



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

EGON HENRIQUE HORST

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DE  
HÍBRIDOS DE MILHO (*Zea mays* L.) COLHIDOS EM SEIS  
ESTÁGIOS DE MATURIDADE:  
PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM E DESEMPENHO  
ANIMAL**

---

Londrina  
2020

EGON HENRIQUE HORST

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DE  
HÍBRIDOS DE MILHO (*Zea mays* L.) COLHIDOS EM SEIS  
ESTÁGIOS DE MATURIDADE:  
PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM E DESEMPENHO  
ANIMAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal da Universidade Estadual de  
Londrina, como requisito parcial para obtenção do  
título de Doutor em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris Júnior.  
Coorientador: Prof. Dr. Mikael Neumann.

Londrina  
2020

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

H819

Horst, Egon Henrique

Características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho (*Zea mays* L.) colhidos em seis estágios de maturidade: Produção e qualidade da silagem e desempenho animal / Egon Henrique Horst – Londrina, 2020.  
136 p.: il.

Orientador: Valter Harry Bumbieris Junior.

Coorientador: Mikael Neumann.

Coorientador no exterior: Secundino López Puente.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Nutrição e alimentação animal - Tese. 2. Silagem de milho - Tese. 3. Híbridos - Tese. 4. Estágios de colheita - Tese. I. Bumbieris Junior, Valter Harry. II. Neumann, Mikael. III. Puente, Secundino López. IV. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. V. Título.

CDU 636

## CONFORMIDADE DOS ORIENTADORES DA TESE

Os Professores, Dr. Valter Harry Bumbieris Junior (orientador), Dr. Mikael Neumann (coorientador) e Dr. Secundino López Puente (coorientador no exterior), membros do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Centro-Oeste, e Departamento de Produção Animal da Universidade de León (Espanha), respectivamente, no papel de orientadores da tese de doutorado intitulada “Características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho (*Zea mays* L.) colhidos em seis estágios de maturidade: Produção e qualidade da silagem e desempenho animal”, realizada por EGON HENRIQUE HORST pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, informam ser favoráveis à publicação deste documento que reúne as condições suficientes necessárias para defesa do referido.

Londrina, 16 novembro de 2020.

Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris Junior

Prof. Dr. Mikael Neumann

Prof. Dr. Secundino López Puente

EGON HENRIQUE HORST

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DE  
HÍBRIDOS DE MILHO (*Zea mays* L.) COLHIDOS EM SEIS ESTÁGIOS  
DE MATURIDADE:  
PRODUÇÃO E QUALIDADE DA SILAGEM E DESEMPENHO ANIMAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal da Universidade Estadual de  
Londrina, como requisito parcial para obtenção do  
título de Doutor em Ciência Animal.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Valter Harry Bumbieris Júnior.  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ivone Yurika Mizubuti  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

---

Prof. Dr. Patrick Schmidt  
Universidade Federal do Paraná - UFPR

---

Prof. Dr. Secundino López Puente  
Universidade de León - ULe

Londrina, 16 de novembro de 2020.

© Copyright 2020, por Egon Henrique Horst

## AGRADECIMENTOS

**E**u reservo meu maior agradecimento a Deus.

Senti-me intensamente realizado quando concluí esta tese. Foi, sem dúvida, uma das tarefas mais exaustivas que já executei. Foram muitas noites em claro, faltas a eventos e reuniões familiares para que pudesse enfim apresentar um trabalho convincente. Foi graças ao apoio de algumas pessoas notáveis que consegui completar esta fase. Achei que seria apropriado compartilhar um pouco desse sentimento com essas pessoas. Espero tê-los deixados orgulhosos.

Quero agradecer ao meu orientador, Prof. Valter Harry Bumbieris Junior, por acreditar e reconhecer meu potencial em dar contribuições aos estudos de conservação de forragem. Ele me desafiou repetidamente a manter uma forte base de conhecimentos e um conjunto de amplas habilidades em diversas subáreas. Agradeço ao Prof. Mikael Neumann, meu coorientador, cujo trabalho, dedicação e incentivo reforçaram meus anseios em concluir este projeto e amar a pesquisa. É uma honra trabalhar com vocês. Os aprecio muito.

Uma menção especial ao Prof. Secundino López Puente, que me proporcionou a chance de ingressar em sua equipe como estagiário de doutorado sanduiche e permitiu acesso às instalações de pesquisa. Foi fantástico ter a oportunidade de trabalhar nesse lugar.

Além deles, esta tese se tornou possível graças ao suporte de várias outras pessoas. Eu gostaria de estender meus sinceros agradecimentos a todas elas. Gostaria de agradecer a todos os meus colegas que empregaram esforços e ofereceram ideias e estratégias de pesquisa. Agradeço pelo entusiasmo e por acreditarem nas perspectivas deste estudo.

À Juliana, meu par estimado, obrigado pelo que você fez para me ajudar a vencer esta jornada. Por último, mas não menos importante, agradeço a minha família por todo suporte durante os meus anos de escolaridade na pós-graduação. Eles nem sempre entenderam o que eu estava fazendo ou por que estava fazendo, mas espero que estejam entusiasmados por eu ter completado o que me propus a fazer.

## FINANCIAMENTO

**G**ostaria de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), fundação do Ministério da Educação (MEC), pelo apoio financeiro concedido através de uma bolsa de estudo durante os anos em que desenvolvi esta tese de doutorado.

Gostaria de agradecer a Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. pela contribuição financeira que tornou possível a implementação do projeto que originou este estudo.

“Não importa quantas vezes os resultados dos experimentos corroborem alguma teoria,  
você nunca pode ter certeza de que, da próxima vez, o resultado não vai contradizer”

Stephen Hawking

**HORST, Egon Henrique.** Características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho (*Zea mays* L.) colhidos em seis estágios de maturidade: Produção e qualidade da silagem e desempenho animal. 135p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

Estudar os híbridos de milho existentes a disposição para cultivo e produção de silagem é essencial para que possamos entender como devemos atuar para sermos mais assertivos em recomendações. Isso também nos leva a refletir onde as novas pesquisas devem se ancorar para que o desenvolvimento de novos cultivares atinja nossas reais necessidades. Presumimos muitas vezes que quanto maior for a produção de grãos de um determinado híbrido melhor será o valor nutricional da silagem resultante, ignorando que grande parte do alimento é constituído de frações que não essa. Sendo assim, há quem imagine que se adiarmos o momento de colheita, logo teremos mais grãos em participação na planta e melhor será o alimento outra vez. Assim como outros, este estudo nos mostra que cada híbrido se comporta de maneira distinta conforme avanço da maturação, e portanto, tomar decisões sobre momento de colheita baseado apenas em estágio de maturação, teor de matéria seca da planta, ou ainda pior, baseando-se no avanço da deposição de amido no grão, sem conhecer o híbrido em suas minúcias, pode gerar grandes equívocos. A média geral dos dados demonstram que as características agronômicas e o valor nutricional da planta sofrem maiores interferências do estágio de colheita do que do híbrido, mas em pontos específicos esse último pode apresentar diferenças tão significativas entre si que justificam a necessidade de sabermos cada pormenor de todos àqueles existentes no mercado. Como exemplo, quando optamos por um momento comum para colher os híbridos estudados e confeccionar silagem de planta inteira para fornecimento à novilhos confinados, observamos que o desempenho produtivo desses animais foi afetado pelo híbrido utilizado, e até mesmo o comportamento ingestivo deles sofreu interferências em decorrência das peculiaridades químicas de cada silagem. Notamos que essas pequenas diferenças entre cada híbrido têm potencial para afetar do pós-abertura do silo até os produtos decorrentes da fermentação ruminal.

**HORST, Egon Henrique.** Agronomic and nutritional characteristics of maize hybrids (*Zea mays* L.) harvested in six maturity stages: Production and silage quality and animal performance. 135p. Thesis (Doctorate in Animal Science) – State University of Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

Studying maize hybrids available for tillage and silage production is essential to understand how we should act to be more assertive in recommendations. This also leads to reflect on where new researches must anchor in order to develop new cultivars that fill our real needs. It is assumed that the greater the grain production of a given hybrid, the better the nutritional value of the resulting silage, ignoring the importance of the other fractions. So, there are those who believe that if we postpone the harvesting time, soon we will have more grains in the plant and the food will be better again. Like others, this study shows us that each hybrid behaves differently according to the maturation progress, and therefore, to make decisions about harvest time based only on maturation stage, dry matter content of the plant, or even worse, based on the deposition of the starch on the grain, without knowing the peculiarities of each hybrid, can cause several mistakes. The overall results show that the agronomic characteristics and the nutritional value of the plant suffer greater interference from the harvest stage than hybrid, but at specific points the latter can present such significant differences between them that justify the need to know each detail of all those existing on the market. As an example, when we opted for a common moment to harvest the studied hybrids and make whole-plant silage for supply to feedlot steers, we observed that the performance of these animals was affected by the hybrid used, and even their ingestive behavior suffered interference as a result of the chemical peculiarities of each silage. We note that these small differences between each hybrid have the potential to affect from the post-opening of the silo to the resulting products from rumen fermentation.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características morfométricas dos diferentes híbridos de milho para silagem entre os estágios R1 a R6.....	31
Tabela 2. Produção de biomassa verde, biomassa seca e de grão dos diferentes híbridos de milho para silagem entre os estágios de R1 a R6 .....	32
Tabela 3. Teor de matéria seca (%) dos componentes estruturais e da planta inteira dos diferentes híbridos de milho para silagem entre os estágios de R1 a R6.....	34
Tabela 4. Percentagem de cada componente estrutural na planta inteira dos diferentes híbridos de milho para silagem entre os estágios de R1 a R6 .....	36
Tabela 5. Proteína bruta (% da MS) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos .....	47
Tabela 6. Fibra em detergente neutro (% da MS) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos.....	49
Tabela 7. Fibra em detergente ácido (% da MS) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos.....	50
Tabela 8. Lignina em detergente ácido (% da MS) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos.....	52
Tabela 9. Hemicelulose (% da FDN) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos .....	53
Tabela 10. Composição química dos alimentos, com base na matéria seca, utilizados na alimentação dos animais .....	73
Tabela 11. Consumos de matéria seca, expresso em kg dia <sup>-1</sup> ou por 100 kg de peso vivo, ganho de peso médio diário e conversão alimentar de novilhos terminados em confinamento com silagens de milho de diferentes híbridos.....	76
Tabela 12. Produção média de esterco, em kg dia <sup>-1</sup> , e digestibilidade aparente das dietas de novilhos terminados em confinamento com silagens de milho de diferentes híbridos .....	77
Tabela 13. Características da carcaça de novilhos terminados em confinamento com silagens de milho de diferentes híbridos .....	78
Tabela 14. Componentes de rendimento não integrantes da carcaça, expresso em % do peso vivo, de novilhos terminados em confinamento com silagens de milho de diferentes híbridos .....	79

Tabela 15. Ganho médio de carcaça, expresso em kg dia <sup>-1</sup> (GMC) e em kg equivalente ao período de 84 dias de confinamento (GCC), eficiência de transformação do ganho de peso em carcaça (GMC GMD <sup>-1</sup> ) e eficiência de transformação da matéria seca consumida em carcaça (kg de MS kg de carcaça <sup>-1</sup> ) (ETC) de novilhos confinados alimentados com silagens de milho de diferentes híbridos .....	80
Tabela 16. Comportamento ingestivo de novilhos terminados em confinamento alimentados com silagens de milho de diferentes híbridos .....	81
Tabela 17. Efeito do híbrido de milho sobre a composição química e a qualidade fermentativa da silagem.....	90
Tabela 18. Estabilidades aeróbia, pH e perda de matéria seca da silagem dos diferentes híbridos de milho (n=3) .....	92
Tabela 19. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca das frações da planta com 48 horas de incubação.....	109
Tabela 20. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca do grão (16 horas) e da planta inteira (24 horas) pelos métodos de Van Soest et al. (1966) e Tilley e Terry (1963) modificado .....	110
Tabela 21. Cinética de fermentação <i>in vitro</i> (estimada por curvas de produção de gás) e predição de energia metabolizável (EM) e digestibilidade da matéria orgânica (DMO) .....	111
Tabela 22. Produção de AGV total, metano e amônia depois de 16 horas de incubação dos grãos e 24 horas de incubação da planta inteira.....	114
Tabela 23. Produção de ácidos graxos voláteis (g kg de AGV total <sup>-1</sup> ) depois de 16 horas de incubação dos grãos e 24 horas de incubação da planta inteira.....	115
Tabela 24. Valores de energia e expectativa de produção de leite estimados pelo modelo Milk2006 .....	116
Tabela 25. Cinética de degradação ruminal da matéria seca e da FDN da silagem dos diferentes híbridos de milho colhidos em estágio de grão duro .....	117

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias de insolação, precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima, e umidade relativa do ar em decênios, ocorridas no período de cultivo do milho .....	28
Figura 2. Produção de biomassa seca e grãos dos diferentes híbridos de milho para silagem entre os estágios de R1 a R6 .....	33
Figura 3. Teor de matéria seca médio da planta e dos componentes: colmo, folhas, brácteas, sabugo e grãos, colhidos entre os estágios de R1 a R6. ....	35
Figura 4. Participação média dos componentes da planta durante o avanço dos estágios de maturidade .....	37
Figura 5. Estimativa de produção de leite através do Milk2006 dos híbridos Maximus (●); Defender (■); e Feroz (◆) em três estágios de colheita: R4 (branco); R5 (cinza); e R6 (preto). ....	54
Figura 6. Teores médios de proteína bruta das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação.....	55
Figura 7. Teores médios de FDN das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação.....	57
Figura 8. Teores médios de FDA das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação.....	59
Figura 9. Teores médios de LDA das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação.....	60
Figura 10. Teores médios de hemicelulose das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação.....	62
Figura 11. Estabilidade aeróbia da silagem dos diferentes híbridos de milho .....	92
Figura 12. Comportamento dos valores de pH no decorrer do teste de estabilidade aeróbia .....	93
Figura 13. Médias de insolação, precipitação pluviométrica, temperatura máxima e	

mínima, e umidade relativa do ar em decênios, ocorridas no período de cultivo do milho

..... 100

Figura 14. Curva representativa da cinética de degradação ruminal da matéria seca [a] e da FDN [b] da silagem dos diferentes híbridos de milho colhidos em estágio de grão duro

..... 118

## LISTA DE ABREVIATURAS

®	= Marca registrada
μL	= Microlitro
μm	= Micrometro
μmol	= Micromol
A	= Produção de gás assintótica
<i>a</i>	= Fração solúvel
adj-R <sup>2</sup>	= Coeficiente de determinação ajustado
aFDN	= Fibra em detergente neutro analisada com α-amilase
AGV	= Ácido graxo volátil
<i>b</i>	= Fração potencialmente degradável
<i>c</i>	= Taxa fracional de fermentação
<i>c</i>	= Taxa de degradação da fração <i>b</i>
°C	= Graus <i>Celsius</i>
CA	= Conversão alimentar
CH <sub>4</sub>	= Metano
cm	= Centímetro
CMS	= Consumo de matéria seca
CMSD	= Consumo de matéria seca, expresso em kg dia <sup>-1</sup>
CMSP	= Consumo de matéria seca, expresso em % do peso vivo
CO <sub>2</sub>	= Dióxido de carbono
DAP	= Dias após plantio
DE	= Degradabilidade efetiva
DMO	= Digestibilidade da matéria orgânica
EE	= Extrato etéreo
EIL	= Energia líquida de lactação
EM	= Energia metabolizável
ETC	= Eficiência de transformação de matéria seca consumida em carcaça
FDA	= Fibra em detergente ácido
FDN	= Fibra em detergente neutro
g	= Grama
g	= Unidade de aceleração

G = Produção de Gás  
GCC = Ganho de carcaça  
GMC = Ganho médio de carcaça  
GMD = Ganho de peso médio diário  
h = Hora  
H<sub>2</sub> = Hidrogênio  
ha = Hectare  
k = Taxa de passagem  
kg = Quilograma  
L = Litro  
L = *Lag time*  
LDA = Lignina em detergente ácido  
m = Metro  
M = Mol  
m<sup>2</sup> = Metro quadrado  
m<sup>3</sup> = Metro cúbico  
Mcal = Mega caloria  
mg = Miligrama  
min = Minuto  
MJ = Mega joule  
mL = Mililitro  
mm = Milímetro  
MM = Matéria mineral  
mM = Milimol  
MS = Matéria seca  
MV = Matéria verde  
N<sub>2</sub> = Nitrogênio  
NDT = Nutrientes digestíveis totais  
nm = Nanômetro  
N-NH<sub>3</sub> = Nitrogênio amoniacal  
P = Probabilidade  
PB = Proteína bruta  
PC = Peso corporal  
PIDA = Proteína insolúvel em detergente ácido

PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro  
PR = Paraná  
PV = Peso vivo  
PVC = Policloreto de vinila  
r = Coeficiente de correlação  
R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação  
RTM = Ração totalmente misturada  
S/A = Sociedade anônima  
t = Tempo  
ton = Tonelada  
ufc = Unidade formadora de colônia  
VIP = *Vegetative Insecticidal Proteins*. Biotecnologia de resistência a lagartas  
VIP3 = *Vegetative Insecticidal Proteins*. Biotecnologia de resistência a lagartas e glifosato

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS.....	5
REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
1. Efeito do híbrido e da maturação sobre as características agronômicas.....	9
2. Efeito do híbrido e da maturação sobre a bromatologia das frações da planta ...	11
3. Efeito do híbrido e da maturação no desempenho do animal.....	13
4. Efeito do híbrido e da maturação sobre a estabilidade aeróbia da silagem .....	15
5. Efeito do híbrido e da maturação na degradação ruminal .....	16
CAPÍTULO 1. Características agronômicas de híbridos de milho ( <i>Zea mays</i> , L.) silageiros em diferentes estágios de maturação .....	25
CAPÍTULO 2. Interferência do estágio de colheita de híbridos de milho no valor nutricional dos componentes da planta: Uma análise para os diferentes tipos de silagem .....	42
CAPÍTULO 3. Desempenho, características da carcaça e comportamento ingestivo de novilhos alimentados com silagens de diferentes híbridos de milho .....	68
CAPÍTULO 4. Efeito do híbrido de milho ( <i>Zea mays</i> , L.) sobre a estabilidade aeróbia da silagem.....	85
CAPÍTULO 5. Efeitos do híbrido e do estágio de maturação na degradação ruminal e no valor nutritivo do milho para silagem.....	97
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
APÊNDICES .....	130

---

---

# INTRODUÇÃO

---

---



**O**s conceitos e as ideias que apresento nesta tese não são por si mesmos verdadeiros nem falsos, não estão certos nem errados. Apenas refletem os resultados que obtive durante estes anos de pesquisa. Ressalto que esta tese se trata mais sobre desaprender do que aprender, pois há muito tempo se debate acerca de novos híbridos de milho com as velhas discussões de sempre, e o que trago aqui é um pouco do mesmo, mas com abordagens menos fantasiosas e mais aplicáveis. Grave o que disse o escritor Josh Billings: “Não é o que não sabemos que nos impede de evoluir – o nosso maior obstáculo é justamente o que já sabemos”.

Evidências fósseis provam que as cultivares atuais de milhos produzem cerca de cinquenta vezes mais do que os milhos primitivos. Na verdade, em muitos casos, um único grão das cultivares atuais de milho contém mais alimento do que todos os grãos de uma espiga primitiva. Para conseguir este avanço, a genética se fez presente por séculos e por várias etapas, partindo dos métodos empíricos usados pelos índios, até chegar aos dias atuais, em que se empregam modernas técnicas de manejo e melhoramento de plantas. Não há dúvidas de que todas as seleções de materiais, desde a seleção massal utilizada pelos Maias, até a tecnologia CRISPR-Cas para edição genômica, são avanços que trouxeram adaptabilidade, estabilidade e potencial produtivo e contribuíram de forma decisiva para que o homem desenvolvesse o milho híbrido.

Graças a essa evolução, o milho está cada vez mais presente na alimentação animal, e não apenas na forma de grão. Sua aparição como silagem de planta inteira é maior nos sistemas intensivos de terminação de bovinos dia após dia. É importante saber que os custos com alimentação de bovinos confinados representam a maior fatia do investido na terminação desses animais, dos quais aproximadamente uma terça parte pode ser atribuída à fração volumosa da dieta. Dessa forma, o uso de volumosos de alta qualidade nutricional é essencial para a máxima lucratividade de qualquer sistema intensivo, e dentre todas as forrageiras comumente utilizadas para produção de silagem de alta qualidade, a silagem de milho apresenta-se como o principal exemplar. O milho se destaca por apresentar produção superior a 15 ton de biomassa seca por hectare, associada à alta densidade energética do produto resultante, o que está atrelado a presença intensa de amido e a baixa concentração de carboidratos fibrosos.

Os híbridos estudados aqui são recentes no mercado e aparentemente apresentam gratas características para este fim se observados pela ótica sugerida por inúmeros autores, de que, híbridos de milho ideais para produção de silagem devem possuir boa produtividade de grãos aliado a uma porção vegetativa de alta digestibilidade. Discutiremos estes pontos com frequência durante esta tese conforme os dados forem apresentados.

Por existir uma grande variabilidade entre os híbridos disponíveis no mercado, com características fenotípicas e nutricionais distintas, torna-se fundamental a identificação dos quais oferecem a melhor resposta animal. Embora muitos avanços, ainda continua a busca por híbridos de milho específicos para produção de silagem no Brasil. Não é de conhecimento geral, mas os materiais utilizados no campo para tal finalidade são geneticamente produzidos com vistas à produção de grãos. Dessa forma, há tempos temos trabalhado com materiais adaptados e não com materiais específicos com propósito silageiro. Portanto, pesquisas de comparação entre híbridos são fundamentais para o avanço dos programas de melhoramento genético e imprescindíveis para recomendações técnicas dadas principalmente a produtores de silagem. Este tipo de estudo talvez impulse as empresas de melhoramento a empenhar-se mais na busca de materiais geneticamente superiores aos que estão disponíveis.

O estágio de maturação na colheita é outro ponto que corriqueiramente provoca questionamentos, sendo considerado por muitos autores o fator isolado que mais impacta a qualidade da silagem. Enquanto a colheita antecipada acarreta em menor teor energético da silagem pela baixa deposição de amido, além de perdas por efluente, o avanço da maturação provoca incremento de amido nos grãos, mas também substituição de alguns compostos nitrogenados por lignina. Para nos auxiliar na melhor tomada de decisão, utilizamos técnicas *in vitro* e *in situ* para o estudo de processos fermentativos. Tais métodos laboratoriais são fundamentais para providenciar informações e obter previsões acuradas sobre a qualidade da silagem de forma rápida e em larga escala.

Essa celeridade para agrupar informações nutricionais dos híbridos disponíveis é preciosa, sobretudo em um mercado que é altamente volátil. Para se ter uma ideia, na safra de 2018/19 existiam 166 híbridos a disposição para comercialização no Brasil, enquanto que na safra anterior (2017/18), existiam 298 híbridos. Isso ocorre por diversos fatores, dentre os quais cabe destacar as modificações por transferências de novas biotecnologias, que acabam melhorando alguns híbridos, mas regridem outros de tal maneira que torna necessária sua retirada comercial.

Em um dos capítulos tomei a liberdade de extrapolar nossos dados para uma pequena abordagem sobre outros tipos de silagem, que não apenas a de planta inteira. Com esses resultados, ainda pouco encontrados na literatura, podemos imaginar novas ideias e esperar que outros estudos sejam conduzidos sobre aquela ótica. Vislumbramos a complexidade desses resultados, e com eles reafirmamos que recomendações para colheita baseadas em estágio de maturação devem ser cautelosas, levando muito em consideração o híbrido cultivado. Mas também, a escolha do híbrido deve ser considerada apenas após conhecer seu momento mais oportuno de colheita.

Um ponto é comum entre os trabalhos existentes na literatura sobre comparação de híbridos para produção de silagem, existe a necessidade de mais estudos das respostas dos diferentes materiais, sobretudo acerca do desempenho animal. Assim, nesta tese discutiremos as características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho colhidos em seus estágios reprodutivos de maturidade, visando a produção de silagem de planta inteira. Também abordaremos o desempenho de novilhos confinados alimentados com a silagem resultante destes híbridos, bem como a estabilidade aeróbia em ambiente controlado.

