



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ÉDERSON LUIS HENZ

**VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE TRIGO (*TRITICUM
AESTIVUM L.*) EM DIFERENTES ESTÁDIOS FISIOLÓGICOS**

Londrina
2021

ÉDERSON LUIS HENZ

**VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE TRIGO (*TRITICUM
AESTIVUM L.*) EM DIFERENTES ESTÁDIOS FISIOLÓGICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal da Universidade Estadual de
Londrina - UEL, como requisito parcial para a
obtenção do título de Doutor em Ciência Animal, área
de concentração, Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Leandro das Dores Ferreira da
Silva

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Henz, Éderson Luis.

Valor nutritivo de silagens de trigo (*Triticum aestivum* L.) em diferentes estádios fisiológicos / Éderson Luis Henz. - Londrina, 2021.
44 f.

Orientador: Leandro das Dores Ferreira da Silva.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2021.

Inclui bibliografia.

1. Avaliação de alimentos - Tese. 2. Fermentação - Tese. 3. Produção de gás - Tese. 4. Taxa de degradação - Tese. I. da Silva, Leandro das Dores Ferreira . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 636

ÉDERSON LUIS HENZ

VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM L.*) EM DIFERENTES ESTÁDIOS FISIOLÓGICOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal, área de concentração, Produção Animal.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Leandro das Dores Ferreira da
Silva
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Edson Luis de Azambuja Ribeiro
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris Junior
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Filipe Alexandre Boscaro de Castro
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Fernando Luiz Massaro Junior
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 24 de agosto de 2021.

OFEREÇO

À Daniela Pilz, Pedro Henrique Pilz Henz e Luis Gustavo Pilz Henz, que muitas vezes tive ausente para com eles, mas que com muito amor sempre me incentivaram e ajudaram, com amor e dedicação, na realização deste trabalho.

DEDICO

A toda minha família e amigos que se estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela benção da vida.

À minha mãe, Clarice Henz, que sempre dedicou-se a família.

Ao meu Pai Valdir Luiz Henz in memoria

Ao professor, orientador e amigo Leandro Das Dores Ferreira da Silva, por compartilhar sua sabedoria, auxiliando e apoiando em minha formação profissional e pessoal durante todos esses anos de convivência.

Ao Fernando Luiz Massaro Junior e sua família que nos acolheram com muito amor e carinho, que nunca mediram esforço para nos ajudar.

O crescimento constante do aprendizado depende da vontade de pesquisar, entender e aplicar o novo conhecimento no cotidiano. O meu muito obrigado ao Antré Rosa e Ottoni Rosa Filho que compartilham deste mesmo pensamento e possibilitaram a execução da pesquisa.

Aos funcionários da BIOTRIGO GENÉTICA LTDA em especial ao Setor da experimentação pela colaboração neste experimento.

À toda a minha família.

Muito obrigado a todos.

HENZ, Éderson Luis. **Valor nutritivo de silagens de trigo (*Triticum aestivum* L.) em diferentes estádios fisiológicos.** 2021. 43 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal; Área de Concentração: Produção Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

O Brasil possui grande diversidade de culturas agrícolas, gerando elevada produção de produtos e coderivados das agroindústrias, úteis na alimentação animal, nas diferentes regiões do país. O trigo se destaca como alimento energético alternativo para a alimentação animal, apresentando-se como um cereal com grande potencial para aumentar a produção em sistemas de diversificação de lavouras de inverno. Este estudo foi realizado no campo experimental da Biotrigo Genética LTDA, localizada em Coxilha, Rio Grande do Sul. O objetivo do estudo foi avaliar silagens de trigo em diferentes estádios fenológicos, fracionar os carboidratos e as proteínas e a produção de gás. Os carboidratos foram fracionados em A, B1, B2 e C e as proteínas foram fracionadas em A, B1+B2, B3 e C. Os parâmetros de cinética de degradação ruminal das silagens foram estimados a partir do método bicompartimental de produção cumulativa de gases *in vitro*. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados em parcelas subdivididas. Os tratamentos foram compostos por duas cultivares (TBIO ENERGIA I; TBIO ENERGIA II) e dois genótipos (BIO151005 e BIO162251) e a mistura entre elas na proporção de 50% de cada (Cultivar x Linhagem), totalizando dez combinações de genótipos e três estádios de maturação, final florescimento (Estádio I); leitoso/pastoso (Estádio II) e grão pastoso/farináceo (Estádio III) e quatro repetição, sendo cada parcela de 6 m² ,(5 metros de comprimento e 7 linhas com espaçamento 0,17cm) totalizando 120 unidades experimentais. A análise da fibra revelou que a porcentagem de FDA e FDN diminuiu entre os estádio II em comparação com o estádio I. O teor de proteína bruta não diferiu entre os estádios, em contrapartida o teor de amido foi aumentando(P<0,05) conforme aumentava o teor de MS. A digestibilidade da matéria orgânica manteve estabilidade entre os estádio e tratamentos. A fração A + B1 dos carboidratos diferiram (P<0,05) entre os genótipos e os estádios. A fração A representa a porção de degradação rápida no rumen. Conforme o avanço do estádio de maturação do trigo a fração B1 foi aumentando pelo acúmulo de amido na planta. Observou-se pelos parâmetros de cinética de fermentação ruminal *in vitro* que o volume final de gases produzidos pela fermentação dos carboidratos não fibrosos (Vcnf) diferiram (P<0,05) entre os tratamentos e os estádios e as taxas de degradação (Kdcnf) apresentaram efeito (P<0,05) crescente entre os estádios. O momento da colheita irá influenciar diretamente no valor nutritivo das silagens, tendo uma maior probabilidade em melhorar o consumo dos animais.

Palavras-chave: avaliação de alimentos; fermentação; produção de gas; ruminante; taxa de degradação.

HENZ, Éderson Luis. **Nutritional value of wheat silage (*Triticum aestivum L.*) at different physiological stages.** 2021. 43 p. Thesis (Doctor's Degree in Animal Science; Concentration: Animal Production) – State University of Londrina, Londrina, 2021.

ABSTRACT

Brazil has a great diversity of agricultural cultures, generating a high production of products and co-derivatives from agribusiness, useful in animal feed, in different regions of the country. Wheat stands out as an alternative energy food for animal feed, presenting itself as a cereal with great potential to increase production in winter crop diversification systems. This study was carried out in the experimental field of Biotrigo Genética LTDA, located in Coxilha, Rio Grande do Sul. The aim of the study was to evaluate wheat silages at different phenological stages, fractionate carbohydrates and proteins and gas production. Carbohydrates were fractionated in A, B1, B2 and C and proteins were fractionated in A, B1+B2, B3 and C. The parameters of ruminal degradation kinetics of the silages were estimated using the bicompartamental method of cumulative production of gases in vitro. A randomized block design in split plots was used. The treatments consisted of two cultivars (TBIO ENERGIA I; TBIO ENERGIA II) and two genotypes (BIO151005 and BIO162251) and the mixture between them in the proportion of 50% of each (Cultivar x Lineage), totaling ten combinations of genotypes and three stages of maturation, final flowering (Stage I); milky/pasty (Stage II) and pasty/flaky grain (Stage III) and four repetitions, each plot of 6 m² (5 meters long and 7 rows with 0.17m spacing) totaling 120 experimental units. Fiber analysis revealed that the percentage of ADF and NDF decreased between stage II compared to stage I. The crude protein content did not differ between stages, in contrast, the starch content ($P < 0.05$) was increasing as the DM content increased. The digestibility of organic matter remained stable between stages and treatments. The fraction A + B1 of carbohydrates differed ($P < 0.05$) between genotypes and stages. Fraction A represents the portion of rapid degradation in the rumen. As the wheat maturation stage advances, the B1 fraction increased due to the accumulation of starch in the plant. It was observed by the parameters of ruminal fermentation kinetics in vitro that the final volume of gases produced by the fermentation of non-fibrous carbohydrates (V_{cnf}) differed ($P < 0.05$) between treatments and stages and degradation rates (K_{dcnf}) showed an increasing effect between stages ($P < 0.05$). The time of harvest will directly influence the nutritional value of the silages, having a greater probability of improving the consumption of animals.

Key words: feed assessment; fermentation; gas production; rate of degradation; ruminant.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	QUALIDADE NUTRICIONAL DE CEREAIS DE INVERNO.....	11
2.2	FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE NUTRICIONAL DE SILAGEM DE TRIGO.....	11
2.3	FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS.....	13
2.4	PRODUÇÃO DE GASES	14
	REFERÊNCIAS	16
3	OBJETIVOS	19
3.1	OBJETIVO GERAL	19
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
4	Silagens de trigo (<i>Triticum aestivum.L</i>) em diferentes estádios fisiológicos para alimentação de bovinos de corte.....	20
5	Efeito da maturidade sobre as silagens de trigo (<i>Triticum aestivum L</i>) em termos do fracionamento de carboidratos e proteínas e cinética de degradação ruminal <i>in vitro</i> pela técnica de produção de gás.....	32

1 INTRODUÇÃO

Os cereais de inverno são partes importantes da rotação de culturas na maioria das propriedades leiteiras no sul do Brasil. Tradicionalmente, os setores de leite e carne têm na produção de silagem de milho sua principal fonte de volumoso conservado para ser usado na escassez de alimentos durante os períodos de baixa produtividade ou seca.

Recentemente a utilização de culturas forrageiras alternativas entre elas a silagem de trigo, produzida durante o inverno, onde a maioria das propriedades estão com áreas ociosas, podendo produzir e fornecer uma fonte de alimentação suplementar com características de alta digestibilidade e níveis substanciais de proteína e amido, sendo cultivadas em áreas em que a silagem de milho é limitada pelas condições climáticas, ou seja, não vem a competir com as principais culturas de verão (milho e soja), desta forma aproveitando racionalmente o uso da terra.

A necessidade de reduzir os custos com alimentação levou muitos agricultores a optarem por sistemas duplo de cultivo: milho como cultura de verão e ou cereais de inverno (trigo) como cultura de inverno para ensilagem antes do plantio do milho (Bumbieris Junior et al., 2011). O Trigo *Triticum aestivum* L. tem bom potencial produtivo devido a seu elevado teor de matéria seca (MS) já na fase de grãos pastoso. Isto, combinado com um bom teor de açúcares solúveis em água, permite a ensilagem com claras vantagens em termos de menor risco de contaminação por *Clostridium* sp, menores perdas nutritivas e procedimentos de colheita mais simples.

Nos últimos anos, tem havido um interesse crescente em sistemas de produção agrícola, a fim de atingir alta produtividade e promover a sustentabilidade ao longo do tempo. Os agricultores, através do tempo, desenvolveram diferentes sistemas de cultivo para aumentar a produtividade e sustentabilidade, entre eles a rotação de culturas, cultivo de revezamento e consorciação de cereais.

A validação científica do uso estratégico da silagem de trigo pode ser um incentivo para que o produtor utilize-a na alimentação animal. Uma vez sendo bem utilizada a silagem de trigo pode desempenhar um importante papel na produção animal e com isso melhorar a renda do produtor. No entanto, o objetivo é conhecer as características nutricionais das silagens de trigo em diferentes estádios de maturação fisiológica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 QUALIDADE NUTRICIONAL DE CEREAIS DE INVERNO

O valor alimentar ou qualidade de uma planta forrageira pode ser considerado como a associação de seu valor nutritivo composição química e digestibilidade, com o consumo da forragem pelos animais e a eficiência de utilização dos nutrientes (Hodgson, 1990).

No Brasil, as informações sobre o valor nutritivo de alguns dos alimentos utilizados para animais são escassas, indicando a necessidade de mais pesquisas, principalmente no que diz respeito ao valor energético, uma vez que, segundo Weiss (1993), a energia é um atributo nutricional limitante no desempenho dos ruminantes.

Forrageiras de clima temperado, quando bem manejadas, apresentam valores energéticos entre 60 e 75 % de nutrientes digestíveis totais (NDT), 9 e 13 % de proteína (PB) e 40 e 50 % de fibra em detergente neutro (FDN) (Muller e Fales, 1998), indicativos de uma forragem de alto valor nutritivo.

A maior fonte de energia para os ruminantes é oriunda de carboidratos estruturais (celulose, hemicelulose e pectina) e não estruturais (os açúcares e polissacarídeos amiláceos) contidos nas forragens. Os constituintes da parede celular compreendem na maior fração da matéria seca da planta e, também, a fração da planta menos digerida no trato digestivo (Thiago e Gill, 1990).

A digestibilidade da hemicelulose está diretamente relacionada com a celulose e está inversamente relacionada com a lignificação, porém a hemicelulose é mais estreitamente associada à lignina do que a qualquer outro polissacarídeo. A lignina é considerada o mais importante fator limitando a digestibilidade, apesar de não afetar os componentes do conteúdo celular, mas, havendo um efeito físico da lignina sobre a parede celular protegendo-a do ataque dos microrganismos do rúmen, mecanismo este pelo qual a lignina protege os carboidratos associados a digestão ainda não está totalmente entendido, entretanto, acredita-se que a lignificação afeta a degradabilidade de uma mesma maneira em todas as plantas (Van Soest, 1994).

2.2 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE NUTRICIONAL DE SILAGEM DE TRIGO

A produção de silagem de alta qualidade é dependente de fatores controláveis e incontrolláveis. Os fatores de silagem que estão sob o controle do agricultor são espécies de

forragem, fase maturidade ou teor de matéria seca da forragem na hora da colheita, tipo de armazenamento, estrutura e o uso ou não de aditivos para silagem. Fatores incontrolláveis são relacionados com o clima, específicos para cada região quente ou fria, podendo afetar negativamente a produção e a utilização da silagem bem como o teor de matéria seca na hora da colheita para o sucesso da fermentação podendo aumentar as perdas (Bernardes et al., 2018).

