forrageira. Em geral, são utilizados fertilizantes químicos, tanto como adubação de base como de cobertura, porém em transição agroecológica deve-se buscar por alternativas orgânicas para a adubação do solo, como por exemplo a cama de frango que é mais rica em nutrientes, chegando a apresentar até duas ou três vezes mais nitrogênio, fósforo e potássio somados, quando comparado a esterco de outros animais (KIEHL, 2010). Desse modo, o presente estudo teve por objetivo avaliar a produtividade de diferentes espécies de forrageiras de inverno em sistema de transição agroecológica, bem como a qualidade da silagem produzida a partir das mesmas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PRODUÇÃO DE SILAGEM

A região Sul apresenta grande potencial produtivo para as forrageiras de inverno, sendo utilizadas para a produção de grãos, cobertura no sistema de plantio direto e pastagens (FONTANELI e FONTANELI, 2009). Desta forma, essas forrageiras podem ser utilizadas para pastejo durante seu crescimento, apresentando elevados níveis de digestibilidade e proteína, associados a baixos teores de fibra (FONTANELI e FONTANELI, 2012), ou para a produção de silagem, a qual permite estocar alimento de qualidade por longos períodos, porém, ainda é pouco empregada nesses casos.

As plantas mais utilizadas para a confecção de silagem são o milho, a partir da planta inteira, ou apenas do grão para silagem de grão úmido, sorgo, gramíneas tropicais e, além dessas, podem ser utilizadas as pastagens de azevém e tifton (HORN, 2013). Entretanto, há necessidade de estudar a utilização de novas culturas na confecção da silagem, no sentido de reduzir os custos de produção, bem como de diversificar as opções. Segundo Bumbieris Junior et al. (2011) a aveia possui várias finalidades, podendo ser utilizada na produção de grãos (aveia branca), cobertura de solo para plantio direto (aveia preta) e produção de forragem para pastejo, corte ou conservada como feno ou silagem. Atualmente a aveia branca e a aveia preta, além do trigo, também passaram a ser utilizados como alternativa para a produção de silagem (FONTANELI, FONTANELI e SANTOS, 2009).

A qualidade da silagem não está relacionada apenas ao solo e as plantas utilizadas para sua confecção, mas também com o processo de ensilagem em si, e dentro deste processo pode-se considerar a avaliação da forrageira para determinar o ponto adequado de corte, o tamanho das partículas, compactação, vedação e abertura do silo. Todos os fatores citados influenciam na qualidade do processo fermentativo, resultando em um material bem conservado e sem expressivas perdas de nutrientes, garantindo que a forragem conservada mantenha valores nutricionais desejáveis e boa digestibilidade (MACÊDO e SANTOS, 2019).

O processo fermentativo adequado é crucial para obtenção de silagem com qualidade, portanto é necessário compreender como ocorre este processo e fornecer o ambiente ideal para isto. Durante o período de pré-fechamento do silo, ou

seja, enquanto o material é colhido e compactado, ocorrem perdas expressivas devido a atividade celular e multiplicação de microrganismos aeróbios, logo este período deve ser o mais breve possível. Após a vedação do silo ocorre a fase de fermentação ativa, devido a ação de microrganismos anaeróbios, principalmente bactérias ácido lácticas, o que resulta em expressiva queda de pH, conservando o alimento e o mantendo estável (SILVA et al., 2014; MACÊDO e SANTOS, 2019).

O material permanece estável até a abertura do silo, onde terá novamente contato com o oxigênio. Nesta fase é necessário planejar com antecedência a quantidade de material a ser retirado diariamente para determinar a dimensão do silo, além de considerar a compactação, pois materiais bem compactados terão menor penetração pelo ar e menor chance de deterioração, possibilitando a retirada de fatias menores comparados a materiais pouco compactados (SILVA et al., 2014; MACÊDO e SANTOS, 2019).

## 2.2 FORRAGEIRAS DE INVERNO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

O uso de forrageiras de inverno para produção de silagem possui inúmeras vantagens como o aproveitamento da terra no período do inverno, produção de volumosos de qualidade, com maiores teores de proteína e de boa digestibilidade, geração de renda com a possibilidade de produção de grãos durante o verão (FONTANELI e FONTANELI, 2009).

Em relação as aveias branca ou preta, ambas podem ser cultivadas no outono/inverno para a produção de grãos e/ou forragem, sendo boa alternativa para suprir as deficiências de pastagens nativas ou cultivadas tropicais, que apresentam valor nutritivo reduzido no fim da estação quente (BOLLER, 2012). As aveias branca ou preta também possuem efeito prolongado sobre as plantas daninhas, mantendo o terreno com baixas infestações por até 85 dias (WOECICHOSHI et al., 2018).

A aveia branca possui alta qualidade e fácil semeadura, além de manejo simplificado que permite ao produtor tanto a utilização para pastagem, capineira, pré-secado e na forma de silagem, possibilitando oferta de forragem com qualidade e boa quantidade nos períodos de vazio forrageiro (NUNES et al., 2011; WOECICHOSHI et al., 2018). Porém, ela necessita de condições de temperatura, luminosidade, suprimento hídrico e umidade adequada para ter bom desempenho. Esses requisitos são basicamente baixas temperaturas, da germinação até o

enchimento de grãos, sendo a temperatura ideal, para o seu máximo rendimento de 9,0° a 15°C, dessa forma considerada como planta de estação fria. No período de maturação essa cultivar é mais tolerante a altas temperaturas diurnas, baixas temperaturas noturnas e baixa umidade.

A aveia preta é uma gramínea de inverno, rústica, não muito exigente em fertilidade de solo, tolerante à acidez, que fornece excelente cobertura do solo por produzir alta quantidade de matéria seca e apresentar boa resposta à adubação nitrogenada e fosfatada, através do aumento da produção de biomassa (DICKMANN, 2015), assemelhando-se muito a aveia branca. Porém, com a maturação os valores nutricionais da aveia branca e da aveia preta alteram-se, modificando a relação entre folhas e colmos, reduzindo a digestibilidade e a concentração de proteína, aumentando o teor de fibra.

O trigo é uma gramínea anual que se desenvolve no inverno. A maior parte das cultivares de trigo é desenvolvida e semeada para a produção de farinha (FONTANELI et al., 2012). Porém, existem variedades de trigo que são indicadas para a produção de silagem, sendo essa cultura considerada bastante versátil. De acordo com Rosário et al. (2012) a cultura do trigo pode produzir de 1,5 a 2,5 vezes mais silagem que gramíneas não graníferas de clima temperado, alcançando níveis de produção superiores a 10.000 kg/ha de MS. Dessa forma, ressalta-se que o trigo se apresenta como uma cultura de notável valor forrageiro e destacado valor nutritivo, assumindo conseqüentemente, um papel de relevância substancial nos sistemas de produção animal notadamente quando destinado à ensilagem.

### 2.3 QUALIDADE DA SILAGEM DE FORRAGEIRAS DE INVERNO

Para a obtenção de silagem de qualidade é necessário que a fermentação seja ideal, como consequência da anaerobiose no interior do silo, resultado da homogeneidade do material picado e compactação para total expulsão do ar (AMARAL et al., 2007). O processo fermentativo até a estabilização do pH ideal do material ensilado limita o crescimento de microrganismos indesejáveis, como é o caso de fungos, responsáveis por desenvolver micotoxinas (GIMENES et al., 2005). Altas densidades no silo promovem a eliminação do oxigênio, garantindo a anaerobiose e reduzindo o custo de estocagem da forragem (AMARAL et al., 2007).

Segundo Fontaneli e Fontaneli (2009), as plantas devem ser ensiladas com umidade entre 65 e 70% (equivalente a 30-35% de matéria seca), trituradas com tamanho adequado, bem compactadas, devidamente vedadas, assim resultando em silagem bem fermentada e de bom valor nutritivo. O avanço dos estádios fenológicos da cultura aumenta a produção de MS, em contrapartida, podem reduzir o valor nutricional da silagem, devido ao aumento dos teores de compostos estruturais como a celulose, hemicelulose e a lignina e redução do conteúdo celular (WROBEL, 2018). Quando a silagem possui teor de umidade elevado, poderá apresentar pH final acima do desejado, além da maior concentração de amônia, ácido butírico e redução na relação entre ácidos láctico/acético.