---

---

## OBJETIVOS

---

---



**N**osso objetivo foi estudar as características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho em seus estágios reprodutivos de maturidade, além do desempenho de novilhos confinados alimentados com silagem de milho desses diferentes híbridos. Também a estabilidade aeróbia das silagens obtidas.

Para facilitar a leitura e melhorar o entendimento separamos aqui os objetivos específicos como foram direcionados a cada capítulo apresentado nesta tese.

Capítulo 1 – avaliar a produção e a composição morfológica da planta nos seis estágios reprodutivos de maturidade.

Capítulo 2 – avaliar o valor nutricional das frações da planta nos seis estágios reprodutivos de maturidade.

Capítulo 3 – avaliar desempenho, características da carcaça e comportamento ingestivo de novilhos terminados em confinamento alimentados com silagens dos híbridos de milho estudados.

Capítulo 4 – avaliar a estabilidade aeróbia apresentada pelas silagens de milho dos híbridos estudados.

Capítulo 5 – avaliar a cinética de fermentação ruminal, produção de ácidos graxos voláteis, amônia e metano, a digestibilidade das frações da planta, bem como a composição química e a degradabilidade da silagem.

---

---

## REFERENCIAL TEÓRICO

---

---



**H**oje há no mercado brasileiro inúmeras empresas que ofertam híbridos de milho de variados ciclos, tecnologias, etc. De acordo com o levantamento mais recente feito pela EMBRAPA (2020), 196 cultivares e/ou híbridos de milho estão à disposição para comercialização em todo o país, mas esse número já chegou a ser de 498 em 2010. Mesmo assim, nenhum dos comercializados atualmente é indicado exclusivamente para a produção de silagem, parecendo não haver grande interesse das empresas em desenvolver novos híbridos com características específicas para este fim. Essa constatação leva à necessidade de estudar os híbridos novos que são lançados para produção de grãos e avaliar o seu potencial para produção de silagem de planta inteira (Paziani et al., 2009).

A primeira preocupação do produtor na escolha do híbrido para silagem está na certeza da adaptação do material à região e à época de plantio a ser realizada, para garantir potencial de produtividade de matéria seca por unidade de área. Uma planta de milho, no momento de colheita para ensilagem, não deve pesar menos que 900 g e apresentar na sua composição morfológica valor superior a 30% de grãos na matéria seca. A segunda preocupação do produtor refere-se à comprovação de qualidade nutricional do híbrido escolhido para silagem (Santos et al., 2010). A silagem resultante deve apresentar baixos teores de fibra em detergente neutro e ácido, e altos teores de nutrientes digestíveis totais. Resolvido estas duas preocupações, altas produções de matéria seca com qualidade resultarão em maior desempenho animal e maior lucratividade do sistema de produção.

De regra, indicam-se para culturas de alta tecnologia, preferencialmente híbridos simples e triplos de alto potencial de produção de grãos, uniformes, de porte médio, precoces, resistentes ao acamamento e quebramento do colmo.

Dentre as características desejáveis de um híbrido de milho para silagem, pode-se citar: alto potencial produtivo de massa verde por unidade de área (maior que 55 ton por hectare); alta participação de grãos na estrutura da planta; uso versátil e boa adaptação a variadas regiões e épocas de plantio; pronunciada sanidade da parte vegetativa; estabilidade de produção; baixa taxa de secagem diária (menor que 0,5% dia<sup>-1</sup>); alta concentração de nutrientes digestíveis totais (maior que 65%); colmo de espessura mediana (menor que 3,5 cm de diâmetro); altura de planta entre 1,9 a 2,6 m; baixa participação de brácteas e sabugo; *stay-green* acentuado; e comprovada eficácia de desempenho animal.

Ressalta-se ainda que a relação volumoso/concentrado da dieta caracteriza-se como um dos pontos de entrave nos resultados finais, em função das características

qualitativas dos alimentos e do custo representado por eles. Na fração volumosa constantemente utiliza-se silagem de milho devido a aspectos como facilidade de confecção, armazenamento e conservação, possibilitando sua utilização ao decorrer de qualquer período ou época do ano (Souza Filhos et al., 2011). Neste contexto, quanto melhor nutricionalmente for a silagem de milho, menores serão os custos de produção, por uso de menor relação concentrado/volumoso, ou por maior ganho de peso por quilo de matéria seca ingerida.

### **1. Efeito do híbrido e da maturação sobre as características agronômicas**

O conceito de que os melhores híbridos para produção de grãos são também os melhores para produção de silagem (Hunter, 1978) está sendo desmistificado, haja vista que a fração vegetativa representa entre 50 e 60% da matéria seca final do alimento (Zopollatto et al., 2009). De acordo com Pereira et al. (2007), híbridos de milho ideais para produção de silagem devem possuir boa percentagem de grãos aliado a uma porção vegetativa de alta digestibilidade. Citações antigas contrastadas com outras mais recentes revelam que o melhoramento genético de híbridos de milho está incrementando não somente em produtividade por área, mas em níveis nutricionais, tendo a fração vegetativa uma importante participação nesse ponto (Weinberg et al., 2013).

O desenvolvimento desses híbridos de milho com finalidade silageira vêm fazendo da silagem de milho um alimento corriqueiro na nutrição de bovinos em todo território nacional. Todavia, a escolha de híbridos mais adequados tem sido foco de debates devido à falta de informações sobre seus aspectos qualitativos (Zeoula et al., 2003), que é altamente relevante, pois determina a qualidade da dieta final dos animais (Domingues et al., 2012).

A existência de um grande número de híbridos disponíveis no mercado, com características fenotípicas e nutricionais distintas, faz com que seja fundamental a identificação dos quais oferecem a melhor resposta animal. Inúmeros trabalhos apontam diferenças nutricionais de silagem de milho de diferentes híbridos (Restle et al., 2006), porém, essas diferenças normalmente não interferem no desempenho animal. Por outro lado, Neumann et al., (2003) apontaram diferença significativa não só na composição bromatológica da silagem como também no consumo de matéria seca em diferentes períodos e no ganho de peso final de novilhos confinados.

Embora a seleção do híbrido seja importante, outros fatores também interferem na qualidade final da silagem, e o estágio de maturação na colheita é um dos pontos mais

discutidos (Oliveira, 2010). Beleze et al. (2003), avaliando estágios de maturidade verificaram reduções de folhas e colmo, e aumento percentual de grãos e sabugo com o avanço dos estágios. Os mesmos autores apontaram ainda que nem sempre a maior proporção de grãos confere uma silagem de melhor qualidade, mas que a combinação percentual de cada uma das frações pertencentes a planta é que determina tal variável.

O avanço na maturação de cada híbrido, delegado pelas suas requisições em graus-dia, pode interferir diretamente na produtividade. Isso porque a taxa de desenvolvimento da planta para qualquer híbrido está diretamente relacionada com a temperatura, e de tal forma que o período de tempo entre os diferentes estágios variará de acordo com as variações de temperatura (Baum et al., 2018).

Segundo Lindsey et al. (2020), quando comparamos híbridos, sobretudo de diferentes ciclos, ficamos reféns das condições climáticas, que podem ora favorecer um momento específico de um, ora de outro. Independente disso, é importante saber que todas as plantas normais de milho seguem um padrão geral de desenvolvimento, mas os intervalos de tempo específicos entre os estágios podem variar entre diferentes híbridos. Por exemplo, um híbrido de maturação mais precoce pode desenvolver menos folhas do que um híbrido de maturação tardia (Ritchie et al., 2003).

A saber, após a polinização e fecundação dos óvulos inicia-se a fase reprodutiva da cultura do milho. Para melhor entendimento, os seis estádios reprodutivos discutidos nessa tese dizem respeito basicamente ao desenvolvimento do grão e de suas partes. Todas as descrições dos estágios referem-se ao início do estágio, a não ser nos casos em que se determinem outras condições.

De acordo com Ritchie et al., (2003), em uma normalidade de desenvolvimento, o estágio de florescimento (R1) é caracterizado pela aparição de qualquer estilo-estigma visível fora da palha. Após o florescimento e o início da maturação dos grãos há uma combinação de redução na fotossíntese e um desbalanço na distribuição de açúcares em favor dos grãos. Nessa fase, a composição de nutrientes das folhas está altamente correlacionada com a produção final de grãos. Os estágios de grão leitoso, pastoso e farináceo (R2, R3 e R4, respectivamente) são caracterizados principalmente pela rápida deposição de amido nos grãos, sem que outras mudanças de importância sejam observadas na planta. No estágio R5 todos ou quase todos os grãos estão farináceo-duros. Corriqueiramente, esse é o estágio preferido para colheita de silagem de planta inteira devido ao teor de matéria seca que a planta atinge (Khan et al., 2014) - 30 a 40% a depender do híbrido e das condições climáticas enfrentadas. Durante esse estágio o

fenômeno da senescência começa a ser evidenciado, com rápida secagem das folhas mais baixas. No estágio de maturidade fisiológica (R6) observa-se um avanço rápido no teor de matéria seca do grão pela deposição máxima de amido, e também da planta. Talvez seja nesse estágio onde as grandes diferenças agronômicas entre híbridos sejam mais evidentes. Poucos estudos avaliam essa fase para produção de silagem, no entanto, em situações onde as plantas encontram-se muito hidratadas decorrentes de bons índices pluviométrico, pode ser o estágio mais adequado.

Além do exposto até o momento sobre as diferenças trazidas por híbridos, cabe destaque aos dados de Szareski et al. (2018), que discriminaram geneticamente híbridos de milho – tal qual os híbridos avaliados nessa tese – e avaliaram o desempenho agrônomico e as inter-relações dos caracteres com a produtividade deles. Os autores apontaram a altura de planta e o rendimento de grãos como características de relevância. Justamente duas das mais importantes para eleição de híbridos para produção de silagem.

## **2. Efeito do híbrido e da maturação sobre a composição bromatológica das frações da planta**

Além da silagem de planta inteira, amplamente utilizada em diversas regiões do mundo, a cultura do milho possibilita ainda outras formas de utilização menos manifestadas como: earlage, snaplage, grão úmido, e até mesmo o uso do resíduo da colheita de grãos secos ou úmidos. Devido a essas amplas possibilidades, é importante que os híbridos cultivados forneçam qualidade de todas as suas frações, para que possam servir de acordo com necessidades específicas (Ferraretto e Shaver, 2015).

Podem ser encontrados inúmeros estudos que avaliam nutricionalmente híbridos de milho em diversos momentos de colheita para produção de silagem de planta inteira (Macome et al., 2017; Ferraretto et al., 2015; Der Bredosian et al., 2012), mas tentativas de obter as mesmas respostas sobre as outras formas de armazenamento mencionadas são dificilmente observadas na literatura.

Em um dos poucos estudos publicados, Ferraretto et al. (2016) apontaram para as interferências do momento de colheita sobre a qualidade nutricional e fermentativa em earlages, com melhores resultados obtidos em início da formação da linha negra. Por outro lado, a colheita de milho para produção de snaplage pode ser iniciada com maior teor de umidade do grão para aumentar a taxa e a extensão da digestibilidade ruminal – acima de 33% (Akins e Shaver, 2014). Sobretudo para essas duas formas de colheita, a importância da qualidade do grão parece ser minimizada (Hunter, 1978), já que as

brácteas e o sabugo são frações menos nutritivas mas com alta participação.

Colmo, folhas, brácteas e sabugo são importantes resíduos da colheita do milho. Para cada quilo de grão seco produzido são gerados aproximadamente 0,50 kg de colmo e 0,22 kg de folhas (Zhang et al., 2012). Atualmente, esses resíduos têm grande limitação de uso, seja pela baixa qualidade nutricional, competição pelo uso como matéria orgânica para o solo, ou pela dificuldade de recolhimento (Chen et al., 2010). Seja como for, isso pode ser uma importante fonte de alimento em regiões menos privilegiadas.

Além dos estágios fenológicos, um descritor consistente e contínuo da maturidade da planta é o teor de matéria seca, que tem sido usado em muitos programas de avaliação de híbridos para classificar seus pontos relativos à produção de silagem (Marton et al., 2007). A maturação da planta tem um grande impacto no acúmulo de matéria seca e afeta as diferentes frações da planta, o que pode influenciar seu valor nutritivo devido às variações na disponibilidade de amido e fibra (Jensen et al., 2005).

Enquanto alguns experimentos *in vivo* documentaram que a digestibilidade da planta de milho é constante durante a maturação devido às interações entre disponibilidade de amido e digestibilidade da fibra (Di Marco et al., 2002), outros relataram aumento pela maior presença de grãos (Krämer-Schmid et al., 2016). Tiveram ainda aqueles que apontaram redução na digestibilidade por conta da diminuição acentuada na digestibilidade da fibra (Jensen et al., 2005). Fato é que o híbrido envolvido no estudo e os momentos de colheita elegidos para definir o avanço da maturação estão diretamente envolvidos em todas essas diferenças.

Independente do híbrido, é esperado que com o avanço do ciclo de maturação haja diminuição nos teores de proteína bruta da planta em resposta a uma conversão dos compostos nitrogenados em compostos fibrosos (Macome et al., 2017). Essas mudanças afetam sobretudo as frações vegetativas. Ainda mais evidente é o aumento da participação de amido, decorrente da remobilização de carboidratos disponíveis dos órgãos vegetativos das plantas para os grãos (Hetta et al., 2002). Apesar desse aumento, concomitantemente ocorre redução da digestibilidade do grão em decorrência da concepção de uma matriz proteica formada de zeínas, que dificultam o acesso aos grânulos de amido pelos microrganismos (Ferraretto et al., 2018).

O reconhecimento de um híbrido com pronunciado *stay-green* também pode ser um indicador interessante de materiais de bom valor nutritivo, haja vista que essa característica está associada com uma maior concentração clorofila nas folhas durante a maturidade, permitindo ação fotossintética por mais tempo. Alto teor de umidade em

colmo e folhas também é típico nesses materiais, possibilitando atrasar a colheita e ganhar em participação de grãos (Arriola et al., 2012).

### **3. Efeito do híbrido da silagem sobre o desempenho do animal**

O melhoramento genético vem desenvolvendo híbridos de milho cada vez mais produtivos, melhores em termos de tolerância às pragas e doenças, e mais adaptados às condições de clima e solo. Essa evolução é indiscutível, e isso acarreta em maior eficiência produtiva (Neumann et al., 2013). No entanto, somente quesitos relacionados ao desempenho agrônomo são insuficientes para determinar um bom híbrido para produção de silagem.

Com a grande variabilidade de híbridos com características fenotípicas e nutricionais distintas, torna-se fundamental a identificação dos quais oferecem também, a melhor resposta animal (Neumann et al., 2017). Por isso, é imprescindível que as empresas de melhoramento se dediquem cada vez mais na busca de materiais mais completos no âmbito silageiro.

Já fora comprovado experimentalmente e publicado em jornais científicos que híbridos diferentes geram silagens com diferentes características bromatológicas (Rosa et al., 2004; Restle et al., 2006), porém, essas diferenças normalmente não interferem no desempenho animal. Em uma das exceções, Neumann et al., (2003) apontaram diferença significativa não só na composição bromatológica da silagem como também no consumo de matéria seca em diferentes períodos, e no ganho de peso final de novilhos confinados.

Restle et al. (2006) descreveram a importância do híbrido utilizado quando compararam dietas com diferentes híbridos. Rosa et al. (2004) também ressaltam que a silagem resultante de híbridos distintos afetou o desempenho animal, e concluíram no mesmo trabalho que a escassez de informações sobre o potencial genético do grande número de híbridos existentes dificulta a escolha do melhor material para produção de silagem. Dentre os autores dos trabalhos existentes na literatura sobre comparação de híbridos há um consenso de que existe a necessidade de mais estudos das respostas dos diferentes materiais genéticos sobre o desempenho animal.

Para compreender melhor o efeito das diferenças entre híbridos de milho sobre o desempenho animal é preciso entender basicamente os dois principais componentes nutritivos da planta, a fibra e o amido.

A parede celular vegetal, comumente generalizada com fibra, é composta de polissacarídeos na forma de celulose, hemicelulose e pectina. Dada sua importância, Van

Soest (1994) reservou um capítulo de um dos livros mais conceituados da área apenas para definições dos componentes da parede celular dos vegetais e suas possíveis interferências no ambiente ruminal. Segundo os autores, a celulose é formada por cadeias lineares de resíduos de D-glicopiranosose conectados por ligações  $\beta$ - (1,4) com resíduos de glicose alternados na mesma cadeia e conectados a outras cadeias paralelas por ligações de hidrogênio formando microfibrilas.

A hemicelulose foi classificada como um grupo heterogêneo de polissacarídeos caracterizado por sua combinação complexa de estruturas lineares e ramificadas  $\beta$ - (1, 4) de hexoses e pentoses, ligadas à celulose por meio de ligações de hidrogênio. Ligações éster e éter também conectam a hemicelulose à lignina, associando a hemicelulose à lignina mais do que qualquer outro polissacarídeo.

A pectina, apesar de ser pouco relevante em silagem de milho, é uma estrutura de ligação  $\alpha$ - (1, 4) que consiste em ácido galacturônico com várias hexoses e cadeias laterais de pentose. Apesar de ser componente da parede celular, ela é solúvel em detergente neutro e, portanto, não é considerada constituinte da FDN. Embora tenha ligações  $\alpha$ - (1, 4) semelhante ao amido, ela não é decomposta pela amilase, mas é fermentada muito rapidamente no rúmen (Owens et al., 2008).

Ainda dentro do complexo de parede celular, está presente o que tratamos como lignina. Essa é uma denominação genérica para polímeros complexos indigestíveis. A lignina é importante para a estrutura e resistência das células vegetais (Buxton e Redfearn, 1997), mas é o composto que mais limita a disponibilidade de substrato da parede celular para a digestão (Van Soest, 1994), atuando como barreira física às enzimas microbianas (Moore e Jung, 2001).

Tanto a taxa quanto a extensão da digestão da fibra diminuem à medida que a planta amadurece (Di Marco et al., 2002). Segundo Owens et al. (2008), isso ocorre pelo aumento da participação de lignina e, principalmente, pelo aumento das ligações covalentes existente entre lignina e hemicelulose, indisponibilizando a segunda. No entanto, essas diferenças são dependentes das características intrínsecas de cada híbrido e sua capacidade de adaptação às condições ambientais a que foram expostas.

Se por um lado temos uma piora na qualidade da fibra, por outro, a concentração de amido aumenta conforme a planta amadurece compensando esse valor nutricional perdido. Allen et al. (2003) resumiram essas mudanças e justificaram que o aumento no rendimento de grãos ocorre em grande parte às custas dos nutrientes sequestrados da fração vegetativa. Este acréscimo no conteúdo de amido à medida que a colheita é

atrasada foi documentado muitas vezes (Di Marco et al., 2002; Jensen et al., 2005), porém em diferentes extensões para cada híbrido.

#### **4. Efeito do híbrido sobre a estabilidade aeróbia da silagem**

O uso de silagem deteriorada na alimentação de ruminantes pode resultar em diminuição do consumo de matéria seca e desempenho animal (Dolci et al., 2011), comprometendo a produção. Comumente, os indicadores da deterioração mais observados são o desenvolvimento de mofos, perda de matéria seca, aumento das concentrações de fibra e redução da digestibilidade dos nutrientes, além do aquecimento espontâneo, traduzido como quebra da estabilidade aeróbia.

Essa última, por definição, é a resistência que a massa ensilada oferece a deterioração após ser exposta ao ar (Tres et al., 2014), e de acordo com Horst (2016), vários são os fatores que interferem nessa estabilidade e conseqüentemente na manutenção da qualidade da silagem, destacando-se a espécie forrageira, a concentração de microrganismos aeróbios e anaeróbios, bem como os ácidos orgânicos produzidos.

Os ácidos orgânicos produzidos, predominantemente o ácido láctico e o acético, são dependentes do gênero de bactérias epifíticas existentes na planta, sendo que, a predominância de bactérias homofermentativas resultam em baixa estabilidade aeróbia da silagem, e aquelas ricas em bactérias heterofermentativas geram silagens relativamente estáveis (Holzer et al., 2003).

No que se refere às características fermentativas, a cultura do milho pode ser considerada ideal, pois, apresenta altas concentrações de carboidratos solúveis e baixo poder tamponante (Bernardes et al., 2012). No entanto, Santos et al. (2013) relataram que a composição da comunidade microbológica da silagem afeta diretamente seus padrões fermentativos e sua estabilidade aeróbia, assim como Liu et al. (2012), que afirmaram que diferentes genótipos de milho apresentam diferentes microrganismos coexistentes nas plantas, e que a composição nutricional é a principal responsável por essa distinção.

A manutenção da estabilidade aeróbia da silagem durante o desabastecimento, que foi conseguida outrora na fase anaeróbia com o silo ainda completamente vedado, depende de vários fatores que são interligados, tornando a efetivação e a compreensão dessa tarefa bastante complexa.

A estabilidade aeróbia está frequentemente relacionada ao conteúdo de ácidos orgânicos presente na silagem, como os ácidos acético e propiônico. Uma concentração mais elevada de tais ácidos pode melhorar a estabilidade aeróbia porque eles podem

efetivamente inibir o crescimento das leveduras, que têm papel importante no aquecimento da silagem após a exposição ao ar (Aoki et al., 2013).

O ácido lático é o produto da fermentação essencial para rebaixar o pH da silagem a índices que impedem a proliferação de bactérias deteriorantes (Liu et al., 2012). Porém, após a exposição da silagem com o O<sub>2</sub> ele se torna um substrato para o desenvolvimento de leveduras. Ou seja, para que haja controle de temperatura durante o desabastecimento do silo é primordial que a produção de ácido acético tenha sido eficiente e tenha também uma boa relação com o ácido lático, porque quantidade excessiva de acetato inibe o metabolismo oxidativo do lactato (Holzer et al., 2003).

Algumas espécies de bactérias lácticas componentes da comunidade epifítica do milho se destacam durante a fermentação, como: *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus* sp., e *L. brevis* (Parvin e Nishino, 2009, 2010), esse último com potencial de produção de ácido acético semelhante ao *L. buchneri* p, ex. Em teoria, se inoculantes não são utilizados no processo de ensilagem, serão esses microrganismos naturais da planta os únicos responsáveis pelo processo fermentativo da silagem.

Alguns estudos confirmaram que as sementes contêm uma variedade de microrganismos distintos (Nelson 2004), e que durante a germinação das sementes, o crescimento e o desenvolvimento da planta, essa comunidade microbiana tem predominância (Liu et al. 2012). Neal et al., (1973) sugeriram que o genótipo das plantas determinava as espécies de microrganismos que colonizam a rizosfera. Anos depois, Michiels et al. (1989) descobriram que o genótipo de uma planta pode sim impactar sobre os microrganismos que coexistem com ela, pois depende dele o controle da composição e da quantidade de exsudatos da raiz, que por sua vez determina quantidade e a atividade de bactérias que a colonizam.

## **5. Efeito do híbrido e da maturação na degradação e nos produtos da fermentação ruminal**

A silagem de milho é um componente chave na dieta de ruminantes devido ao seu rendimento e conteúdo energético (Khan et al., 2014), e talvez por isso durante anos a produção de matéria seca e a quantidade de grãos presentes na planta foram considerados como os principais indicadores na seleção de híbridos. No entanto, estudos recentes vêm relacionando diversos outros atributos com a qualidade nutricional da silagem, com destaque ao aproveitamento da fração vegetativa da planta (Kruse et al., 2008; Souza Filho et al., 2011). Di Marco et al. (2002) enfatizaram que sob condições climáticas

desfavoráveis p. ex, a digestibilidade da silagem pode ser melhor correlacionada com a digestibilidade da parede celular do que com o conteúdo de amido.

O estágio de maturação na colheita é outro fator que provoca questionamentos, sendo considerado por alguns autores o fator isolado que mais impacta a digestibilidade da silagem (Di Marco et al. 2002). Em revisão, Khan et al. (2014) destacaram alta variabilidade entre estágios de colheita nos trabalhos abordados e as correlacionaram com alterações na composição química da silagem, apontando fundamentalmente para o fato de que a colheita antecipada acarreta em menor teor energético da silagem pela baixa deposição de amido, além de perdas por efluente (Opsit et al., 2013). Por outro lado, o avanço da maturação provoca incremento de amido nos grãos, mas também substituição de alguns compostos nitrogenados por lignina, sabendo que tanto a concentração, como a degradabilidade e a composição da fibra podem limitar a capacidade de digestão (Jensen et al., 2005) e afetar a produção de metano pelo animal.