A ensilagem é o método de conservação de plantas forrageiras na forma de planta inteira, fermentado por um complexo consórcio de microrganismos livres de oxigênio competindo pelo mesmo substrato disponível, predominantemente, bactéria ácido lácticas, que convertem carboidratos solúveis em água em ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico, sob condição anaeróbica. O processo de fermentação é bem-sucedido se o ácido láctico for o ácido predominantemente produzido (Ni et al., 2015). Além das bactérias ácido lácticas, há o envolvimento de outros microrganismos que competem pelo substrato. A atividade desses microrganismos é responsável por processos que degradam componentes nutritivos do material ensilado, o que pode levar a perdas na ensilagem *Clostridium sp.* Uma inibição bem sucedida desses microrganismos indesejáveis nas silagens é uma meta para se obter alta qualidade nutricional na silagem. Como resultado, o pH diminui e microrganismos indesejáveis são inibidos (Ashbell e Weinberg, 2000).

Jobim et al. (1996) e Lopes et al. (2008) observaram que no florescimento dos cereais de inverno, há incremento nas concentrações de FDN, enquanto, após este estágio de maturação, constata-se decréscimo nos teores dessas frações fibrosas. Conforme Oba e Allen (2000) a digestibilidade da FDN influencia o desempenho animal independentemente da concentração dietética deste nutriente, pois esta limita a ingestão dos animais ruminantes.

Oliveira et al. (2010) avaliaram a composição química de triticale em 6 idades de corte 73, 80, 87, 94, 101 e 108 dias, encontraram para teores de MS de 15,2%, 17,3%, 25,9%, 21,0%, 32,2% e 38,8% e PB de 17,9%, 14,4%, 12,9%, 11,9%, 11,4% e 9,7%. Os diferentes momentos de corte não alteraram os teores de FDN e FDA, sendo os valores médios de 75,95% e 41,38%, respectivamente. Segundo Van Soest (1994), o processo de ensilagem não melhora a qualidade do alimento, busca, entretanto, manter a qualidade do material ensilado.

Segundo Scheffer-Basso et al. (2003), 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. Fontaneli et al. (2012), avaliaram seis espécies de cereais de inverno para a produção de silagem, observaram teores de MS variando entre 27,9% para aveia e 38,4%

para o centeio e produção de MS variando entre 4.099 kg ha⁻¹ em cevada e 8.374 kg ha⁻¹ em centeio.

2.3 FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS

A análise dos componentes dos alimentos constituintes das rações para animais, por meio do fracionamento dos carboidratos e componentes nitrogenados (FOX et al., 2003; Licitra et al., 1996), possibilita um conhecimento mais amplo sobre o aproveitamento das partes desses alimentos, permitindo a predição do desempenho dos animais ruminantes em diferentes sistemas de produção.

Neste contexto, pesquisadores da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, desenvolveram o software Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), com o objetivo de melhorar os modelos de predição de resposta animal, bem como otimizar o uso de recursos disponíveis nas propriedades e reduzir o impacto ao meio ambiente (Berchielli et al., 2006).

Segundo Sniffen et al. (1992), no sistema CNCPS, os carboidratos totais dos alimentos são divididos nas seguintes frações: fração A, considerada a fração solúvel do nutriente, formada de açúcares simples e ácidos orgânicos de rápida degradação ruminal; fração B1, constituída basicamente de amido e pectina, sendo considerada de degradação intermediária; fração B2, caracteriza-se por taxa de degradação ruminal mais lenta e que corresponde à porção digestível da parede celular vegetal; e fração C, porção da parede celular vegetal que não é digerida no trato gastrointestinal.

Segundo os autores supracitados, o fracionamento de proteínas é dividido em fração A, constituída basicamente por compostos nitrogenados não-protéicos (NNP), aminoácidos e peptídeos, de degradação instantânea e por proteína verdadeira (fração B), que é subdividida em três partes de acordo a sua taxa de degradação. A fração B1 é rapidamente degradável no rúmen. Em forragens colhidas, o percentual de proteína solúvel é de aproximadamente 5%, sendo que maior parte das proteínas solúveis se encontra na fração B1 (Sniffen et al., 1992).

A fração B2 é estimada através da subtração entre a proteína insolúvel em detergente neutro e a proteína insolúvel em detergente ácido. Parte da fração B2 é fermentada no rúmen e parte passa para o intestino. Tal fato é caracterizado pela dependência entre as taxas de digestão e passagem Sniffen et al. (1992).

A fração B3 é representada pela fração proteica ligada à parte da parede celular que

apresenta lenta degradação. É insolúvel em detergente neutro –PIDN-, porém solúvel em detergente ácido –PIDA-. Esta fração apresenta taxa de degradação ruminal de 0,02 a 1,0% h⁻¹. Esta fração propicia maior fluxo de aminoácidos para o intestino, haja vista sua lenta degradação no rúmen e, portanto, apresenta elevado “escape”, sendo potencial fonte de aminoácidos no intestino (Sniffen et al., 1992).

A fração C representa a proteína que está ligada a FDA e não é degradada no rúmen, contém proteínas associadas à lignina, taninos e produtos da reação de Maillard, sendo conhecida como proteína insolúvel em detergente ácido, ou PIDA, altamente resistentes às enzimas microbianas e indigestíveis ao longo do trato gastrointestinal Sniffen et al. (1992).

2.4 PRODUÇÃO DE GASES

De acordo com Martins et al. (2000), a determinação do valor nutritivo dos alimentos é realizada através de uma complexa interação entre os nutrientes e os microrganismos do trato digestivo, durante os processos de digestão, absorção, transporte e utilização de metabólitos.

Neste sentido, as técnicas *in vivo*, *in situ* e *in vitro*, de avaliação de alimentos são ferramentas importantes para estimar o valor nutricional dos alimentos; haja vista, que os sistemas atuais de formulação de rações para os animais ruminantes necessitam de dados referentes a composição e características dos alimentos. Moreira et al. (2010) afirmaram que informações referentes às frações de carboidratos e proteínas, bem como suas taxas de digestão, são valiosas para que se possa estimar com maior precisão o desempenho dos animais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes.

Com o advento da técnica metabólica *in vitro* de produção de gases, primeiramente descrita com sucesso por Menke et al. (1979) e depois modificada por vários autores Pell e Schofield (1993) e depois por Mauricio et al. (1999), que aperfeiçoaram o uso dessa técnica pelos laboratórios, a pesquisa em nutrição de ruminantes tomou novos rumos, pois esta técnica juntamente com o sistema CNCPS, fazendo uso do fracionamento da fibra (FDN, FDA e LAD) desenvolvido por Goering e Van Soest (1970) possibilitam conhecer a qualidade e o potencial dos alimentos destinados a ruminantes. Assim, os nutricionistas conseguem formular rações mais próximas às exigências nutricionais tanto dos animais (nutrientes sobrepassantes, mas digestíveis), bem como da microbiota ruminal (nutrindo indiretamente o hospedeiro), minimizando a falta e/ou excesso. Em consequência, o

desempenho animal também é estimado com maior acurácia, logo, os sistemas de produção animal tornam-se mais eficazes.

Conforme Ørskov (1998), a taxa de degradação dos alimentos é um parâmetro importante a ser considerado porque distintos alimentos podem ter a mesma magnitude de degradação, porém com diferentes taxas de degradação e valores mais altos para taxa de degradação aumentam o fluxo de saída das partículas para fora do rúmen, permitindo maior ingestão de alimentos

No entanto, deve-se ter o cuidado em se utilizar o modelo matemático mais adequado para o ajuste das taxas de degradação que podem variar, em função, do modelo escolhido. France et al. (2005), estudando modelos para ajustar a taxa de degradação dos valores obtidos através da técnica *in vitro* de produção de gases, afirmaram que o modelo perfeito deve ser capaz de modelar variações da curva sem ponto de inflexão bem como de curvas sigmóides em que o ponto de inflexão é variável.

Maurício et al. (2003) demonstraram que é possível estimar a curva de degradação da matéria seca por meio de valores da produção cumulativa de gases para grupos específicos de alimentos. Tal afirmação é possível, haja vista, que a técnica assume que a produção de massa celular microbiana e de gás é proporcional à quantidade de substrato digerido.

REFERÊNCIAS

- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. Silage from tropical cereals and forage crops. **FAO Plant Production and Protection Papers**, p. 109-116, 2000.
- BERCHIELLI, T. T.; PIREZ, A. V.; OLIVEIRA, S. G. d. **Nutrição de ruminantes**. FUNEP, 2006.
- BERNARDES, T. F.; DANIEL, J. L. P.; ADESOGAN, A. T.; MCALLISTER, T. A. et al. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. **Journal of Dairy Science**, 101, n. 5, p. 4001-4019, 2018.
- BUMBIERIS JUNIOR, V. H.; JOBIM, C. C.; EMILE, J.-C.; ROBSON, R. et al. Degradabilidade ruminal e fracionamento de carboidratos e proteínas em silagens de triticale em cultivo singular ou em misturas com aveia e/ou leguminosas. **Semina: Ciências Agrárias**, 32, n. 2, p. 759-770, 2011.
- CZERKAWSKI, J., 1986, **Degradation of solid feeds in the rumen: spatial distribution of microbial activity and its consequences**. Prentice-Hall.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. EMBRAPA : Brasília, DF, 2012.
- FOX, D.; TEDESCHI, L.; TYLUTKI, T.; RUSSELL, J. et al. THE CORNELL NET CARBOHYDRATE AND PROTEIN SYSTEM MODEL FOR EVALUATING HERD NUTRITION AND NUTRIENT EXCRETION. **Animal Feed Science And Technology**, 112, p. 29-78, 2003.
- FRANCE, J.; LOPEZ, S.; KEBREAB, E.; BANNINK, A. et al. A general compartmental model for interpreting gas production profiles. **Animal Feed Science and Technology**, 123, p. 473-485, 2005.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. US Agricultural Research Service, 1970. v. 379.
- HODGSON, J. **Grazing management. Science into practice**. Longman Group UK Ltd., 1990. 0582450101.
- JOBIM, C. C.; REIS, R. A.; ROSA, B.; DE ANDRADE RODRIGUES, L. R. Avaliação do triticale (X triticosecale wittmack) para silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 404-413, 1996.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.; VAN SOEST, P. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- LOPES, F.; SILVA E OLIVEIRA, J.; LANES, E.; DUQUE, A. et al. Valor nutricional do triticale (X Triticosecale Wittmack) para uso como silagem na Zona da Mata de Minas Gerais. **Arq. bras. med. vet. zootec**, p. 1484-1492, 2008.

MARTINS, A. d. S.; PRADO, I. N. d.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2000.

MAURICIO, R. M.; MOULD, F. L.; DHANOA, M. S.; OWEN, E. et al. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, 79, n. 4, p. 321-330, 1999.

MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. et al. Potencial da técnica in vitro semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32, n. 4, p. 1013-1020, 2003.

MENKE, K.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STEINGASS, H. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. **The Journal of Agricultural Science**, 93, n. 01, p. 217-222, 1979.

MOREIRA, P. C.; REIS, R. B.; DE PAULA REZENDE, P. L.; DE CAMARGO WASCHECK, R. et al. Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semiautomática in vitro de fontes de carboidratos de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 11, n. 2, p. 452-462, 2010.

MULLER, L.; FALES, S. Supplementation of cool-season grass pastures for dairy cattle. **Grass for dairy cattle.**, p. 335-350, 1998.

NI, K.; WANG, Y.; CAI, Y.; PANG, H. Natural Lactic Acid Bacteria Population and Silage Fermentation of Whole-crop Wheat. **Asian-Australas J Anim Sci**, 28, n. 8, p. 1123-1132, Aug 2015.

OBA, M.; ALLEN, M. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. **Journal of Dairy Science**, 83, n. 6, p. 1333-1341, 2000.

OLIVEIRA, J. S.; LANES, É. C. M. d.; LOPES, F. C. F.; ALMEIDA, E. J. D. d. et al. Valor nutricional da planta, padrões de fermentação e qualidade da silagem de triticale em seis idades de corte. **Ciênc. agrotec.,(Impr.)**, p. 765-772, 2010.

ØRSKOV, E. Feed evaluation with emphasis on fibrous roughages and fluctuating supply of nutrients: a review. **Small Ruminant Research**, 28, n. 1, p. 1-8, 1998.

ØRSKOV, E.; HOVELL, F. d. B.; MOULD, F. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. **Tropical Animal Production**, 5, n. 3, p. 195-213, 1980.

PELL, A.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of dairy science**, 76, n. 4, p. 1063-1073, 1993.

SCHEFFER-BASSO, S.; FONTANELI, R.; DÜRR, J. Valor nutritivo de forragens:

concentrados, pastagens e silagens. **Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo-Centro de Pesquisa em Alimentação**, 2003.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J.; VAN SOEST, P.; FOX, D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of animal science**, 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

THIAGO, L.; GILL, M. **Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen**. Embrapa-CNPQC, 1990.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press, 1994.

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; GENRO, T. C. M.; BARCELLOS, J. O. J. et al. Modelos matemáticos para ajuste da produção de gases in vitro em diferentes tempos de incubação e cinética ruminal de silagens de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, 35, n. 4Supl, p. 2531-2540, 2014.