O valor nutritivo da silagem dos cereais de inverno é geralmente superior em proteína bruta ao da silagem de milho, mas com valor energético inferior devido à constituição anatômica, morfológica e físico-química (FONTANELI e FONTANELI, 2012) e menor quantidade de amido (SCHEFFER-BASSO et al., 2003). O teor de amido é responsável pelo fornecimento de energia aos ruminantes e está diretamente relacionada à produção de leite e carne. No entanto, quando ocorre o consumo excessivo do amido, a fermentação produzida pela sua digestão causa acidificação do rúmen e diminui a digestibilidade do FDN, reduzindo o aproveitamento de nutrientes importantes, presentes no volumoso (BACKMAN e WEISS, 2005; DALL'AGNOL et al. 2022).

## 2.4 TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA

A transição agroecológica é um sistema que se fundamenta em princípios ecológicos, afastando-se das abordagens convencionais. Seu objetivo primordial é fazer uso sustentável e responsável dos recursos naturais, adotando tanto métodos tradicionais quanto tecnologias ecológicas para a gestão da terra (PACHECO *et al.*, 2021).

O destino inadequado de resíduos orgânicos provenientes de atividades agrícolas pode resultar em sérios impactos ambientais, como a eutrofização de corpos d'água, entre outros. Portanto, torna-se essencial a destinação ambientalmente correta desses resíduos. Nesse contexto, a adubação orgânica emerge como um método de revitalização do solo. Esse processo não apenas é

economicamente viável e sustentável, mas também contribui para a captura de carbono pelo solo, atuando como um meio de mitigar o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera, cujas principais fontes incluem a queima de combustíveis fósseis e práticas agrícolas. Dessa forma, a disposição adequada de resíduos orgânicos pode reintroduzir no solo parte do carbono previamente extraído (FINATTO et al., 2013).

Os adubos orgânicos são materiais de origem animal ou vegetal, que podem ser classificados como resíduos ou rejeitos e desempenham um papel crucial na agricultura orgânica ou ecologicamente consciente. São altamente valorizados devido à sua capacidade de enriquecer a fertilidade de solos de baixa qualidade, além de ser uma alternativa mais barata para o produtor. Sua abundância de nutrientes estimula e intensifica a atividade biológica do solo (WEINÄRTNER et al., 2006).

A adubação orgânica na produção de forrageiras juntamente com o espaçamento de plantio, pode propiciar à planta condições favoráveis para o seu desenvolvimento, já que o espaçamento irá favorecer com que a cultivar tenha uma maior área de exposição à luz influenciando seu potencial produtivo. Por outra parte, a adubação orgânica deixará disponível uma maior quantidade de nutrientes para a planta, podendo modificar as características morfométricas e afetar o seu rendimento (DONATO et al., 2014). Silva et al. (2013) nos traz que a utilização de resíduos orgânicos, além de ser uma forma de diminuir o custo de produção de forrageiras e descarte apropriado para os mesmos, também será uma ótima alternativa para as pastagens, ofertando boas concentrações de nutrientes, em principal o nitrogênio.

### 3 ARTIGO 1

#### Produtividade e qualidade da silagem de forrageiras de inverno produzidas em sistema de transição agroecológica <sup>1</sup>

##### Highlight

A aveia preta apresenta maior participação de colmo no material ensilado  
Trigo ou aveia branca produzem silagem com maior participação de grãos  
Silagem de forrageiras de inverno produzem pouco ácido butírico

##### Resumo

O presente estudo teve por objetivo avaliar a produtividade de diferentes espécies de forrageiras de inverno em sistema de transição agroecológica, bem como a qualidade da silagem produzida a partir das mesmas. Foram avaliadas a produtividade e a qualidade da silagem de diferentes forrageiras de estação fria, sendo essas: trigo silageiro (*Triticum* spp.), aveia branca (*Avena sativa*) e aveia preta (*Avena strigosa*). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três tratamentos e seis repetições por tratamento, sendo cada parcela considerada uma unidade experimental. O experimento foi realizado por três anos consecutivos entre os anos de 2019 e 2021. A produtividade (kg MS/ha) não diferiu entre as forrageiras avaliadas, onde o trigo apresentou 12.117,5, a aveia branca 11.801,6 e a aveia preta 11.626,4. Quanto à composição estrutural do material, a aveia preta apresentou maior participação de colmo e também de folhas. Em contrapartida, o trigo silageiro e a aveia branca apresentaram maiores percentuais de inflorescência com grãos no material ensilado. A aveia preta apresentou maiores quantidades de partículas com tamanho superior a 19 mm e 8,0 mm, o que deve estar relacionado a maior altura da forrageira e maior participação de colmo no material ensilado, enquanto o trigo forrageiro e a aveia branca apresentaram maior participação de picado com tamanho inferior a 4,0 mm, pois apresentaram maior quantidade de grãos. O tamanho do picado pode influenciar na digestibilidade da silagem pelos ruminantes. Para avaliação do pH durante o processo fermentativo, a aveia branca, aveia preta e o trigo silageiro apresentaram, no dia 14, valores de pH de 6,01, 5,20 e 4,75, respectivamente. A silagem de trigo apresentou maior concentração de ácido lático que a silagem de aveia preta, com comportamento intermediário para a silagem de aveia branca. As silagens das diferentes forrageiras de inverno produzidas apresentaram baixa participação de ácido butírico. Forrageiras de inverno empregadas para produção de silagem apresentam a mesma produtividade quando submetidas a adubação orgânica, com maiores participações de colmo e folha no material ensilado de aveia preta, enquanto a ensilagem de trigo e aveia branca apresenta maior participação de grãos e de partículas de menor tamanho no material ensilado. A silagem de aveia preta apresentou maior redução de pH e silagem de trigo, maiores concentrações de ácidos orgânicos desejáveis.

**Palavras-chave:** ácidos orgânicos; agroecologia, potencial de Hidrogênio, ensilagem, adubação orgânica.

##### Abstract

The present research aimed to evaluate the productivity of different forage species of winter in an agroecological transition system, as well as the quality of silage produced. Productivity and quality of silage of different cold season forages were evaluated: silage wheat (*Triticum* spp.), white oat (*Avena sativa*) and black oat (*Avena strigosa*). The experimental design used was randomized blocks, with three treatments and six replications per treatment, with each plot considered an experimental unit, and was carried out through three consecutive years between 2019 and 2021. Productivity (kg DM/ha) did not differ between the forages evaluated, where wheat presented 12,117.5, white oats 11,801.6 and black oats 11,626.4. Regarding the structural composition of the material, black oat presented a greater share of stalks and leaves. On the other hand, silage wheat and white oats showed higher percentages of inflorescences with grains in the ensiled material. Black oats presented greater amounts of particles larger than 19 mm and 8.0 mm, which must be related to the greater height of the forage and greater participation of stalks in the material ensiled, while forage wheat and white oats had a greater share of chopped with size less than 4.0 mm, as they presented a greater quantity of grains. The size of the chopped can influence the digestibility of the silage by ruminants. To evaluate the pH during the fermentation process, white oats, black oats and silage wheat presented, on day

---

<sup>1</sup> Manuscrito redigido conforme normas da revista Semina: Ciências Agrárias

14, pH values of 6.01, 5.20 and 4.75, respectively. Wheat silage had a higher concentration of lactic acid than black oat silage, with intermediate behavior compared to white oat silage. The silages produced with different winter forages showed a low level of butyric acid. Winter forages used for silage production have the same productivity when subjected to organic fertilization, with greater shares of stem and leaf in black oat ensiled material, while wheat silage and white oats have a greater share of grains and smaller particles in the ensiled material. Black oat silage has a greater reduction in pH and wheat silage has higher concentrations of organic acids desirable.

**Keywords:** Organic acids; Agroecology. Hydrogen potential. Ensiling. Organic fertilization.

## Introdução

No Brasil as pastagens são a base da alimentação de bovinos, entretanto, devido a estacionalidade produtiva das forrageiras e fatores climáticos, podem ocorrer déficits alimentares que comprometam a manutenção dos índices zootécnicos dos rebanhos. A região sul do Brasil apresenta meses com temperaturas baixas, condições ideais para o cultivo de cereais de inverno que, embora sejam bastante empregados para uso na forma de pastejo, de acordo com Wrobel et al. (2018) também podem ser utilizados para produção de silagem, o que gera benefícios para o sistema de produção como a utilização das áreas em pousio durante o inverno para produção de volumosos de qualidade, além de minimizar os riscos de escassez forrageira devido a fatores climáticos.