Inúmeros fatores afetam a degradabilidade ruminal e os produtos decorrentes dela (ácidos graxos voláteis, amônia e metano p. ex.). As técnicas *in vitro* e *in situ* são úteis para o estudo desses processos de fermentação sob condições controladas, onde substratos são incubados em culturas de microrganismos ruminais mistos e os produtos finais da fermentação acumulados no meio do processo podem ser mensurados após um determinado tempo (Rahman et al. 2013). Tais métodos laboratoriais são fundamentais para providenciar informações e obter predições acuradas sobre a qualidade da forragem de forma rápida e em larga escala.

Conforme já fora mencionado, a evolução do ciclo da planta aumenta sua participação em amido e diminui o teor de FDN (Hatew et al. 2016), alterando significativamente a digestibilidade do alimento. A diminuição na digestibilidade da FDN com o aumento da maturidade é presumivelmente o resultado de um aumento da lignificação, que interfere no acesso enzimático aos polissacarídeos da parede celular. Além disso, esse avanço gera aumento na deposição de zeínas no endosperma do grão em substituição à glutelina reduzindo a digestibilidade ruminal do amido (Correa et al., 2002), mas aumentando sua digestão pós-ruminal. Tal redução na degradação ruminal do amido pode melhorar o desempenho do animal, pois reduz as perdas de energia associadas à produção de CH<sub>4</sub> (Dijkstra et al., 2011), embora plantas extremamente maduras possam reduzir ligeiramente o desempenho animal devido à diminuição do consumo e da digestibilidade da silagem como um todo (Khan et al., 2015).

De acordo com Andrae et al. (2002), durante o avanço dos primeiros estágios há

um aumento significativo no valor nutritivo da silagem devido a crescente deposição de amido nos grãos. Porém, à medida que o enchimento do grão ultrapassa dois terços da linha de leite ou a linha negra, a digestibilidade da matéria seca tende a diminuir devido a uma piora expressiva na qualidade da fibra. É justamente o momento de ultrapassagem desse ponto que diferencia cada híbrido. Bal et al. (2000) descreveram redução de 9% na degradação ruminal do amido entre silagens de milho com 42% e 30% de matéria seca. Entre híbridos essa diferença foi de 25%.

Hatew et al. (2016) enfatizaram que o aumento de amido na dieta é uma das formas mais eficazes para diminuir a emissão de CH<sub>4</sub> por bovinos, pois reduzem o pH ruminal e geralmente favorecem a produção de propionato em detrimento de acetato (Lettat et al., 2013), diminuindo a disponibilidade de hidrogênio para ser usado pelas bactérias metanogênicas ruminais. Cammell et al. (2000) não encontram diferenças na produção de CH<sub>4</sub> quando avaliaram estágios de maturação de milho, sugerindo que os efeitos apenas podem ser notados quando a silagem de milho corresponde a mais de 40% da dieta total.

## 6. Referências

- Akins, M.S., Shaver, R.D. Effect of corn snaplage on lactation performance by dairy cows. *The Professional Animal Scientist*, v.30, n.1, p.86-92, 2014.
- Allen, M.S., Coors, J.G., Roth, G.W. Corn silage. *In: D.R. Buxton, R.E. Muck, and J.H. Harrison, editors, Silage Science and Technology. Agronomy Monograph. v.42 ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. pp. 574-608, 2003.*
- Aoki, Y., Oshita, T., Namekawa, H., Nemoto, E., Aoki, M. Effect of cutting height on the chemical composition, nutritional value and yield, fermentative quality and aerobic stability of corn silage and relationship with plant maturity at harvest. *Grassland Science*, v.59, n.4, p.211-220, 2013.
- Arriola, K.G., Kim, S.C., Huisden, C.M., Adesogan, A.T. Stay-green ranking and maturity of corn hybrids: 1. Effects on dry matter yield, nutritional value, fermentation characteristics, and aerobic stability of silage hybrids in Florida. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.2, p.964-974, 2012.
- Bal, M.A., Shaver, R.D., Shinnors, K.J., Coors, J.G., Lauer, J.G., Straub, R.J., Koegel, R.G. Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal *in situ* disappearance of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, v.86, p.83-94, 2000.
- Baum, M.E., Archontoulis, S.V., Licht, M.A. Planting date, hybrid maturity, and weather effects on maize yield and crop stage. *Agronomy Journal*, v.111, n.1, p.303-313, 2019.
- Beleze, J.R.F., Zeoula, L.M., Cecato, U., Dian, P.H.M., Martins, E.N., Falcão, A.J.S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes estágios de maturação. 1. Produtividade, características morfológicas e correlações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.529-537, 2003.
- Bernardes, T.F., Nussio, L.G., Amaral, R.C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. *Grass and Forage Science*, v.67, n.1, p.34-42, 2012.
- Buxton, D.R., Redfearn, D.D. Plant limitations to fiber digestion and utilization. *Journal of Nutrition*, v.127, p.814S-818, 1997.
- Cammell, S.B., Sutton, J.D., Beever, D.E., Humphries, D.J., Phipps, R.H. The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows 1. Energy and nitrogen utilization. *Journal of Animal Science*, v.71, p.381-390, 2000.

- Chen, G., Zheng, Z., Yang, S., Fang, C., Zou, X., Luo, Y. Experimental co-digestion of corn stalk and vermicompost to improve biogas production. *Waste Management*, v.30, n.10, p.1834-1840, 2010.
- Correa, C.E.S., Shaver, R.D., Pereira, M.N., Lauer, J.G., Kohn, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*, v.85, p.3008–3012, 2002.
- Der Bedrosian, M.C., Nestor Jr, K.E., Kung Jr, L. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.9, p.5115-5126, 2012.
- Di Marco, O.D., Aello, M.S., Nomdedeu, M., Van Houtte, S. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (*in vivo*, *in situ* and *in vitro*). *Animal Feed Science and Technology*, v.99, p.37-43, 2002.
- Dijkstra, J., Oenema, O., Bannink, A. Dietary strategies to reducing N excretion from cattle: Implications for methane emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v.3, p.414–422, 2011.
- Dolci, P., Tabocco, E., Cocolin, L., Borreani, G. Microbial dynamics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films. *Applied and Environmental Microbiology*, v.77, n.21, p.7499-7507, 2011.
- Domingues, A.N., Abreu, J.G.D., Cabral, L.D.S., Galati, R.L., Oliveira, M.A.D., Reis, R.H.P.D. Nutrition value of silage from corn hybrids in the State of Mato Grosso, Brazil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.34, n.2, p.117-122, 2012.
- Duvick, D.N., Cassman, K.G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North Central United States, *Crop Science*, v.39, n.6, p.1622–1630, 1999.
- Ferraretto, L.F., Crump, P.M., Shaver, R.D. Effect of ensiling time and exogenous protease addition to whole-plant corn silage of various hybrids, maturities, and chop lengths on nitrogen fractions and ruminal *in vitro* starch digestibility. *Journal of Dairy Science*, v.98, n.12, p.8869-8881, 2015.
- Ferraretto, L.F., Shaver, R.D. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, v.98, n.4, p.2662-2675, 2015.
- Ferraretto, L.F., Shaver, R.D., Lauer, J.G., Brown, L., Lutz, R., Kennicker, J., Taysom, D.M. 0629 Influence of plant population, maturity and ensiling time on fermentation profile, nitrogen fractions, and starch digestibility in earlage.

- Journal of Animal Science*, v.94, suppl. 5, p.300-300, 2016.
- Ferraretto, L.F., Shaver, R.D., Luck, B.D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *Journal of Dairy Science*, v.101, n.5, p.3937-3951, 2018.
- Hatew, B., Bannink, A., Van Laar, H., De Jonge, L.H., Dijkstra, J. Increasing harvest maturity of whole-plant corn silage reduces methane emission of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.99, n.1, p.354-368, 2016.
- Holzer, M., Mayrhuber, E., Danner, H., Braun, R. The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. *Trends in Biotechnology*, v.21, n.6, p.282-287, 2003.
- Horst, E.H. Produção e qualidade nutricional da forragem e da silagem pré-secada de diferentes cereais de inverno colhidos em estágio de pré-florescimento. Dissertação - Universidade Estadual do Centro-Oeste, 86p, 2016.
- Hunter, R.B. Selection and evaluation procedures for whole-plant corn silage. *Canadian Journal of Plant Science*, v.58, n.3, p.661-678, 1978.
- Jensen, C., Weisbjerg, M.R., Norgaard, P., Hvelplund, T. Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, v.118, p.279-294, 2005.
- Khan, N.A., Yu, P., Ali, M., Cone, J.W., Hendriks, W.H. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.95, n.2, p.238-252, 2015.
- Krämer-Schmid, M., Lund, P., Weisbjerg, M.R. Importance of NDF digestibility of whole crop maize silage for dry matter intake and milk production in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, v.219, p.68-76, 2016.
- Kruse, S., Herrmann, A., Kornher, A. Evaluation of genotype and environmental variation in fiber content of silage maize using a model-assisted approach. *European Journal Agronomy*, v.28, n.1, p.210-223, 2008.
- Lettat, A., Hassanat, F., Benchaar, C. Corn silage in dairy cow diets to reduce ruminal methanogenesis: Effects on the rumen metabolically active microbial communities. *Journal of Dairy Science*, v.96, p.5237-5248, 2013.
- Lindsey, A.J., Minyo, R., Geyer, A.B., Thomison, P.R. Comparing the agronomic performance of short-season and commonly grown corn hybrid maturities in Ohio. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, v.6, n.1, e20019, 2020.
- Liu, Y., Zuo, S., Xu, L., Zou, Y., Song, W. Study on diversity of endophytic bacterial communities in seeds of hybrid maize and their parental lines. *Archives of*

- Microbiology*, v.194, n.12, p.1001-1012, 2012.
- Macome, F.M., Pellikaan, W.F., Hendriks, W.H., Dijkstra, J., Hatew, B., Schonewille, J. T., Cone, J.W. *In vitro* gas and methane production of silages from whole-plant corn harvested at 4 different stages of maturity and a comparison with *in vivo* methane production. *Journal of Dairy Science*, v.100, n.11, p.8895-8905, 2017.
- Marton, C., Kálmán, L., Árendás, T., Bónis, P., Szieberth, D. Comparison of some methods for estimating vegetation periods in maize. *Acta Agronomica Hungarica*, v.55, n.1, p.1-5, 2007.
- Moore, K.J. Jung, H-J. G. Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management*, v.54, p.420-430, 2001.
- Michiels, K., Vanderleyden, J., Vangool, A. *Azospirillum* - Plant Root Associations - a review. *Biology and Fertility of Soils*, v.8, p.356–368, 1989.
- Neal, J.L., Larson, R.I., Atkinson, T.G. Changes in rhizosphere populations of selected physiological groups of bacteria related to substitution of specific pairs of chromosomes in spring wheat. *Plant Soil*, v.39, p.209–212, 1973.
- Nelson, E.B. Microbial dynamics and interactions in the spermosphere. *Annual Review of Phytopathology*, v.42, p.271–309, 2004.
- Neumann, M., Horst, E.H., Souza, A.M., Santos, L.C., Slompo, D., Santos, J.C. Desempenho de novilhos confinados alimentados com silagens de diferentes híbridos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.16, p.524-535, 2017.
- Neumann, M., Marafon, F., Ueno, R.K. Eficiência de confecção da silagem de milho: processamento de grãos e tamanho de partícula. *Informe Agropecuário*, v.34, n.277, p.7-18, 2013.
- Neumann, M., Restle, J., Costa, E., Alves Filho, D., Souza, A., Rosa, J. Avaliação do desempenho de bezerros alimentados com diferentes silagens de híbridos de milho (*Zea mays* L.). *Current Agricultural Science and Technology*, v.9, n.3, p.263-268, 2003.
- Oliveira, J.S., Sobrinho, F.S., Pereira, R.C., Miranda, J.M., Banys, V.L., Ruggieri, A.C., Pereira, A.V., Ledo, F.S., Botrel, M.A., Auad, M.V. Potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem, na região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, n.1, p.62-71, 2010.
- Opsi, F., Fortina, R., Borreani, G., Tabacco, E., López, S. Influence of cultivar, sowing date and maturity at harvest on yield, digestibility, rumen fermentation kinetics and estimated feeding value of maize silage. *The Journal of Agricultural Science*,

- v.151, n.5, p.740-753, 2013.
- Owens, F. Corn silage – facts, fantasies, and the future. 2008. *In: Proc. Florida Ruminant Nutrition Symposium*. University of Florida, Gainesville.
- Parvin, S., Nishino, N. Bacterial community associated with ensilage process of wilted guinea grass. *Journal of Applied Microbiology*, v.107, p.2029–2036, 2009.
- Parvin, S., Nishino, N. Succession of lactic acid bacteria in wilted rhodesgrass silage assessed by plate culture and denaturing gradient gel electrophoresis. *Grassland Science*, v.56, p.51–55, 2010.
- Paziani, S.F., Duarte, A.P., Nussio, L.G., Boller, P., Gallo, C.M.M.B., Zopollatto, M., Reco, P.C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.411-417, 2009.
- Pereira, E.S., Mizubuti, I.Y., Pinheiro, S.M., Villarroel, A.B.S., Clementino, R.H. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays*, L). *Revista Caatinga*, v.20, n.3, p.8-12, 2007.
- Rahman, M.M., Salleh, M.A.M., Sultana, N., Kim, M.J., Ra, C.S. Estimation of total volatile fatty acid (VFA) from total organic carbons (TOCs) assessment through *in vitro* fermentation of livestock feeds. *African Journal of Microbiology Research*, v.7, n.15, p.1378-1384, 2013.
- Restle, J., Pacheco, P.S., Alves Filho, D.C., Freitas, A.K., Neumann, M., Brondani, I.L., Pádua, J.T., Arboitte, M.Z. Silagem de diferentes híbridos de milho para produção de novilhos superjovens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.5, p.2066-2076, 2006.
- Ritchie, S.W., Hanway, J.J., Benson, G.O. How a Corn Plant Develops, Special Report no. 48, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1993.
- Rosa, J.R.P., Silva, J.H.S., Restle, J., Pascoal, L.L., Brondani, I.L., Alves Filho, D.C., Freitas, A.K. Avaliação do comportamento agrônômico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.2, p.302-312. 2004.
- Santos, A.O., Ávila, C.L.S., Schwan, R.F. Selection of tropical lactic acid bacteria for enhancing the quality of maize silage. *Journal of Dairy Science*, v.96, n.12, p.7777-7789, 2013.
- Santos, R.D., Pereira, L.G.R., Neves, A.L.A., Azevêdo, J.A.G., Moraes, S.A., Costa, C.T.F. Características agronômicas de variedades de milho para produção de

- silagem. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.32, n.4, p.367-373, 2010.
- Souza Filho, A.X., Pinho, R.G.V., Pereira, J.L.D.A.R., Reis, M.C.D., Rezende, A.V.D., Mata, C.D.D. Influence of stage of maturity on bromatological quality of corn forage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40 n.9, p.1894-1901, 2011.
- Szareski, V.J., Carvalho, I.R., Kehl, K., Pelegrin, A.J., Nardino, M., Demari, G.H., Pedro, T. Interrelations of characters and multivariate analysis in corn. *Journal of Agricultural Science*, v.10, n.2, p.187-194, 2018.
- Tres, T.T., Jobim, C.C., Rossi, R.M., Silva, M.S.D., Poppi, E.C. Silagem de grãos de milho, com adição de soja: estabilidade aeróbia e desempenho de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.15, n.1, p.248-260, 2014.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2<sup>nd</sup> ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY.
- Weinberg, Z.G., Chen, Y. Effects of storage period on the composition of whole crop wheat and corn silages. *Animal Feed Science and Technology*, v.185, n.3, p.196-200, 2013.
- Zeoula, L.M., Beleze, J.R.F., Cecato, U., Jobim, C.C., Geron, L.J.V., Maeda, E.M., Falcão, A.J.S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estágios de maturação. 3. Composição químico-bromatológica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.556-566, 2003.
- Zhang, Y., Ghaly, A.E., Li, B. Physical properties of corn residues. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, v.8, n.2, p.44-53, 2012.
- Zopollatto, M., Nussio, L.G., Mari, L.J., Schmidt, P., Duarte, A.P., Mourão, G.B. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.452-461, 2009.

---

---

## CAPÍTULO 1

---

---

Características agronômicas de híbridos de milho (*Zea mays*, L.)  
silageiros em diferentes estágios de maturação



## RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a produção e a composição morfológica de três híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem, em seis estágios de maturidade. Foram avaliados a produção de biomassa fresca, seca e de grãos, os teores de matéria seca da planta e dos componentes estruturais dos híbridos de milho Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP. As plantas de milho foram avaliadas sucessivamente nas fases reprodutivas de formação do grão, R1; grão leitoso, R2; grão pastoso, R3; grão farináceo, R4; grão duro, R5; e grão maduro, R6. O experimento foi conduzido segundo delineamento de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições e três tratamentos. A média de altura de planta observado no momento da colheita (2,33; 2,45 e 2,40 m; respectivamente) classifica todos os materiais como híbridos de porte médio. Foi observado correlação positiva, variando de 0,86 para o híbrido Feroz VIP a 0,88 para o híbrido Maximus VIP3, entre a altura de planta e altura de inserção da espiga, porém, essas duas variáveis não tiveram correlação com os dados de produtividade. Houve diferença significativa para produção de biomassa fresca nos estágios R1, R2 e R5, tendo o Maximus VIP3 obtido as maiores produtividades. A proporção de grãos na composição morfológica da planta variou entre os híbridos, sendo que o Maximus VIP3 e o Defender VIP (48,22% e 46,17%) foram superiores ao Feroz VIP (42,97%). Com o avanço da maturidade notou-se comportamento linear decrescente para participação de colmo e folha, com redução de 0,38% e 0,45% ( $R^2 = 0,79$  e  $0,81$ ; respectivamente) ao dia, quadrático para brácteas e sabugo, e linear crescente para participação de grãos na estrutura da planta, com aumento de 0,77% ao dia ( $R^2 = 0,88$ ). De forma geral, os três híbridos apresentam boas características para produção de silagem e permitem a colheita em estágio de grão duro, possibilitando acréscimo de grãos em relação ao estágio de grão farináceo.

**Palavras-chave:** composição morfológica de planta, estágio fenológico, produção de matéria verde, silagem de milho.

## 1. Introdução

O conceito de que os melhores híbridos para produção de grãos são também os melhores para produção de silagem (Hunter, 1978) está sendo desmistificado, haja visto que a fração vegetativa representa entre 50 e 60% da matéria seca final do alimento (Zopollatto et al., 2009). De acordo com Pereira et al. (2007), híbridos de milho ideais para produção de silagem devem possuir boa percentagem de grãos aliado a uma porção vegetativa de alta digestibilidade. Citações antigas contrastadas com outras mais recentes revelam que o melhoramento genético de híbridos de milho está incrementando não somente em produtividade por área, mas em níveis nutricionais, tendo a fração vegetativa uma importante participação nesse ponto (Lavezzo et al., 1997).

O aumento do uso de silagem de milho na nutrição de bovinos em todo território nacional está intensificando a busca por híbridos de milho com melhor adaptação a essa finalidade. Todavia, a escolha de híbridos mais adequados tem sido foco de debates devido à falta de informações sobre o aspecto qualitativo destes (Zeoula et al., 2003), que é altamente relevante, pois determina a qualidade da dieta final dos animais (Domingues et al., 2012).

A existência de um grande número de híbridos disponíveis no mercado, com características fenotípicas e nutricionais distintas, faz com que seja fundamental a identificação dos quais oferecem a melhor resposta animal. Inúmeros trabalhos apontam diferenças nutricionais de silagem de milho de diferentes híbridos (Lupatini et al., 2004; Jaremtchuk et al., 2005; Restle et al., 2006), porém, essas diferenças normalmente não interferem no desempenho animal. Por outro lado, Neumann et al. (2003) apontaram diferença significativa não só na composição bromatológica da silagem como também no consumo de matéria seca em diferentes períodos e no ganho de peso final de novilhos confinados.

Embora a seleção do híbrido seja importante, outros fatores também interferem na qualidade final da silagem, e o estágio de maturação na colheita é um dos pontos mais discutidos (Oliveira, 2010). Beleze et al. (2003), avaliando estágios de maturidade verificaram reduções de folhas e colmo, e aumento percentual de grãos e sabugo com o avanço dos estágios. Os mesmos autores apontaram ainda que, nem sempre a maior proporção de grãos confere uma silagem de melhor qualidade, mas que a combinação percentual de cada uma das frações pertencentes a planta é que determina tal variável.

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção e a composição morfológica de três híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de

silagem, em seis estágios de maturidade.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido nas instalações do Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), em Guarapuava, PR. O clima da região é o temperado de altitude - Cfb (subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado conforme a classificação de Köppen, em altitude de aproximadamente 1.100 m. A precipitação média anual é de 1.944 mm, a temperatura média mínima anual é de 12,7°C, a temperatura média máxima anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar de 77,9%. Na figura 1 estão expressos os dados climáticos, em decênios, durante o período experimental.

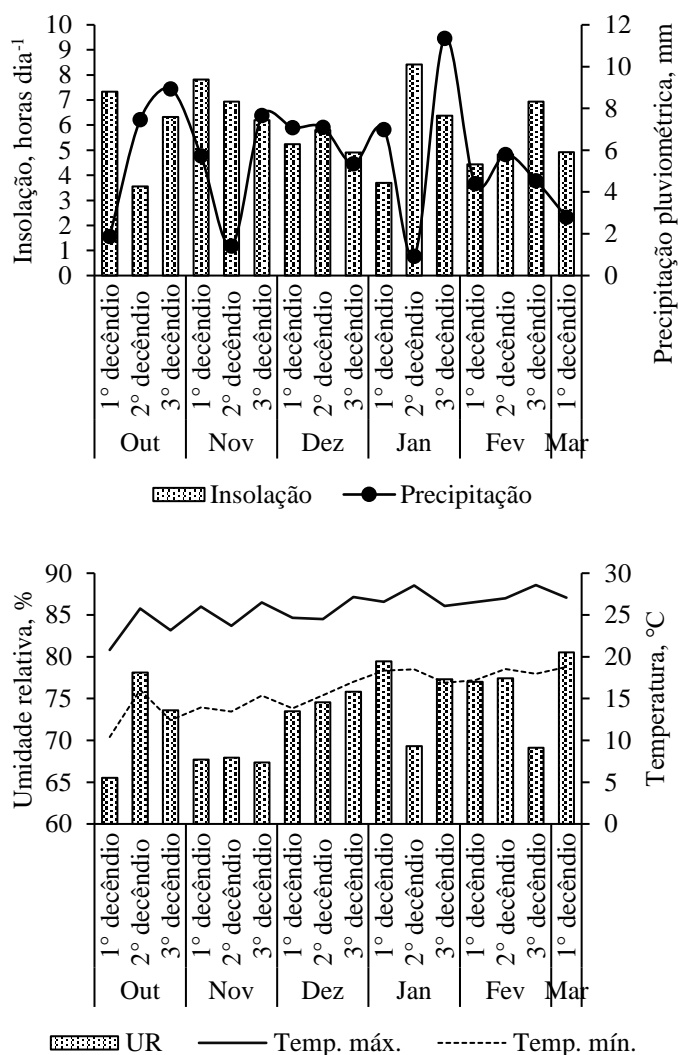


Figura 1. Médias de insolação, precipitação pluviométrica, temperatura máxima e

mínima, e umidade relativa do ar em decênios, ocorridas no período de cultivo do milho

Fonte: Estação experimental do SIMEPAR/UNICENTRO, Guarapuava –PR

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Típico (Pott, 2007). A área onde foi cultivado o milho vinha sendo utilizada nos últimos anos com pastagens de ciclo anual na estação de inverno, e lavouras de milho e soja na estação de verão, recebendo a cada estação de cultivo, adubações de fósforo e potássio, conforme as recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004).

No presente experimento foram avaliados a produção de biomassa fresca e seca, e de grãos, a composição morfológica da planta e os teores de matéria seca da planta e dos componentes estruturais, dos híbridos de milho Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP (Syngenta®), sendo híbridos simples, triplo e duplo, respectivamente.

O experimento foi conduzido segundo delineamento de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições e três tratamentos (Maximus VIP3, Denfender VIP e Feroz VIP). Cada parcela dentro de cada um dos blocos continha 100 linhas e 50 m de comprimento, sendo que a área útil considerada foram as 90 linhas centrais, desprezando também os 5 m iniciais e finais do bloco no sentido da semeadura.