WEISS, W. Predicting energy values of feeds. **Journal of Dairy Science**, 76, n. 6, p. 1802-1811, 1993.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar silagem de trigo em diferentes estádios de maturação e seu reflexo na fermentação, digestibilidade dos componentes nutricionais para ruminantes.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar o melhor estágio de corte e a eficiência de utilização dos componentes nutritivos, bem como a digestibilidade e degradabilidade destes;

Avaliar a composição químico-bromatológica e características de fermentação de silagens de trigo de diferentes genótipos;

Quantificar as diferentes frações de carboidratos e das proteínas de silagens de trigo de diferentes genótipos;

Determinar a cinética de degradação ruminal *in vitro*, pela técnica de produção de gás, de silagens de trigo de diferentes genótipos.

Segundo normas da Revista Semina: Ciências Agrárias

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/about/submissions>

4 Silagens de trigo (*Triticum aestivum.L*) em diferentes estádios fisiológicos para alimentação de bovinos de corte

Wheat (*Triticum aestivum.L*) silages at different physiological stages for feeding beef cattle

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade e quantidade de forragem produzida nos diferentes estádios fenológicos de trigo. As silagens de trigo foram ensiladas em diferentes estágios de maturação: final florescimento (I), leitoso/pastosos (II) e pastoso/farináceo (III) em mini silos. Os tratamentos foram compostos por duas cultivares (TBIO ENERGIA I; TBIO ENERGIA II) e dois genótipos (BIO151005 e BIO162251) e a mistura entre elas na proporção de 50% de cada (cultivar x Linhagem), totalizando dez combinações de genótipos. Determinou-se por espectroscopia de infravermelho proximal os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), amido, digestibilidade da matéria orgânica. A análise da fibra revelou que a porcentagem de FDA e FDN diminuiu entre os estádio II em comparação com o estádio I. O teor de PB de proteína não diferiu entre os estádios. Em contrapartida, o teor de amido foi aumentando ($P<0,05$) conforme aumentava o teor de MS. A digestibilidade da matéria orgânica manteve estabilidade entre os estádio e tratamentos. A ensilagem de trigo deve ser colhida na fase de grão leitoso/farináceo, com teor de matéria seca entre 33 a 38% de MS para obter o maior rendimento em produção, PB, amido FDN e FDA, mantendo assim qualidade fermentativa e conservação dos nutrientes resultando em silagens bem preservadas.

Palavras-chave: Avaliação de alimentos. Estágio fenológico. Qualidade de fermentação.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the quality and quantity of forage produced in different phenological stages of wheat. Wheat silages were ensiled at different stages of maturation: final flowering (I), milky/pasty (II) and pasty/farinaceous (III) in mini silos. The treatments consisted of two cultivars (TBIO ENERGIA I; TBIO ENERGIA II) and two genotypes (BIO151005 and BIO162251) and the mixture between them in the proportion of 50% of each (cultivar x Lineage), totaling ten combinations of genotypes. The contents of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), starch, organic matter digestibility were determined by proximal infrared spectroscopy. Fiber analysis revealed that the percentage of ADF and NDF decreased between stage II compared to stage I. Protein CP content did not differ between stages. On the other hand, the starch content increased ($P<0.05$) as the DM content increased. The digestibility of organic woodland maintained stability between stages and treatments. Wheat silage must be harvested at the milky/farinaceous grain stage, with dry matter content between 33 to 38% DM to obtain the highest yield in production, CP, starch, FDN and FDA, thus maintaining fermentative quality and nutrient conservation resulting in well-preserved silages.

Key words: Food evaluation. Phenological stage. Fermentation quality

Introdução

O trigo é uma importante opção para produção de volumoso conservado, seja na forma de silagem ou de pré-secado, e se encaixa perfeitamente no sistema de produção, principalmente por ser produzido durante o período do inverno no sul do Brasil, oportunizando a produção de forragem em

uma época do ano que pode enfrentar escassez. No entanto, em clima subtropical e temperado, silagens de trigo tornam-se uma alternativa interessante para produção de alimentos, principalmente em situações em que culturas de verão não são possíveis de serem cultivadas devido ao clima. Por se tratar de um trigo mútico (sem a presença de arista), o qual apresenta benefícios ao que tange ao sistema digestivo dos animais, genótipos que foram geneticamente melhorados, e exclusivamente voltados para produção de forragem, proporcionando uma ótima alternativa na dieta de gado de leite e de corte pelas características nutricionais apresentadas.

A utilização de trigo é uma opção que possibilita a produção de volumoso, em quantidade e qualidade elevada, com altos teores nutricionais tais como, amido e proteína, os quais são produzidos em uma época do ano onde normalmente o pecuarista possui áreas ociosas. Desta forma há otimização da área, além da possibilidade em reduzir a dependência do verão, liberando para outras culturas de maior valor agregado ou até mesmo aumentar o número de animais, uma vez que a oferta de alimento tende a ser maior.

A necessidade em reduzir os custos com alimentação levou muitos agricultores para um sistema duplo de cultivo: milho como cultura de verão e cereais de inverno (trigo) como cultura de inverno para ensilagem antes do plantio do milho (Bumbieris Junior et al., 2011). O trigo *Triticum aestivum* L. tem um bom potencial produtivo devido a seu elevado teor matéria seca (MS) já na fase de grãos pastoso. Este fato, combinado com um bom teor de açúcares solúveis em água, permite a ensilagem com claras vantagens, principalmente em termos de menor risco de contaminação por *Clostridium* sp, menores perdas nutritivas e procedimentos de colheita mais simples (Ni et al., 2015).

A adequação dos nutrientes a serem supridos na nutrição é fator imprescindível no desempenho animal contendo uma concentração satisfatória de proteínas e carboidratos não fibrosos (amido e açúcares solúvel), sendo este último à fonte de energia mais importante produzida no rúmen, desta forma estimulando o crescimento do *pool* de bactérias e incrementando a produção de proteína microbiana e ácidos graxos voláteis dando resposta em leite ou em carne (Henz et al., 2016).

A validação científica do uso estratégico da silagem de trigo pode ser um incentivo para que o produtor a utilize na alimentação animal. Uma vez sendo bem utilizada, a silagem de trigo pode desempenhar um importante papel na produção animal e com isso melhorar a rentabilidade nutricional e financeira do produtor. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial forrageiro e a qualidade nutricional de silagens de trigo em diferentes estádios fenológico.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no campo experimental da Biotrigo Genética LTDA, localizada em Coxilha, Rio Grande do Sul, 28°07'38" de latitude Sul 52°17'46" de longitude Oeste, com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animal (CEUA)-UEL sob o n° 37/2020, processo n° 17371.2019.83. O clima é descrito como subtropical úmido (Cfa), de acordo com a classificação de Köppen. O solo é

classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico húmico (STRECK et al., 2008) com teor de argila de 610 g.kg^{-1} , profundo e bem drenado. A análise de solo consta $\text{pH (H}_2\text{O)} = 5,5$, $\text{P} = 33 \text{ mg dm}^3$, $\text{K} = 347 \text{ mg dm}^3$; $\text{M.O} = 3,8\%$; $\text{Al} = 0,01 \text{ cmol dm}^3$; $\text{Ca} = 7,4 \text{ cmol dm}^3$; $\text{Mg} = 1,7 \text{ cmol dm}^3$; $\text{CTC} = 16,2 \text{ cmol dm}^3$; $\text{SAT bases} = 62\%$.

Os tratamentos foram compostos por duas cultivares (TBIO ENERGIA I; TBIO ENERGIA II) e duas linhagens (BIO151005 e BIO162251) e a mistura entre eles na proporção de 50% de cada (cultivar x Linhagem), totalizando dez combinações de genótipos (Mix 1=TBIO ENERGIA I + TBIO ENERGIA II; Mix 2=TBIO ENERGIA I + BIO151005; Mix 3=TBIO ENERGIA I + BIO162251; Mix 4=TBIO ENERGIAII + BIO151005; Mix 5= TBIO ENERGIA II + BIO162251; Mix 6=BIO151005 + BIO162251; Mix 7 TBIO ENERGIA I; Mix 8= TBIO ENERGIA II; Mix 9= BIO151005; Mix 10= BIO162251). As avaliações foram realizadas em três estádios de maturação, final do florescimento (Estádio I); leitoso/pastoso (Estádio II) e grão pastoso/farináceo (Estádio III) e quatro repetições, sendo cada parcela de 6 m^2 , (5 metros de comprimento e 7 linhas com espaçamento $0,17\text{cm}$) totalizando 120 unidades experimentais. Utilizou-se delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas.

A semeadura foi realizada dia 23/07/2018 utilizando 330 sementes viáveis/ m^2 . Foi realizada adubação de base com utilização de 300 kg.ha^{-1} do formulado 18-46-00 (N-P2O5- K2O) e 150 kg de Cloreto de potássio. ha^{-1} . Posteriormente foram realizadas duas adubações de cobertura perfilhamento (08/08/2018 - 45 kg de nitrogênio. ha^{-1}) e alongação (13/09/2018 - 54 kg de nitrogênio. ha^{-1}). O controle de herbicida, inseticida e fungicida foi realizado segundo recomendação da Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa em Trigo e Triticale (RCBTT, 2015).

A colheita da silagem foi realizada conforme o estágio de maturação dos genótipos (final do florescimento, leitoso/pastoso e pastoso/farináceo). No momento do corte foram desprezadas as bordaduras e volume de massa cortada a 15 cm do solo. Foi feita a pesagem do material cortado e estimada a produção de matéria natural. Posteriormente, o trigo foi picado em ensiladeira regulada para tamanho de corte teórico médio de $1,2 \text{ cm}$, logo após realizou-se a confecção em mini silos de tubos de PVC $0,4\text{m}$ de altura x $0,1\text{m}$ de raio, para mensurar a massa compactada em m^3 .

As silagens de trigo foram armazenadas por 60 dias e em seguida encaminhadas para o laboratório de Análises Físico-químicas (LABFQ) da Fundação ABC, localizado em Castro, no Paraná. No momento da abertura dos mini silos, retirou-se amostras do centro dos silos, ou seja, desprezou-se as camadas superiores e inferiores de cada mini silo. Imediatamente à amostragem procedeu-se a pré-secagem em estufa com circulação de ar forçado durante 72 horas a $55 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Após a determinação do teor de matéria parcialmente seca, realizou-se a moagem em moinho tipo Willey dotado com peneira com crivos de um milímetro de diâmetro. Determinou-se os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LIG), digestibilidade da matéria orgânica, ácido acético e láctico por espectroscopia de Infravermelho Próximo, Near Infrared

Spectroscopy (NIRS) modelo NIR Foss XDS Rapid Content Analyser Software de aquisição de espectros: ISIScan 4.6, com uma curva de calibração construída a partir de amostras realizadas pelo método convencional (químico). Foram feitos os cálculos para os teores de celulose (CEL)= FDA-Lignina e hemiceluloses (HEM) = FDN-FDA. A determinação do pH foi determinada conforme Cherney e Cherney (2003), a capacidade tampão (CT) e o nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi realizada segundo Playne e McDonald (1966).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade, aditividade e homoscedasticidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade utilizando-se o software R Core Team (2018).

Resultados e Discussão

É possível afirmar que os genótipos de trigo são de ciclos (germinação até o corte para silagem) precoces, havendo variação entre estádios e genótipos de aproximadamente 10 dias. Genótipos de ciclos mais precoce, são interessantes pois, possibilitam fazer uma terceira safra. A produção de matéria seca diferiu ($P < 0,05$) entre os genótipo e estádios, conforme a planta envelhece aumenta o teor de matéria seca (MS), desta forma obtendo valores superiores a 10 toneladas de MS.ha⁻¹ (Tabela 1)

Os teores de proteína bruta (Tabela 1) não diferiram entre os genótipos, havendo diferença ($P < 0,05$) entre os estádios. Durante o curto período entre a final da floração (Estádio I) e o estádio pastoso/farináceo (III) a silagem de trigo sofre mudança notáveis, conforme aumenta o teor de MS diminui o teor de proteína bruta. Estes resultados corroboram com os dados de Hundal et al. (2020) que verificaram decréscimo no teor de proteína conforme avançava o estádio de maturação. Xie et al. (2012) observaram comportamento semelhantes no teor de proteína, o que pode ser devido a síntese ser inibida pela redução na fotossíntese no estádio de grão farináceo.

Os teores de amido (Tabela 1) diferiram ($P < 0,05$) entre genótipos e os estádios de maturação. Conforme a planta avança no estádio de maturação, aumentou o teor de amido. A variação entre os genótipos neste experimento está associada ao estágio de maturação no momento do corte, tal fato observado foi semelhante aos reportados por Xie et al. (2012). Os resultados observados neste estudo são semelhantes aos divulgados por Rustas et al. (2011), que podem ser atribuídos ao decréscimo de açúcares solúveis em água, conforme avançava o estádio de maturação, tendo como resultado maior acúmulo de amido nos grãos alterando o valor nutricional das silagens.

Os teores de FDN, FDA, lignina e celulose (Tabela 2) diferiram ($P < 0,05$) entre genótipos e estádios enquanto a hemicelulose e matéria mineral diferiram ($P < 0,05$) no estádio de maturação. Os teores de FDN e FDA atingiram o pico no estádio de floração (I). Conforme vai avançando dentro do estágio de maturação a FDN e a FDA vão diminuindo. Xie et al. (2012) e Rustas et al. (2011) observaram que no florescimento dos cereais de inverno, há incremento nas concentrações de FDN e

FDA sobretudo, após este estágio de maturação, constata-se decréscimo nos teores dessas frações fibrosas, associados a participação dos grãos e do teor de amido, assim diluindo a concentração na planta inteira.