A disponibilidade de alimentos de qualidade se faz necessária durante todo o ano, pois o alimento disponibilizado aos animais deve ser homogêneo, para evitar perdas na produtividade dos animais devido a alterações na dieta. Mudanças bruscas na composição da dieta acarretam em alterações no processo digestivo, diminuindo a absorção de nutrientes e consequentemente o ganho de peso ou a produção de leite dos animais durante a adaptação, podendo ou não recuperar a sua produção a depender dos componentes utilizados na nova dieta. Logo, a utilização de forrageiras conservadas, principalmente em forma de silagem, se torna uma alternativa viável para evitar tais problemas (Fontaneli et al., 2007).

Para adequada conservação do material ensilado, alguns fatores são extremamente importantes para que a forragem conservada apresente qualidade adequada, como teor de matéria seca no momento do corte, quantidade de carboidratos solúveis e a capacidade tampão da forragem, pois estes influenciam diretamente os processos fermentativos que irão ocorrer após o fechamento do silo (Wilkinson et al., 2003). Assim, deve ser realizada a escolha correta da forrageira a ser submetida ao processo de conservação, a fim de evitar problemas durante o processo de ensilagem (Macêdo e Santos, 2019).

Para produção de silagem de qualidade, é necessário aliar a composição física e condição fisiológica da planta, com o sistema de produção adequado, evitando elevados teores de matéria seca, bem como alto teor de umidade no material a ser conservado, o que pode ser prejudicial ao processo de ensilagem. Ítavo e Ítavo (2008) destacam que níveis elevados de umidade facilitam a compactação, embora seja indesejável para a fermentação, pois pode resultar em alta produção de calor, ocorrência de fermentações indesejáveis e redução da digestibilidade dos nutrientes.

A alta demanda alimentar dos animais acaba gerando um ciclo produtivo acelerado e estimulando o uso de diversos insumos como agroquímicos e agrotóxicos, visando garantir maior produtividade. No entanto, esses produtos afetam a biodiversidade e o seu manejo inadequado pode interferir na qualidade do

solo e do ecossistema. Uma forma de diminuir esses impactos ambientais seria adaptar o manejo e utilizar alternativas como adubos orgânicos, bio iscas, cultivo de plantas em consórcio ou manejo rotacionado, entre outros, possibilitando a produção de forragens em sistema de produção agroecológico (Franco et al., 2021), (Pacheco, et al., 2021). Tal sistema possui vantagens quando comparado ao convencional, pois diminui a erosão do solo, melhora a qualidade do mesmo, aumenta a produtividade, diversifica a produção, propiciando novas fontes de renda para a família, considerando que grande parte dos pecuaristas brasileiros são pequenos produtores com mão de obra familiar (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2017), (Pacheco, et al., 2021).

O sistema de transição agroecológica permite a mudança do sistema convencional para o agroecológico de maneira gradativa, pois para que a produção agroecológica se torne eficiente é necessário que o ambiente esteja em equilíbrio, o que pode levar algum tempo, caso a mudança do convencional para o agroecológico seja realizado de maneira abrupta, pode ocorrer diminuição expressiva na produtividade. Portanto, o período de transição faz-se necessário para adaptação à adubação orgânica, controle de pragas, entre outros manejos (Silva et al., 2023).

O emprego de adubação orgânica em forragens para produção de silagens ocorre sobretudo em regiões com maiores excedentes desses materiais, como locais com destaques na produção de suínos ou aves, porém é uma estratégia que deve ser melhor compreendida em termos de viabilidade de uso, com garantias de produtividade quando empregada na produção forrageira (Silva et al., 2013). Apesar dos avanços no uso de cereais de inverno na produção de forragem conservada na forma de silagem, seu emprego na produção animal e o desenvolvimento de pesquisas ainda é escasso, sendo necessários mais estudos nessa área da produção forrageira. Desse modo, o presente estudo teve por objetivo avaliar a produtividade de diferentes espécies de forrageiras de inverno em sistema de transição agroecológica, bem como a qualidade da silagem produzida a partir das mesmas.

## **Material e Métodos**

Este estudo foi realizado na área experimental de forragicultura da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* de Realeza/PR. O município está localizado na região Sudoeste Paranaense, Paraná, Brasil, à altitude de 520 m, 25°46' de latitude Sul e 53°31' de longitude Oeste. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é o subtropical úmido (Cfa), com verão quente apresentando temperatura maior que 22°C e nos meses de inverno varia de 3,0 a 18°C (Alvares et al., 2013). O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférico típico com textura argilosa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2011).

Anteriormente à implantação do experimento foi realizada a coleta de amostra do solo para análise química (Tabela 1) e granulométrica no perfil 0,0-20 cm de profundidade, o qual foi coletado com a utilização do trado, desprezando a terra lateral presente no mesmo. Conforme análise granulométrica, o solo da área experimental classificado como tipo 3, muito argiloso, com percentual de 17,50% de areia, 17,50 % silte e 65% de argila.

O experimento foi executado por três anos consecutivos, entre os anos de 2019 e 2021, no mesmo local e na mesma época de cultivo. Durante os períodos que não estava sendo realizado a condução do experimento, a área foi mantida em pousio sendo realizado o cultivo de capim sudão (*Sorghum sudanense*) ou milho (*Pennisetum glaucum*), implantado sob plantio direto, sem uso de qualquer tipo de adubação de base ou cobertura, e sem a realização de qualquer trato cultural.

Foram avaliadas diferentes forrageiras de inverno, sendo essas: aveia branca (*Avena sativa* cv. Corona), aveia preta (*Avena strigosa* cv. Bagual) e o trigo (*Triticum* spp cv. Energix), as quais foram submetidas ao processo de ensilagem. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, composto por seis blocos, cada qual com três parcelas distintas, sendo cada uma correspondente a uma forrageira avaliada. A área experimental foi composta por 18 parcelas, todas com sete metros de comprimento por sete metros de largura (7,0 m x 7,0 m), com área útil de 42 m<sup>2</sup>, desprezando-se as bordaduras.

A preparação do terreno foi realizada através de gradagem para nivelamento e remoção de quaisquer tipos de forragens e plantas daninhas presentes na área. Em seguida foi realizada a adubação orgânica das parcelas, com cama de frango, na quantidade de cinco toneladas por hectare (5,0 ton/ ha), a qual passou pelo processo de curtimento para ser utilizado como adubo. O plantio das forrageiras foi realizado na densidade de 110 kg de sementes por hectare, calculada por uma média entre as especificações das 3 forrageiras estudadas, com espaçamentos de 17,0 cm entre linhas e 4,0 cm de profundidade, de acordo com as indicações de Fontaneli et al. (2007). Para nenhuma das forrageiras avaliadas foram utilizadas sementes que envolvam organismos geneticamente modificados.

Durante o período de desenvolvimento das forrageiras, o controle de plantas invasoras foi efetuado com o arranquio manual. Não foi empregada nenhuma aplicação de herbicida, assim como não se realizou a adubação em cobertura com fertilizantes químicos. Para o controle do ataque por formigas cortadeiras foi utilizado bioisca a base de *Tephrosia candida* (33,5%) e do princípio ativo flavonas saponínicas do tipo rotenóide (0,45%). Foram efetuadas, em cada ano de cultivo, duas pulverizações com calda bordalesa, na quantidade de 350 g do produto diluídas em 20 litros de água, aplicada na proporção de 150 litros por hectare com auxílio de pulverizador costal para controle fúngico nas plantas. Os métodos utilizados para controle de insetos e fungos são adequados e passíveis de serem empregados na produção orgânica de forrageiras.

O corte das forrageiras para ensilagem foi realizado quando uma das forrageiras cultivadas atingiu o estágio de grão pastoso a massa firme, com aproximadamente 35% de matéria seca, no material destinado a ensilagem, conforme indicado por Lehmen et al. (2014). O objetivo em realizar o corte em um mesmo período seria avaliar a precocidade das forrageiras e sua produtividade no mesmo intervalo de tempo, sem atrasar o plantio das forrageiras de verão. Prévio à realização do corte para ensilagem, foi mensurado a altura da forrageira com o uso de régua graduada em cinco pontos distintos de cada parcela. A altura da pastagem foi mensurada do nível do solo até o ponto de máxima altura da inflorescência das plantas, desconsiderando as aristas, quando presentes. Para quantificar a produção das forrageiras, foram realizados, em cada parcela, dois cortes com auxílio de tesoura a 5,0 cm do solo utilizando um quadro com área de 0,0625 m<sup>2</sup> (25,0 cm x 25,0 cm). Essas amostras, após o corte, foram armazenadas em sacolas plásticas, identificadas e direcionadas para o laboratório da UFFS para pesagem.