As lavouras de milho (*Zea mays*, L.) foram implantadas na primeira quinzena de outubro, em sistema de plantio direto. Na implantação utilizou-se espaçamento entre linhas de 0,5 metros, profundidade de semeadura aproximada de 0,04 m e distribuição de sementes por metro linear visando densidades finais de 65 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

A adubação de base foi constituída de 500 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK na formulação 08-20-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), e em cobertura utilizou-se 180 kg de N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia (45% de N) entre os estágios vegetativos de V4 a V6, quatro e seis folhas totalmente expandidas, respectivamente.

As plantas de milho dos diferentes híbridos foram avaliadas sucessivamente nas fases reprodutivas de formação do grão, R1; grão leitoso, R2; grão pastoso, R3; grão farináceo, R4; grão duro, R5; e grão maduro, R6. Esses estágios foram determinados conforme Ritchie et al. (2003). Em todos esses momentos foram realizadas avaliações do acúmulo do teor de matéria seca da planta e de seus componentes estruturais, além da composição morfológica da planta. Em cada avaliação procedeu-se colheita manual a 20 cm de altura do solo de dez plantas inteiras contidas na área útil de cada parcela utilizando-se o método do triplo emparelhamento. A adoção dessa prática permitiu

determinar, além dos teores de matéria seca, a composição morfológica percentual das estruturas da planta pela segmentação dos componentes: colmo, folhas, brácteas, sabugo e grãos. Na ocasião de cada avaliação, também foram determinados a altura da inserção da primeira espiga e da planta (m), número de folhas secas e o potencial produtivo de biomassa verde e seca ensiláveis e de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, a fim de verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Uma vez atendidos estes pressupostos, aplicou-se o teste F a 5% de probabilidade de confiança, através da Análise de Variância (ANOVA) e em seguida o teste Tukey de comparação de múltiplas médias a 5% de significância. Os dados também foram submetidos à análise de regressão polinomial, considerando a variável dias de avaliação, por meio do procedimento *Regression* (PROC REG) do programa SAS (1993).

### **3. Resultados e Discussão**

Na tabela 1 são apresentadas as características agronômicas dos diferentes híbridos durante os estágios reprodutivos de maturidade. A altura de planta do híbrido Maximus foi inferior ( $P < 0,05$ ) a partir do estágio R3 até R6 quando comparado aos demais, enquanto os híbridos Defender e Feroz foram estatisticamente semelhantes entre si ao longo do avanço de maturação. A média de altura de planta no momento da colheita (2,33; 2,45 e 2,40 m; respectivamente) classifica todos os materiais como híbridos de porte médio (2,20 a 2,80 m) (Pinto et al., 2010). Nossos resultados foram semelhantes aos descritos por Paziani et al. (2009), e superiores aos de Pinto et al. (2010), que avaliaram 12 híbridos e obtiveram valor médio de 2,13 m de altura de planta.

A mesma tendência pode ser observada para altura de espiga, onde os diferentes híbridos apresentaram altura de inserção em 1,40; 1,51 e 1,48 m; respectivamente, no momento da colheita em R5. Santos et al. (2010) também observaram diferentes alturas de inserção de espiga quando avaliaram sete híbridos, no entanto, a altura média descrita pelos autores foi de 0,90 m, apesar da altura média de planta ter sido de 2,20 m.

Após o florescimento a planta de milho atinge seu porte máximo (Ritchie et al., 2003), não havendo mais alongamento de colmo, portanto, as diferenças na altura de planta e na altura de inserção de espiga observados entre os estágios devem ser decorrentes da amostragem. Foi observado correlação positiva, variando de 0,86 para o híbrido Feroz a 0,88 para o híbrido Maximus, entre a altura de planta e altura de inserção da espiga, porém, essas duas variáveis não tiveram correlação com os dados de

produtividade.

Ainda na tabela 1 se observa decréscimo constante no número de folhas verdes e aumento no número de folhas secas ( $P < 0,05$ ) com o avanço dos estágios de maturação. Na média geral, os híbridos apresentavam 14 folhas em sua estrutura, todas verdes até o estágio R3, não havendo diferença significativa entre os híbridos para número de folhas secas no estágio R5, com média de 1,9 por planta. Esse baixo número de folhas secas permite classificar os três híbridos como de alto *stay-green* (Lupatini et al., 2004).

Tabela 1. Características morfométricas dos diferentes híbridos de milho para silagem entre os estágios R1 a R6

Híbrido	Estágio fenológico					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Altura de planta, m</b>						
Maximus	2,30	2,32	2,30 <sup>b</sup>	2,29 <sup>b</sup>	2,33 <sup>b</sup>	2,38 <sup>b</sup>
Defender	2,32	2,39	2,44 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>
Feroz	2,37	2,38	2,40 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>	2,40 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>
Média	2,33 <sup>B</sup>	2,36 <sup>AB</sup>	2,38 <sup>AB</sup>	2,38 <sup>AB</sup>	2,39 <sup>AB</sup>	2,42 <sup>A</sup>
<b>Altura de espiga, m</b>						
Maximus	1,35	1,39	1,33 <sup>b</sup>	1,36 <sup>b</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,45 <sup>b</sup>
Defender	1,44	1,47	1,50 <sup>a</sup>	1,53 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>
Feroz	1,42	1,44	1,46 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>
Média	1,41 <sup>B</sup>	1,43 <sup>B</sup>	1,43 <sup>B</sup>	1,48 <sup>AB</sup>	1,46 <sup>AB</sup>	1,52 <sup>A</sup>
<b>Número de folhas verdes</b>						
Maximus	14,9	15,0	14,3	14,5 <sup>a</sup>	12,8	5,9 <sup>b</sup>
Defender	14,4	14,9	14,2	14,0 <sup>ab</sup>	12,2	7,1 <sup>a</sup>
Feroz	15,0	14,7	13,7	13,6 <sup>b</sup>	12,1	7,7 <sup>a</sup>
Média	14,7 <sup>AB</sup>	14,8 <sup>A</sup>	14,1 <sup>B</sup>	14,0 <sup>B</sup>	12,4 <sup>C</sup>	6,9 <sup>D</sup>
<b>Número de folhas secas</b>						
Maximus	0,0	0,0	0,0	0,1	1,8	8,1 <sup>a</sup>
Defender	0,0	0,0	0,1	0,3	2,1	7,3 <sup>a</sup>
Feroz	0,0	0,0	0,1	0,6	1,7	5,6 <sup>b</sup>
Média	0,0 <sup>C</sup>	0,0 <sup>C</sup>	0,0 <sup>C</sup>	0,3 <sup>C</sup>	1,9 <sup>B</sup>	7,0 <sup>A</sup>

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-D</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

O aumento do número de folhas secas observado entre os estágios R5 a R6 gerou redução significativa na produção média de biomassa fresca dos híbridos (77.509 contra 59.395 kg ha<sup>-1</sup>), porém, não interferiu na produção de biomassa seca (Tabela 2).

A produção média de biomassa fresca teve seu maior rendimento entre os estágios R3 e R5. Em relação aos híbridos, houve diferença significativa nos estágios R1, R2 e R5, tendo o Maximus obtido as maiores produtividades. Como a colheita ocorreu no quinto estágio, esse deve ser analisado com mais critério. A mesma tendência não pode ser notada para produção de biomassa seca, na qual os híbridos diferiram apenas no estágio R1 e o comportamento médio deles foi linear (Figura 2), com acúmulo de matéria seca variando de 214,8 a 260,7 kg por ha dia<sup>-1</sup>.

Tabela 2. Produção de biomassa verde, biomassa seca e de grão dos diferentes híbridos de milho para silagem entre os estágios de R1 a R6

Híbrido	Estágio fenológico					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Biomassa fresca, kg ha<sup>-1</sup></b>						
Maximus	69.431 <sup>a</sup>	77.942 <sup>a</sup>	83.174	84.076	82.466 <sup>a</sup>	58.396
Defender	59.283 <sup>c</sup>	70.654 <sup>b</sup>	74.415	79.159	76.464 <sup>ab</sup>	58.596
Feroz	63.573 <sup>b</sup>	67.203 <sup>b</sup>	72.188	76.388	73.597 <sup>b</sup>	61.194
Média	64.096 <sup>C</sup>	71.933 <sup>B</sup>	76.592 <sup>AB</sup>	79.874 <sup>A</sup>	77.509 <sup>AB</sup>	59.395 <sup>C</sup>
<b>Biomassa seca, kg ha<sup>-1</sup></b>						
Maximus	10.994 <sup>a</sup>	12.815	15.666	18.294	25.558	25.141
Defender	9.547 <sup>c</sup>	12.550	14.526	17.532	25.026	26.155
Feroz	10.244 <sup>b</sup>	11.588	14.788	19.032	24.202	27.372
Média	10.262 <sup>D</sup>	12.318 <sup>D</sup>	14.993 <sup>C</sup>	18.286 <sup>B</sup>	24.929 <sup>A</sup>	26.222 <sup>A</sup>
<b>Grãos, kg ha<sup>-1</sup></b>						
Maximus	124	711 <sup>a</sup>	1.299 <sup>ab</sup>	4.677	12.431	13.891
Defender	168	547 <sup>b</sup>	857 <sup>b</sup>	4.534	11.585	13.896
Feroz	181	520 <sup>b</sup>	1.617 <sup>a</sup>	4.558	10.391	14.789
Média	158 <sup>D</sup>	593 <sup>D</sup>	1.258 <sup>D</sup>	4.590 <sup>C</sup>	11469 <sup>B</sup>	14.222 <sup>A</sup>

<sup>a-c</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-D</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

A maioria dos trabalhos encontrados na literatura, como o de Santos et al. (2010) e Pinto et al. (2010), mostraram resultados produtivos de híbridos colhidos em estágio R4 se assemelhando aos do presente estudo quando comparado em mesmo estágio (18.286 kg ha<sup>-1</sup>). A colheita em estágio avançado só é permitida se o teor de matéria seca for compatível como o necessário para uma boa fermentação no silo (Cox e Cherney, 2005), e assim como no presente trabalho, Souza Filho et al. (2011) também realizaram avaliação de produção de biomassa seca em R5 e conseguiram média de 21.489 kg ha<sup>-1</sup>, menor do

que os 24.929 kg ha<sup>-1</sup> relatados aqui.

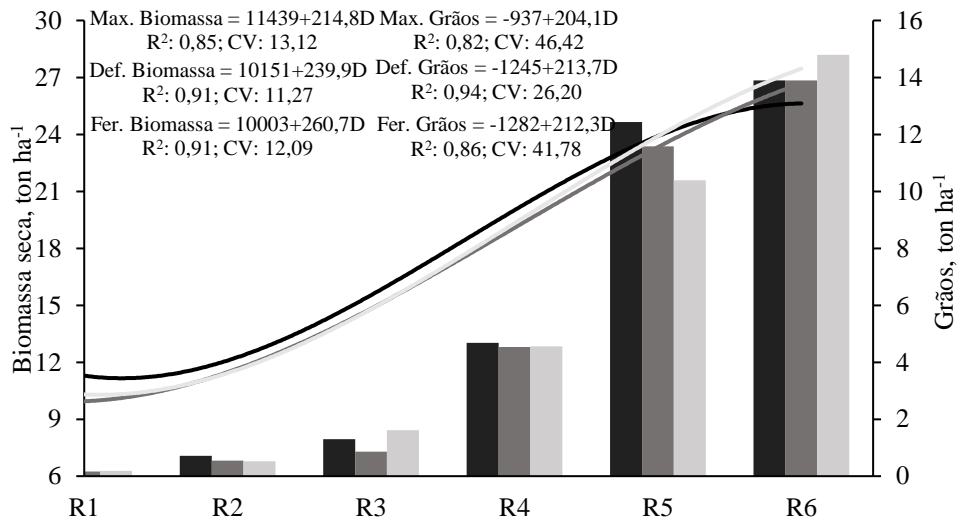


Figura 2. Produção de biomassa seca (linhas) e grãos (colunas) dos híbridos Maximus VIP3 (preto), Defender VIP (grafite) e Feroz VIP (cinza) entre os estágios de R1 a R6  
D = dias após florescimento

A produção de grãos não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os híbridos no estágio considerado mais importante, com produção de 12.431; 11.585 e 10.391 kg ha<sup>-1</sup> para os híbridos Maximus, Defender e Feroz, respectivamente, no momento da colheita. O Maximus teve os maiores rendimentos de biomassa e grãos em R5 e logo os menores em R6, sugerindo que esse híbrido alcançou seu máximo potencial antes dos demais, que seguiram acumulando fotoassimilados com maior intensidade. Essa fotossíntese ativa mais prolongada esta relaciona a presença do complexo clorofila-proteína (Arriola et al., 2012), que também mantêm as folhas verdes por mais tempo como visto no Defender e Feroz (Tabela 1).

Na média geral houve acréscimo linear de grãos, com incremento variando de 204,1 a 213,7 kg (Maximus e Feroz) a cada dia de avanço da maturidade. Apesar da produção de grãos sugerirem uma previsão da qualidade da silagem (Allen et al., 1997), não podem ser considerados isoladamente. Beze et al. (2003) afirmaram que a seleção de híbridos de milho para a produção de silagem depende de muitos fatores, entre eles a participação e a qualidade de cada componente presente na planta, e o teor de matéria seca que interfere diretamente nessas variáveis.

Tabela 3. Teor de matéria seca (%) dos componentes estruturais e da planta inteira dos diferentes híbridos de milho para silagem entre os estágios de R1 a R6

Fração / Híbrido	Estágio fenológico					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Colmo</b>						
Maximus	14,87	17,16	18,27	19,94	16,04 <sup>b</sup>	21,55 <sup>b</sup>
Defender	15,79	18,60	17,41	19,43	17,66 <sup>ab</sup>	26,75 <sup>a</sup>
Feroz	16,06	17,71	18,85	18,05	20,28 <sup>a</sup>	24,61 <sup>ab</sup>
Média	15,57 <sup>C</sup>	17,82 <sup>BC</sup>	18,18 <sup>B</sup>	19,14 <sup>B</sup>	17,99 <sup>B</sup>	24,30 <sup>A</sup>
<b>Folhas</b>						
Maximus	20,25	23,29	27,24	24,50	34,93	62,89
Defender	22,82	23,03	21,89	25,59	31,43	57,89
Feroz	19,79	20,74	26,27	23,87	30,96	60,28
Média	20,95 <sup>C</sup>	22,35 <sup>C</sup>	25,13 <sup>C</sup>	24,65 <sup>C</sup>	32,44 <sup>B</sup>	60,35 <sup>A</sup>
<b>Brácteas</b>						
Maximus	10,66	17,88	22,58	21,86 <sup>b</sup>	28,29	64,34
Defender	12,50	17,73	22,52	25,25 <sup>a</sup>	32,06	59,79
Feroz	11,03	16,97	24,29	24,28 <sup>ab</sup>	29,09	59,60
Média	11,40 <sup>E</sup>	17,53 <sup>D</sup>	23,13 <sup>C</sup>	23,80 <sup>C</sup>	29,82 <sup>B</sup>	61,24 <sup>A</sup>
<b>Sabugo</b>						
Maximus	11,31	15,60	21,15	29,15 <sup>b</sup>	37,95	46,90 <sup>ab</sup>
Defender	19,38	12,46	19,67	32,57 <sup>a</sup>	38,96	42,76 <sup>b</sup>
Feroz	13,92	14,12	22,95	27,38 <sup>b</sup>	39,86	49,14 <sup>a</sup>
Média	14,87 <sup>E</sup>	14,06 <sup>E</sup>	21,26 <sup>D</sup>	29,70 <sup>C</sup>	38,92 <sup>B</sup>	46,27 <sup>A</sup>
<b>Grãos</b>						
Maximus	12,12	14,44	17,51	37,53	62,45	76,51
Defender	12,30	16,47	23,41	41,71	62,38	77,28
Feroz	12,97	16,33	20,07	38,77	61,32	77,99
Média	12,47 <sup>E</sup>	15,74 <sup>E</sup>	20,33 <sup>D</sup>	39,34 <sup>C</sup>	62,05 <sup>B</sup>	77,26 <sup>A</sup>
<b>Planta inteira</b>						
Maximus	15,83	16,44	18,84	21,76	30,99	43,05
Defender	16,10	17,76	19,52	22,15	32,73	44,64
Feroz	16,11	17,24	20,49	24,91	32,88	44,73
Média	16,02 <sup>E</sup>	17,15 <sup>E</sup>	19,61 <sup>D</sup>	22,94 <sup>C</sup>	32,20 <sup>B</sup>	44,14 <sup>A</sup>

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-E</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

Apesar de não significativa ( $P > 0,05$ ), nota-se uma diminuição no teor de matéria seca média do colmo entre os estágios R4 e R5, contrariando o normal. Isso deve ter acontecido devido a um acumulado de 50 mm de chuva ocorridos nos dias que

antecederam a colheita em estágio R5 dos híbridos Maximus e Defender, fazendo com que o colmo absorvesse alta quantidade de água.

Inicialmente, até o estágio R4, as folhas não sofreram grandes alterações no seu teor de matéria seca, variando de 20,95% no estágio R1 a 24,65% no R4. De acordo com Zopollatto et al. (2009), nesse momento não há redução do teor de água nesta fração devido a sua taxa fotossintética ser alta e superar a taxa respiratória. Os mesmos autores ainda avaliaram o teor de matéria seca das folhas em duas safras e descreveram valores de 28,4% na primeira e 32,3% na segunda.

Russell (1986) avaliou as frações vegetativas de híbridos de milho para silagem e encontrou efeito linear crescente do estágio de maturidade sobre o teor de matéria seca da folha, com aumento diário de 0,85%. Comportamento semelhante ao relatado pode ser observado na figura 3, porém, com ganho de 0,43% por dia após o florescimento ( $R^2 = 0,79$ ).

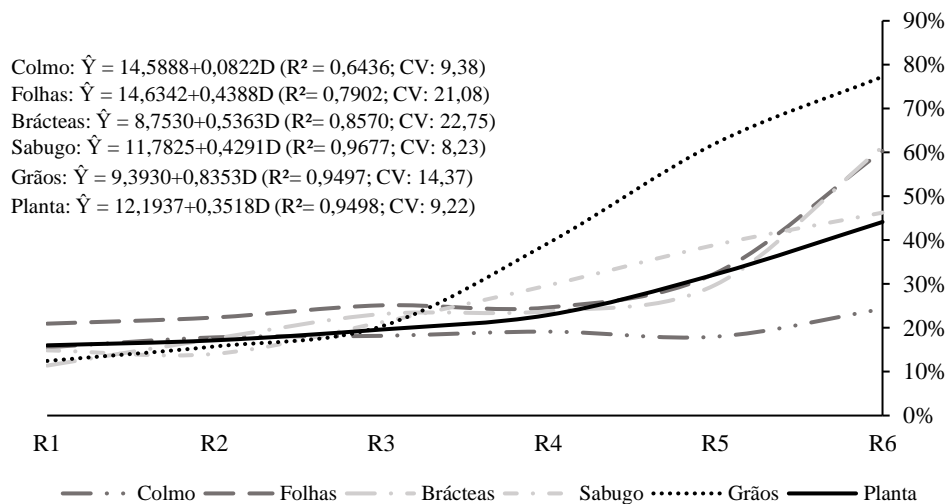


Figura 3. Teor de matéria seca médio da planta e dos componentes: colmo, folhas, brácteas, sabugo e grãos, colhidos entre os estágios de R1 a R6.

D = dias após florescimento

A partir das equações de regressões da figura 3, ficou evidenciado que com o avanço do estágio de maturação, o teor de matéria seca de todos os componentes aumentou de forma linear, com acréscimo diário de 0,08%; 0,53%; 0,42% e 0,83% para colmo, brácteas, sabugo e grãos, respectivamente. A taxa de secagem da planta (0,35% ao dia) evidencia o alto *stay-green* dos híbridos. Ao atingir a matéria seca ideal para colheita até perde-la, seriam precisos 14 dias, considerada essa a janela de corte.

Tabela 4. Percentagem de cada componente estrutural na planta inteira dos diferentes híbridos de milho para silagem entre os estágios de R1 a R6

Fração / Híbrido	Estágio fenológico					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Colmo</b>						
Maximus	44,96	39,20 <sup>ab</sup>	34,78	29,18	19,85	18,23
Defender	46,77	43,61 <sup>a</sup>	32,67	31,14	21,03	20,75
Feroz	47,95	38,18 <sup>b</sup>	32,10	27,27	18,53	19,08
Média	46,56 <sup>A</sup>	40,33 <sup>B</sup>	33,18 <sup>C</sup>	29,20 <sup>C</sup>	19,80 <sup>D</sup>	19,35 <sup>D</sup>
<b>Folhas</b>						
Maximus	53,45	43,61 <sup>a</sup>	37,95	32,02	24,30	19,07
Defender	53,65	41,61 <sup>ab</sup>	30,63	32,07	21,91	17,12
Feroz	53,39	37,06 <sup>b</sup>	35,46	28,74	20,92	16,33
Média	53,50 <sup>A</sup>	40,76 <sup>B</sup>	34,68 <sup>C</sup>	30,94 <sup>C</sup>	22,38 <sup>D</sup>	17,51 <sup>E</sup>
<b>Brácteas</b>						
Maximus	10,61	17,45	20,71 <sup>a</sup>	17,38	10,54	7,72
Defender	8,67	16,76	14,50 <sup>b</sup>	15,33	9,85	7,42
Feroz	11,46	14,79	17,82 <sup>ab</sup>	12,50	8,58	7,27
Média	10,24 <sup>B</sup>	16,33 <sup>A</sup>	17,68 <sup>A</sup>	15,07 <sup>A</sup>	9,66 <sup>B</sup>	7,47 <sup>B</sup>
<b>Sabugo</b>						
Maximus	1,36	4,72	13,83	13,77	9,36	7,91
Defender	1,47	5,35	14,48	15,17	9,89	7,66
Feroz	1,65	5,15	15,05	12,21	10,87	9,05
Média	1,49 <sup>D</sup>	5,08 <sup>C</sup>	14,45 <sup>A</sup>	13,71 <sup>A</sup>	10,04 <sup>B</sup>	8,21 <sup>B</sup>
<b>Grãos</b>						
Maximus	1,13	5,53	8,35 <sup>b</sup>	26,00	48,22 <sup>a</sup>	51,20
Defender	1,78	4,39	8,93 <sup>b</sup>	25,86	46,17 <sup>a</sup>	53,17
Feroz	1,79	4,51	10,97 <sup>a</sup>	24,42	42,97 <sup>b</sup>	51,97
Média	1,57 <sup>C</sup>	4,81 <sup>C</sup>	9,42 <sup>C</sup>	25,43 <sup>B</sup>	45,79 <sup>A</sup>	52,11 <sup>A</sup>

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-E</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

A proporção de grãos variou ( $P < 0,05$ ) entre os híbridos, com a do Maximus e Defender (48,22% e 46,17%) superiores a do Feroz (42,97%), porém, todos estando acima dos 40% de participação preconizados por Rosa et al. (2004) para silagem de alta qualidade. Isso classifica os três híbridos como apropriados para esse fim. Os dados do presente estudo corroboram com os de Beleze et al. (2003) que destacaram correlação positiva entre o avanço do estágio de maturação com o aumento na proporção de grãos. As proporções médias de grãos, nos diferentes estágios de maturação, são semelhantes

aos valores relatados por Johnson et al. (1985) e superiores aos valores relatados por Hunt et al. (1993).

É evidente que a fração grãos tem grande influência na qualidade da silagem (Neumann, et al., 2010), no entanto, a fração vegetativa é responsável por mais da metade da constituição dessa, tendo que ser levada em consideração. Não foi observado diferença entre os híbridos para os demais componentes no momento da colheita (Tabela 4).

Destaca-se ainda o comportamento decrescente da participação de folhas com o avanço da maturidade fisiológica, passando de 53,5% no primeiro estágio reprodutivo a 17,51% no sexto. Durante os estágios vegetativos, os fotoassimilados e a água são destinados às folhas e colmo. A partir do primeiro estágio reprodutivo, com a espiga formada, esses vão se direcionando aos poucos à nova estrutura (Zopollatto et al. 2009). Esse fato é confirmado pelas equações de regressão da figura 4, onde nota-se comportamento linear decrescente para colmo e folha, com redução de 0,38% e 0,45% ao dia ( $R^2 = 0,79$  e  $0,81$ , respectivamente), quadrático para brácteas e sabugo, e linear crescente para participação de grãos na estrutura da planta, com aumento de 0,77% ao dia ( $R^2 = 0,88$ ). Resultados semelhantes foram mencionados por Beleze et al. (2003), que salientam o aumento da proporção de grãos e a relacionam com a translocação de substâncias a partir de sua formação.