O teor de FDN é um dos aspectos mais importantes na avaliação de silagens, visto que é um fator limitante no consumo de MS por ruminantes, refletindo diretamente no desempenho animal. Elevados teores de FDA e lignina reduzem a digestibilidade da planta forrageira, o que também afeta negativamente o desempenho animal (Van Soest, 1994).

Segundo Mertens (2002), a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) é nutricionalmente importante porque ela representa a porção orgânica dos alimentos que é, ou indigestível, ou de lenta digestão, ocupando espaço no trato gastrointestinal dos animais, mas que, por outro lado, estimula a ruminação. A manutenção da hemicelulose e o decréscimo da celulose conforme vai avançando o estágio de maturação pode ser devido à maior digestibilidade da parede celular no momento do corte, devido a menor lignificação entre a lignina e os polissacarídeos (Hundal et al., 2020).

O teor de lignina (Tabela 2) apresentou diferença ($P < 0,05$), aumentando com a maturação. Apesar deste incremento, os valores ficaram abaixo daqueles observados em silagem de trigo por Rustas et al. (2011) 4,8%MS, 5,20%MS e 5,80 % MS respectivamente.

O teor de matéria mineral diferiu ($P < 0,05$) entre os estágios. Tal fato pode ser devido à contaminação do solo adquirida neste experimento durante a colheita.

A digestibilidade da matéria orgânica, nutrientes digestíveis totais (NDT) e estrato etéreo (Tabela 3) houve diferença ($P < 0,05$) entre genótipos e estágios. A digestibilidade da matéria orgânica manteve-se acima de 66 %, mostrando que manteve a qualidade nutricional das silagens de trigo, não vindo a interferir no tempo. Os nutrientes digestíveis totais (NDT), conforme o avanço do estágio de maturidade teve comportamento decrescente. Este comportamento está associado à diminuição no teor de PB, lignificação e o aumento no teor de FDA no momento do corte, portanto é indicado a ensilagem de trigo com teores entre 33 a 38% de matéria seca onde se obteve o melhor resultado para digestibilidade da matéria orgânica e NDT.

Os resultados observados neste estudo foram semelhantes aos divulgados por Hundal et al. (2020) ao avaliar o potencial de variedades de trigo. Os autores atribuíram à fração da fibra insolúvel em detergente ácido e à lignificação da planta devido ao estágio de maturação como sendo dois dos principais fatores que colaboram para a diminuição dos nutrientes digestíveis totais.

Analisando os parâmetros fermentativo de silagens de trigo em diferentes estágios pode-se observar na (Tabela 4) o pH, os teores nitrogênio amoniacal (N-NH₃), capacidade tampão (CT) e os teores de ácido acético e ácido lático que houve interação ($P < 0,05$) entre genótipos e estágios. As características de fermentação das silagens de trigo variaram entre genótipos e estágios de maturação, devido a mudança de matéria seca e compactação, alterando assim a composição química das silagens, efeito este também observado por Hundal et al. (2020).

Os teores de nitrogênio amoniacal de silagens têm sido amplamente utilizados como parâmetro para indicar a ocorrência de processos fermentativos eficientes (Lehmen et al., 2014). Analisando o conteúdo de N-NH₃ (Tabela 4), pode-se verificar efeito decrescente nos valores, atribuindo aos estádios de maturação. Em silagens confeccionadas de forma direta, sem antes ser pré-murchadas (final do florescimento), com teores de matéria seca abaixo de 30% MS, poderá ocorrer à destruição dos compostos nitrogenados, portanto, não sendo indicado a confecção das silagens de trigo.

A capacidade tampão (Tabela 4) diferiu ($P < 0,05$), entre os genótipo e estádios ambos os genótipos demonstraram serem resistentes a alteração do pH. Fundamentado na capacidade das silagens em resistir as alterações ao pH durante a ensilagem. Quanto maior o poder tampão maior será a quantidade de ácido necessária para reduzir o pH da silagem, mais longo será o processo fermentativo, maior o consumo de carboidratos solúveis e maiores serão as perdas, proporcionando certos organismos indesejáveis torne-se metabolicamente ativos podendo produzir calor e consumir os nutrientes das silagens (Ranjit e Kung Jr, 2000).

O pH das silagens diferiu ($P < 0,05$) entre estádios e genótipos, apresentando maior variação no estágio III, podendo ser devido à compactação e o teor de matéria seca no momento da confecção da silagem, mesmo efeito reportado por Filya (2003a) e Hundal et al. (2020). Analisando o comportamento de ácido acético e láctico (Tabela 4), houve decréscimo na produção destes ácidos entre os estádios. Desta forma, observamos comportamento semelhantes aos reportados por Filya (2003b), atribuindo a hidrólise do amido presente nos grãos por amilase endógena servindo de substrato para uma boa fermentação, comportamento semelhante observado entre o estágio III, podendo ser devido ao baixo teor do pH associado à boa compactação obtendo como resultado produção ideal ácido láctico, inibindo dessa forma crescimentos de microrganismos indesejáveis, como Clostrídios e Enterobactérias (Borreni et al., 2018).

O ácido acético tem maior relevância com a estabilidade aeróbica. Segundo reportado por Muck (2010), uma produção aconselhável de ácido acético para se obter uma boa silagem dentro de uma faixa normal é de 10,80-18,4 g⁻¹kg de MS. Dessa forma pode-se afirmar que o processo de fermentação aconteceu de forma rápida, assim inibindo a produção de ácido butílico nas silagens de trigo.

Conclusão

Ambas as cultivares e os genótipos puros ou misturadas têm potencial para produzir altos rendimentos de MS para silagens de trigo planta inteira. O momento da colheita irá influenciar diretamente no valor nutritivo das silagens, tendo maior probabilidade em melhorar o consumo dos animais.

Com base nos dados do presente estudo, o trigo deve ser colhido na fase de grão leitoso/farináceo para ensilagem, com teor de matéria seca entre 33 a 38% de MS para obter o maior

rendimento em produção, PB, amido FDN e FDA, digestibilidade da matéria orgânica, mantendo assim qualidade fermentativa e conservação dos nutrientes resultando em silagens bem preservadas.

Considerações Finais

Mais estudos são necessários sobre:

1. Definir as perdas de MS durante a ensilagem e subsequente impacto econômico de tais perdas;
2. Desempenho animal subsequente quando alimentado com silagens de cereais em diferentes estágios de maturação.

Referências

- Bumbieris Junior, V. H., Jobim, C. C., Emile, J.-C., Robson, R., Junior, M. C., & Branco, A. F. (2011). Degradabilidade ruminal e fracionamento de carboidratos e proteínas em silagens de triticale em cultivo singular ou em misturas com aveia e/ou leguminosas. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(2), 759-770
- Cherney, J., & Cherney, D. (2003). Assessing silage quality. *Silage science and technology*, 42, 141-198.
- Filya, I. (2003a). The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. *Journal of Applied Microbiology*, 95(5), 1080-1086.
- Filya, I. (2003b). Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 103(1-4), 85-95.
- Henz, É. L., de Almeida, P. S. G., Velho, J. P., Nörnberg, J. L., da Silva, L. d. D. F., Backes, T. R., & Guerra, G. L. (2016). Dual purpose wheat production with different levels of nitrogen topdressing. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(2), 1091-1100.
- Hundal, J. S., Wadhwa, M., Brar, N. S., & Kumar, B. (2020). Evaluating potential of wheat varieties at different phenological stages for silage production. *Indian Journal of Animal Sciences*, 90(2), 254-258.
- Lehmen, R. I., Fontaneli, R. S., Fontaneli, R. S., & Santos, H. P. d. (2014). Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. *Ciencia rural*, 44(7), 1180-1185.
- Mertens, D. R. (2002). Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC international*, 85(6), 1217-1240.
- Muck, R. (2010). *Silage additives and management issues*. Paper presented at the Proceedings of Idaho Alfalfa Forage Conference, Best Western Burley, Idaho, USA.
- Ni, K., Wang, Y., Cai, Y., & Pang, H. (2015). Natural Lactic Acid Bacteria Population and Silage Fermentation of Whole-crop Wheat. *Asian-Australas J Anim Sci*, 28(8), 1123-1132. doi: 10.5713/ajas.14.0955
- Playne, M., & McDonald, P. (1966). The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17(6), 264-268.
- Ranjit, N. K., & Kung Jr, L. (2000). The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 83(3), 526-535.

- Rustas, B. O., Bertilsson, J., Martinsson, K., Elverstedt, T., & Nadeau, E. (2011). Intake and digestion of whole-crop barley and wheat silages by dairy heifers. *J Anim Sci*, 89(12), 4134-4141. doi: 10.2527/jas.2010-3585
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*: Cornell university press).
- Xie, Z., Zhang, T., Chen, X., Li, G., & Zhang, J. (2012). Effects of maturity stages on the nutritive composition and silage quality of whole crop wheat. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 25(10), 1374.

Tabela 1: Estimativa de produção matéria verde (MV), matéria seca (MS), porcentagem de matéria seca (%MS), ciclo (dias), amido (%MS) e proteína (%MS).

Tratamento	Estágios								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Ciclo *(dias)			Produção Matéria Natural kg/ha ⁻¹			Produção de Matéria Seca kg/ha ⁻¹		
Mix 1	89	100	110	33.318 aA	31.780 abB	25.676 abC	8.549 abB	9.778 aA	10.435 bA
Mix 2	97	106	117	33.432 aA	29.050 bB	25.816 abC	9.391 aB	9.638 aB	10.738 abA
Mix 3	97	106	117	34.584 aA	29.288 bB	27.510 abB	9.567 aB	9.148 aB	10.833 abA
Mix 4	89	100	110	32.783 aA	32.503 abA	27.078 abB	8.522 abC	9.665 aB	10.992 abA
Mix 5	89	100	110	37.310 aA	35.560 aA	29.372 abB	9.427 aB	9.991 aB	11.136 abA
Mix 6	97	106	117	33.562 aA	29.974 bB	26.852 abC	9.087 abC	10.100 aB	11.344 abA
Mix 7	97	106	117	35.280 aA	29.484 bB	26.642 abC	9.654 aC	10.641 aB	11.778 abA
Mix 8	86	92	110	32.466 aA	31.164 abA	24.402 bC	7.669 bC	8.897 aB	10.435 bA
Mix 9	97	107	117	32.062 aA	28.389 bB	24.850 abC	9.006 abB	9.630 aB	11.620 abA
Mix 10	97	107	117	34.916 aA	31.582 abB	29.917 aB	9.531 aB	9.782 aA	12.146 aA
CV 1(%)					9,46			8,25	
CV 2(%)					3,88			4,24	
	Matéria Seca (%)			Proteína Bruta (%MS)			Amido (%MS)		
Mix 1	25,66	30,80	40,66	13,63 ^{ns} A	11,67 ^{ns} B	11,27 ^{ns} C	2,03 bcdC	12,30 abB	19,46 abA
Mix 2	28,10	33,20	41,73	13,80 ^{ns} A	12,60 ^{ns} B	12,03 ^{ns} C	4,70 abcC	14,20 aB	20,33 abA
Mix 3	27,66	31,23	39,36	13,63 ^{ns} A	12,07 ^{ns} B	11,63 ^{ns} C	5,43 abC	12,50 abB	18,76 abA
Mix 4	26,10	29,76	40,63	13,40 ^{ns} A	12,33 ^{ns} B	11,83 ^{ns} C	1,70 cdC	11,36 abB	17,46 bA
Mix 5	25,66	28,10	37,93	13,77 ^{ns} A	12,30 ^{ns} B	11,70 ^{ns} C	2,10 bcdC	9,60 bcB	17,30 bA
Mix 6	27,10	33,76	42,26	14,17 ^{ns} A	12,40 ^{ns} B	12,03 ^{ns} C	5,03 abcC	13,06 aB	18,70 abA
Mix 7	27,33	36,10	44,20	12,87 ^{ns} A	11,33 ^{ns} B	11,47 ^{ns} C	4,50 abcC	14,53 aB	21,86 aA
Mix 8	23,63	28,56	42,90	14,17 ^{ns} A	11,93 ^{ns} B	11,37 ^{ns} C	1,00 bC	6,70 cB	20,46 abA
Mix 9	28,13	34,00	46,73	14,23 ^{ns} A	12,83 ^{ns} B	11,90 ^{ns} C	6,26 aC	14,20 aB	18,56 abA
Mix 10	27,30	30,96	40,60	13,73 ^{ns} A	12,27 ^{ns} B	12,00 ^{ns} C	2,76 bcdC	11,90 abB	21,73 aA
CV 1(%)					6,12			14,25	
CV 2(%)					2,62			8,64	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de tukey (P>0,05). CV1= Mix; CV2= Estádios; ^{ns} = Não significativo

*Período, em dias, entre a emergência das plantas e o corte para ensilagem.

Tabela 2: Resultados de qualidade nutricional para fibra em detergente neutro (%MS), fibra em detergente ácido (%MS), lignina (%MS), hemicelulose (%MS), celulose (%MS) e matéria mineral (%MS) de silagem de mix de cultivares de trigo.