O material coletado, após a pesagem, foi misturado homogeneamente e então separado em duas sub amostras, sendo uma utilizada para a separação dos componentes físicos da planta, sendo esses: colmo, folha, material senescente e inflorescência com grãos. Após a separação, os componentes foram colocados separadamente em sacos de papel, pesados e postos em estufa de ar forçado a 55°C por 96 horas. Após a secagem, os componentes foram novamente pesados e sua participação na pastagem calculada em relação ao somatório dos pesos secos dos componentes, a fim de estipular sua participação no material ensilado.

A outra sub amostra do material coletado foi utilizada para quantificar o teor de matéria seca (MS) da pastagem. Para tal, essa fração foi colocada em saco de papel, pesada e posta em estufa de ar forçado a 55°C por 96 horas. Após a secagem, este material foi novamente pesado a fim de estimar o teor de matéria seca da pastagem. Assim sendo, o peso dos cortes obtidos nas parcelas foi multiplicado pelo teor de matéria obtido a fim de estipular a produção de matéria seca por hectare. A taxa de acúmulo diário da pastagem foi calculada através da divisão do peso da massa de forragem produzida dividida pelo intervalo de dias entre a emergência e a colheita do material para ensilagem. Conforme exposto acima, após a realização das avaliações nas forrageiras, assim que a mesma atingir o ponto ideal para realizar a ensilagem, toda área das parcelas foi cortada a 5,0 cm do solo, com uso de motosegadeira. O material cortado foi triturado em ensiladeira/colhedora de forragem acoplada ao trator para produção da silagem. O material picado foi armazenado em bolsas de silagem, produzidas com o auxílio de máquina empacotadora e compactadora de silagem. Para cada parcela foi produzido um saco de silagem, com cerca de 15 kg de material, compactado com densidade equivalente a 650 kg/ m<sup>3</sup>, semelhante à densidade de compactação em silos trincheira ou de superfície. O restante do material cortado das parcelas, correspondente a mesma estratégia de adubação, também foi triturado e empacotado nas bolsas de silagem para avaliação do pH durante o processo fermentativo. As bolsas de silagem, com 200 micras de espessura, foram hermeticamente fechadas com o uso de lacres plásticos, identificadas e permaneceram armazenadas em galpão, protegidas de chuva, insolação e vento, para realização das análises.

No momento de confecção da silagem foi realizada a mensuração do pH do material triturado em cada parcela da lavoura. Para mensuração do pH da silagem foi empregada a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006), que consiste na diluição de 9,0 gramas da amostra fresca em 60 mL de água destilada, com leitura do pH após o repouso da amostra por 30 minutos, com a utilização de potenciômetro digital (Peagâmetro). As leituras de pH foram realizadas ao longo do processo fermentativo da silagem, sendo para tal nos dias de aferição de tal variável, era aberto para cada forrageira avaliada um saco de silagem e retirada da porção central duas amostras de silagem para mensurar o pH do material ensilado. O pH do material ensilado foi novamente mensurado no dia 1 (24 horas), dia 4 (96 horas), dia 7 (168 horas), 10 dias (240 horas), e dia 14 (384 horas) após a confecção da silagem. Para cada dia de avaliação do pH foi utilizado um novo saco de silagem ainda não utilizado para cada forrageira avaliada. A coleta das demais amostras foi realizada após 28 dias de vedação, visando maior estabilidade fermentativa (Pereira et al., 2017).

No momento da trituração do material para ensilagem, para cada parcela da lavoura, foi realizada a separação do material pelo tamanho de partículas, utilizando as peneiras *Penn State*, conforme a metodologia descrita por Kononoff et al. (2003), utilizando cerca de 500 gramas de material triturado por avaliação. Para

separação das partículas, foram realizados cinco movimentos de vai e vem em cada uma das posições da peneira, e então o conjunto era girado 90°, o que foi repetido oito vezes, totalizando 40 movimentos. Após o processo de agitação das peneiras, o material contido em cada uma das bandejas foi pesado separadamente, com a finalidade de avaliar a relação entre o tamanho da partícula com o processo fermentativo e analisar a qualidade nutricional do material ensilado.

Em cada ano de avaliação, cerca de 60 dias após a confecção dos sacos de silagem, foi realizada a abertura de um saco de silagem de cada parcela, sendo o conteúdo da extremidade, assim como o material das laterais das bolsas descartados. Parte da silagem coletada será submetida à prensagem com o auxílio de prensa mecânica, para extração do efluente da silagem. No efluente coletado, cerca de 8,0 mL, foram acondicionados em recipientes contendo 2,0 mL da solução com ácido metafosfórico a 20% e congelados a -18 °C para avaliação dos teores de ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico), por cromatografia gasosa. As amostras de efluente da silagem com a solução de ácido metafosfórico, após descongelamento, serão centrifugadas por 10 minutos à 5.000 rpm, para a decantação de possíveis sedimentos presentes na amostra. Após as amostras serão filtradas através filtro para seringa membrana Pes 0,45 µm e acondicionadas em frascos Vials de 2,0 mL, e posteriormente enviada para a central de análises da Fundação de Apoio à Educação Pesquisa Desenvolvimento Científico e Tecnológico da UTFPR em Pato Branco/ PR.

Foram coletadas cerca de 500 g de amostra do material central contido nos sacos de silagem para amostra bromatológica. A amostra coletada foi armazenada em sacos de papel, pesada e encaminhada para estufa de ar forçado a 55 °C por 96 horas, para determinação da matéria pré seca. Após esse período a amostra foi novamente pesada e submetida a moagem em moinho tipo Willey, sendo metade da amostra moída com peneiras de 1,0 milímetro e o restante em peneiras de 2,0 mm, e posteriormente armazenadas em recipientes plásticos apropriados, identificados e armazenados para posteriores análises bromatológicas.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três tratamentos e seis repetições por tratamento, sendo cada parcela considerada uma unidade experimental. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento proc GLM, sendo o modelo matemático adotado:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \beta_j + T_k + \epsilon_{ijk}$$

em que:  $Y_{ij}$  representa as variáveis dependentes;  $\mu$  a média geral das observações;  $A_i$  o efeito do ano de avaliação (utilizado como co-variável);  $\beta_j$  o efeito do bloco;  $T_k$  efeito da forrageira utilizada; e  $\epsilon_{ijk}$  o erro residual aleatório. As médias foram classificadas pelo teste “F” e os parâmetros com efeito significativo foram comparados pelo teste de “t” de Student, com  $\alpha = 0,05$ . As análises estatísticas foram realizadas através do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System, versão 8.2).

## Resultados e Discussão

As três culturas apresentaram produtividades (kg MS/ha) semelhantes de 12.117,5 kg MS/ha para o trigo, 11.801,6 kg MS/ha para a aveia branca e 11.626,4 kg MS/ha para a aveia preta. As produtividades observadas nesta pesquisa estão próximas às relatadas por Leão et al. (2019) que citam produtividades de

11.335; 9.752 e 9.443 kg MS/ha, para trigo, aveia preta e aveia branca, respectivamente, com superioridade do trigo em relação às aveias.

Os teores de matéria seca diferentes observados no momento da ensilagem nas culturas de trigo (41%), aveia branca (33%) e aveia preta (24%) se devem ao fato das forrageiras de inverno terem sido produzidas com o intuito de submetê-las ao processo de ensilagem com o mesmo período de cultivo. Este menor teor de matéria seca no material ensilado pode apresentar grande impacto ao processo de ensilagem, pois a realização da conservação de forragens com teores inadequados de matéria seca pode prejudicar o valor nutricional da silagem produzida, em virtude dos prejuízos ao processo fermentativo, além de elevar as perdas de nutrientes por lixiviação. A porcentagem ideal de matéria seca do material ensilado é essencial para que ocorra a fermentação adequada e para que esta forragem conservada forneça nutrientes de boa qualidade e na quantidade ideal para compor a dieta dos animais (Macêdo & Santos, 2019).