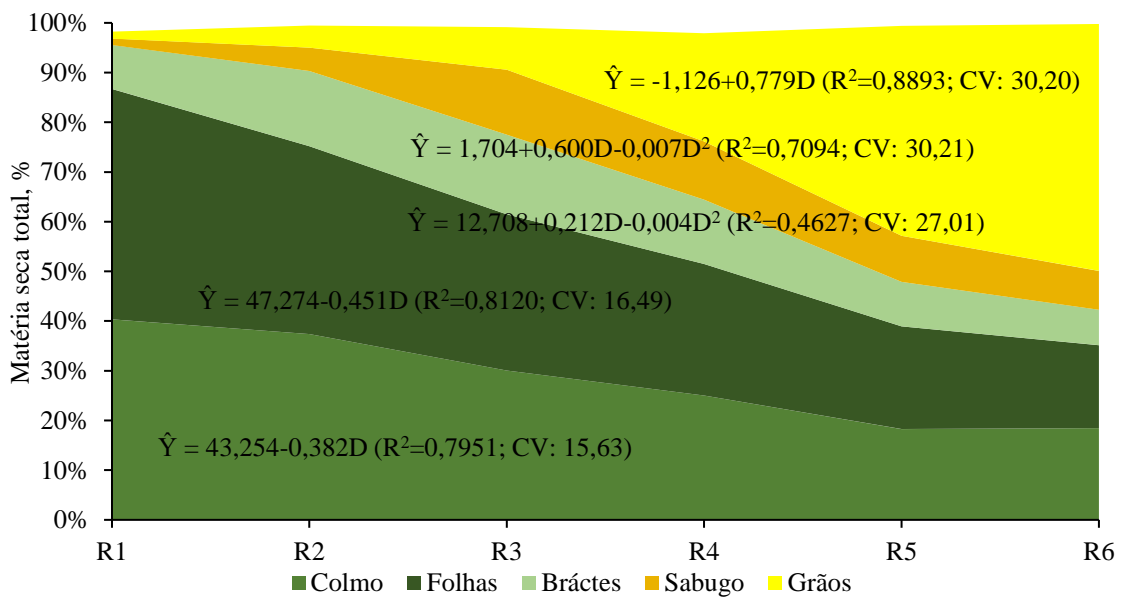


Figura 4. Participação média dos componentes da planta durante o avanço dos estágios de maturidade

O comportamento quadrático na participação das brácteas e sabugo foi também

relatado por Beleze et al. (2003), sendo esse um efeito da alteração centesimal em virtude do aumento de grãos durante os diferentes estágios de maturação. Assim como mencionado por Caetano (2001), os dados mostraram que o ponto de colheita do milho para confecção de silagem é um fator muito importante, pois afeta diretamente a sua composição e interfere sobre a qualidade e o consumo da silagem obtida.

#### **4. Conclusão**

O híbrido Maximus VIP3 apresenta maior produção de biomassa fresca e maior participação de grãos juntamente com o híbrido Defender VIP. Com o avanço do estágio de maturação há alteração na composição centesimal em virtude do aumento da participação dos grãos, reduzindo a participação de colmo e folhas na planta.

De forma geral, os três híbridos apresentam boas características para produção de silagem e permitem a colheita em estágio de grão duro, possibilitando acréscimo de grãos em relação ao estágio de grão farináceo.

#### **5. Referências**

- Allen, M.S., Oba, M., Choi, B.R. Silage: Feed costs and performance affected by type of corn hybrid. *Feedstuffs*, v.69, n.28, p.11-31, 1997.
- Arriola, K.G., Kim, S.C., Huisden, C.M., Adesogan, A.T. Stay-green ranking and maturity of corn hybrids: 1. Effects on dry matter yield, nutritional value, fermentation characteristics, and aerobic stability of silage hybrids in Florida. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.2, p.964-974, 2012.
- Beleze, J.R.F., Zeoula, L.M., Cecato, U., Dian, P.H.M., Martins, E.N., Falcão, A.J.S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes estágios de maturação. 1. Produtividade, características morfológicas e correlações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.529-537, 2003.
- Beleze, J.R.F., Zeoula, L.M., Cecato, U., Dian, P., Martins, E., Falcão, A.D.S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estágios de maturação. 2. Concentrações dos componentes estruturais e correlações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.538-545, 2003.
- Bernardino, M.L., Rodriguez, N.M., Santana, A.A., Gonçalves, L.C., Zago, C.P. Silagem de sorgo de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo. I. Nitrogênio amoniacal, pH e perdas de matéria seca. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.49, n.2, p.213-223, 1997.

- CQFS RS/SC – Comissão, de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, v.10, 2004.
- Cox, W.J., Cherney, J.H. Timing corn forage harvest for bunker silos. *Agronomy Journal*, v.97, n.1, p.142-146, 2005.
- Domingues, A.N., Abreu, J.G.D., Cabral, L.D.S., Galati, R.L., Oliveira, M.A.D., Reis, R. H.P.D. Nutrition value of silage from corn hybrids in the State of Mato Grosso, Brazil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.34, n.2, p.117-122, 2012.
- Hunt, C.W., Kezar, W., Hinman, D.D., Combs, J.J., Loesche, J.A., Moen, T. Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole-plant corn. *Journal of Animal Science*, v.71, n.1, p.38-43, 1993.
- Hunter, R.B. Selection and evaluation procedures for whole-plant corn silage. *Canadian Journal of Plant Science*, v.58, n.7, p.661-678, 1978.
- Jaremtchuk, A.R., Jaremtchuk, C.C., Baglioli, B., Medrado, M.T., Kozlowski, L.A., Costa, C., Madeira, H.M.F. Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.27, n.2, p.181-188, 2005.
- Johnson Jr, J.C., Monson, W.G., Petligrew, W.T. Variation in nutritive value of corn hybrids for silage. *Nutrition Reproduction International*, v.32, n.4, p.953- 958, 1985.
- Lavezzo, W., Lavezzo, O.E.N.M., Neto, O.C. Estágio de desenvolvimento do milho. 1. Efeito sobre a produção, composição da planta e qualidade da silagem. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.26, n.4, p.675-682, 1997.
- Lupatini, G.C., Maccari, M., Zanette, S., Piacentini, E., Neumann, M. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.2, p.193-203, 2004.
- Neumann, M., Restle, J., Brondani, I.L. Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.03, p.438-452, 2010.
- Neumann, M., Restle, J., Costa, E., Alves Filho, D., Souza, A., Rosa, J. Avaliação do desempenho de bezerros alimentados com diferentes silagens de híbridos de milho (*Zea mays* L.). *Current Agricultural Science and Technology*, v.9, n.3, p.263-268, 2003.
- Oliveira, J.S., Sobrinho, F.S., Pereira, R.C., Miranda, J.M., Banys, V.L., Ruggieri, A.C.,

- Pereira, A.V., Ledo, F.S., Botrel, M.A., Auad, M.V. Potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem, na região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, n.1, p.62-71, 2010.
- Paziani, S.F., Duarte, A.P., Nussio, L.G., Boller, P., Gallo, C.M.M.B., Zopollatto, M., Reco, P.C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.411-417, 2009.
- Pereira, E.S., Mizubuti, I.Y., Pinheiro, S.M., Villarroel, A.B.S., Clementino, R.H. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays*, L). *Revista Caatinga*, v.20, n.3, p.8-12, 2007.
- Pinto, A.P., Lançanova, J.A.C., Bernardo, S.M. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, n.4, p.1071-1078, 2010.
- Pott, C.A., Müller, M.M.L., Bertelli, P.B. Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo. *Revista Ambiência*, v.3, n.2, p.51-63, 2007.
- Restle, J., Pacheco, P.S., Alves Filho, D.C., Freitas, A.D., Neumann, M., Brondani, I.L., Arboitte, M.Z. Silagem de diferentes híbridos de milho para produção de novilhos superjovens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.5, p.2066-2076, 2006.
- Ritchie, S.W., Hanway, J.J., Benson, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. Potafos: Arquivo Agrônomo, n.15, 2003, 20p. (Informações Agronômicas, n.103 – setembro/2003).
- Russell, J.R. Influence of harvest date on the nutritive value and ensiling characteristics of maize stover. *Animal Feed Science and Technology*, v.14, n.1, p.11-27, 1986.
- Santos, R.D., Pereira, L.G.R., Neves, A.L.A., Azevêdo, J.A.G., Moraes, S.A., Costa, C.T.F. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.32, n.4, p.367-373, 2010.
- Souza Filho, A.X., Von Pinho, R.G., Pereira, J.L.A.R., Reis, M.C., Rezende, A.V., Mata, D.C. Influence of stage of maturity on bromatological quality of corn forage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.9, p.1894-1901, 2011.
- Zeoula, L.M., Beleze, J.R.F., Cecato, U., Jobim, C.C., Geron, L.J.V., Maeda, E.M., Falcão, A.J.S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estágios de maturação. 3. Composição químico-bromatológica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.556-566, 2003.

Zopollatto, M., Nussio, L.G., Mari, L.J., Schmidt, P. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.452-461, 2009.

---

---

## CAPÍTULO 2

---

---

Interferência do estágio de colheita de híbridos de milho no valor nutricional dos componentes estruturais da planta: Uma análise para os diferentes tipos de silagem



## RESUMO

Objetivamos avaliar o valor nutricional das frações colmo, folhas, brácteas, e sabugo, bem como da planta inteira e da planta sem grão, em três híbridos de milho colhidos no início dos seis estágios reprodutivos de maturidade. Os três híbridos avaliados foram: Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP, todos em início de cada uma das fases reprodutivas: R1: formação do grão; R2: grão leitoso; R3: grão pastoso; R4: grão farináceo; R5: grão duro; R6: grão maduro. O avanço da maturação gerou decréscimo linear ( $P < 0,05$ ) no teor de proteína bruta do colmo, folhas e da planta inteira, mas apenas para folhas houve diferença entre híbridos, com maiores concentrações para o Maximus ( $P < 0,05$ ). A fibra em detergente neutro das folhas teve comportamento quadrático com o avanço da maturação ( $P < 0,05$ ), mas não diferiu entre híbridos. Todos os híbridos, brácteas e sabugo aumentaram linearmente seus níveis de FDN no decorrer dos estágios ( $P < 0,05$ ). Os teores de lignina não diferiram entre os estágios para colmo; foram menores em folhas do híbrido Maximus; e tiveram redução linear em planta inteira sem diferir entre híbridos. Em geral, o avanço na maturação reduz os níveis proteicos da planta inteira conduzidos pela redução em folha e colmo, no entanto, esse composto parece sofrer menos interferência do híbrido quando comparado a FDN. Pelas diferenças observadas, nota-se que recomendações para colheita baseadas em estágio de maturação devem ser cautelosas, e o conhecimento das características do híbrido cultivado é imprescindível.

**Palavras-chave:** colmo, earlage, folha, lignina, palhada, snaplage

## 1. Introdução

Além da silagem de planta inteira, amplamente utilizada em diversas regiões do mundo, a cultura do milho (*Zea mays* L.) possibilita ainda outras formas de utilização menos manifestadas como: earlage, snaplage, grão úmido, e até mesmo o uso do resíduo da colheita de grãos secos ou úmidos. Devido a essas amplas possibilidades, é importante que os híbridos cultivados forneçam qualidade de todas as suas frações, para que possam servir de acordo com necessidades específicas (Ferraretto e Shaver, 2015).

Podem ser encontrados inúmeros estudos que avaliam nutricionalmente híbridos de milho em diversos momentos de colheita para produção de silagem de planta inteira (Macome et al., 2017; Ferraretto et al., 2015; Der Bredosian et al., 2012), mas tentativas de obter as mesmas respostas sobre as outras formas de armazenamento mencionadas são dificilmente observadas na literatura.

Em um dos poucos estudos publicados, Ferraretto et al. (2016) apontaram para as interferências do momento de colheita sobre a qualidade nutricional e fermentativa em earlages, com melhores resultados obtidos em início da formação da linha negra. Por outro lado, a colheita de milho para produção de snaplage pode ser iniciada com maior teor de umidade do grão para aumentar a taxa e a extensão da digestibilidade ruminal – acima de 33% (Akins e Shaver, 2014). Sobretudo para essas duas formas de colheita, a importância da qualidade do grão parece ser minimizada (Hunter, 1978), já que as brácteas e o sabugo são frações menos nutritivas mas com alta participação.

Colmo, folhas, brácteas e sabugo são importantes resíduos da colheita do milho. Para cada quilo de grão seco produzido são gerados aproximadamente 0,50 kg de colmo e 0,22 kg de folhas (Zhang et al., 2012). Atualmente, esses resíduos têm grande limitação de uso, seja pela baixa qualidade nutricional, competição pelo uso como matéria orgânica para o solo, ou pela dificuldade de recolhimento (Chen et al., 2010). Seja como for, isso pode ser uma importante fonte de alimento em regiões menos privilegiadas.

Para elucidar o melhor momento de colheita e as interferências de cada componente da planta em diferentes formas de silagem, o objetivo desse estudo foi comparar o valor nutricional dessas frações em três híbridos de milho colhidos no início dos seis estágios reprodutivos de maturidade.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) em Guarapuava, Paraná, Brasil,

localizada sob as coordenadas 25°23'02" S e 51°29'43" W. As lavouras de milho (*Zea mays*, L.) foram implantadas na primeira quinzena de outubro, em sistema de plantio direto. Na semeadura utilizou-se espaçamento entre linhas de 0,5 metros, profundidade de semeadura aproximada de 0,04 m e distribuição de sementes por metro linear visando densidades finais de 65 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de base foi constituída de 500 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK na formulação 08-20-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), e em cobertura utilizou-se 180 kg de N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia (45% de N) entre os estágios vegetativos de V4 a V6, quatro e seis folhas totalmente expandidas, respectivamente.

Foram avaliados três híbridos de milho: Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP (Syngenta®), sendo híbridos simples, triplo e duplo, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três tratamentos e quatro repetições. Cada parcela dentro de cada um dos blocos continha 100 linhas e 50 m de comprimento, sendo que a área útil considerada foram as 90 linhas centrais, desprezando também os 5 m iniciais e finais do bloco no sentido da semeadura.

Para as análises bromatológicas as plantas de milho dos diferentes híbridos foram colhidas sucessivamente no início das fases reprodutivas seguindo recomendações de Ritchie et al. (2003), sendo: R1: formação do grão; R2: grão leitoso; R3: grão pastoso; R4: grão farináceo; R5: grão duro; R6: grão maduro. Em cada avaliação procedeu-se colheita de dez plantas inteiras contidas na área útil de cada parcela, cortadas manualmente a 20 cm do solo adotando o método do triplo emparelhamento. Após a colheita as plantas foram levadas ao laboratório para segmentação dos componentes: colmo, folhas, brácteas, sabugo e fração vegetativa. Corresponde à fração vegetativa a planta sem a presença dos grãos, os quais foram retirados cuidadosamente para não ferir a espiga.

Primeiramente cada componente foi picado grosseiramente com facas e transferidos a estufa de ar forçado a 55°C para secagem parcial por 72 horas. Sequencialmente as amostras foram moídas em moinho *Willey* com peneira de malha de 1 mm. As amostras pré-secas e moídas foram então submetidas a análise de matéria seca total em estufa a 105°C por 4 horas. A proteína bruta (PB) foi determinada pelo método micro Kjeldahl conforme metodologias descritas pela AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro (aFDN) foram obtidos utilizando  $\alpha$ -amilase termoestável e sem uso de sulfito de sódio. Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) e lignina em detergente ácido (LDA) foram determinados segundo Goering e Van Soest (1970) de forma sequencial. A hemicelulose foi estimada pela diferença entre aFDN e FDA.

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett afim de verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Uma vez atendidos estes pressupostos os dados foram analisados através do procedimento *General linear models* (PROC GLM) e submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste Tukey de comparação de múltiplas médias a 5% de significância pelo programa SAS (v. 9.2; SAS Institute Inc., Cary, NC) de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$$

onde,

$Y_{ij}$  = Variável resposta relacionada ao híbrido  $i$  com o estágio  $j$  no bloco  $k$ ;

$\mu$  = Média geral;

$\alpha_i$  = Efeito do híbrido  $i$ ;  $i = 1, 2, 3$ ;

$\beta_j$  = Efeito do estágio  $j$ ;  $j = 1, 2, 3$ ;

$\gamma_{ij}$  = Efeito da interação do híbrido  $i$  com o estágio  $j$ ;

$\delta_k$  = Efeito do bloco  $k$ ;  $k = 1, 2, 3$ ;

$\varepsilon_{ijk}$  = Erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijk}$ .

As variáveis que não mostraram diferença entre os híbridos mas diferiram entre os estágios de colheita, também foram submetidos à análise de regressão polinomial considerando a variável estágio de maturidade, mediante uso do procedimento *Regression* (PROC REG). A escolha dos modelos de regressão foi realizada pelo seu grau de ajuste, com base no coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

O modelo Milk2006 foi usado para estimar a produção de leite para cada híbrido nos estágios R4, R5 e R6 com base na sua composição química e digestibilidade. Amostras dos estágios R1, R2 e R3 não foram submetidos a este modelo pela baixa concentração de amido disponível. O Milk2006 usa informações atualizadas e tem flexibilidade de entrada definida pelo usuário para essas previsões.

### 3. Resultados

Sem que houvesse diferença entre híbridos, o teor de PB do colmo decresceu em média 0,61 pontos percentuais com o avanço de cada estágio de maturação ( $R^2 = 0,72$ ; Tabela 5). Nos dois estágios iniciais e em R6 o maior teor de PB das folhas fora observado para o híbrido Maximus (15,82%; 14,46% e 8,34%, respectivamente), também sendo superior em R3 e R4 juntamente com o Defender. Notou-se diminuição de PB de forma

diferenciada para cada híbrido conforme avanço da maturação sendo que o Defender apresentou redução ( $P < 0,05$ ) apenas a partir de R5, enquanto o Maximus a mostrou desde o primeiro avanço na maturação. Comportamento semelhante no decorrer dos estágios ocorreu com as brácteas, tendo o híbrido Feroz o maior teor de PB ( $P < 0,05$ ) nos dois estágios iniciais e o menor em todos os estágios seguintes.

Tabela 5. Proteína bruta (% da MS) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos

Fração / Híbrido	Estágio fenológico					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Colmo</b>						
Maximus	7,45 <sup>A</sup>	6,96 <sup>A</sup>	6,63 <sup>A</sup>	5,29 <sup>AB</sup>	4,69 <sup>B</sup>	4,67 <sup>B</sup>
Defender	7,00 <sup>A</sup>	6,61 <sup>AB</sup>	5,77 <sup>B</sup>	4,62 <sup>C</sup>	4,56 <sup>C</sup>	4,70 <sup>C</sup>
Feroz	6,90 <sup>A</sup>	6,45 <sup>A</sup>	5,84 <sup>AB</sup>	4,07 <sup>CD</sup>	4,88 <sup>BC</sup>	3,32 <sup>D</sup>
Equação	$\hat{Y} = 7,77 - 0,61x$					$R^2: 0,72$
<b>Folhas</b>						
Maximus	15,82 <sup>aA</sup>	14,46 <sup>aB</sup>	13,37 <sup>aC</sup>	12,90 <sup>aC</sup>	9,21 <sup>bD</sup>	8,34 <sup>aE</sup>
Defender	13,03 <sup>bA</sup>	13,65 <sup>bA</sup>	12,70 <sup>aA</sup>	13,17 <sup>aA</sup>	8,58 <sup>cB</sup>	7,97 <sup>abB</sup>
Feroz	13,78 <sup>abA</sup>	12,99 <sup>cA</sup>	10,91 <sup>bB</sup>	10,65 <sup>bB</sup>	10,41 <sup>aB</sup>	7,50 <sup>bC</sup>
<b>Brácteas</b>						
Maximus	13,51 <sup>bA</sup>	9,55 <sup>bB</sup>	6,84 <sup>aC</sup>	6,58 <sup>aC</sup>	5,42 <sup>aD</sup>	4,63 <sup>bD</sup>
Defender	17,72 <sup>aA</sup>	10,67 <sup>abB</sup>	5,88 <sup>abC</sup>	5,54 <sup>abC</sup>	5,17 <sup>aC</sup>	5,67 <sup>aC</sup>
Feroz	13,03 <sup>bA</sup>	11,90 <sup>aA</sup>	5,26 <sup>bB</sup>	4,42 <sup>bB</sup>	3,59 <sup>bB</sup>	3,85 <sup>bB</sup>
<b>Sabugo</b>						
Maximus	-	15,13 <sup>bA</sup>	6,07 <sup>bBC</sup>	5,58 <sup>abC</sup>	6,90 <sup>abc</sup>	7,55 <sup>ab</sup>
Defender	-	18,44 <sup>aA</sup>	8,63 <sup>aB</sup>	4,70 <sup>bD</sup>	7,88 <sup>abc</sup>	7,03 <sup>aC</sup>
Feroz	-	15,18 <sup>bA</sup>	6,60 <sup>bB</sup>	5,99 <sup>aB</sup>	3,27 <sup>bC</sup>	2,77 <sup>bC</sup>
<b>Planta inteira</b>						
Maximus	11,65 <sup>A</sup>	11,63 <sup>A</sup>	10,89 <sup>A</sup>	8,40 <sup>B</sup>	7,01 <sup>B</sup>	7,38 <sup>B</sup>
Defender	11,00 <sup>A</sup>	9,85 <sup>AB</sup>	8,93 <sup>BC</sup>	8,50 <sup>BC</sup>	7,72 <sup>C</sup>	7,08 <sup>C</sup>
Feroz	11,45 <sup>A</sup>	11,60 <sup>A</sup>	10,39 <sup>AB</sup>	8,45 <sup>BC</sup>	6,93 <sup>C</sup>	7,90 <sup>BC</sup>
Equação	$\hat{Y} = 12,44 - 0,92x$					$R^2: 0,71$
<b>Planta sem grãos</b>						
Maximus	11,00 <sup>aA</sup>	9,14 <sup>B</sup>	8,10 <sup>bBC</sup>	9,10 <sup>B</sup>	7,11 <sup>CD</sup>	5,78 <sup>aD</sup>
Defender	9,67 <sup>bAB</sup>	10,53 <sup>A</sup>	8,64 <sup>bC</sup>	8,77 <sup>BC</sup>	6,18 <sup>D</sup>	5,97 <sup>aD</sup>
Feroz	10,61 <sup>abA</sup>	10,07 <sup>A</sup>	10,57 <sup>aA</sup>	8,91 <sup>A</sup>	6,51 <sup>B</sup>	4,72 <sup>bB</sup>

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-E</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

Para nenhuma das variáveis apresentadas obtivemos material suficiente de sabugo no primeiro estágio para análises replicadas de confiança. O teor de PB do sabugo em R3 reduziu mais do que pela metade do valor obtido em R2. Os híbridos Maximus e Defender tiveram em R4 o menor valor entre os estágios (5,58% e 4,70%, respectivamente), enquanto o Feroz mostrou redução linear até o estágio R6. A análise da planta inteira mostrou decréscimo de 0,92 pontos percentuais por estágio avançado ( $R^2 = 0,71$ ) sem haver diferença após o estágio R4. Comportamento semelhante fora observado para planta sem grãos, onde o híbrido Feroz manteve alto teor de PB até R3 (10,57%;  $P < 0,05$ ) mas inferior ao Maximus e Defender em R6 (5,78% e 5,97%, respectivamente).

Os teores de FDN de colmo apresentados na tabela 6 diferiram entre os híbridos em cinco estágios, mas não observamos um padrão entre eles, sendo que Maximus e Defender apresentaram o menor teor em R3 (65,98% e 66,97%, respectivamente), e Feroz em R6 (62,49%). Enquanto Maximus e Defender mostraram os menores valores em R3 e R4, o híbrido Feroz apresentou queda constante até R6. O conteúdo de FDN das folhas mostrou comportamento quadrático ( $R^2: 0,60$ ) para o avanço do ciclo de maturação, variando entre 62,84% para Defender em R1 e 69,95% para Maximus em R2.