Tratamento	Estágios								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Fibra em Detergente Neutro (%MS)			Fibra em Detergente Ácido (%MS)			Lignina (%MS)		
Mix 1	52,43 aA	45,63 abB	44,83 bcdB	33,20 aA	27,26 abcB	24,90 cdeC	3,20 bB	3,16 aB	3,53 bcA
Mix 2	46,43 dA	44,70 abAB	46,90 abcB	28,26 bcA	26,10 cB	27,23 aAB	2,63 cC	3,00 abcB	4,00 aA
Mix 3	46,73 d ^{ns}	45,90 ab ^{ns}	46,73 abc ^{ns}	28,00 bcdA	26,56 bcB	26,73 abcB	2,53 cdC	2,93 abcB	3,86 aA
Mix 4	51,03 abA	45,40 abB	45,50 abcdB	32,53 aA	26,93 abcB	25,23 bcdeC	3,03 bB	3,00 abcB	3,36 cdA
Mix 5	50,63 abcA	46,73 abB	44,06 cdC	32,16 aA	28,10 abB	24,70 deC	3,00 b ^{ns}	3,06 a ^{ns}	3,16 d ^{ns}
Mix 6	47,03 dA	44,56 abB	47,43 abA	27,70 cdA	26,26 bcB	27,00 abAB	2,40 cdC	2,73 cdB	3,76 abA
Mix 7	48,06 cdA	44,73 abB	46,00 abcdB	29,66 bA	26,23 bcB	26,56 abcdB	2,96 bB	3,03 abB	3,96 aA
Mix 8	51,66 aA	47,16 aB	44,80 bcdC	33,20 aA	28,76 aB	24,30 eC	3,66 aA	3,13 aB	3,50 bcA
Mix 9	45,73 dB	43,90 bC	48,16 aA	26,26 dB	25,66 cB	27,73 aA	2,33 dC	2,76 bcdB	3,83 aA
Mix 10	48,43 bcdA	44,90 abB	43,43 dB	29,10 bcA	26,26 bcB	24,00 eC	2,26 dC	2,56 dB	3,43 cdA
CV 1(%)		3,01%			3,23%			3,33%	
CV 2(%)		1,92%			2,17%			3,11%	
	Hemicelulose (%MS)			Celulose (%MS)			Matéria Mineral (%MS)		
Mix 1	19,23 ^{ns} AB	18,37 ^{ns} B	19,93 ^{ns} A	30,00 aA	24,10 abcB	21,36 cdC	4,57 ^{ns} A	5,87 ^{ns} B	5,47 ^{ns} B
Mix 2	18,17 ^{ns} B	18,60 ^{ns} B	19,67 ^{ns} A	25,63 bcA	23,10 cB	23,23 abB	6,07 ^{ns} A	5,53 ^{ns} B	5,73 ^{ns} B
Mix 3	18,73 ^{ns} B	19,33 ^{ns} AB	20,00 ^{ns} A	25,46 bcA	23,63 bcB	22,86 abcB	5,53 ^{ns} A	5,27 ^{ns} B	5,50 ^{ns} B
Mix 4	18,50 ^{ns} B	18,47 ^{ns} B	20,27 ^{ns} A	29,50 aA	23,93 abcB	21,86 bcdC	6,73 ^{ns} A	5,77 ^{ns} B	5,67 ^{ns} B
Mix 5	18,47 ^{ns}	18,63 ^{ns}	19,37 ^{ns}	29,16 aA	25,03 abB	21,53 bcdC	6,73 ^{ns} A	5,93 ^{ns} B	5,57 ^{ns} B
Mix 6	19,33 ^{ns} B	18,30 ^{ns} C	20,43 ^{ns} A	25,30 bcA	23,53 bcB	23,23 abB	6,23 ^{ns} A	6,00 ^{ns} B	5,43 ^{ns} B
Mix 7	18,40 ^{ns} B	18,50 ^{ns} AB	19,43 ^{ns} A	26,70 bA	23,20 cB	22,60 abcB	6,30 ^{ns} A	5,50 ^{ns} B	5,47 ^{ns} B
Mix 8	18,47 ^{ns} B	18,40 ^{ns} B	20,50 ^{ns} A	29,53 aA	25,63 aB	20,80 dC	7,50 ^{ns} A	6,27 ^{ns} B	5,50 ^{ns} B
Mix 9	19,47 ^{ns} A	18,23 ^{ns} B	20,43 ^{ns} A	23,93 cA	22,90 cA	23,90 aA	6,60 ^{ns} A	5,87 ^{ns} B	5,70 ^{ns} B
Mix 10	19,33 ^{ns}	18,67 ^{ns}	19,43 ^{ns}	26,83 bA	23,66 bcB	20,56 dC	5,87 ^{ns} A	5,37 ^{ns} B	5,47 ^{ns} B
CV 1(%)		3,71%			3,32%			11,66%	
CV 2(%)		2,67%			2,26%			10,55%	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de tukey (P>0,05). CV1= Mix; CV2= Estádios; ^{ns} = Não significativo

Tabela 3: Resultados de qualidade nutricional para extrato etéreo (%MS), digestibilidade da matéria orgânica (%MO) e nutrientes digestíveis totais (%MS) de silagem de mix de cultivares de trigo.

Tratamento	Estágios								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Extrato Etéreo (%MS)			Digestibilidade da Matéria Orgânica (%MO)			Nutrientes Digestíveis Totais (%MS)		
Mix 1	3,46 abA	2,86 bcdB	2,43 bcC	66,23 dB	67,63 dA	67,53 bcA	68,63 abc ^{ns}	68,20 b ^{ns}	67,66 abc ^{ns}
Mix 2	3,46 abA	2,80 cdB	2,26 cdeC	69,76 bcA	68,66 bcdA	64,60 eB	69,63 abA	69,03 abA	65,86 cdB
Mix 3	3,46 ab	2,80 cdB	2,40 bcdC	69,40 cA	67,70 dB	65,56 deC	70,20 aA	69,10 abA	66,53 bcdB
Mix 4	3,43 bA	2,90 bcB	2,56 abC	67,03 dB	68,60 bcdA	68,50 abA	66,86 cB	68,73 abA	67,76 abAB
Mix 5	3,40 bcA	2,90 bcB	2,63 aC	66,90 dB	67,73 cdB	69,36 aA	67,00 cB	68,10 bAB	68,66 aA
Mix 6	3,43 bA	3,00 abB	2,43 bcC	71,23 abA	69,76 abB	66,83 cdC	69,63 abA	69,36 abA	66,56 bcdB
Mix 7	3,23 cdA	2,70 dB	2,20 eC	67,40 dA	68,00 cdA	64,36 eB	68,00 bcA	68,83 abA	66,30 bcdB
Mix 8	3,13 dA	2,96 abcB	2,30 cdeC	64,03 eB	65,73 eA	66,53 cdA	64,46 dB	67,56 bA	67,60 abcA
Mix 9	3,40 bcA	2,80 cdB	2,23 deC	72,30 aA	70,26 aB	66,60 cdC	69,73 abA	69,40 abA	65,76 dB
Mix 10	3,63 aA	3,13 aB	2,70 aC	69,70 bcA	69,33 abcA	67,93 abcB	70,16 aA	70,36 aA	68,56 aB
CV 1(%)		2,07			0,83			1,07	
CV 2(%)		2,75			0,90			1,00	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de tukey (P>0,05). CV1= Mix; CV2= Estádios; ^{ns} = Não significativo

Tabela 4: Resultados de qualidade nutricional para potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (%PB), capacidade tampão (%MS), Compactação (kg/m³), Ácido acético (%MS) e ácido láctico (%MS) de silagem de mix de cultivares de trigo.

Tratamento	Estágios								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	pH			N-NH ₃ (%N Total)			Capacidade Tampão (m.eq NaOH/100g MS)		
Mix 1	3,70 cdB	3,70 ^{ns} B	3,93 cA	11,66 bcdA	10,00 bcB	7,66 abcC	37,40 fB	36,76 hC	45,26 fA
Mix 2	3,83 abcB	3,77 ^{ns} B	4,23 abA	10,33 deA	8,66 cdB	8,66 abB	44,00 cB	44,20 gB	45,76 fA
Mix 3	3,77 abcdB	3,77 ^{ns} B	4,10 bA	10,66 cdeA	9,66 bcAB	9,00 aB	51,80 aA	47,00 eB	37,76 gC
Mix 4	3,73 bcdB	3,70 ^{ns} B	3,93 cA	12,33 bcA	10,33 abcB	7,00 bcC	42,99 dC	45,80 fB	53,80 dA
Mix 5	3,70 cdB	3,73 ^{ns} AB	3,83 c A	12,66 bA	10,66 abB	6,66 cC	48,00 bC	63,20 aA	62,06 bB
Mix 6	3,77 abcdB	3,67 ^{ns} B	4,17 abA	9,00 e ^{ns}	8,66 cd ^{ns}	8,33 abc ^{ns}	41,60 eC	45,20 fB	57,40 cA
Mix 7	3,67 dC	3,80 ^{ns} B	4,30 aA	10,33 deA	7,66 dB	8,66 abB	41,20 eC	57,00 cA	45,20 fB
Mix 8	3,90 aA	3,70 ^{ns} B	3,93 cA	15,00 aA	12,00 aB	7,00 bcC	37,76 fB	36,80 hC	63,00 aA
Mix 9	3,87 abB	3,70 ^{ns} C	4,20 abA	10,66 cdeA	7,66 dB	7,33 abcB	32,00 gC	52,06 dB	56,73 cA
Mix 10	3,77 abcdB	3,70 ^{ns} B	4,10 bA	10,00 deA	9,00 bcdAB	8,33 abcB	31,40 gC	59,80 bA	52,60 eB
CV 1(%)		1,31			6,19			0,63	
CV 2(%)		1,46			7,98			0,55	
	Compactação (kg/m ³)			Ácido acético (%MS)			Ácido Láctico (%MS)		
Mix 1	752,00 aA	708,59 abB	685,66 abB	1,73 abA	0,97 ^{ns} B	0,90 abB	6,90 bcA	5,60 cdeB	4,80 bcB
Mix 2	716,87 abcA	723,24 abA	643,20 bcdB	1,47 abA	0,93 ^{ns} B	1,27 aA	6,86 bcA	5,26 cdefB	2,63 deC
Mix 3	736,94 abcA	735,56 aA	677,60 abcB	1,50 abA	0,90 ^{ns} B	1,17 abB	7,53 abA	5,00 cdefB	3,70 cdC
Mix 4	729,51 abcA	705,73 abAB	679,93 abcB	1,73 abA	1,00 ^{ns} B	0,97 abB	6,80 bcA	4,76 defB	5,73 abAB
Mix 5	750,95 abA	719,32 abAB	702,44 aB	1,70 abA	1,07 ^{ns} B	1,00 abB	6,80 bcA	4,53 efB	6,40 aA
Mix 6	700,10 cA	688,95 abA	632,16 cdB	1,43 ab ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,17 ab ^{ns}	7,66 abA	7,93 aA	4,10 cB
Mix 7	731,42 abcA	732,27 aA	621,76 deB	1,50 abA	1,00 ^{ns} B	0,97 abB	6,13 cA	5,90 cdA	1,96 eB
Mix 8	730,14 abcA	711,04 abA	662,84 abcdB	1,37 bA	1,16 ^{ns} A	0,80 bB	3,66 dB	4,03 fAB	4,86 bcB
Mix 9	712,52 abcA	679,51 bB	578,23 eC	1,33 bA	1,00 ^{ns} B	1,03 abAB	7,10 bcA	6,16 bcA	4,23 cB
Mix 10	703,50 bcA	717,62 abA	667,83 abcdB	1,83 aA	1,16 ^{ns} B	1,03 abB	8,46 aA	7,26 abB	4,73 bcC
CV 1(%)		2,87			10,80			7,63	
CV 2(%)		2,36			13,45			9,65	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de tukey (P>0,05). CV1= Mix; CV2= Estádios; ^{ns} = Não significativo

Segundo normas da Revista Semina: Ciências Agrárias

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/about/submissions>

5 Efeito da maturidade sobre as silagens de trigo (*Triticum aestivum L*) em termos do fracionamento de carboidratos e proteínas e cinética de degradação ruminal *in vitro* pela técnica de produção de gás.

Effect of maturity on wheat silages (*Triticum aestivum L*) in terms of carbohydrate and protein fractionation and *in vitro* ruminal degradation kinetics by the gas production technique.

Resumo: O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da maturidade na cinética de degradação ruminal *in vitro* pela técnica de produção cumulativa de gases em diferentes estádios fenológicos. As silagens de trigo foram ensiladas em diferentes estágios de maturação, final florescimento (I), leitoso/pastosos (II) e pastoso/farináceo (III) em mini silos. Os tratamentos foram compostos por duas cultivares (TBIO ENERGIA I; TBIO ENERGIA II) e duas linhagens (BIO151005 e BIO162251) e a mistura entre elas na proporção de 50% de cada (cultivar x Linhagem), totalizando dez combinações de genótipos. Foi realizado o fracionamento dos carboidratos em A+B1, B2 e C, e as proteínas em A, B1+B2, B3 e C. Os parâmetros de cinética de degradação ruminal foram estimados a partir do método semiautomático de produção cumulativa de gases *in vitro*. A fração A + B1 diferiram ($P < 0,05$) entre os genótipos e os estádios, representando a porção de rápida degradação ruminal (fração A), conforme o avanço do estágio de maturação do trigo a fração B1 foi aumentando pelo acúmulo de amido na planta. Os parâmetros de cinética de fermentação ruminal *in vitro* demonstraram que o volume final de gases produzidos pela fermentação dos carboidratos não fibrosos (Vcnf) diferiram ($P < 0,05$) entre os genótipos e os estádios e as taxas de degradação (Kdcnf) apresentaram efeito crescente ($P < 0,05$) entre os estádios. O estágio de maturidade é um fator muito importante a ser levado em consideração, pois, as silagens com baixa concentração de matéria seca estão mais propícias a perdas de nutrientes através da produção de efluentes.