O cultivo das forrageiras foi realizado no mesmo período, visando que as mesmas fossem produzidas em períodos que não comprometessem o cultivo de lavouras subsequentes nas respectivas áreas e avaliação da precocidade das forrageiras estudadas em um mesmo período de cultivo. Assim, o emprego de aveia preta como opção de forrageira de inverno para produção de forragem conservada pode prejudicar o planejamento produtivo de culturas estivais produtoras de grãos na mesma área, como milho ou soja, atrasando sua implantação devido ao seu ciclo mais longo para alcançar teores de matéria seca preconizados para confecção de silagem. Além da espécie forrageira a ser empregada, deve-se estar atento a cultivar a ser utilizada para produção de forragem conservada, sendo que a empregada na produção de silagem é cultivar de ciclo longo, o que pode comprometer a qualidade da silagem produzida, por não estar no ponto de corte adequado, ou então prejudicar o momento adequado da implantação das lavouras que venham a ser implantadas na sequência.

Acompanhando os resultados observados para produção de matéria seca, outra característica produtiva que não apresentou diferença entre as culturas avaliadas foi a taxa de acúmulo, que apresentou valores médios superiores a 100 kg MS/dia para as três forrageiras avaliadas (Tabela 1). A similaridade para essa variável, assim como a produtividade de matéria seca, deve estar relacionada à qualidade do solo e a similaridade nos níveis de adubação, proporcionando disponibilidades equivalentes de nutrientes às forrageiras. Segundo Ferrazza et al. (2013), o desenvolvimento de forrageiras de inverno ocorrem adequadamente na faixa de temperatura entre 18 e 23 °C e seu acúmulo de matéria seca possui correlação direta com o fotoperíodo, características estas encontradas no estado do Paraná em estações frias, variáveis que também podem ser consideradas como justificativa quanto às semelhanças apresentadas referente a taxa de acúmulo da matéria seca, juntamente as características do solo e adubação.

A altura das plantas e a taxa de crescimento diferiram entre as forrageiras de inverno, com maior altura e taxa de crescimento para a aveia preta. O maior desenvolvimento das plantas é relevante sob o aspecto da operacionalidade do processo de ensilagem, pois forrageiras mais elevadas proporcionam mais opções de altura de corte da forrageira, e melhores ajustes do material de resíduo a ser mantido na área, a fim de melhor conservar a fertilidade do solo e como material de cobertura (palhada) a cultura subsequente. Um inconveniente da maior altura das forrageiras é a possibilidade de acamamento do material, prejudicando o

processo de colheita e elevando as perdas de material a ser ensilado. Dall'Agnoll et al. (2022) observaram maior altura para cultivar de aveia preta em relação às demais forrageiras de inverno, trigo ou cevada.

Quanto à composição estrutural do material ensilado (Tabela 3), verifica-se que a aveia preta apresentou maior quantidade de colmo (55,6%), o que deve estar relacionado ao maior desenvolvimento em altura dessa forrageira e acarretou em maior alongamento desse componente. A maior participação do colmo serve para dar maior sustentação a planta, fator que pode influenciar positivamente no rendimento da silagem com relação a produção de massa, quando diretamente relacionada à maior participação de folhas e grãos, aumentando assim não apenas o volume do material ensilado, mas também a porcentagem de material com melhor digestibilidade (Paziani et al., 2019).

A aveia preta também apresentou maior participação de folhas no material ensilado e melhor proporção de folhas com relação a quantidade de colmos, o que faz com que esse material tenda a apresentar melhor digestibilidade, pois a participação de folhas influencia diretamente no valor nutritivo da planta e na rapidez da digestão deste material no rúmen, além de melhorar o consumo da forragem (Neumann et al., 2017). Com o avanço da maturidade da planta ocorre a diminuição da quantidade de folhas e, conseqüentemente, redução no teor de proteína bruta da mesma em função da diluição provocada pelo aumento dos teores de compostos estruturais como a celulose, hemicelulose e a lignina (Van Soest, 1994).

O trigo silageiro e a aveia branca apresentaram maiores percentuais de inflorescência com grãos no material ensilado, os quais são de grande relevância, pois esses são de fundamental importância para o processo fermentativo do material ensilado, além de garantirem maior qualidade na silagem produzida. De acordo com Van Soest (1994) o avanço dos estádios fenológicos da cultura aumenta a produção de matéria seca por área, além do benefício da alta concentração de amido depositada nos grãos, aumentando o índice calórico do alimento. A participação de material senescente foi similar entre as forrageiras, embora poderiam ser esperados maiores quantidades dessa fração para a aveia branca, em virtude da maior ocorrência de ferrugem nessa forrageira, proporcionando senescência precoce principalmente das folhas.

Para a separação pelo tamanho das partículas (Tabela 4) verifica-se que a retenção de material com tamanho superior a 19 mm, assim como maior que 8,0 mm, foi maior para a aveia preta em relação às demais forrageiras, o que deve estar relacionado a maior altura da forrageira e maior participação de colmo no material ensilado. O trigo silageiro e a aveia branca apresentar maior participação de picado com tamanho inferior a 4,0 mm, fato que deve estar associado a maior participação de grãos nessas forrageiras, material que deve ter sido melhor processado durante a trituração para a confecção da forragem conservada. Deve-se destacar que a ensiladeira utilizada para produção de silagem foi desenvolvida para ser empregada com culturas estivais para ensilagem, como milho ou sorgo, assim, caso fosse empregado equipamento para forrageiras de inverno a trituração do material poderia se comportar de maneira diferente. Conforme Marafon et al. (2015), os valores ideais seriam de 3 a 8% do material retido na peneira maior, 30 a 50 % na peneira média, e 45 a 65% das partículas na peneira menor, com menos de 0,7 cm (Marafon et al., 2015).

O tamanho das partículas relaciona-se diretamente com o aproveitamento nutricional da silagem, pois possui relação com a seletividade, tempo de ruminação, taxa de passagem, estabilidade do pH ruminal e produtividade estável. E também pode ser considerado um dos fatores cruciais para a qualidade da silagem,

pois partículas menores facilitam a expulsão do ar e proporcionam uma compactação eficaz, além disso o tamanho da partícula apresenta influência sobre a disponibilidade de açúcares solúveis e ação dos microrganismos pelo maior contato como substrato, disponibilizando mais conteúdo celular para as reações bioquímicas e facilitando a fermentação. A melhor compactação do material triturado diminui a ocorrência de fermentações indesejáveis, que podem ser aspectos relevantes para a eficiência do processo de ensilagem e determinantes sobre a qualidade do produto final obtido (Marafon et al., 2015). Com a adequada compactação pode-se observar a queda de pH mais rápida e a diminuição de fermentação butírica, conseqüente redução da perda de nutrientes no processo fermentativo, tornando a desensilagem mais eficiente e sem desperdícios de silagem (Paris et al., 2015). Esses mesmos autores verificaram redução do pH com o aumento no tamanho da partícula, porém destacando que em seu estudo o maior tamanho de picado avaliado foi de 2,2 cm. Conforme Santos et al. (2010) a redução no tamanho da partícula do material triturado pode promover redução na fermentação butírica e queda mais rápida do pH do material ensilado, além de menores perdas na desensilagem.

Para o pH do material ensilado durante o processo fermentativo verifica-se que em todos dias de avaliação os valores obtidos foram maiores para a aveia branca, a qual apresentou pH de 6,01 no dia 14 da avaliação, superior ao da silagem produzida com trigo silageiro (5,20), o qual foi superior ao pH obtido para a aveia preta, que foi de 4,75. Para adequada fermentação e estabilização do material ensilado é necessário que o mesmo permaneça vedado por um determinado período, segundo Silva et al. (2014) não houve mudança significativa no pH de silagem de leguminosas após 14 dias de vedação, enquanto Pereira et al. (2017) cita a necessidade de fermentação de 21 à 28 dias após o fechamento da silagem para adequada estabilização fermentativa.