O conteúdo de FDN das folhas mostrou comportamento quadrático ( $R^2: 0,60$ ) para o avanço do ciclo de maturação, variando entre 62,84% para Defender em R1 e 69,95% para Maximus em R2. As brácteas apresentaram acréscimo no teor de FDN com o avanço da maturação nos três híbridos, no entanto, não houve diferença entre eles após o estágio R4. Nos três primeiros estágios o híbrido Feroz mostrou os maiores valores (62,63%; 63,32%; 68,07% em R3; R4; e R5, respectivamente), não diferindo porém, do Defender em R3 (67,75%). A mesma tendência pode ser observada para sabugo, com os maiores valores também destacados para Feroz em R5 e R6 (77,67% e 81,80%, respectivamente).

Para os híbridos Maximus e Defender os maiores teores de FDN da planta inteira foram observados nos três estágios iniciais, e os menores valores em R5 (48,97%) e R6 (34,54%), respectivamente. O híbrido Feroz apresentou teor de FDN superior ( $P < 0,05$ ) a ambos nos dois estágios destacados (55,79% e 48,88% para R5 e R6, respectivamente). O conteúdo de FDN da planta sem grãos não diferiu entre os híbridos e mostrou valores inconsistentes para estágio de maturação com acréscimo considerável nos dois estágios finais.

Tabela 6. Fibra em detergente neutro (% da MS) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos

Fração / Híbrido	Estágio fenológico					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Colmo</b>						
Maximus	73,08 <sup>aA</sup>	71,62 <sup>A</sup>	65,98 <sup>bC</sup>	67,45 <sup>bBC</sup>	67,90 <sup>aBC</sup>	68,60 <sup>bB</sup>
Defender	70,69 <sup>bB</sup>	70,68 <sup>B</sup>	66,97 <sup>abC</sup>	70,27 <sup>aBC</sup>	72,09 <sup>bAB</sup>	75,29 <sup>aA</sup>
Feroz	71,22 <sup>abA</sup>	70,63 <sup>AB</sup>	69,76 <sup>aAB</sup>	68,43 <sup>abAB</sup>	67,70 <sup>cB</sup>	62,49 <sup>cC</sup>
<b>Folhas</b>						
Maximus	65,32 <sup>C</sup>	69,95 <sup>A</sup>	67,94 <sup>AB</sup>	66,03 <sup>BC</sup>	64,75 <sup>C</sup>	64,56 <sup>C</sup>
Defender	62,84 <sup>B</sup>	66,33 <sup>A</sup>	63,05 <sup>B</sup>	63,80 <sup>AB</sup>	63,91 <sup>AB</sup>	64,59 <sup>AB</sup>
Feroz	63,38	65,58	64,59	65,42	65,09	65,11
Equação	$\hat{Y} = 63,82 + 1,14x - 0,18x^2$					R <sup>2</sup> : 0,60
<b>Brácteas</b>						
Maximus	56,90 <sup>bF</sup>	61,25 <sup>bE</sup>	64,19 <sup>bD</sup>	70,16 <sup>C</sup>	76,36 <sup>B</sup>	78,83 <sup>A</sup>
Defender	47,92 <sup>cD</sup>	60,80 <sup>bC</sup>	67,75 <sup>aB</sup>	68,56 <sup>B</sup>	77,02 <sup>A</sup>	78,31 <sup>A</sup>
Feroz	62,63 <sup>aC</sup>	63,32 <sup>aC</sup>	68,07 <sup>aB</sup>	69,92 <sup>B</sup>	77,82 <sup>A</sup>	77,79 <sup>A</sup>
<b>Sabugo</b>						
Maximus	-	45,24 <sup>aE</sup>	66,52 <sup>bD</sup>	70,09 <sup>C</sup>	76,02 <sup>abB</sup>	80,37 <sup>abA</sup>
Defender	-	36,03 <sup>bE</sup>	63,00 <sup>cD</sup>	69,17 <sup>C</sup>	74,20 <sup>bB</sup>	78,39 <sup>bA</sup>
Feroz	-	35,27 <sup>bD</sup>	69,98 <sup>aC</sup>	70,77 <sup>C</sup>	77,67 <sup>aB</sup>	81,80 <sup>aA</sup>
<b>Planta inteira</b>						
Maximus	53,53 <sup>aA</sup>	52,99 <sup>AB</sup>	50,68 <sup>bABC</sup>	49,91 <sup>aBC</sup>	48,97 <sup>bC</sup>	50,05 <sup>aBC</sup>
Defender	52,66 <sup>abA</sup>	53,78 <sup>A</sup>	54,59 <sup>aA</sup>	46,92 <sup>bB</sup>	38,97 <sup>cC</sup>	34,54 <sup>bD</sup>
Feroz	52,20 <sup>bB</sup>	53,15 <sup>B</sup>	50,74 <sup>bBC</sup>	51,12 <sup>aBC</sup>	55,79 <sup>aA</sup>	48,88 <sup>aC</sup>
<b>Planta sem grãos</b>						
Maximus	65,93 <sup>B</sup>	67,48 <sup>B</sup>	68,68 <sup>B</sup>	66,50 <sup>B</sup>	66,16 <sup>B</sup>	72,59 <sup>A</sup>
Defender	67,29 <sup>BC</sup>	65,52 <sup>C</sup>	68,62 <sup>AB</sup>	66,10 <sup>C</sup>	70,49 <sup>A</sup>	70,45 <sup>A</sup>
Feroz	66,38 <sup>B</sup>	66,56 <sup>B</sup>	64,74 <sup>B</sup>	66,29 <sup>B</sup>	71,19 <sup>A</sup>	69,59 <sup>A</sup>

<sup>a-c</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-F</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

Os menores teores de FDA em colmo dos híbridos Maximus e Defender foram observados em estágio R3 (41,64% e 47,49%, respectivamente), enquanto que para o Feroz fora em R6 (43,76%; Tabela 7), sendo que este híbrido não diferiu entre os cinco outros estágios anteriores. Com exceção do último estágio, o híbrido Maximus mostrou as menores concentrações de FDA em colmo nos estágios onde diferenças significativas foram destacadas, não havendo diferença entre os híbridos em estágio R1. Nas folhas, justamente este foi o único estágio onde observamos diferença entre os híbridos, com

maior valor para Feroz (35,70%) e o menor para Maximus (33,12%). Também não houve diferença entre os estágios de maturidade.

As brácteas tiveram seu conteúdo de FDA acrescido conforme avanço da maturação nos três híbridos, estando essas diferenças entre fases bastante evidentes no Maximus, com diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre todos os estágios. Os híbridos diferiram apenas nos três estágio iniciais, com os maiores valores para Feroz. Dados similares foram gerados para sabugo, com valores variando de 22,11% a 45,20% para Maximus; 23,42% a 42,92% para Defender; e 20,36% a 46,08% para Feroz.

Tabela 7. Fibra em detergente ácido (% da MS) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos

Fração / Híbrido	Estágio fenológico					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Colmo</b>						
Maximus	46,92 <sup>A</sup>	46,28 <sup>bAB</sup>	41,64 <sup>bc</sup>	44,15 <sup>bB</sup>	45,76 <sup>cAB</sup>	45,83 <sup>bAB</sup>
Defender	49,50 <sup>CD</sup>	48,35 <sup>abCD</sup>	47,49 <sup>aD</sup>	50,98 <sup>aBC</sup>	52,83 <sup>aAB</sup>	54,82 <sup>aA</sup>
Feroz	48,55 <sup>A</sup>	49,79 <sup>aA</sup>	49,35 <sup>aA</sup>	48,64 <sup>aA</sup>	48,10 <sup>bA</sup>	43,76 <sup>bB</sup>
<b>Folhas</b>						
Maximus	33,12 <sup>b</sup>	35,03	32,85	32,80	33,45	33,56
Defender	33,52 <sup>ab</sup>	35,14	34,10	33,16	34,80	34,31
Feroz	35,70 <sup>a</sup>	35,43	35,12	35,46	34,16	35,51
<b>Brácteas</b>						
Maximus	31,73 <sup>bF</sup>	32,66 <sup>bE</sup>	33,49 <sup>bD</sup>	37,24 <sup>C</sup>	38,60 <sup>B</sup>	40,20 <sup>A</sup>
Defender	23,24 <sup>cD</sup>	31,95 <sup>bC</sup>	33,73 <sup>aB</sup>	34,36 <sup>B</sup>	38,93 <sup>A</sup>	41,80 <sup>A</sup>
Feroz	32,21 <sup>aC</sup>	33,94 <sup>aC</sup>	32,98 <sup>aB</sup>	35,31 <sup>B</sup>	39,31 <sup>A</sup>	41,11 <sup>A</sup>
<b>Sabugo</b>						
Maximus	-	22,11 <sup>bE</sup>	35,01 <sup>bD</sup>	38,18 <sup>C</sup>	42,25 <sup>B</sup>	45,20 <sup>aA</sup>
Defender	-	23,42 <sup>aD</sup>	34,94 <sup>bC</sup>	37,67 <sup>B</sup>	41,12 <sup>A</sup>	42,92 <sup>bA</sup>
Feroz	-	20,36 <sup>cD</sup>	38,03 <sup>aC</sup>	38,41 <sup>C</sup>	43,43 <sup>B</sup>	46,08 <sup>aA</sup>
<b>Planta inteira</b>						
Maximus	33,21 <sup>A</sup>	33,09 <sup>bA</sup>	28,93 <sup>bB</sup>	28,24 <sup>B</sup>	21,70 <sup>C</sup>	20,40 <sup>aC</sup>
Defender	32,37 <sup>AB</sup>	34,56 <sup>aA</sup>	32,31 <sup>aB</sup>	26,74 <sup>C</sup>	21,58 <sup>D</sup>	17,21 <sup>bE</sup>
Feroz	32,54 <sup>A</sup>	32,14 <sup>bAB</sup>	31,75 <sup>aAB</sup>	28,01 <sup>B</sup>	21,96 <sup>C</sup>	18,09 <sup>abC</sup>
<b>Planta sem grãos</b>						
Maximus	42,66 <sup>BC</sup>	44,10 <sup>AB</sup>	40,93 <sup>aC</sup>	42,05 <sup>aBC</sup>	41,12 <sup>C</sup>	46,03 <sup>aA</sup>
Defender	43,15 <sup>A</sup>	41,07 <sup>B</sup>	43,19 <sup>aA</sup>	38,69 <sup>bC</sup>	42,73 <sup>AB</sup>	42,75 <sup>bAB</sup>
Feroz	43,92 <sup>A</sup>	42,92 <sup>A</sup>	37,91 <sup>bB</sup>	41,35 <sup>aA</sup>	41,46 <sup>A</sup>	42,26 <sup>bA</sup>

<sup>a-c</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-F</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

O avanço dos estágios proporcionou redução no teor de FDA da planta inteira de todos os híbridos, com diferenças mais expressivas entre R4 e R5, estágios onde não houve diferença entre híbridos. Para planta sem grãos, os dados de cada híbrido apresentaram comportamento similar ao que fora observado para colmo, com destaque para Maximus que teve os maiores valores em R4 e R6 (42,05% e 46,03%, respectivamente).

A percentagem de LDA de colmo não diferiu entre os estágios de maturação para qualquer híbrido, sendo que quando houve diferença entre eles, os menores teores foram observados para o Maximus (Tabela 8). Nas folhas o teor de LDA teve comportamento específico para cada um dos híbridos. O Maximus apresentou menor valor em R4, Defender em R1 e Feroz em R6 (6,01%; 6,83%; e 6,42%, respectivamente). Quando diferiram entre si, o híbrido Maximus mostrou o menor teor de LDA entre eles. Ao contrário das folhas, em brácteas os maiores valores observados foram no híbrido Maximus, que variou entre 6,43% e 10,52% (em R4 e R5, respectivamente). Nos híbridos Defender e Feroz as concentrações de LDA mais elevadas foram em R6 (8,62% e 8,05%, respectivamente).

Com os maiores teores de LDA em sabugo ( $P < 0,05$ ), o híbrido Maximus apresentou concentração superior em estágio R1 (13,49%), enquanto os demais tiveram comportamento ascendente com o avanço da maturação. Na planta inteira não houve diferença entre os híbridos, que em média tiveram decréscimo de 0,49 pontos percentuais no teor de LDA com o avanço de cada fase. A redução na concentração de LDA foi menos acentuada nos quatro estágios iniciais, se tornando mais expressiva nos dois estágios seguintes.

O híbrido Maximus mostrou os menores valores de LDA para planta sem grãos nos estágios R1 e R3 ( $P < 0,05$ ) com acréscimo desse composto até R5 (9,70%). O híbrido Feroz variou entre 8,31% e 9,39%, justamente entre os dois estágios finais. O híbrido Defender não diferiu entre as fases.

Sem diferir entre qualquer estágio, os híbridos Defender e Feroz apresentaram maiores percentagens de hemicelulose na FDN do colmo em relação ao Maximus ( $P < 0,05$ ; Tabela 9). Esse por sua vez variou entre 63,11% em R3 e 67,39% em R5. De igual forma, o híbrido Maximus também mostrou os menores valores de hemicelulose em folhas nos quatro estágios iniciais, e teve em R5 e R6 as maiores percentagens desse

composto (51,67% e 51,99%, respectivamente). O híbrido Defender novamente não diferiu entre estágios, enquanto o Feroz apresentou maior valor em R1 (56,34%).

Tabela 8. Lignina em detergente ácido (% da MS) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos

Fração / Híbrido	Estágio fenológico					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Colmo</b>						
Maximus	9,03 <sup>b</sup>	9,83 <sup>b</sup>	8,73	10,18	9,86 <sup>b</sup>	10,17
Defender	10,42 <sup>ab</sup>	11,59 <sup>a</sup>	9,11	10,95	10,50 <sup>ab</sup>	11,10
Feroz	10,50 <sup>a</sup>	10,27 <sup>ab</sup>	10,73	11,91	11,69 <sup>a</sup>	11,17
<b>Folhas</b>						
Maximus	6,71 <sup>bBC</sup>	6,95 <sup>bBC</sup>	7,57 <sup>bAB</sup>	6,01 <sup>bC</sup>	8,21 <sup>A</sup>	7,08 <sup>ABC</sup>
Defender	6,83 <sup>bC</sup>	8,98 <sup>aABC</sup>	11,21 <sup>aA</sup>	10,41 <sup>aAB</sup>	8,54 <sup>BC</sup>	7,95 <sup>BC</sup>
Feroz	9,25 <sup>aA</sup>	8,07 <sup>abAB</sup>	7,48 <sup>bAB</sup>	7,55 <sup>bAB</sup>	8,44 <sup>AB</sup>	6,42 <sup>B</sup>
<b>Brácteas</b>						
Maximus	8,66 <sup>aB</sup>	8,75 <sup>B</sup>	10,30 <sup>aA</sup>	6,43 <sup>C</sup>	10,52 <sup>aA</sup>	7,32 <sup>BC</sup>
Defender	6,84 <sup>bBC</sup>	8,33 <sup>A</sup>	6,66 <sup>bBC</sup>	5,36 <sup>C</sup>	7,87 <sup>bB</sup>	8,62 <sup>A</sup>
Feroz	8,02 <sup>aA</sup>	7,50 <sup>AB</sup>	5,19 <sup>bB</sup>	6,44 <sup>AB</sup>	7,06 <sup>bAB</sup>	8,05 <sup>A</sup>
<b>Sabugo</b>						
Maximus	-	13,49 <sup>aA</sup>	9,17 <sup>aB</sup>	9,28 <sup>aB</sup>	10,52 <sup>B</sup>	10,81 <sup>B</sup>
Defender	-	4,78 <sup>bC</sup>	7,24 <sup>bB</sup>	7,47 <sup>bB</sup>	9,51 <sup>A</sup>	8,17 <sup>AB</sup>
Feroz	-	4,39 <sup>bC</sup>	8,63 <sup>aB</sup>	8,43 <sup>abB</sup>	10,80 <sup>A</sup>	10,81 <sup>A</sup>
<b>Planta inteira</b>						
Maximus	7,84 <sup>A</sup>	8,19 <sup>A</sup>	7,51 <sup>B</sup>	6,24 <sup>BC</sup>	5,12 <sup>C</sup>	6,19 <sup>BC</sup>
Defender	7,89 <sup>A</sup>	8,21 <sup>A</sup>	7,91 <sup>A</sup>	7,66 <sup>A</sup>	5,91 <sup>B</sup>	6,00 <sup>B</sup>
Feroz	7,83 <sup>AB</sup>	8,58 <sup>A</sup>	7,70 <sup>AB</sup>	8,02 <sup>AB</sup>	6,84 <sup>BC</sup>	5,63 <sup>C</sup>
Equação			$\hat{Y} = 8,89 - 0,49x$			$R^2: 0,52$
<b>Planta sem grãos</b>						
Maximus	7,47 <sup>bB</sup>	8,75 <sup>AB</sup>	7,91 <sup>bAB</sup>	8,60 <sup>AB</sup>	9,70 <sup>A</sup>	8,75 <sup>AB</sup>
Defender	8,94 <sup>a</sup>	8,62	9,89 <sup>a</sup>	8,82	9,86	9,35
Feroz	8,75 <sup>aAB</sup>	9,28 <sup>A</sup>	8,13 <sup>abB</sup>	8,52 <sup>AB</sup>	8,31 <sup>B</sup>	9,39 <sup>A</sup>

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-C</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

Opostamente ao comportamento das duas frações anteriores, em brácteas o híbrido Maximus teve os maiores valores em R3 e R4 (52,18% e 54,48%, respectivamente), com decréscimo linear ao decorrer da maturação. Entretanto o híbrido Defender aumentou sua participação de hemicelulose em brácteas com o avanço do ciclo,

chegando a 53,38% em R6. Da mesma forma em sabugo, o Maximus apresentou acréscimo no percentual de hemicelulose com o passar dos estágios e o Defender apresentou redução.

Tabela 9. Hemicelulose (% da FDN) das frações estruturais da planta de três híbridos de milho colhidos no início dos estágios reprodutivos

Fração / Híbrido	Estágio fenológico					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Colmo</b>						
Maximus	64,21 <sup>bBC</sup>	64,62 <sup>bBC</sup>	63,11 <sup>bC</sup>	65,46 <sup>bABC</sup>	67,39 <sup>bA</sup>	66,82 <sup>bAB</sup>
Defender	70,04 <sup>a</sup>	69,71 <sup>a</sup>	70,90 <sup>a</sup>	72,56 <sup>a</sup>	73,28 <sup>a</sup>	72,83 <sup>a</sup>
Feroz	68,16 <sup>a</sup>	70,49 <sup>a</sup>	70,74 <sup>a</sup>	71,08 <sup>a</sup>	71,04 <sup>a</sup>	70,02 <sup>a</sup>
<b>Folhas</b>						
Maximus	50,70 <sup>bAB</sup>	50,08 <sup>bAB</sup>	48,36 <sup>bB</sup>	49,64 <sup>bAB</sup>	51,67 <sup>A</sup>	51,99 <sup>A</sup>
Defender	53,34 <sup>b</sup>	52,98 <sup>a</sup>	54,11 <sup>a</sup>	51,97 <sup>ab</sup>	54,46	53,09
Feroz	56,34 <sup>aA</sup>	54,03 <sup>aAB</sup>	54,37 <sup>aAB</sup>	54,21 <sup>aAB</sup>	52,49 <sup>B</sup>	54,55 <sup>AB</sup>
<b>Brácteas</b>						
Maximus	55,77 <sup>aA</sup>	53,33 <sup>B</sup>	52,18 <sup>aBCD</sup>	53,08 <sup>aBC</sup>	50,55 <sup>D</sup>	51,00 <sup>CD</sup>
Defender	48,48 <sup>bC</sup>	52,56 <sup>AB</sup>	49,79 <sup>bBC</sup>	50,12 <sup>bABC</sup>	50,54 <sup>AB</sup>	53,38 <sup>A</sup>
Feroz	51,43 <sup>bAB</sup>	53,59 <sup>A</sup>	48,44 <sup>bC</sup>	50,48 <sup>bBC</sup>	50,51 <sup>BC</sup>	52,84 <sup>AB</sup>
<b>Sabugo</b>						
Maximus	-	48,88 <sup>cC</sup>	52,64 <sup>bB</sup>	54,48 <sup>AB</sup>	55,58 <sup>AB</sup>	56,25 <sup>A</sup>
Defender	-	65,03 <sup>aA</sup>	55,46 <sup>aB</sup>	54,47 <sup>B</sup>	55,42 <sup>B</sup>	54,75 <sup>B</sup>
Feroz	-	57,75 <sup>b</sup>	54,35 <sup>ab</sup>	54,27	55,92	56,33
<b>Planta inteira</b>						
Maximus	62,03 <sup>A</sup>	62,44 <sup>A</sup>	57,11 <sup>B</sup>	56,59 <sup>B</sup>	44,35 <sup>bC</sup>	40,30 <sup>bD</sup>
Defender	61,48 <sup>A</sup>	61,26 <sup>A</sup>	59,19 <sup>B</sup>	56,98 <sup>C</sup>	55,36 <sup>aC</sup>	49,79 <sup>aD</sup>
Feroz	62,34 <sup>A</sup>	60,47 <sup>A</sup>	62,60 <sup>A</sup>	54,79 <sup>A</sup>	38,59 <sup>bB</sup>	37,03 <sup>bB</sup>
<b>Planta sem grãos</b>						
Maximus	64,72 <sup>AB</sup>	65,35 <sup>A</sup>	59,63 <sup>B</sup>	64,55 <sup>aAB</sup>	61,90 <sup>AB</sup>	63,40 <sup>aAB</sup>
Defender	64,13 <sup>A</sup>	62,68 <sup>AB</sup>	62,95 <sup>AB</sup>	58,53 <sup>bC</sup>	60,63 <sup>BC</sup>	60,69 <sup>bBC</sup>
Feroz	66,17 <sup>A</sup>	64,46 <sup>AB</sup>	58,55 <sup>D</sup>	62,38 <sup>aBC</sup>	58,24 <sup>D</sup>	60,72 <sup>bCD</sup>

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-D</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

O percentual de hemicelulose em planta inteira diferiu entre os híbridos apenas nos dois estágios finais com maiores valores para Defender (55,36% em R5 e 49,79% em R6) e os menores para Feroz (38,59% em R5 e 37,03 em R6). De forma geral, houve redução no teor de hemicelulose com o avanço dos estágios nos três híbridos.

Comportamento semelhante, mas menos expressivo fora observado em planta sem grãos, onde os híbridos diferiram apenas em R6, com superioridade do Maximus (63,40%).

A figura 5 mostra que o estágio de maturação provocou maior efeito sobre os produção de leite estimada pelo Milk2006, seja em kg de leite por tonelada de MS ou kg de leite por ha, havendo um agrupamento dos pontos por estágio de maturação e nenhuma evidencia de superioridade de algum híbrido.

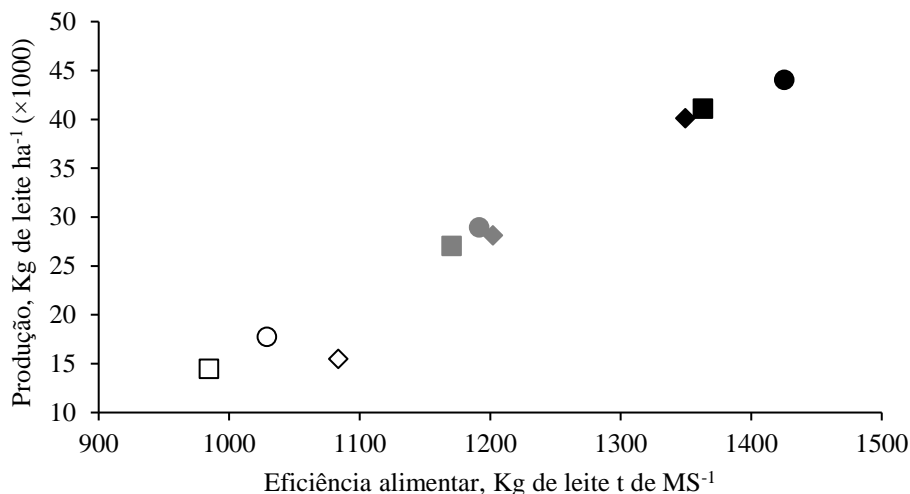


Figura 5. Estimativa de produção de leite através do Milk2006 dos híbridos Maximus (●); Defender (■); e Feroz (◆) em três estágios de colheita: R4 (branco); R5 (cinza); e R6 (preto).