Palavras-chave: Estágio fenológico. Produção de gas. Ruminante .Taxa de degradação.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of maturity on *in vitro* ruminal degradation kinetics by the technique of cumulative gas production at different phenological stages. Wheat silages were ensiled at different stages of maturation, final flowering (I), milky/pasty (II) and pasty/farinaceous (III) in mini silos. The treatments consisted of two cultivars (TBIO ENERGIA I; TBIO ENERGIA II) and two lines (BIO151005 and BIO162251) and the mixture between them in the proportion of 50% of each (cultivar x Lineage), totaling ten combinations of genotypes. Carbohydrates were fractionated into A+B1, B2 and C, and proteins into A, B1+B2, B3 and C. The parameters of ruminal degradation kinetics were estimated using the semi-automatic method of cumulative gas production *in vitro*. The fraction A + B1 differed ($P < 0.05$) between genotypes and stages, representing the portion of rapid ruminal degradation (fraction A), as the wheat maturation stage progressed, the B1 fraction was increased by the accumulation of starch in the plant. The *in vitro* ruminal fermentation kinetics parameters showed that the final volume of gases produced by the fermentation of non-fibrous carbohydrates (Vcnf) differed ($P < 0.05$) between genotypes and stages and degradation rates (Kdcnf) had an effect increasing ($P < 0.05$) between the stages. The maturity stage is a very important factor to be taken into account, since silages with low dry matter concentration are more prone to nutrient losses through the production of effluents.

Key words: Gas production. Phenological stage. Rate of degradation. Ruminant.

Introdução

Na região Sul do Brasil, a cultura do trigo para silagem ou pré-secado vem ganhando muita importância dentro das propriedades de gado de corte. Por se tratar de um trigo mútico (sem a presença de arista), melhorado geneticamente para produção de silagem, proporcionando uma ótima alternativa na dieta de bovinos de corte. Sobretudo o conhecimento dos componentes nutricionais, estágio de maturidade e qualidade fermentativa da silagem de trigo é de suma importância para produtores e técnicos serem mais assertivos nas formulações das rações.

A degradação de alimentos no rúmen é um processo complexo que envolve interações entre microrganismos e seu hospedeiro (Czerkawski, 1986). Embora a metodologia *in situ* de avaliação de alimentos tenha sido amplamente utilizada (Orskov et al., 1980) através da intervenção cirúrgica nos animais para implantação de cânulas tem sido recentemente, objeto de discussões éticas e morais. Devido estas objeções muitos pesquisadores têm procurado substituí-la por técnicas *in vitro*, dentre as quais a que utiliza metodologias de mensuração da produção de gás (Velho et al., 2014).

A técnica de produção de gases é simples e de baixo custo, tornando-a acessível na avaliação de alimentos para ruminantes, com a vantagem de processar grande número de amostras em curto espaço de tempo, além de gravimétrica também é metabólica, mas pode apresentar limitações, visto que protocolos padrões com tempos de 48, 72 e 96 horas de incubação podem prejudicar a interpretação de efeitos oriundos de tratamentos experimentais sobre as partes mais digestíveis (Velho et al., 2014).

A adequação dos nutrientes, o tempo de colonização e a degradação das frações fibrosas e não fibrosas são fatores imprescindíveis no desempenho animal sendo este último a fonte de energia mais importante produzida no rúmen, desta forma estimulando o crescimento do pool de bactérias e incrementando a produção de proteína microbiana e ácidos graxos voláteis dando resposta em carne (Henz et al., 2016).

A validação científica do uso estratégico da silagem de trigo pode ser um incentivo para que o produtor a utilize na alimentação animal. Uma vez sendo bem utilizada, a silagem de trigo pode desempenhar um importante papel na produção animal e com isso melhorar a rentabilidade nutricional e financeira para os produtores. Assim, o estudo da cinética de degradação ruminal *in vitro* pela técnica de produção cumulativa de gases em diferentes estádios fenológicos, pelas cultivares disponíveis no mercado assim como a avaliação de novos genótipos se faz importante a fim de quantificar os benefícios e potencial forrageiro da cultura do trigo.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no campo experimental da Biotrigo Genética LTDA, localizada em Coxilha, Rio Grande do Sul, 28°07'38" de latitude Sul 52°17'46" de longitude Oeste, com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animal (CEUA)-UEL sob o nº 37/2020, processo nº 17371.2019.83. O clima é descrito como subtropical úmido (Cfa), de acordo com a classificação de Köppen. O solo é classificado como

LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico húmico (STRECK et al., 2008) com teor de argila de 610 g.kg^{-1} , profundo e bem drenado. A análise de solo consta $\text{pH (H}^2\text{O)} = 5,5$, $\text{P} = 33 \text{ mg dm}^3$, $\text{K} = 347 \text{ mg dm}^3$; $\text{M.O} = 3,8\%$; $\text{Al} = 0,01 \text{ cmol dm}^3$; $\text{Ca} = 7,4 \text{ cmol dm}^3$; $\text{Mg} = 1,7 \text{ cmol dm}^3$; $\text{CTC} = 16,2 \text{ cmol dm}^3$; $\text{SAT bases} = 62\%$.

Os tratamentos foram compostos por duas cultivares (TBIO ENERGIA I; TBIO ENERGIA II) e duas linhagens (BIO151005 e BIO162251) e a mistura entre elas na proporção de 50% de cada (cultivar x Linhagem), totalizando dez combinações de genótipos Mix 1=TBIO ENERGIA I + TBIO ENERGIA II; Mix 2=TBIO ENERGIA I + BIO151005; Mix 3=TBIO ENERGIA I + BIO162251; Mix 4=TBIO ENERGIA II + BIO151005; Mix 5= TBIO ENERGIA II + BIO162251; Mix 6=BIO151005 + BIO162251; Mix 7 TBIO ENERGIA I; Mix 8= TBIO ENERGIA II; Mix 9= BIO151005; Mix 10= BIO162251. As avaliações foram realizadas em três estádios de maturação, final do florescimento (Estádio I); leitoso/pastoso (Estádio II) e grão pastoso/farináceo (Estádio III) e quatro repetições, sendo cada parcela de 6 m^2 , (5 metros de comprimento e 7 linhas com espaçamento $0,17 \text{ cm}$) totalizando 120 unidades experimentais. Utilizou-se delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas.

A semeadura foi realizada dia 23/07/2018 utilizando 330 sementes viáveis/ m^2 . Foi realizada adubação de base com utilização de $300 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}$ do formulado 18-46-00 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$) e 150 kg de Cloreto de potássio. $^{-1} \text{ ha}$, posteriormente foram realizadas duas adubações de cobertura perfilhamento (08/08.2018 - 45 kg de nitrogênio/ ha^{-1}) e alongação (13/09/2018 - 54 kg de nitrogênio/ $^{-1} \text{ ha}$). O controle de herbicida, inseticida e fungicida foi realizado segundo recomendação da Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa em Trigo e Triticale (RCBTT, 2015).

A colheita da silagem foi realizada conforme o estágio de maturação dos genótipos (final do florescimento, leitoso/pastoso e pastoso/farináceo). No momento do corte foram desprezadas as bordaduras e volume de massa cortada a 15 cm do solo. Foi feita a pesagem do material cortado e estimada a produção de matéria natural. Posteriormente, o trigo foi cortado em ensiladeira regulada para tamanho de corte teórico médio de $1,2 \text{ cm}$, logo após realizou-se a confecção em mini silos de tubos de PVC $0,4$ altura x $0,1$ raio, para mensurar a massa compactada em m^3 .

As silagens de trigo foram armazenadas por 60 dias e em seguida encaminhadas para o laboratório de Análises Físico-químicas (LABFQ) da Fundação ABC, localizado em Castro, no Paraná. No momento da abertura dos mini silos, retirou-se amostras do centro dos silos, ou seja, desprezou-se as camadas superiores e inferiores de cada mini silo. Imediatamente à amostragem procedeu-se a pré-secagem em estufa com circulação de ar forçado durante 72 horas a $55 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Após a determinação do teor de matéria seca ao ar (ASA), realizou-se a moagem em moinho tipo Willey dotado com peneira com crivos de um milímetro de diâmetro. Determinou-se os teores matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), amido, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), carboidratos não fibrosos (CNF) apresentados na Tabela 1. O fracionamento da proteína (fração A, A2, B1 +B2 e C) e energia digestível (ED), foi realizado por espectroscopia de Infravermelho Próximo,

Near Infrared Spectroscopy (NIRS), modelo *NIR Foss XDS Rapid Content Analyser Software de aquisição de espectros: ISIScan 4.6*, com uma curva de calibração construída a partir de amostras realizadas pelo método convencional (químico).

A estimativa de energia metabolizável (EM) e energia líquida para ganho (Elg) foi estimado conforme National Academies of Sciences e Medicine (2016).

$$EM (\text{Mcal} \cdot \text{kg MS}^{-1}) = ED * 0,82$$

$$\text{Elg} (\text{Mcal} \cdot \text{kg MS}^{-1}) = -1,65 + 1,42 * EM - 0,174 * EM^2 + 0,0122 * EM^3$$

O fracionamento e o cálculo dos carboidratos foram determinados conforme Sniffen et al. (1992).

Carboidratos totais (CHOT)

$$\text{CHOT} = 100 - [\text{PB} (\% \text{MS}) + \text{EE} (\% \text{MS}) + \text{MM} (\% \text{MS})]$$

Fração C (C)

$$C (\% \text{CHOT}) = 100 \times [\text{FDN} (\% \text{MS}) \times 0,01 \times \text{Lig} (\% \text{FDN}) \times 2,4] / \text{CHOT} (\% \text{MS})$$

Fração B2 (B2)

$$B2 = 100 \times [(\text{FDN} (\% \text{MS}) - \text{PIDN} (\% \text{PB}) \times 0,01 \times \text{PB} (\% \text{MS}) - \text{FDN} (\% \text{MS}) \times 0,01 \times \text{Lig} (\% \text{FDN}) \times 2,4] / \text{CHOT} (\% \text{MS})$$

Carboidratos não estruturais (CNE)

$$\text{CNE} (\% \text{CHOT}) = 100 - B2 (\% \text{CHOT}) - C (\% \text{CHOT})$$

Fração B1 (B1)

$$B1 = \text{Amido} (\% \text{CNE}) \times (100 - B2 (\% \text{CHOT}) - C (\% \text{CHOT})) / 100$$

Fração A (A)

$$A = (100 - \text{Amido} (\% \text{CNE})) \times (100 - B2 (\% \text{CHOT}) - C (\% \text{CHOT})) / 100$$

A Fração “A” ou compostos nitrogenados não proteicos (NNP) (%PB) foi calculada pela diferença entre o teor de N-total e o de N-insolúvel no TCA. A fração B1+B2 foi calculada pela fórmula $B1+B2 (\% \text{PB}) = \% \text{TCA} - \% \text{PIDN}$. A fração B3 (%PB) foi calculada pela diferença entre a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA); a fração C foi considerada como a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), ambas descritas por Sniffen et al. (1992).

Os parâmetros de cinética de degradação ruminal *in vitro* das silagens foram estimados a partir do método semiautomático de produção cumulativa de gases descritos por Pell e Schofield (1993) e adequada às condições do Laboratório de Nutrição Animal da UEL. O inóculo ruminal foi obtido de bovinos adultos, logo após o abate no Frigorífico SOMAR Indústria e Comércio de Produtos Alimentícios LTDA, localizado no município de Ibiporã, Paraná.

A solução tampão, descrita por McDougall (1948), foi preparada e aquecida a 39°C, sob gaseificação contínua com CO₂. Cada frasco de incubação recebeu 0,3 g de amostra, 28,125 mL de meio de cultura e 3,125 mL de inóculo ruminal. Para os ajustes de variação, foram incubados quatro frascos considerados branco, contendo as soluções de incubação sem substrato. Os frascos foram hermeticamente fechados utilizando-se rolhas de borracha.

A pressão dos gases produzidos pela fermentação do substrato e acumulada nos frascos foi mensurada por meio de um manômetro (após despressurização inicial), nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96 e 144 horas. Os valores de pressão foram convertidos em volume (mL), conforme equação pré-estabelecida para as condições locais: $\hat{Y} = 0,5702 + 3,2399P + 0,1074P^2$ ($R^2=0,99$), onde “ \hat{Y} ” = volume total de gases e “ P ” é a pressão dos gases dentro dos frascos de fermentação (psi = pressão por polegada quadrada), corrigidos para base seca.

Para estimativa dos parâmetros de cinética de fermentação ruminal os dados foram aplicados ao modelo logístico bicompartimental proposto por Schofield et al. (1994), descrito a seguir: $V(t) = \text{VCNF}/(1 + \exp(2 - 4 * \text{KdCNF} * (T - L))) + \text{VCF}/(1 + \exp(2 - 4 * \text{KdCF} * (T - L)))$, onde: VCNF = volume máximo de gases da fração dos carboidratos não fibrosos (mL); VCF = volume máximo de gases da fração dos carboidratos fibrosos (mL); KdCNF = taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos (% h⁻¹); KdCF = taxa de degradação dos carboidratos fibrosos (%.h⁻¹); T e L = tempos de incubação (horas) e a latência (horas).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade, aditividade e homoscedasticidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade utilizando-se o *software* R Core Team (2018).