A produção de silagem tem como objetivo conservar a forragem através da fermentação realizada por microrganismos anaeróbicos, processo este que reduz o pH do material ensilado devido a produção de ácido lático e demais ácidos orgânicos. O processo fermentativo deve ser eficiente e rápido, atingindo o pH inferior a 4,6 para que atinja o objetivo de evitar a proliferação de microrganismos deteriorantes e patogênicos (Eikmeyer et al., 2013; Muck, 2013). Embora Griffiths e Burns (2004) reportam que forragens com teores de matéria seca abaixo de 30% possam resultar em ensilados com pouca fermentação, observa-se que embora a aveia preta tenha apresentado maior teor de água no material ensilado, apresentou maior queda no valor de pH. De acordo com Van Soest (1994) silagens com MS elevada o pH seria um critério menos eficiente de qualidade, pois a acidificação é inibida pela falta de umidade e elevada pressão osmótica, que promove relação inversa entre teor de umidade e pH, assim o pH elevado nesta situação não indica, necessariamente, silagens de pior qualidade. O valor de pH observado no presente estudo é próximo ao relatado por Bueno et al. (2020) para a cultivar de aveia preta IPR Cabocla.

Caso o pH do material ensilado não atinja o valor adequado devido a falhas no processo de ensilagem e possível presença de oxigênio, microrganismos indesejáveis se desenvolvem no interior do silo e podem interferir na composição do material, diminuindo a qualidade nutricional, como ocorre pela ação de leveduras e bactérias que realizam fermentação butírica, e até mesmo trazer riscos à saúde dos animais no caso de microrganismos patogênicos (Driehuis et al., 2018; Girelli, 2022). A menor redução do pH

observado no presente estudo pode estar associado aos maiores teores protéicos que as forrageiras de inverno, apresentam, pois de acordo com Andrighetto et al. (2002) forrageiras com maiores teores de proteína apresentam certa resistência ao abaixamento do pH, especialmente em decorrência de proteólises sofridas no processo, prejudicando a conservação e o valor nutritivo do alimento.

A mensuração de ácidos orgânicos possibilita avaliar juntamente com os valores de pH, a qualidade do material ensilado, pois através desta pode-se observar se a fermentação ocorreu da forma adequada, sem desenvolvimento de microrganismos indesejados e perda de nutrientes durante o processo fermentativo (Ramos et al., 2021). Com relação às concentrações dos ácidos orgânicos avaliados (Tabela 6), observou-se participação expressiva do ácido láctico nas diferentes culturas avaliadas, demonstrando bom desenvolvimento de bactérias ácido lácticas, que auxiliam na queda adequada do pH da silagem e consequentemente, inibindo o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, enterobactérias e outros microrganismos indesejáveis e a formação de substâncias indesejadas pelos mesmos, além de garantir que não ocorra perda expressiva de matéria seca e energia durante o processo fermentativo (Ramos et al., 2021). De acordo com Macêdo et al. (2018) silagens adequadamente fermentadas apresentam maior participação de ácido láctico, de fundamental importância para a conservação do material ensilado, em relação aos demais ácidos.

A silagem de trigo silageiro apresentou quantidade maior de ácido acético, comparado às silagens das demais culturas. Quando há elevada formação de ácido acético no processo fermentativo da ensilagem pode ser indicativo de perda de nutrientes presentes no material ensilado. Em contrapartida, a silagem de trigo assim como as silagens de aveias, demonstraram baixa produção de ácido butírico, fator este que influencia positivamente a qualidade da silagem, pois indica baixa proliferação de bactérias do gênero *Clostridium*, as quais causam perda de nutrientes e podem trazer riscos à saúde dos animais que irão consumir a silagem, e até mesmo para os consumidores dos produtos de origem animal. A quantidade de ácido butírico não foi expressiva nas silagens produzidas, logo pode-se inferir que houve bom processo fermentativo desses materiais (Macêdo e Santos, 2019). Conforme Santos et al. (2010) a redução no tamanho da partícula do material triturado pode promover redução na fermentação butírica e queda mais rápida do pH do material ensilado, além de menores perdas na desensilagem. Assim, embora tenha havido diferença nas proporções dos tamanhos de picados, essas não foram suficientes a fim de promover alterações na produção de ácido butírico.

Com relação ao ácido propiônico, houve diferença entre a silagem de aveia preta, a qual apresentou menor concentração desse ácido, e as silagens das demais culturas de inverno. O ácido propiônico apresenta vantagens com relação à rapidez de sua digestão, sendo convertido em propionato que é precursor da glicose, além de possuir propriedades antifúngicas. Entretanto, não é desejado que esse ácido seja predominante no processo fermentativo, pois devido a sua menor constante de dissociação em relação ácido láctico, pode ocorrer o favorecimento do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e perda de nutrientes da silagem (Macêdo e Santos, 2019).

## Conclusões

A partir dos resultados obtidos conclui-se que a transição agroecológica se mostra eficiente para a produção de forrageiras de inverno, pois observou-se boa produtividade das cultivares estudadas, assemelhando-se com dados referentes à produção de forragens em sistemas convencionais, além disso as forrageiras apresentaram índices que caracterizam um bom processo fermentativo e conseqüentemente a produção de silagem de qualidade para a alimentação animal.

## Referências Bibliográficas

- Alvares, C. A., Gonçalves, J. L. De M., Sentelhas, P. C., Sparovek, G., Stape, J. L. (2013). *Köppen's climate classification map for Brazil*. Meteorologische Zeitschrift, 22 (6) 711-728.
- Andrighetto, J. M., Perly, L., Minardi, I., Gemael, A., Flemming, J. S., Souza, G. A. de, & Bona Filho, A. (2002). *Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos*. São Paulo: Nobel. 395 p.
- Bueno, A. V. I., Ribeiro, M. G., Jacovaci, F.A., Três, T. T., Leão, G. F. M., Gomes, A. L. M., & Jobim, C. C. (2020). Nutritional value and digestible dry matter production of oat genotypes for ensiling. *Ciência Animal Brasileira*, 21 (e-58129), 1-8.
- Dall'Agnoll, E., Zeni, M., Fontanelli, R. S., & Bondan, C. (2022). Misturas de cereais de inverno de duplo propósito para silagem de planta inteira, *Research, Society and Development*, 11 (8), 1-11.
- Driehuis, F., Wilkinson, J. M., Jiang, Y., Ogunade, I., & Adesogan, A. T. (2018). Silage review: animal and human health risks from silage. *Journal of Dairy Science*, 101 (5) 4093-4110.
- Eikmeyer, F.G., Köfinger, P., Poschenel, A., Jünemann, S., Zakrzewski, M., Heintz, S., Grabherr, R., Pühler, A., Schwab, H. & Schlüter, A. (2013). Metagenome analyses reveal the influence of the inoculant *Lactobacillus buchneri* CD034 on the microbial community involved in grass ensiling. *Journal of Biotechnology*, 167 (3), 334-343.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2011). *Caracterização dos solos em áreas experimentais em grevilea, no estado do Paraná*. Colombo: Embrapa, 33 p. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/910808/3/Doc228.pdf>
- Ferrazza, J. M., Soares, A. B., Martin, T. N., Assmann, A. L. & Nicola, V. (2013). Produção de forrageiras anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. *Revista Ciência Agronômica*, 44 (2) 379-389.

- Fontaneli, R. S., Fontaneli, R. S., Santos, H. P., Acosta, A. S., Carvalho, O. S. (2007). *Cereais de inverno de duplo propósito na integração lavoura-pecuária - aveia, cevada, centeio, trigo e triticale*. EMBRAPA Trigo (79) 9-26.
- Franco, J. G., Berti, M. T., Grabber, J. H., Hendrickson, J. R., Nieman, C. C., Pinto, P., Van Tassel, D., Picasso, V. D. (2021). *Intensificação Ecológica da Produção de Alimentos pela Integração de Forragens*. *Agronomia*, 11 (12) 2580.
- Girelli, R. (2022). Silagem de trigo com diferentes aditivos e tempos de armazenamento. [Tese de doutorado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná]. Biblioteca digital. <https://tede.unioeste.br/handle/tede/6204#preview-link0>
- Griffiths, N.W., & Burns, H.M. (2004). Silage from pastures and forage crops. In: Kaiser, A. G., Piltz, J. W., & Griffiths, N. W. *Successful silage*. 2.ed. Orange: Dairy Australia & NSW Dept. of Primary Industries, 419 p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2019) *Censo agropecuário 2017: Resultados definitivos*. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?t=publicacoes>
- Ítavo, L. C. V., & Ítavo, C. C. B. F. (2008). Estratégias para o uso de subprodutos da agroindústria associados às silagens. In: Jobim, C. C., Cecato, U., & Canto, M. W. (Org.). *Produção e utilização de forragens conservadas*. Maringá: Masson, p. 153-195.
- Kononoff, P. J., Heinrichs, A. J., Buckmaster, D. R. (2003). *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*, (86) 1858-1863.
- Leao, G. F. M., Jobim, C. C., Neumann, M., Santos, S. K., Horst, E. H., & Santos, L. C. (2019). Aspectos produtivos e nutricionais de cereais de inverno em regimes de corte para ensilagem. *Arquivos de Zootecnia*, 68 (262) 168-175.
- Lehmen, R. I, Fontaneli, R. S., Fontaneli, R. S. (2014). *Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno*. *Ciência Rural*, 44 (7) 1180-1185.
- Macêdo, A. J. S., Santos, E. M., Araújo, G. G. L., Edvan, R. L., Oliveira, J. S., Perazzo, A. F., Sá, W. C. C. S., & Pereira, D. M. (2018). Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. *African Journal of Range & Forage Science*, 35 (2) 121-129.
- Macêdo, A. J. da S., & Santos, E. M. (2019). Princípios básicos para produção de silagem. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 22 (4) 147-156.