#### 4. Discussão

As figuras trazidas nessa sessão ajudam a elucidar os dados apresentados por suas respectivas tabelas da sessão anterior. A figura 6 apresenta o comportamento da proteína bruta, enquanto as figuras 7; 8; 9; e 10 mostram o comportamento dos constituintes da fibra; FDN, FDA, LDA e hemicelulose, respectivamente.

A redução no teor de proteína bruta em resposta ao avanço da maturação neste estudo era esperado e está em acordo com diversos outros (p, ex. Hetta et al., 2012; Schittenhelm, 2008). Esses autores também não observaram diferenças significativas entre os híbridos avaliados. Apesar de nutricionalmente indesejável, parece que a colheita antecipada acarreta em menor produção de metano pelos bovinos devido ao menor rendimento desse composto com proteínas quando comparado a carboidratos (Singh et al., 2012).

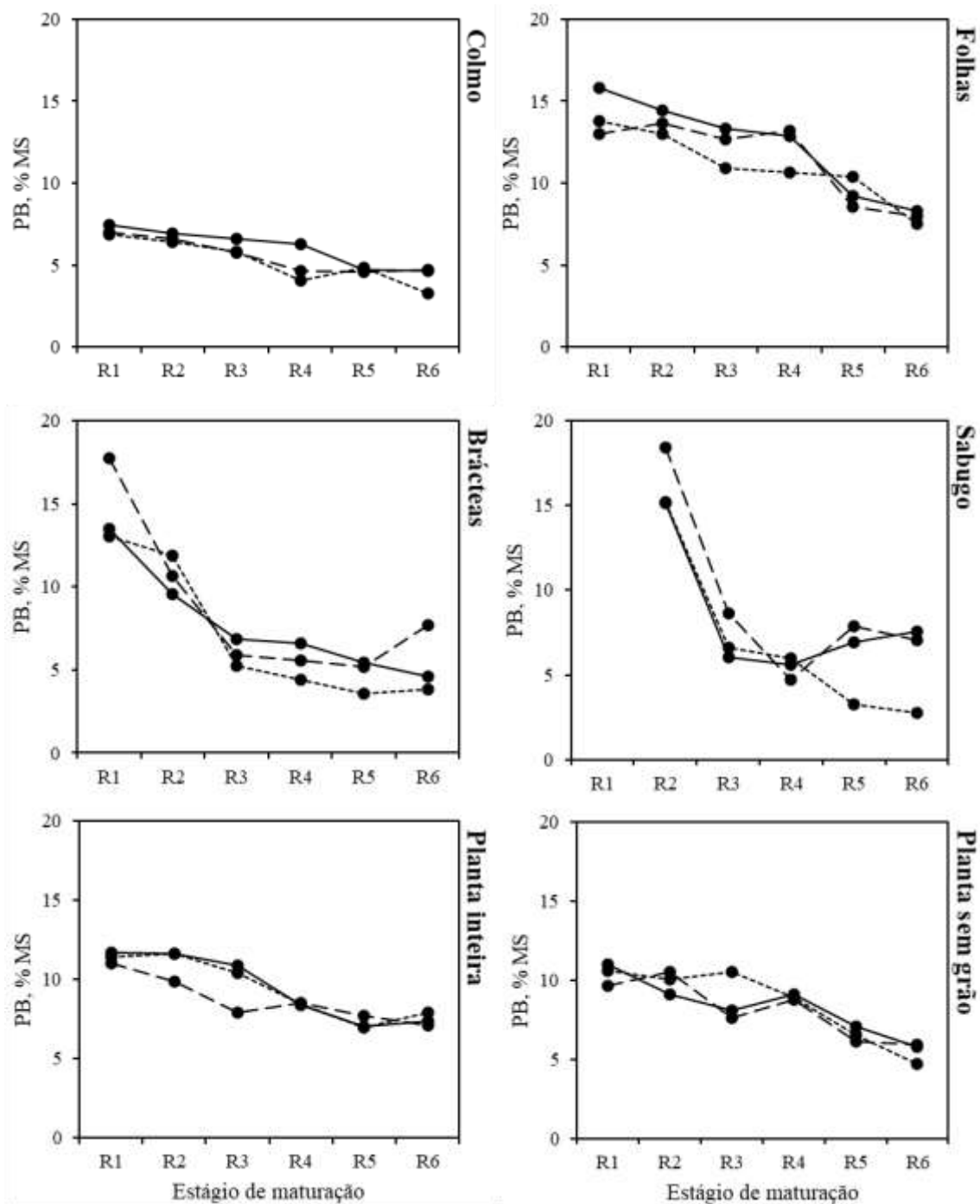


Figura 6. Teores médios de proteína bruta das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação

Durante o início da fase reprodutiva há acumulo de proteína bruta em diversos componentes da planta promovido pela taxa fotossintética acelerada específica dessa fase para abastecer a estrutura reprodutiva (Macome et al., 2017). Em seguida, sem que estresses ambientais tenham ocorrido, há redução na concentração proteica da planta

inteira impulsionado por colmo e folhas principalmente, devido a translocação para o grão (Hetta et al., 2012) e substituição dos compostos nitrogenados dessas frações por componentes estruturais para atender as necessidades momentâneas de sustentação da planta (Macome et al., 2017). De forma mais específica, Wojcieszal et al. (2020) comprovaram que o avanço na maturação aumenta a relação entre carbono e nitrogênio na espiga, mas reduz nas folhas e colmo em virtude do fenômeno da senescência.

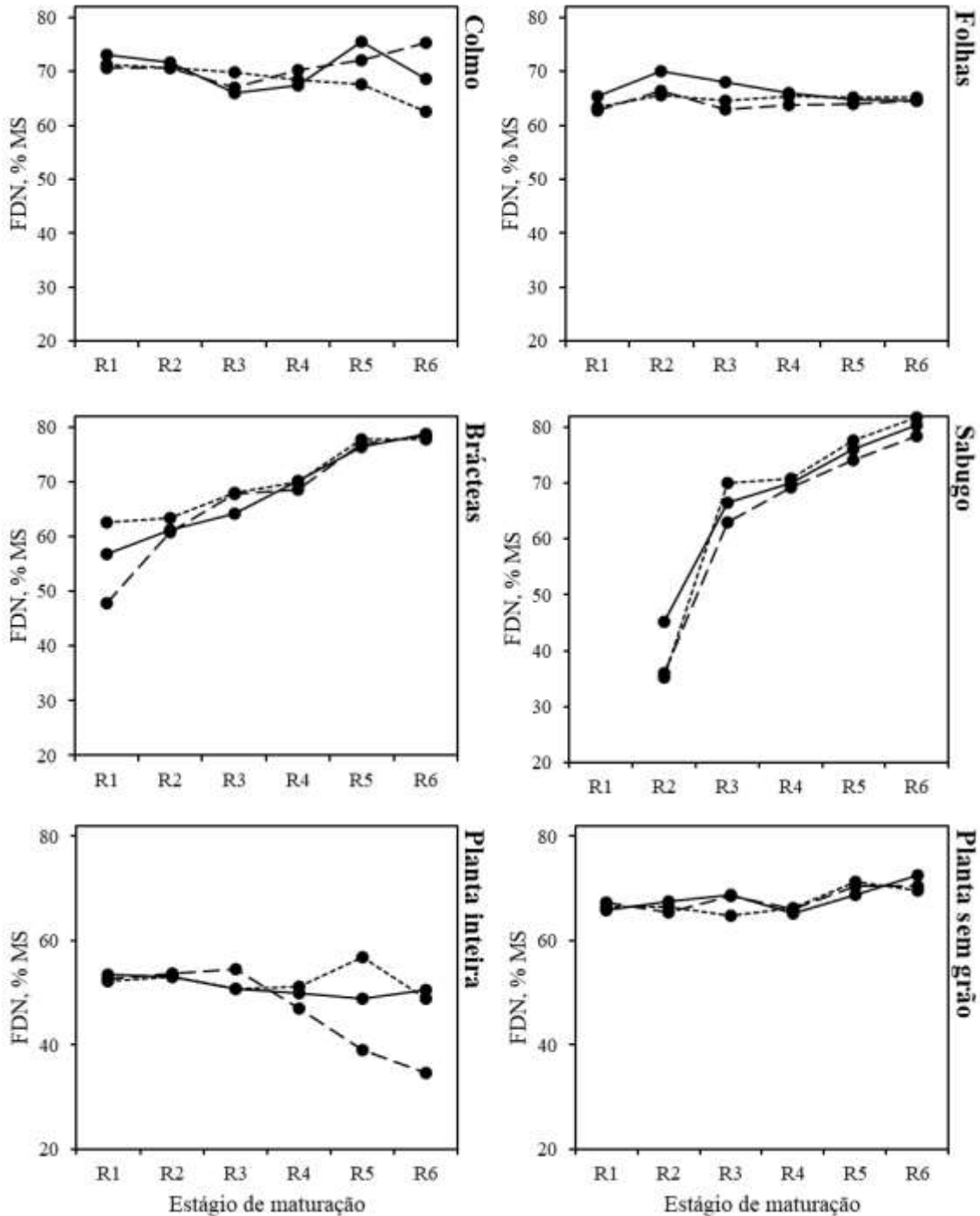


Figura 7. Teores médios de FDN das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação

Os mais elevados níveis de proteína das folhas em estágio avançado entre um híbrido e outro, podem indicar que tal híbrido sofre menos impacto na colheita tardia, seja como silagem de planta inteira, earlage ou snaplage, pois parece haver uma fotossíntese ativa mais prolongada nesse tipo de híbrido devido a maior presença do complexo clorofila-proteína (Arriola et al., 2012). Com exceção do quinto estágio, o híbrido Maximus mostrou os maiores valores para todos os demais (Tabela 5).

As diferenças bromatológicas observadas em brácteas e sabugo devem ser levadas em consideração, sobretudo quando a finalidade é produção de earlage ou snaplage (Nigon et al., 2016), com representação desses componentes entre 20-30% aproximadamente (Daniel et al., 2019). Arriola et al. (2012) também observaram diferenças proteicas entre espigas de diferentes híbridos sem que houvesse diferença entre os grãos, sugerindo que as brácteas e o sabugo podem interferir consideravelmente na qualidade final do produto.

Tolera et al. (1998) também mencionou a importância do resíduo da colheita de milho em estudos feitos na África e Ásia, e expuseram que as diferenças possam ser decorrentes do híbrido cultivado. Justamente no estágio mais avançado (R6) foi que observamos diferenças entre os híbridos no conteúdo de proteína bruta da planta sem grão, com variação que sobrepassa um ponto percentual.

Os teores de FDN de planta inteira foram inconsistentes entre os híbridos nas diferentes fases de maturação, tal qual apresentado por Ferraretto et al. (2015) em trabalho avaliando híbridos em dois estágios de colheita. Em relação a participação de carboidratos estruturais o colmo talvez seja o principal responsável pela tendência observada em planta inteira, e é importante notar que os valores para essa fração tampouco foram consistentes (Tabela 6). Em geral, sem que híbridos sejam levados em consideração, observamos um decréscimo no teor de FDN da planta inteira com o avanço da maturação devido ao aumento da participação do grão na planta que sobrepõe os demais componentes com amido (Der Bredosian et al., 2012), e isso fica claro quando contrastamos os valores de FDN de planta inteira e planta sem grão nos dois últimos estágios (Tabela 6). Na planta inteira observamos os menores valores entre estágios, reflexo do acúmulo mais acentuado de amido. Para o segundo, é justamente o estágio onde se obteve os maiores valores de

FDN.

Mesmo que nos estágios iniciais tenhamos observado altos valores de FDN na planta inteira, Der Bredosian et al (2012) afirmam que há uma maior concentração de hemiceluloses mais digestíveis nessa fase mais precoce da planta, e boa parte dela está concentrada nas folhas. Os resultados de Macome et al. (2017) podem concordar, pois afirmam que a digestibilidade da FDN é maior nas fases iniciais. Isso se torna ainda mais importante quando visto pela ótica de que a FDN é um dos compostos de maior participação na planta e de maior interferência nutricional na silagem resultante (Bernardes et al., 2018).

No geral, houve redução no teor de FDN do colmo com maior acentuação entre o primeiro estágio e os estágios médios (R3 e R4), contrariando o aumento progressivo que esperamos nessa variável. Phipps et al. (2000) sugeriram que durante a maturação do milho há uma mudança dos carboidratos que compõe a FDN para a formação do amido nos grãos. Suportando essa ideia, Macome et al. (2017) também salientaram a ocorrência desse fenômeno nos estágios iniciais, com tendência de manutenção ou elevação da FDN após a estabilização da formação dos grãos, semelhante ao ocorrido nesse estudo.

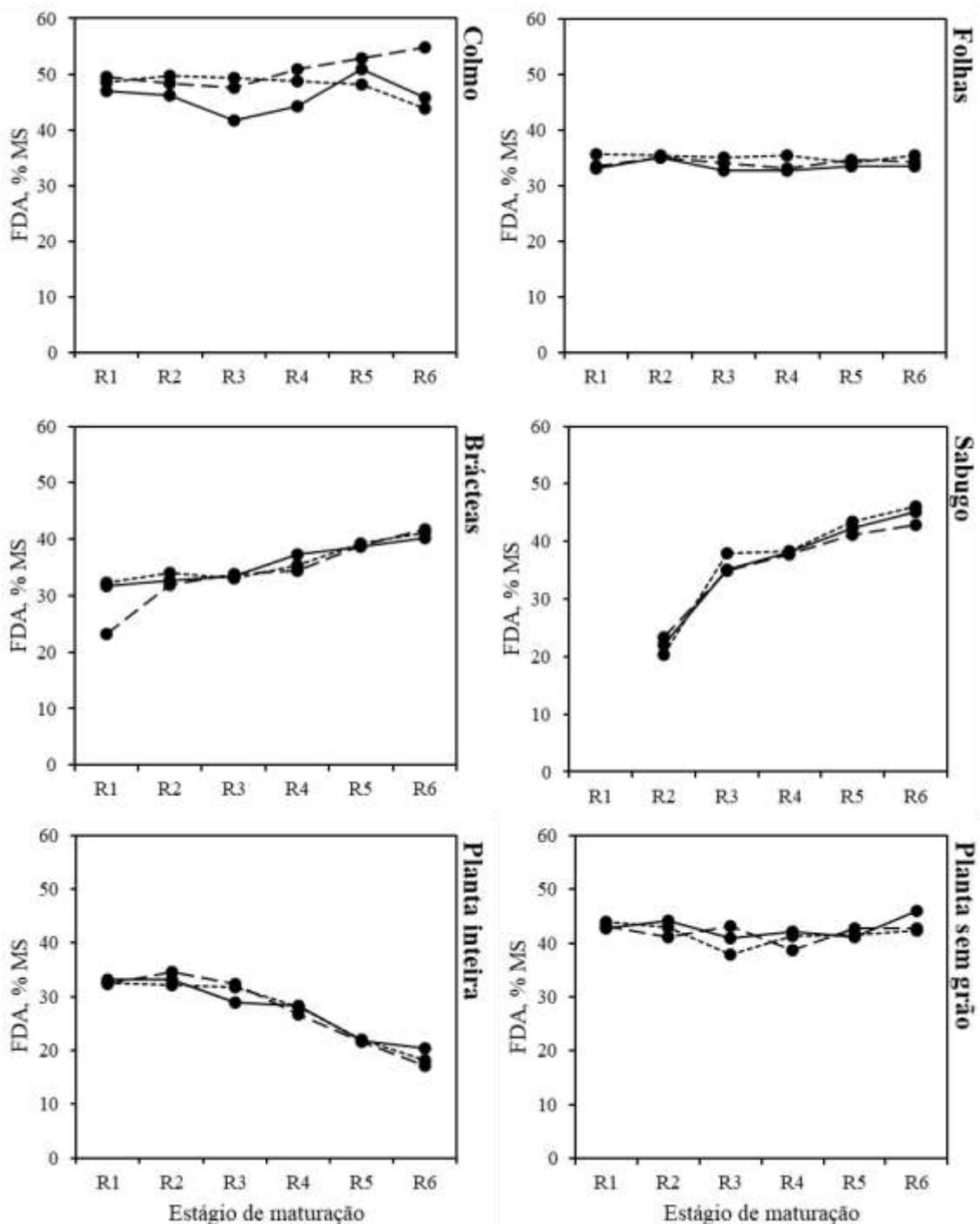


Figura 8. Teores médios de FDA das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação

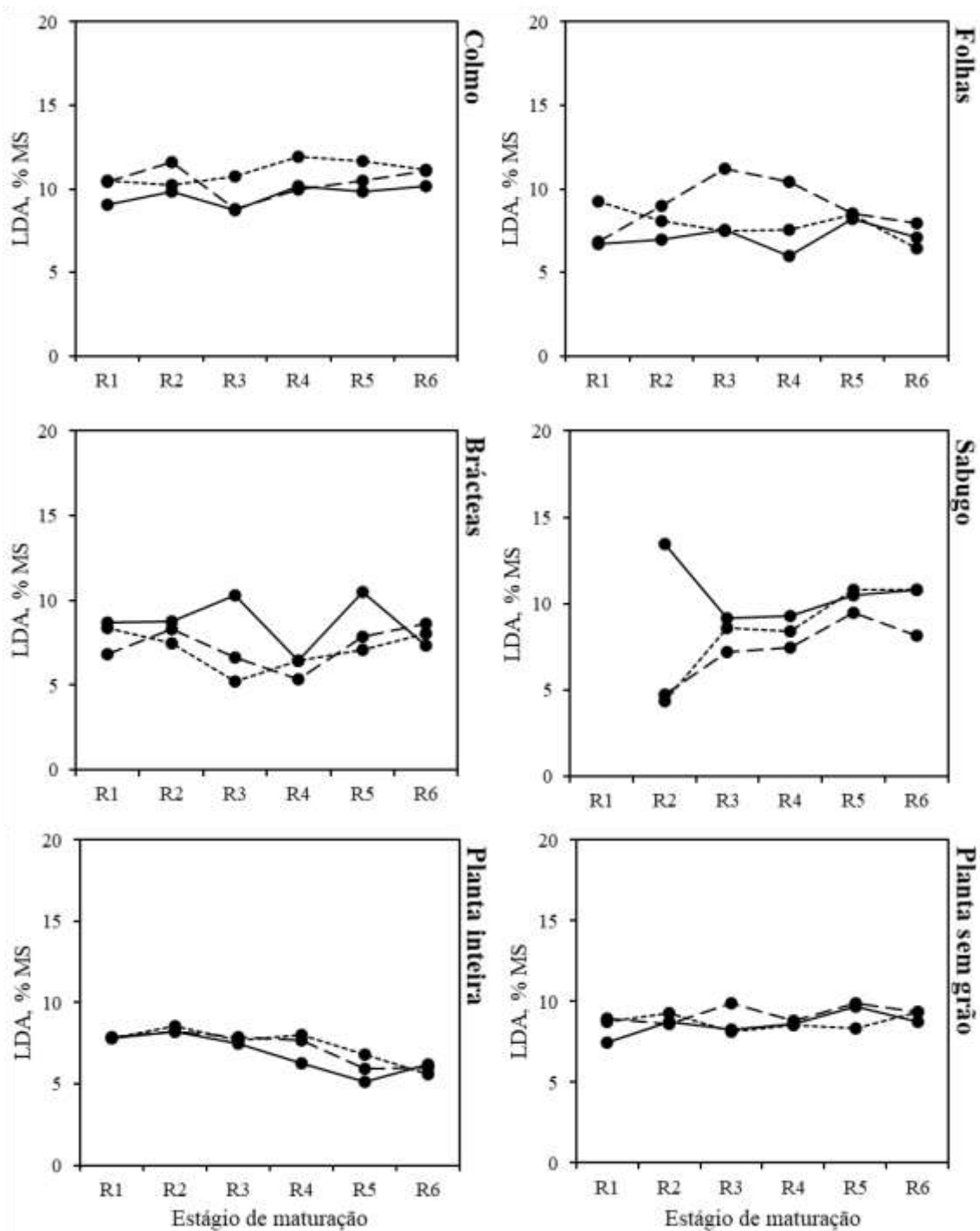


Figura 9. Teores médios de LDA das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação

É coerente que haja acréscimo no teor de FDN das folhas com o avanço da maturação (Hetta et al., 2012), e por mais que outros estudos também mostrem tendências não lineares como neste trabalho (Zeoula et al., 2003), acreditamos que esse comportamento em parábola observado para o conteúdo de FDN nas folhas pode estar

atrelado a perdas por decomposição da(s) folha(s) do baixeiro. Portanto, esses dados em final de ciclo devem ser interpretados com cautela, mesmo que estejam muito próximos dos descritos em literatura.

O teor de FDN em brácteas e sabugo aumenta linearmente em decorrência do avanço da maturação. Hetta et al. (2012) encontraram correlação de 0,71 entre o avanço no teor de matéria seca e o teor de FDN do sabugo. Os mesmos autores enfatizaram que esse aumento de FDN em brácteas ocorre em função da lignificação e do transporte de carboidratos disponíveis na forma de açúcares para o enchimento de grãos, assim como descrito no fenômeno da senescência foliar anteriormente.

A redução na concentração de FDA em planta inteira está de acordo com a tendência observada em inúmeros trabalhos (Macome et al., 2017; Rabelo et al., 2014; Keady et al., 2008). Essa redução é essencialmente proporcionada pelo acréscimo considerável da participação do grão na planta (Arriola et al., 2012; Keady et al., 2008), mas não significa melhoras qualitativas da fração vegetativa (Tolera et al., 1998), mesmo que tenhamos observado redução linear no teor de lignina de planta inteira com o avanço da maturação (Tabela 8). Isso pode ser comprovado ao observar que a participação de FDA e LDA em planta sem grão são distintas. Em geral, a digestibilidade da matéria seca é reduzida devido a lignificação e aumento na espessura da parede celular (Hetta et al., 2012). O fenômeno da redução da digestibilidade da parede celular das plantas de milho em função da maturidade foi descrito em resultados de experimentos *in vitro* (Deville e Givens, 2001) e *in vivo* (Jensen et al., 2005).

É importante diferenciar o que ocorre com os níveis de lignina durante o ciclo de desenvolvimento do milho. Primeiro, e o que vemos em livros de fisiologia vegetal, é que o avanço do ciclo acarreta em aumento da concentração de lignina, e isso é verdade se considerarmos o ciclo desde a emergência da planta. Porém aqui, estamos analisando os teores de lignina entre dois pontos específicos, onde há aumento rápido e considerável de grãos. Irlbeck et al. (1993) também relataram que um atraso de 28 dias após a maturidade fisiológica aumentou consideravelmente a proporção de grãos na planta, com menor rendimento de folhas. Os teores de FDA nas folhas encontrados neste trabalho estão próximos daqueles descritos por Zeoula et al. (2003), mas diferente deste, os autores encontraram diferença entre os híbridos avaliados.