Resultados e Discussão

As silagens de trigo apresentaram bons teores de NDT, MS, PB enquanto os carboidratos totais conforme o avanço do estágio de maturidade foram aumentando (Tabela 1). A fração A + B1 (Tabela 2) diferiram ($P < 0,05$) entre os genótipos e os estádios. Os açúcares solúveis, segundo Sniffen et al. (1992), representa a porção de rápida degradação ruminal (fração A). Pode-se verificar (Tabela 2) que a fração B1 foi aumentando com o avanço do estágio de maturação do trigo a ser ensilado demonstrando comportamento inverso ao acúmulo do amido. Avaliando cereais de clima temperado, as reservas de carbono são acumuladas no colmo na forma de carboidratos solúveis em água, principalmente na forma de frutose no estágio inicial, após as reservas são alocados para os grãos (Ruuska et al., 2008).

A fração B2 diferiu entre os genótipos e os estádios ($P < 0,05$) havendo comportamento decrescente entre os estádios. Este comportamento pode ser devido aos teores de FDN (Tabela 1), pois esta fração é composta por carboidratos fibrosos de lenta degradação. Os resultados obtidos neste estudo foram semelhantes ao relatados por Henz et al. (2020), ao avaliar silagem de tritcale. A fração C diferiu ($P < 0,05$) entre os estádios, conforme avançava o estágio de maturidade aumentava a lignina presente nas silagens de trigo (Tabela 1). Esta fração representa a parede celular lignificada indisponível acarretando indigestibilidade dos carboidratos estruturais (Van Soest, 1994), podendo ser devido ao aumento do teor de lignina entre os estádios de maturidade das silagens de trigo.

Ao avaliar as proporções de frações “A1”, “A2” e “B1+B2” (Tabela 3), pode-se verificar que conforme aumentava o teor de matéria seca (Tabela 1) as proteínas de alta disponibilidade, bem como proteínas rapidamente degradáveis no rúmen diminuíram. Este comportamento pode ser devido a inibição da síntese de

proteína causada pela baixa de fotossíntese no estágio de grão farináceo (Xie et al., 2012). Segundo Santos Pina et al. (2010) a maior parte dos aminoácidos absorvidos pelos ruminantes é proveniente da proteína microbiana sintetizada no rúmen, corroborando com os autores supra cima citados. Nocek e Russell (1988) afirmaram que quando a disponibilidade de proteínas rapidamente degradáveis é elevada, faz-se necessário adequado suprimento de carboidratos com rápida degradação para o perfeito sincronismo ruminal, obtendo maior resposta no desempenho e produção animal. Portanto pode-se afirmar que as silagens de trigo no estágio II apresentaram valores suficiente em carboidratos e proteínas de rápida fermentação para um bom funcionamento ruminal.

A fração C diferiu ($P < 0,05$) entre os genótipos e estádios, esta fração é totalmente indegradável pelos animais ruminantes. Os componentes orgânicos complexados nestas condições na parede celular são indisponíveis para digestão e metabolismo dos animais. Segundo Sniffen et al. (1992), a fração proteica indisponível é denominada de fração C, sendo esta proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e corresponde às proteínas associadas à lignina e produtos oriundos da reação de Maillard, altamente resistentes às enzimas microbianas e indigestíveis ao longo do trato gastrointestinal.

Ao avaliar os parâmetros de cinética de fermentação ruminal *in vitro* (Tabela 4), verifica-se que o volume final de gases produzidos pela fermentação dos carboidratos não fibrosos (Vcnf) diferiram ($P < 0,05$) entre os tratamentos e os estádios e as taxas de degradação (Kdcnf) apresentaram efeito ($P < 0,05$) crescente entre os estádios. Assim, pode-se afirmar que o estágio de maturação afetou negativamente a liberação de energia e de nitrogênio.

O tempo de colonização é um importante parâmetro relacionado à degradação da fração fibrosa do alimento (Velho et al., 2014) pois quanto maior o *lag time* indica que a dieta afetou negativamente o tempo de colonização dos microrganismos ruminais. Com a diminuição nos teores da FDN e aumento no teor de lignina, o tempo de colonização ou *lag time* foi influenciado ($P < 0,05$) neste experimento, pelo estágio de maturação.

Verificou-se que o volume final de gases produzidos pela fermentação dos carboidratos fibrosos (Vcf) diferiu ($P < 0,05$) entre os genótipos e os estádios (Tabela 4), apresentando efeito crescente ($P < 0,05$), o que influenciou nas taxas de degradação (Kdcf). Segundo Velho et al. (2014), a maior taxa de degradação das silagens de trigo pode ser devido ao avanço no estágio de maturidade da planta o que causa menor efeito de enchimento ruminal.

Segundo Russell et al. (1992) a presença de nitrogênio solúvel estimula os microrganismos ruminais fermentadores de carboidratos estruturais a utilizarem amônia como fonte de nitrogênio melhorando assim a degradação dos carboidratos estruturais das silagens.

Ao avaliar a energia digestível (ED), metabólica (EM) e energia líquida para ganho (Elg) (Tabela 5) pode-se observar que houve diferença ($P < 0,05$) entre as silagens de trigo e o estágio de maturação. A diferença entre as silagens de trigo foi muito próximas demonstrando o potencial das silagens de trigo em fornecer energia para ganho. Segundo estimativa do NRC, (2016) um bovino de 350 kg de peso vivo precisa de 5,5 Mcal/dia para obter um quilo de ganho. Analisando as silagens de trigo, podemos observar que ambos os genótipos puros ou misturados têm potencial para obter ganhos elevados.

Avaliando diferentes híbridos de silagens de milho, Restle et al. (2006), reportaram valores semelhante ao experimento em questão de 0,98 Mcal a 1,05 Mcal de energia líquida para ganho. O momento da colheita irá influenciar diretamente no valor nutritivo das silagens, tendo maior probabilidade em melhorar o consumo e originando em menor enchimento ruminal. Os estádios influenciaram nas frações dos carboidratos, das proteínas e nos parâmetros de degradação ruminal.

Conclusão

De maneira geral a principal função dos alimentos é fornecer energia para a síntese dos tecidos do corpo e de alguns produtos (carne). Assim, podemos concluir que as silagens de trigo fornecem quantidades suficientes de energia e proteína para um bom desempenho dos animais ruminantes.

O estágio de maturidade é um fator muito importante a ser levado em consideração, pois, as silagens com baixo teor de matéria seca (Estádio I) estão mais propícias a perdas de nutrientes através da produção de efluentes, portanto é indicado colher o trigo com teores de matéria seca de 33% a 38% para obter o maior rendimento em produção de proteína e energia, resultando em silagens bem preservadas, sem causar prejuízos nos parâmetros nutricionais e metabólicos, vindo a contribuir como boa fonte de proteína e energia.

Considerações Finais

Mais estudos são necessários sobre:

1. Definir as perdas de MS durante a ensilagem e subsequente impacto econômico de tais perdas;

Desempenho animal subsequente quando alimentado com silagens de trigo em diferentes estádios de maturação.

Referencias

- Czerkawski, J. (1986). *Degradation of solid feeds in the rumen: spatial distribution of microbial activity and its consequences*. Paper presented at the Proceedings of 6th International Symposium on Ruminant Physiology, Banff (Canada), 10-14 Sep 1984.
- Henz, É. L., da Silva, L. d. D. F., Junior, V. H. B., Junior, F. L. M., Zanin, E., & de Arruda, M. C. G. (2020). Evaluation and characterization of triticale silage (x. Triticosecale wittmack) to replace Sorghum bicolor (L.) Moench (S. vulgare Pers.) silage as feed for beef cattle. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(1), 335-344.
- Henz, É. L., de Almeida, P. S. G., Velho, J. P., Nörnberg, J. L., da Silva, L. d. D. F., Backes, T. R., & Guerra, G. L. (2016). Dual purpose wheat production with different levels of nitrogen topdressing. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(2), 1091-1100.
- McDougall, E. (1948). Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical Journal*, 43(1), 99.
- National Academies of Sciences, E., & Medicine. (2016). *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press).

- Nocek, J. E., & Russell, J. B. (1988). Protein and Energy as an Integrated System. Relationship of Ruminant Protein and Carbohydrate Availability to Microbial Synthesis and Milk Production. *Journal of Dairy Science*, 71(8), 2070-2107. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(88)79782-9
- Orskov, E., Hovell, F. d. B., & Mould, F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*, 5(3), 195-213.
- Pell, A., & Schofield, P. (1993). Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *Journal of Dairy Science*, 76(4), 1063-1073.
- Restle, J., Pacheco, P. S., Alves Filho, D. C., Freitas, A. K. d., Neumann, M., Brondani, I. L., Arboitte, M. Z. (2006). Silagem de diferentes híbridos de milho para produção de novilhos superjovens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(5), 2066-2076.
- Russell, J. B., O'Connor, J. D., Fox, D. G., Van Soest, P. J., & Sniffen, C. J. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *J Anim Sci*, 70(11), 3551-3561.
- Ruuska, S. A., Lewis, D. C., Kennedy, G., Furbank, R. T., Jenkins, C. L., & Tabe, L. M. (2008). Large scale transcriptome analysis of the effects of nitrogen nutrition on accumulation of stem carbohydrate reserves in reproductive stage wheat. *Plant molecular biology*, 66(1-2), 15-32.
- Santos Pina, D. D., Valadares, R. F. D., & de Campos, S. (2010). Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana.
- Schofield, P., Pitt, R., & Pell, A. (1994). Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. *Journal of Animal Science*, 72(11), 2980-2991.
- Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G., & Russell, J. B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Anim Sci*, 70(11), 3562-3577.
- Streck, E. V., KÄMPF, N., DALMOLIN, R. S. D., KLAMT, E., Nascimento, P. d., Schneider, P., Pinto, L. (2008). *Solos do Rio Grande do Sul*: UFRGS: EMATER/RS-ASCAR Porto Alegre).
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*: Cornell university press).
- Velho, J. P., Mühlbach, P. R. F., Genro, T. C. M., Barcellos, J. O. J., Neto, J. B., & da Silva, R. S. M. (2014). Modelos matemáticos para ajuste da produção de gases in vitro em diferentes tempos de incubação e cinética ruminal de silagens de milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(4Supl), 2531-2540.
- Xie, Z., Zhang, T., Chen, X., Li, G., & Zhang, J. (2012). Effects of maturity stages on the nutritive composition and silage quality of whole crop wheat. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 25(10), 1374.

Tabela 1: Composição químico-bromatológica das silagens de trigo.

Estádios	Tratamentos									
	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 6	Mix 7	Mix 8	Mix 9	Mix 10
	Matéria Seca (%)									
I	25,66	28,10	27,66	26,10	25,66	27,10	27,33	23,63	28,13	27,30
II	30,80	33,20	31,23	29,76	28,10	33,76	36,10	28,56	34,00	30,96
III	40,66	41,73	39,36	40,63	37,93	42,26	44,20	42,90	46,73	40,60
	Proteína Bruta (%MS)									
I	13,63	13,80	13,63	13,40	13,77	14,17	12,87	14,17	14,23	13,73
II	11,67	12,60	12,07	12,33	12,30	12,40	11,33	11,93	12,83	12,27
III	11,27	12,03	11,63	11,83	11,70	12,03	11,47	11,37	11,90	12,00
	Extrato Etéreo (%MS)									
I	3,46	3,46	3,46	3,43	3,40	3,43	3,23	3,13	3,40	3,63
II	2,86	2,80	2,80	2,90	2,90	3,00	2,70	2,96	2,80	3,13
III	2,43	2,26	2,40	2,56	2,63	2,43	2,20	2,30	2,23	2,70
	Matéria Mineral (%MS)									
I	4,57	6,07	5,53	6,73	6,73	6,23	6,30	7,50	6,60	5,87
II	5,87	5,53	5,27	5,77	5,93	6,00	5,50	6,27	5,87	5,37
III	5,47	5,73	5,50	5,67	5,57	5,43	5,47	5,50	5,70	5,47
	Fibra em Detergente Neutro (%MS)									
I	52,80	46,43	46,73	51,03	50,60	47,03	48,06	51,66	45,73	48,43
II	45,63	44,70	45,90	45,40	46,73	44,56	44,73	47,16	43,90	44,90
III	44,830	46,90	46,73	45,50	44,06	47,43	46,00	44,80	48,16	43,43
	Fibra em Detergente Ácido (%MS)									
I	33,20	28,26	28,00	32,53	32,16	27,70	29,66	33,20	26,26	29,10
II	27,26	26,10	26,56	26,93	28,10	26,26	26,23	28,76	25,66	26,26
III	24,90	27,23	26,73	25,23	24,70	27,00	26,56	24,30	27,73	24,00
	Lignina (%MS)									
I	3,20	2,63	2,53	3,03	3,00	2,40	2,96	3,66	2,33	2,26
II	3,16	3,00	2,93	3,00	3,06	2,73	3,03	3,13	2,76	2,56
III	3,53	4,00	3,86	3,36	3,16	3,76	3,96	3,50	3,83	3,43
	Carboidratos Totais (%MS)									
I	78,33	76,67	77,37	76,43	76,10	76,17	77,60	75,20	75,77	76,77
II	79,60	79,07	79,87	79,00	78,87	78,60	80,47	78,83	78,50	79,23
III	80,83	79,97	80,47	79,93	80,10	80,10	80,87	80,83	80,17	79,83
	Carboidratos não fibroso (%MS)									
I	25,90	30,23	30,63	25,40	25,47	29,13	29,53	23,53	30,03	28,33
II	33,97	34,37	33,97	33,60	32,13	34,03	35,73	31,67	34,60	34,33
III	36,00	33,07	33,73	34,43	36,03	32,67	34,87	36,03	32,00	36,40
	Amido (%MS)									
I	2,03	4,70	5,43	1,70	2,10	5,03	4,50	1,00	6,26	2,76
II	12,30	14,20	12,50	11,36	9,60	13,06	14,53	6,70	14,20	11,90
III	19,46	20,33	18,76	17,46	17,30	18,70	21,86	20,46	18,56	21,73
	Nutrientes Digestíveis Totais (%MS)									
I	68,63	69,63	70,20	66,86	67,00	69,63	68,00	64,46	69,73	70,16
II	68,20	69,03	69,10	68,73	68,10	69,36	68,83	67,56	69,40	70,36
III	67,66	65,86	66,53	67,76	68,66	66,56	66,30	67,60	65,76	68,56