- Macêdo, A. J. S., Santos, E. M. (2019). *Princípios básicos para produção de silagem*. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, 22 (4) 147-156.
- Marafon, F., Neumann, M., Carletto, R., Wrobel, F. L., Mendes, E. D., Cecília Aparecida Spada, C. A., Faria, M. V. (2015). *Características nutricionais e perdas no processo fermentativo de silagens de milho, colhidas em diferentes estádios reprodutivos com diferentes processamentos de grãos*. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, 36 (2) 917-932.
- Muck, R. E. (2013). Recent advances in silage microbiology. *Agricultural and Food Science*, 22, 3-15.
- Neumann, M., Ghizzi, L. G., Junior, J. C. H., Carneiro, M. K., Reinehr, L. L., Spada, C. A., & Maciel, G. S. (2017). Produção de forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e épocas de colheita. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 16 (2), 204-216. <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/728/pdf>
- Pacheco, C. S. G. R., Menezes, A. J. S., Figueiredo, R. T., Moreira, M. B., Araújo, J. F., Leitão, M. M. V. B. R., Santos, V. M. L. (2021). *Fundamentos teórico-conceituais da transição agroecológica a partir de uma revisão integrativa*. Editora Científica.
- Paris, W., Zamarchi, G., Pavinato, P. S., & Newton, T. (2015). Qualidade da silagem de aveia preta sob efeito de estádios fenológicos, tamanhos de partícula e pré-murchamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16 (3), 486-498. <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/d9xWGFD6qsnRgYbLpVWwFsq/?lang=pt>
- Paziani, S. F., Duarte, A. P., Nussio, L. G., Freitas, R. S., Gallo, P. B., & Mateus, G. P. (2019). Correlações entre variáveis quantitativas e qualitativas de milho e de sorgo para silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 18 (3), 408-416. <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/1136/pdf>.
- Pereira, L. B., Machado, D. S., Alves Filho, D. C. (2017). *Características agrônomicas da planta e produtividade da silagem e grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais*. *Magistra, Cruz das Almas*, 29 (1) 18-27.
- Ramos, B. L. P., Pires, A. J. V., Cruz, N. T., Santos, A. P. S., Nascimento, L. M. G., Santos, H. P., & Amorim, J. M. S. (2021). Perdas no processo de ensilagem: uma breve revisão. *Research, Society and Development*, 10 (5). <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14660/13178>
- Santos, M. V. F., Gomez-Castro, Perea, J. M., García, A., Guim, A., & Pérez Hernández, M. (2010). Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. *Archivos de Zootecnia*, 59 (R) 25-43.
- Silva, D. J., Queiroz, A. C. (2006). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 235 p.
- Silva, A. A., Simioni, G. F., Lucena, A. (2013). *Efeito da adubação orgânica no crescimento do capim Brachiaria brizantha cv. marandu em Parecis/Rondônia*. *Enciclopédia Biosfera*, 9 (16) 923 - 932.

- Silva, M. S. J., Jobim, C. C., Nascimento, W. G., Ferreira, G. D. G., Oliveira, M. R. (2014). *Uso de aditivos e tempo de abertura dos silos em silagens de estilosantes Campo Grande*. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 15 (2) 381- 393.
- Silva, M. A. B., Souza, C. O., Rangel, O. J. P., Passos, R. R., Souza, M. N., Salgado, D. F. (2023). *Guia prático para áreas em transição agroecológica* . Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 24 p.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. New York: Cornell University Press. 476 p.
- Wilkinson, J. M., Bolsen, K. K., & Lin, C. J. (2003). History of silage. In: Buxton, D. R., Muck, R. E., & Harrison, J. H. (Ed). Silage science and technology. Madison: American Society of Agronomy, p. 1-30.
- Wrobel, F.L., Neumann, M., Leão, G. F. M., Sandini, I. E., Poczynek, M., & Marafon, F. Qualidade da silagem de trigo produzida sob níveis de adubação nitrogenada em dois estádios fenológicos. Revista de Ciências Agroveterinárias, 17 (4) 539-546.

Tabela 1. Características químicas do solo da área utilizada no cultivo da forrageiras de inverno para produção de silagem

Análise de solo										
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	M.O (g/dm <sup>3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Complexo Sortivo							
			H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	Al	V
			----- cmol/ dm <sup>3</sup> -----						%	
11,25	26,23	4,70	7,20	0,49	3,66	1,58	5,73	12,93	2,86	44,32

Tabela 2. Características produtivas de forrageiras de inverno destinadas a produção de silagem

Variáveis	Forrageiras			Erro padrão	P > F
	Trigo Silageiro	Aveia Branca	Aveia Preta		
Produção, kg matéria verde/ ha	29.352,7 a	35.642,6 a	47.161,0 b	2.462,8	<0,0001
Produção, kg matéria seca/ ha	12.117,5	11.801,6	11.626,4	642,8	0,8612
Taxa acúmulo, kg matéria seca/ dia	112,2	107,2	107,2	5,91	0,7869
Altura, cm	80,8 c	98,9 b	130,5 a	2,00	<0,0001
Taxa de crescimento, cm/ dia	0,74 c	0,91 b	1,20 a	0,02	<0,0001

<sup>a, b</sup> Letras diferentes na linha diferem pelo teste t de Student (P<0,05)

Tabela 3. Composição física de forrageiras de inverno destinadas a produção de silagem

Variáveis	Forrageiras			Erro Padrão	P > F
	Trigo Silageiro	Aveia Branca	Aveia Preta		
Colmo, %	40,7 b	35,8 b	55,6 a	1,91	<0,0001
Folha, %	6,05 b	7,66 b	14,9 a	1,22	<0,0001
Panícula, %	49,1 a	44,8 a	21,2 b	2,47	<0,0001
Material senescente, %	4,04	11,7	8,18	2,83	0,1699

<sup>a, b</sup> Letras diferentes na linha diferem pelo teste t de Student (P<0,05)

Tabela 4. Retenção de partículas em peneira *Penn State Particule Size* do material triturado de diferentes forrageiras de inverno

Variáveis	Forrageiras			Erro Padrão	P > F
	Trigo Silageiro	Aveia Branca	Aveia Preta		
19 mm, %	11,8 b	16,7 b	23,2 a	2,02	0,0014
8,0 mm, %	35,5 c	42,3 b	52,5 a	2,96	0,0003
4,0 mm, %	33,4 a	22,7 b	15,9 c	2,33	<0,0001
Fundo, %	21,2 a	18,2 a	8,31 b	1,92	0,0020

<sup>a, b</sup> Letras diferentes na linha diferem pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ )

Tabela 5. Potencial de hidrogênio (pH) durante o processo fermentativo da silagem de diferentes forrageiras de inverno

Variáveis	Forrageiras			Erro Padrão	P > F
	Trigo Silageiro	Aveia Branca	Aveia Preta		
pH, dia 0	6,17 b	6,74 a	6,20 b	0,07	<0,0001
pH, dia 1	6,33 b	6,66 a	6,39 b	0,06	0,0013
pH, dia 4	5,97 b	6,49 a	5,34 c	0,09	<0,0001
pH, dia 7	6,09 b	6,60 a	5,05 c	0,17	<0,0001
pH, dia 10	5,51 b	6,20 a	4,99 c	0,10	<0,0001
pH, dia 14	5,20 b	6,01 a	4,75 c	0,11	<0,0001

<sup>a, b</sup> Letras diferentes na linha diferem pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ )

Tabela 6. Concentrações dos ácidos orgânicos da silagem de diferentes forrageiras de inverno

Variáveis	Forrageiras			Erro Padrão	P > F
	Trigo Silageiro	Aveia Branca	Aveia Preta		
Ácido láctico, ppm	23,27 a	20,75 ab	17,70 b	1,25	0,0135
Ácido acético, ppm	10,33 a	6,74 b	6,55 b	0,86	0,0059
Ácido propiônico, ppm	2,03 a	1,79 a	0,54 b	0,38	0,0162
Ácido butírico, ppm	0,01	0,59	0,42	0,23	0,1970

<sup>a, b</sup> Letras diferentes na linha diferem pelo teste t de Student (P<0,05)

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Características fermentativas e química de silagens de capim-marandu produzida com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 532-539, 2007.
- BECKMAN, J. L.; WEISS, W. P. Nutrient Digestibility of Diets with Different Fiber to Starch Ratios when Fed to Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 3, p. 1015–1023, 2005. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/beckman2005.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2023.
- BOLLER, W. Máquinas para colheita e conservação de forragens. In: FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. (Eds) **Forrageiras para Integração lavoura-pecuária-floresta no sul do Brasil**. 2 ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 365-433, 2012.
- BUMBIERIS JUNIOR., V. H.; BARBERO, R. P.; BARBOSA, M. A. A. F.; CASTRO, L. M.; JOBIM, C. C.; OLIVEIRA, M. R. Perspectivas para uso de silagem de cereais de inverno no Brasil. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. 6, 2011. **Anais...** Maringá: UEM, 2011. p.39-72. Disponível em:<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5438869/mod\\_resource/content/0/Bumbieris%20Jr.%20et%20al.%20%282011%29.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5438869/mod_resource/content/0/Bumbieris%20Jr.%20et%20al.%20%282011%29.pdf)>. Acesso em: 05 set. 2020.
- DALL'AGNOLL, E.; ZENI, M.; FONTANELLI, R. S.; BORDAN, C. Misturas de cereais de inverno de duplo propósito para silagem de planta inteira. **Research, Society and Development**, v.11, n.8, p.1-11, 2022.
- DICKMANN, L. **Manejo da adubação fosfatada da aveia preta e do consórcio milho/capim marandu com inoculação por *Azospirillum brasilense* em sistema plantio direto**. 2015. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus de Ilha Solteira, São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/cathedra/02-09-2015/000846527.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- DONATO P. E. R.; PIRES A. J. V.; DONATO S. L. R.; BONOMO P.; SILVA J. A.; AQUINO A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014.
- FINATTO, J; ALTMAYER, T.; MARTINI, M. C.; RODRIGUES, M.; BASSO, V.; HOEHNE, L. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 5, n. 4, p. 85-93, 2013.
- FONTANELI R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. Silagens de cereais de inverno. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. (Eds). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 317-331, 2009.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; ACOSTA, A. S.; CARVALHO, O. S. **Cereais de inverno de duplo propósito na integração lavoura-pecuária - aveia, cevada, centeio, trigo e triticale**. EMBRAPA Trigo (Documento 79), Passo Fundo – RS, p. 9-26, 2007. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111322/1/Doc-79.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; RODRIGUES, O.; PIRES, J. L. F. Estabelecimento e manejo de cereais de duplo propósito. In: FONTANELI, R. S. FONTANELI, R. S. SANTOS, H. P. (Eds) **Forrageiras para Integração lavoura-pecuária-floresta no sul do Brasil**. 2 ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 173-218, 2012.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S. Ensilagem. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. (Eds). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 351-366, 2009.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; DÜRR, J. W. Qualidade e valor nutritivo de forragem. In: FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. (Eds) **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta no sul do Brasil**. 2 ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 24-49, 2012.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S. Ensilagem. In: FONTANELI, R. S. FONTANELI, R. S. SANTOS, H. P. (Eds) **Forrageiras para Integração lavoura-pecuária-floresta no sul do Brasil**. 2 ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 349-363, 2012.

GIMENES, A. L. D. G.; MOREIRA, F. B.; MIZUBUTI, I. Y.; PEREIRA, E. S. Efeitos da utilização de inoculantes em silagens de forrageiras sobre os teores de proteína e fibra, digestibilidade dos nutrientes, pH, fermentação e estabilidade aeróbia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n.4, p. 601-610, 2005.

HORN, M. B. **Micotoxinas em silagens de milho do sul do Brasil e metodologia analítica para aflatoxinas por espectroscopia de infravermelho próximo em milho**. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2013. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/122690/322207.pdf?sequencia=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 18 ago. 2023.

KIEHL, E. J. **Novos fertilizantes orgânicos**. 1 ed. Piracicaba: editora Degaspari, 248p. 2010.

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

MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M. Princípios básicos para produção de silagem. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, v.22, n.4, p.147-156, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Alberto-Macedo/publication/339992041\\_PRIN\\_CIPIOS\\_BASICOS\\_PARA\\_PRODUCAO\\_DE\\_SILAGEM/links/5e7ba10692851caef49abcf/PRINCIPIOS-BASICOS-PARA-PRODUCAO-DE-SILAGEM.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alberto-Macedo/publication/339992041_PRIN_CIPIOS_BASICOS_PARA_PRODUCAO_DE_SILAGEM/links/5e7ba10692851caef49abcf/PRINCIPIOS-BASICOS-PARA-PRODUCAO-DE-SILAGEM.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MEDEIROS, C. A. B.; CARVALHO, F. L. C.; STRASSBURGER, A. S. **Transição agroecológica, construção participativa do conhecimento para a sustentabilidade**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011, p. 295, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65201/1/15775.pdf>>. Acesso em 20 dez. 2023.

NABINGER, C. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropical brasileiro. In: DALL'AGNOL, M.; NABINGER, C.; ROSA, L.M. et al. (org.). SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS. 1, 2006. **Anais...** Canoas: Ulbra, 2006, p.25-76. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v70n2/26.pdf>>. Acesso: em 22 ago. 2023.

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F.; MERCANTE, F. M. Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 432-438, 2011.

PACHECO, C. S. G. R.; MENEZES, A. J. S.; FIGUEIREDO, R. T.; MOREIRA, M. B.; ARAÚJO, J. F.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; SANTOS, V. M. L. **Fundamentos teórico-conceituais da transição agroecológica a partir de uma revisão integrativa**. Editora Científica, 2021. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/210504670.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2023.

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**, v. 5, n. 1, p. 207-218, 2012.

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

SILVA, A. A.; SIMIONI, G. F.; LUCENA, A. Efeito da adubação orgânica no crescimento do capim *Brachiaria brizantha* cv. marandu em Parecis/Rondônia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 923 - 932, 2013.

SILVA, M.S.J.; JOBIM, C.C; NASCIMENTO, W.G; FERREIRA, G.D.G.; OLIVEIRA, M.R. Uso de aditivos e tempo de abertura dos silos em silagens de estilosantes Campo Grande. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.2, p.381-393, 2014.

WEINARTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S.; MEDEIROS, C. A. B. **Práticas agroecológicas - Adubação orgânica**. Pelotas: Editora Embrapa, 2006, 20p.

WOECICHOSHI, A. S.; PEREIRA, E. A.; BENDER, A. N.; COPETTI, T. S.; SILAV, M. H.; MORI, L. D.; CONCEIÇÃO, G. M.; SCHNEIDER, R.; PORAZZI, C. C.; GARCIA, D. C. Propriedades de silagem de aveia branca (*Avena sativa*). In.: COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 38., 2018. **Anais...** Ijuí: Unijuí, 2018.

WROBEL, F. L.; NEUMANN, M.; LEÃO, G. F. M.; SANDINI, I. E.; POCZYNEK, M.; MARAFON, F. Qualidade da silagem de trigo produzida sob níveis de adubação nitrogenada em dois estádios fenológicos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, p. 539-546, 2018.



*DISSERTAÇÃO Nº 18/2024 - PPGSBPAS - RE (10.40.07.29)*

*(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)*

*(Assinado digitalmente em 04/03/2024 11:56 )*

*ANDRESSA BENVENUTTI RADAELLI*

*ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO*

*SEGEC - RE (10.40.07.22)*

*Matrícula: ###673#1*

Visualize o documento original em <https://sipac.uffs.edu.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 18  
, ano: 2024, tipo: **DISSERTAÇÃO**, data de emissão: 04/03/2024 e o código de verificação: 21e94db93a