Tabela 2: Fracionamento de carboidratos totais (% CHOT) de genótipos de trigo para silagens (%MS)

Estádios	Tratamentos										CV%
	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 6	Mix 7	Mix 8	Mix 9	Mix 10	
Fração A											
I	79,51 bA	79,74 abA	79,60 abA	80,37 abA	79,74 abA	80,08 abA	79,05 bA	78,12 bA	79,05 bA	82,57 aA	1,62
II	71,93 bcB	70,05 cB	72,19 bcB	72,94 bcB	74,34 abB	72,10 bcB	70,59 cB	77,10 aA	70,75 cB	73,93 bB	1,48
III	64,32 bcC	61,33 deC	63,65 bcdC	66,42 abC	67,31 aC	63,55 bcdC	60,34 eC	63,78 bcdB	63,54 bcdC	61,90 cdeC	
Fração B1											
I	2,03 bcdC	4,70 abcC	5,43 abC	1,70 cdC	2,10 bcdC	5,03 abcC	4,50 abcC	1,00 dC	6,26 aC	2,76 bcdC	14,25
II	12,30 abB	14,20 aB	12,50 abB	11,36 abB	9,60 bcB	13,06 aB	14,53 aB	6,70 cB	14,20 aB	11,90 abB	8,64
III	19,46 abA	20,33 abA	18,76 abA	17,46 bA	17,30 bA	18,70 abA	21,86 aA	20,46 abA	18,56 abA	21,73 aA	
Fração B2											
I	8,64 aA	7,31 aA	7,09 cA	8,41 abA	8,67 aA	7,32 cA	7,27 cA	9,21 aA	7,06 cA	7,59 bcA	7,45
II	6,22 B	6,65 B	6,47 B	6,57 B	6,72 B	6,47 B	5,84 B	6,66 B	6,54 B	6,41 B	3,16
III	5,69 abC	6,31 abB	6,06 abB	6,00 abC	5,92 abC	6,47 aB	5,99 abB	5,37 bC	6,40 aB	6,04 abB	
Fração C											
I	9,79 bB	8,23 cC	7,87 cdC	9,50 bAB	9,52 b	7,56 cdC	9,16 bB	11,65 aA	7,39 cdC	7,06 dC	3,97
II	9,54 aB	9,08 abcB	8,82 abcB	9,10 abcB	9,32 ab	8,34 cdB	9,02 abcB	9,52 aC	8,50 bcdB	7,75 dB	3,20
III	10,50 bcA	12,01 aA	11,51 aA	10,10 cdA	9,46 d	11,27 abA	11,79 aA	10,37 cB	11,48 aA	10,31 cdA	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de tukey (P>0,05). CV1= Mix; CV2= Estádios;

A+B1= carboidratos não-fibrosos (% CHOT) B2= componentes disponíveis correspondentes à fração potencialmente degradável (%CHOT); C= fração indigestível da parede celular (% CHOT)

Tabela 3: Fracionamento de proteínas, expressas em proteína bruta total (% N Total) de genótipos de trigo para silagens (%MS)

Estádios	Tratamentos										CV%
	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 6	Mix 7	Mix 8	Mix 9	Mix 10	
Fração A1											
I	11,76 abcA	10,33 deA	10,63 cdeA	12,26 bcA	12,43 bA	9,20 e ^{ns}	10,53 deA	14,80 aA	10,56 deA	10,16 deA	5,98
II	9,96 bcdB	8,66 defB	9,43 bcdAB	10,43 abcB	10,76 abB	8,26 ef ^{ns}	7,73 fB	11,83 aB	7,86 efB	9,03 cdefAB	6,78
III	7,60 abcdC	8,73 abB	9,10 aB	7,23 bcdC	6,56 dC	8,20 abc ^{ns}	8,66 abcB	7,00 cdB	7,26 bcdB	8,26 abcB	
Fração A2											
I	72,33 aA	71,5 abA	70,46 abA	70,93 abA	70,93 abA	70,20 abA	71,03 abA	69,70 abA	68,36 bA	70,10 abA	1,63
II	67,43 bcB	65,60 bcB	68,50 bA	67,56 bcB	68,00 bB	64,23 cB	65,86 bcB	72,10 aA	64,20 cB	67,70 bA	2,03
III	63,60 abC	58,43 cdC	61,00 bcB	64,20 abC	64,93 aC	61,26 bcC	55,76 dC	61,56 abcB	59,63 cC	64,73 aB	
Fração B1 + B2											
I	12,90 ^{ns} C	12,83 ^{ns} C	12,70 ^{ns} C	13,83 ^{ns} C	13,70 ^{ns} C	13,13 ^{ns} C	14,46 ^{ns} C	12,60 ^{ns} B	13,36 ^{ns} C	14,06 ^{ns} C	5,75
II	19,03 cB	22,40 abB	18,70 cB	18,83 cB	17,90 cB	23,86 aB	22,86 aB	12,46 dB	24,60 aB	19,46 bcB	6,10
III	25,1 dA	28,50 bcA	26,06 bcdA	24,26 dA	25,00 dA	26,53 bcdA	31,93 aA	25,50 cdA	28,86 abA	23,53 dA	
Fração C											
I	2,96 deB	3,40 cd ^{ns}	3,66 bcA	2,96 deB	2,93 deB	4,03 abA	3,36 cd ^{ns}	2,83 eC	4,23 aA	3,63 bcA	5,92
II	3,46 ^{ns} A	3,16 ^{ns}	3,33 ^{ns} AB	3,26 ^{ns} B	3,23 ^{ns} AB	3,23 ^{ns} B	3,53 ^{ns}	3,33 ^{ns} B	3,13 ^{ns} B	3,30 ^{ns} B	4,72
III	3,53 bA	3,33 b ^{ns}	3,40 bB	3,66 bA	3,43 bB	3,33 bB	3,50 b ^{ns}	4,40 aA	3,36 bB	3,33 bAB	

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de tukey ($P>0,05$). CV1= Mix; CV2= Estádios; A1= nitrogênio não proteico; A2= Proteína altamente degradável B1+B2= proteína degradável; C= proteína indisponível.

Tabela 4: Parâmetros de degradação ruminal de genótipos de trigo para silagens (%MS)

Estádios	Tratamentos										CV%
	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 6	Mix 7	Mix 8	Mix 9	Mix 10	
Vcnf (mL/g MS)											
I	177,96 abA	129,46 d ^{ns}	135,13 cd ^{ns}	162,20 abcdA	163,23 abcdA	176,83 abcA	182,70 aA	139,43 bcdA	175,20 abcA	167,26 abcdA	12,49
II	101,80 bB	113,50 ab ^{ns}	118,03 ab ^{ns}	131,70 aAB	124,96 abB	138,73 aB	121,25 abB	127,50 abA	89,29 bB	104,59 abB	12,22
III	120,26 abB	116,10 ab ^{ns}	117,70 ab ^{ns}	106,16 bB	111,49 bB	100,80 bC	119,16 abB	83,21 bB	97,85 bB	156,10aA	
Kdcnf (%h)											
I	4,07 bcdC	6,00 aC	4,50 bcC	3,40 cdC	4,27 bcC	4,10 bcdB	3,95 bcdB	2,18 eC	3,08 deC	4,70 bC	5,66
II	9,14 abcB	8,27 bcdB	9,42 aA	6,05 eB	8,03 cdB	2,09 fC	8,96 abcA	7,73 dB	8,49 abcdA	9,31 abB	6,13
III	10,71 bA	9,21 cA	8,86 cA	8,64 cA	13,07 aA	9,31 cA	8,87 cA	8,77 cA	8,29 cA	10,84 bA	
L (h)											
I	0,67 bB	1,50 a ^{ns}	1,01 bB	1,82 aA	0,84 bC	1,71 aAB	0,78 bB	0,76 bB	1,50 aB	1,50 a ^{ns}	11,05
II	0,90 cd B	1,47 a ^{ns}	1,54 aA	1,02 bcdB	1,38 abA	1,48 aB	0,70 dB	1,27 abcA	1,42 abB	1,49 a ^{ns}	12,50
III	1,34 bcdeA	1,25 cde ^{ns}	1,73 abA	0,95 eB	1,60 abcA	1,92 aA	1,53 abcdA	1,11 deA	1,85 aA	1,67 abc ^{ns}	
Vcf (mL/g MS)											
I	93,48 bcdB	150,10 a ^{ns}	137,30 ab ^{ns}	78,89 cdB	108,06 abcdB	84,59 cdB	91,04 bcdB	57,60 dB	128,11 abcB	122,46 abcB	14,16
II	151,1 aA	164,96 a ^{ns}	168,86 a ^{ns}	129,20 abA	153,00 aA	89,79 bB	147,50 aA	164,53 aA	180,03 aA	175,90 aA	13,47
III	160,26 ^{ns} A	156,04 ^{ns}	165,53 ^{ns}	152,70 ^{ns} A	180,53 ^{ns} A	168,50 ^{ns} A	152,66 ^{ns} A	182,93 ^{ns} A	169,86 ^{ns} A	143,63 ^{ns} AB	
Kdcf (mL/g MS)											
I	1,43 abcB	1,96 a ^{ns}	1,84 ab ^{ns}	1,13 cB	1,59 abcB	1,30 bcC	1,31 bcB	1,41 abcB	1,94 a ^{ns}	1,61 abcB	10,20
II	2,22 bA	2,17 b ^{ns}	2,25 b ^{ns}	1,85 bA	2,12 bA	8,40 aA	2,18 bA	2,14 bA	2,35 b ^{ns}	2,44 bA	10,32
III	2,17 ^{ns} A	2,06 ^{ns}	2,13 ^{ns}	2,12 ^{ns} A	2,11 ^{ns} A	2,34 ^{ns} B	2,10 ^{ns} A	2,14 ^{ns} A	2,15 ^{ns}	2,23 ^{ns} A	

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de tukey (P>0,05). CV1= Mix; CV2= Estádios; Volume final de produção de gases de carboidratos fibrosos (Vcf) e não fibrosos (Vcnf) em mL/g MS; Taxa de degradação dos carboidratos fibrosos (Kdcf) e não fibrosos (Kdcnf) em %/h; Latência (L) em hora

Tabela 5: Parâmetros de Energia Digestível (ED)/Mcal/kg, Energia Metabolizável (EM) Mcal/kg e Energia líquida para ganho (Elg) Mcal/kg de silagens de trigo

Estádios	Tratamentos										CV%
	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 6	Mix 7	Mix 8	Mix 9	Mix 10	
Energia Digestível (Mcal/kg MS)											
I	3,026 abc ^{ns}	3,07 abA	3,09 aA	2,94 cB	2,94 cB	3,07 bcA	2,99 bcA	2,84 dB	3,07 abA	3,09 aA	1,07
II	3,00 b ^{ns}	3,04 abA	3,04 abA	3,03 abA	3,00 bAB	3,05 abA	3,03 abA	2,97 bA	3,05 abA	3,10 aA	1,00
III	2,98 abc ^{ns}	2,90 cdB	2,93 bcdB	2,98 abAB	3,02 aA	2,93 bcdB	2,92 bcdB	2,97 abcdA	2,89 dB	3,02 aB	
Energia Metabolizável (Mcal/kg MS)											
I	2,48 abc ^{ns}	2,51 abA	2,53 aA	2,41 cB	2,42 cB	2,51 abA	2,45 bcA	2,33 dB	2,52 abA	2,53 aA	1,07
II	2,46 b ^{ns}	2,49 abA	2,49 abA	2,48 abA	2,46 bAB	2,50 abA	2,48 abA	2,44 bA	2,50 abA	2,54 aA	1,00
III	2,44 abc ^{ns}	2,38 cdB	2,40 bcdB	2,45 abAB	2,48 aA	2,40 bcdB	2,39 bcdB	2,44 abcdA	2,37 dB	2,47 aB	
Energia Líquida Ganho (Mcal/kg MS)											
I	0,98 abc ^{ns}	1,01 abA	1,03 aA	0,93 cB	0,94 cB	1,01 abA	0,97 bcA	0,86 dB	1,01 abA	1,03 aA	2,12
II	0,97 b ^{ns}	0,99 abA	1,00 abA	0,99 abA	0,97 bAB	1,00 abA	0,99 abA	0,95 bA	1,01 abA	1,03 aA	1,98
III	0,96 abc ^{ns}	0,90 cdB	0,92 bcdB	0,96 abAB	0,98 aA	0,92 bcdB	0,92 bcdB	0,95 abcdA	0,90 dB	0,98 aB	

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de tukey (P>0,05). CV1= Mix; CV2= Estádios;