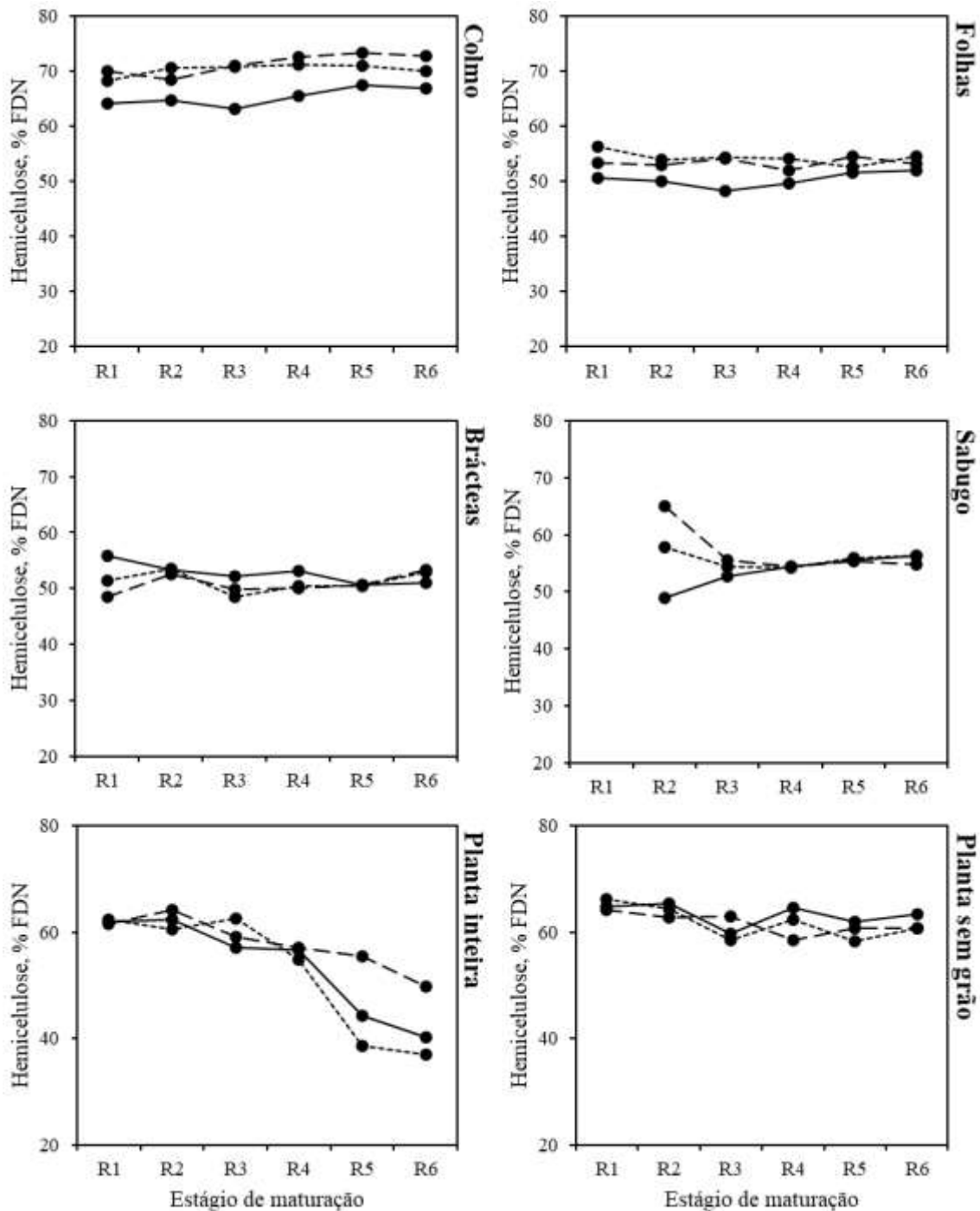


Figura 10. Teores médios de hemicelulose das frações dos híbridos Maximus (linha sólida), Defender (linha tracejada) e Feroz (linha pontilhada), nos seis estágios reprodutivos de maturação

Schittenhelm (2008) avaliou os componentes da FDN de híbridos de milho em diferentes tempos de colheita, e assim como nós, observou comportamento pouco associativo entre os híbridos e o tempo de colheita para o conteúdo de lignina, mas uma proximidade entre os híbridos para hemicelulose até as fases mais tardias da maturação.

Com o avanço da maturação aumentam as ligações covalentes entre lignina e hemicelulose (Zeoula et al., 2003), reduzindo sua digestibilidade e, portanto, observar apenas os teores de hemicelulose para julgar o momento de colheita é inviável. Por outro lado, estando uma concentração expressiva de carboidratos solúveis da planta nas folhas e colmo, é importante que se observe o percentual de hemicelulose nas brácteas e sabugo quando se objetiva a produção de earlage ou snaplage, já que esta tem potencial de auxiliar na produção de ácidos orgânicos durante o processo fermentativo da silagem (Nigon et al., 2016).

São relatadas variações no conteúdo de hemicelulose e lignina entre os principais componentes da planta de milho em estudos que objetivaram comparações para produção de bioenergia. Mullen et al. (2010) relataram 38% de hemicelulose e 3% de lignina em espigas; Wang et al. (2012) relataram 23% de hemicelulose e 7% de lignina nas folhas, enquanto Luo et al. (2011) relataram 71% de hemicelulose e 18% de lignina no colmo, respectivamente.

Por motivos ainda pouco explorados, parece que híbridos mais precoces têm seus colmos menos lignificados (Der Bredosian et al., 2012; Zeoula et al., 2003). Dentre os híbridos avaliados neste trabalho, o Maximus é justamente o de ciclo mais curto e o que apresentou menores teores de LDA em colmo, significativo ou não, em todos os estágios de maturação.

## **5. Conclusão**

O avanço na maturação reduz os níveis proteicos da planta inteira conduzidos pela redução em folha e colmo. O teor de fibra insolúvel em detergente neutro deve ser um dos principais critérios a analisar para escolha do material a ser cultivado, pois parece sofrer maior interferência do híbrido do que a proteína bruta.

Em geral, os resultados sugerem que recomendações para colheita baseadas em estágio de maturação devem ser cautelosas, levando em consideração o híbrido cultivado. Por outro lado, a escolha do híbrido para produção de silagem deve ser feita com base no conhecimento do seu momento mais oportuno de colheita, haja vista que as interferências na produção de leite estimada estão mais interligas ao estágio do que do híbrido propriamente dito.

## **6. Referências**

Akins, M.S., Shaver, R.D. Effect of corn snaplage on lactation performance by dairy

- cows. *The Professional Animal Scientist*, v.30, n.1, p.86-92, 2014.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 16.ed. Washington, DC, 1995. 2000p.
- Arriola, K.G., Kim, S.C., Huisden, C.M., Adesogan, A.T. Stay-green ranking and maturity of corn hybrids: 1. Effects on dry matter yield, nutritional value, fermentation characteristics, and aerobic stability of silage hybrids in Florida. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.2, p.964-974, 2012.
- Bernardes, T.F., Daniel, J.L.P., Adesogan, A.T., McAllister, T.A., Drouin, P., Nussio, L.G., Cai, Y. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science*, v.101, n.5, p.4001-4019, 2018.
- Chen, G., Zheng, Z., Yang, S., Fang, C., Zou, X., Luo, Y. Experimental co-digestion of corn stalk and vermicompost to improve biogas production. *Waste Management*, v.30, n.10, p.1834-1840, 2010.
- Daniel, J.L.P., Bernardes, T.F., Jobim, C.C., Schmidt, P., Nussio, L.G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science*, v.74, n.2, p.188-200, 2019.
- Deaville, E.R., Givens, D.I. Use of the automated gas production technique to determine the fermentation kinetics of carbohydrate fractions in maize silage. *Animal Feed Science and Technology*, v.93, n.3-4, p.205-215, 2001.
- Der Bedrosian, M.C., Nestor Jr, K.E., Kung Jr, L. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.9, p.5115-5126, 2012.
- Ferraretto, L.F., Crump, P.M., Shaver, R.D. Effect of ensiling time and exogenous protease addition to whole-plant corn silage of various hybrids, maturities, and chop lengths on nitrogen fractions and ruminal in vitro starch digestibility. *Journal of Dairy Science*, v.98, n.12, p.8869-8881, 2015.
- Ferraretto, L.F., Shaver, R.D. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, v.98, n.4, p.2662-2675, 2015.
- Ferraretto, L.F., Shaver, R.D., Lauer, J.G., Brown, L., Lutz, R., Kennicker, J., Taysom, D.M. 0629 Influence of plant population, maturity and ensiling time on fermentation profile, nitrogen fractions, and starch digestibility in earlage. *Journal of Animal Science*, v.94, suppl. 5, p.300-300, 2016.
- Goering, H.K., Van Soest, P.J. (1970). Forage fiber analysis: apparatus reagents,

- procedures and some applications. [s.n.], Agricultural Handbook, p.379.
- Hetta, M., Mussadiq, Z., Gustavsson, A.M., Swensson, C. Effects of hybrid and maturity on performance and nutritive characteristics of forage maize at high latitudes, estimated using the gas production technique. *Animal Feed Science and Technology*, v.171, n.1, p.20-30, 2012.
- Hunter, R.B. Selection and evaluation procedures for whole-plant corn silage. *Canadian Journal of Plant Science*, v.58, n.3, p.661-678, 1978.
- Irlbeck, N.A., Russell, J.R., Hallauer, A.R., Buxton, D.R. Nutritive value and ensiling characteristics of maize stover as influenced by hybrid maturity and generation, plant density and harvest date. *Animal Feed Science and Technology*, v.41, n.1, p.51-64, 1993.
- Jensen, C., Weisbjerg, M. R., Nørgaard, P., Hvelplund, T. Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, v.118, n.3-4, p.279-294, 2005.
- Keady, T.W.J., Kilpatrick, D.J., Mayne, C.S., Gordon, F.J. Effects of replacing grass silage with maize silages, differing in maturity, on performance and potential concentrate sparing effect of dairy cows offered two feed value grass silages. *Livestock Science*, v.119, n.1-3, p.1-11, 2008.
- Luo, S., Liu, C., Xiao, B., Xiao, L. A novel biomass pulverization technology. *Renewable Energy*, v.36, n.2, p.578-582, 2011.
- Macome, F.M., Pellikaan, W.F., Hendriks, W.H., Dijkstra, J., Hatew, B., Schonewille, J.T., Cone, J.W. *In vitro* gas and methane production of silages from whole-plant corn harvested at 4 different stages of maturity and a comparison with *in vivo* methane production. *Journal of Dairy Science*, v.100, n.11, p.8895-8905, 2017.
- Mullen, C.A., Boateng, A.A., Goldberg, N.M., Lima, I.M., Laird, D.A., Hicks, K.B. Bio-oil and bio-char production from corn cobs and stover by fast pyrolysis. *Biomass and bioenergy*, v.34, n.1, p.67-74, 2010.
- Nigon, B.J., Shinnars, K.J., Cook, D.E. Harvester modifications to alter composition and dry matter of corn-silage. *Applied Engineering in Agriculture*, v.32, n.2, p.157-167, 2016.
- Phipps, R.H., Sutton, J.D., Beever, D.E., Jones, A.K. The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. 3. Food intake and milk production. *Animal Science*, v.71, n.2, p.401-409, 2000.
- Rabelo, C.H.S., Rezende, A.V., Rabelo, F.H.S., Nogueira, D.A., Senedese, S.S.,

- Figueiredo, P., Carvalho, A. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estágios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade *in vitro*. *Ciência Rural*, v.44, n.2, p.368-373, 2014.
- Schittenhelm, S. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. *European Journal of Agronomy*, v.29, n.2-3, p.72-79, 2008.
- Singh, S., Kushwaha, B.P., Nag, S.K., Mishra, A. K., Singh, A., Anele, U.Y. *In vitro* ruminal fermentation, protein and carbohydrate fractionation, methane production and prediction of twelve commonly used Indian green forages. *Animal Feed Science and Technology*, v.178, n.1-2, p.2-11, 2012.
- Tolera, A., Sundstøl, F., Said, A.N. The effect of stage of maturity on yield and quality of maize grain and stover. *Animal Feed Science and Technology*, v.75, n.2, p.157-168, 1998.
- Wang, T., Yin, J., Zheng, Z. Effects of chemical inhomogeneity of corn stalk on solvolysis liquefaction. *Carbohydrate Polymers*, v.87, n.4, p.2638-2641, 2012.
- Wojcieszak, D., Przybył, J., Ratajczak, I., Goliński, P., Janczak, D., Waśkiewicz, A., Woźniak, M. Chemical composition of maize stover fraction versus methane yield and energy value in fermentation process. *Energy*, v.128, p.17-25, 2020.
- Zeoula, L.M., Beleze, J.R.F., Cecato, U., Jobim, C.C., Geron, L.J.V., Maeda, E.M., Falcão, A.J.D.S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estágios de maturação: 3. Composição químico-bromatológica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.556-566, 2003.
- Zhang, Y., Ghaly, A.E., Li, B. Physical properties of corn residues. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, v.8, n.2, p.44-53, 2012.

---

---

## CAPÍTULO 3

---

---

Desempenho, características da carcaça e comportamento  
ingestivo de novilhos alimentados com silagens de diferentes  
híbridos de milho



## RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho, as características da carcaça e o comportamento ingestivo de novilhos terminados em confinamento alimentados com silagens dos híbridos de milho: Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP. Foram utilizados 36 novilhos inteiros, raça Angus, com idade média de 10 meses e peso vivo médio inicial de 330 kg. O experimento teve duração de 112 dias, sendo 10 dias de adaptação dos animais às dietas e instalações experimentais e, seqüencialmente, quatro períodos de avaliação de 28 dias. Independente do híbrido utilizado, houve diferença ( $P < 0,05$ ) de ordem crescente conforme avanço entre períodos para o consumo de matéria seca. Os híbridos utilizados na produção da silagem de milho determinaram diferença no ganho de peso dos animais, com média final de 1,413 kg nos animais tratados com Maximus VIP3, 1,375 kg nos tratados com Defender VIP e 1,184 naqueles alimentados com Feroz VIP. Os animais alimentados com silagem do híbrido Feroz VIP apresentaram maior eficiência de ganho de carcaça e foram mais ativos ao número de vezes em ir ao comedouro. Apesar dos três híbridos avaliados proporcionarem bons resultados relacionados ao desempenho animal, recomenda-se o híbrido Maximus VIP3 pela superioridade proporcionada em ganho de peso.

**Palavras-chave:** bromatologia da silagem, comportamento ingestivo, digestibilidade aparente, ganho de peso, híbridos silageiros

## 1. Introdução

O melhoramento genético vem desenvolvendo híbridos de milho cada vez mais produtivos, melhores em termos de tolerância às pragas e doenças, e mais adaptados às condições de clima e solo. Essa evolução é indiscutível, e isso acarreta em maior eficiência produtiva (Neumann et al., 2013). No entanto, somente quesitos relacionados ao desempenho agrônômico são insuficientes para determinar um bom híbrido para produção de silagem.

Com a grande variabilidade de híbridos com características fenotípicas e nutricionais distintas, torna-se fundamental a identificação dos quais oferecem também, a melhor resposta animal (Neumann et al., 2017). Por isso, é imprescindível que as empresas de melhoramento se dediquem cada vez mais na busca de materiais mais completos no âmbito silageiro.

Já fora comprovado experimentalmente e publicado em jornais científicos que híbridos diferentes geram silagens com diferentes composições bromatológicas (Lupatini et al., 2004; Jaremtchuk et al., 2005; Restle et al., 2006), porém, essas diferenças normalmente não interferem no desempenho animal. Contrariando, Neumann et al., (2003) apontaram diferença significativa não só na composição bromatológica da silagem como também no consumo de matéria seca em diferentes períodos, e no ganho de peso final de novilhos confinados.

Restle et al. (2006) descrevem a importância do híbrido utilizado quando compara dietas com diferentes híbridos. Rosa et al. (2004) também ressaltam que a silagem resultante de híbridos distintos afeta o desempenho animal, e concluem no mesmo trabalho que a escassez de informações sobre o potencial genético do grande número de híbridos existentes dificulta a escolha do melhor material para produção de silagem. Dentre os vários trabalhos existentes na literatura sobre comparação de híbridos há um consenso de que existe a necessidade de estudos das respostas dos diferentes materiais genéticos sobre o desempenho animal.

Os híbridos de milho, Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP são considerados materiais para produção de silagem de alta qualidade nutricional. No entanto, poucas são as informações existentes referentes à resposta animal frente à utilização da silagem destes híbridos quando comparados sob mesma condição. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho, as características da carcaça e o comportamento ingestivo de novilhos terminados em confinamento alimentados com silagens desses híbridos de milho.

## 2. Material e Métodos

O experimento se desenvolveu nas instalações do Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), em Guarapuava, PR. O clima da região de Guarapuava, PR, é o temperado de altitude - Cfb (subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado conforme a classificação de Köppen, em altitude de aproximadamente 1.100 m, precipitação média anual de 1.944 mm, temperatura média mínima anual de 12,7°C, temperatura média máxima anual de 23,5°C e umidade relativa do ar de 77,9%.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Típico (Pott, 2007). A área onde foi cultivado o milho vinha sendo utilizada nos últimos anos com pastagens de ciclo anual na estação de inverno, e lavouras de milho e soja na estação de verão, recebendo a cada estação de cultivo, adubações de fósforo e potássio, conforme as recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004).

As lavouras de milho (*Zea mays*, L.) foram implantadas na primeira quinzena de outubro, em sistema de plantio direto. Na semeadura utilizou-se espaçamento entre linhas de 0,5 metros, profundidade de semeadura aproximada de 0,04 m e distribuição de sementes por metro linear visando densidades finais de 65 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Os híbridos de milho utilizados foram: Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP (Syngenta®), sendo híbridos simples, triplo e duplo, respectivamente.

A adubação de base foi constituída de 500 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK na formulação 08-20-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), e em cobertura utilizou-se 180 kg de N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia (45% de N) entre os estágios vegetativos de V4 a V6, quatro e seis folhas totalmente expandidas, respectivamente.

A área utilizada para colheita da silagem foi a mesma descrita nos capítulos 1 e 2 para avaliações agronômicas e bromatológicas, respectivamente. As lavouras foram colhidas na fase fenológica reprodutiva de grão duro, R5. O silo utilizado na confecção das silagens foi o do tipo trincheira sob dimensões de 4 m de largura, 1 m de altura e 10 m de comprimento, vedado e protegido com polietileno de dupla face de 150 µm.

Amostras das silagens e do concentrado, utilizadas na alimentação dos animais, foram pesadas e pré-secas em estufa de ar forçado a 55 °C até obtenção de peso constante para determinação do teor de matéria parcialmente seca e em seguida foram moídas em

moinho tipo *Willey*, com peneira de malha de 1 mm.

Nas amostras pré-secas foram determinadas a matéria seca total (MS) em estufa a 105°C, a proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl, a matéria mineral (MM) por incineração a 550 °C (4 horas) conforme AOAC (1995). Também foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), conforme Van Soest et al. (1991), utilizando-se  $\alpha$  amilase termo-estável (Termamyl 120L, Novozymes Latin América Ltda.) e de fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering & Van Soest (1970). A determinação da concentração de amido foi analisada por meio de kit enzimático em laboratório comercial (3rLab®). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT, %) foram obtidos segundo equação descrita por Undersander et al. (1993):

$$NDT = 87,84 - (0,70 \times FDA)$$

Os animais utilizados foram 36 novilhos inteiros, raça Angus, com idade média de 10 meses e peso vivo médio inicial de  $330 \pm 12$  kg, os quais foram vermifugados previamente ao início do experimento. O experimento teve duração de 112 dias, sendo 10 dias de adaptação dos animais às dietas e instalações experimentais e, sequencialmente, quatro períodos de avaliação de 28 dias. Os animais foram terminados em confinamento, sendo alimentados, na forma *ad libitum*, duas vezes ao dia, às 6:00 e às 17:30 horas.

Os animais foram instalados em 18 baias com área útil de 15 m<sup>2</sup> cada (2,5 × 6,0 m), com um comedouro de concreto, medindo 2,30 m de comprimento, 0,60 m de largura e 0,35 m de altura, além de um bebedouro metálico, regulado por boia automática, e com lotação de dois animais por baia.

As dietas experimentais foram formuladas e constituídas por silagem de milho e ração peletizada em proporção de 50:50, na base seca. Para fabricação do concentrado foram utilizados os seguintes alimentos: farelo de soja, casca de soja, radícula de cevada, grãos de milho moído, calcário calcítico, fosfato bicálcico, sal comum, ureia pecuária, monensina sódica e premix vitamínico-mineral. Na Tabela 10 constam as composições químicas dos alimentos e das dietas experimentais utilizados na alimentação dos animais.

Os alimentos foram fornecidos na forma de ração total misturada (RTM). O ajuste no fornecimento da quantidade das silagens de milho e do concentrado foi realizado diariamente, considerando uma sobra de 5% da matéria seca oferecida em relação à consumida.

As avaliações de desempenho foram realizadas por meio da pesagem dos animais ao início de cada período e no final do experimento (dias: 0, 28, 56, 84 e 112). Estas avaliações foram realizadas sob jejum de sólidos de 12 horas, afim a realizar a pesagem

individual dos animais. As variáveis avaliadas, nos distintos tempos de avaliação, foram peso corporal (PC), consumo médio de matéria seca (CMS), expresso em kg animal dia<sup>-1</sup> (CMSD) ou expresso em porcentagem do peso vivo (CMSP), ganho de peso médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA).

Tabela 10. Composição química dos alimentos, com base na matéria seca, utilizados na alimentação dos animais

Parâmetro	Silagem de milho			Concentrado
	Maximus	Defender	Feroz	
Matéria seca	34,30	34,07	34,27	88,72
Proteína bruta	9,14	8,75	8,98	23,83
Proteína solúvel, % PB	36,00	36,10	35,91	-
PIDA	0,25	0,29	0,34	-
PIDN	1,05 <sup>b</sup>	1,16 <sup>b</sup>	1,48 <sup>a</sup>	-
FDA	26,54	29,23	25,85	11,15
FDN	43,71 <sup>c</sup>	49,07 <sup>a</sup>	45,54 <sup>b</sup>	32,00
LDA	4,96	5,12	4,94	2,44
Cinzas	3,01	2,51	2,58	5,88
Lipídeos	3,44	2,90	3,12	3,98
Açúcares	4,55 <sup>a</sup>	4,05 <sup>b</sup>	3,93 <sup>b</sup>	-
Amido	37,27 <sup>a</sup>	34,33 <sup>b</sup>	34,09 <sup>b</sup>	-

<sup>a-c</sup> Médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Duncan a 5%.

O CMSD foi mensurado através da diferença entre a quantidade diária de alimento fornecido e a quantidade das sobras do alimento do dia anterior. O CMSP foi obtido pela razão entre CMSD e o PC multiplicado por 100. O GMD foi calculado pela diferença entre o PC final (PC<sub>f</sub>) e inicial (PC<sub>i</sub>) de cada período experimental dividido pelos dias avaliados, enquanto que a CA foi obtida pela razão entre CMSD e o GMD.

No período médio do confinamento, foi realizada a coleta total de fezes de cada unidade experimental durante três dias consecutivos (Johnson e Combs, 1991) para determinação da digestibilidade aparente da dieta, utilizando o sistema de equações citado por Coelho da Silva e Leão (1979). As fezes foram pesadas e amostradas em cada turno de 6 horas, e posteriormente armazenadas em *freezer* a -18°C até o momento das análises. Também foi realizada a coleta do alimento e das sobras do dia anterior. Após o término da avaliação, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas para formar uma amostra composta, correspondente a cada unidade experimental. O teor de matéria seca

dos alimentos, das sobras e das fezes de cada unidade experimental foi determinado utilizando os mesmos procedimentos adotados na análise de alimentos.

Ao término do confinamento, foi realizado jejum de sólidos de 12 horas, e os animais pesados antes do embarque para o frigorífico, obtendo-se o peso de fazenda. Foi avaliado o ganho de carcaça no período de confinamento (GCC) expresso em kg, obtido pela diferença entre o peso de carcaça quente na ocasião do abate e peso corporal inicial ( $PC_i$ ) dos animais com rendimento teórico de carcaça de 50%. Tomando-se como base o período de 112 dias de confinamento, também foi calculado o ganho médio de carcaça (GMC), expresso em  $\text{kg dia}^{-1}$ , que é obtido pela razão entre GCC e PC, assim como a eficiência de transformação da matéria seca consumida em carcaça (ETC), expresso em  $\text{kg de MS kg de carcaça}^{-1}$  e a eficiência de transformação do ganho de peso em carcaça, que é obtido pela razão entre GMC e GMD ( $\text{GMC/GMD}$ ), sendo expresso em %. Para os cálculos descritos utilizou-se dos pesos de carcaça quente.

Nas carcaças foram realizadas cinco avaliações: comprimento de carcaça, que é a distância entre o bordo cranial medial do osso púbis e o bordo cranial medial da primeira costela; comprimento de perna, que é a distância entre a borda cranial medial do osso púbis e a articulação tíbio-tarsiana; e comprimento de braço, que é a distância entre a tuberosidade do olecrano e a articulação rádio-carpiana; perímetro de braço, obtido na região mediana do braço circundando com uma fita métrica; e a espessura do coxão, medida por intermédio de compasso, perpendicularmente ao comprimento de carcaça, tomando-se a maior distância entre o corte que separa as duas meias carcaças e os músculos laterais da coxa, conforme as metodologias sugeridas por Muller (1987).

No momento do abate, também foi realizada a caracterização das partes do corpo não-integrantes da carcaça dos novilhos abatidos por meio da coleta dos pesos dos seguintes componentes: cabeça, língua, rabo, couro e patas (denominados componentes externos); e coração, rins, fígado, pulmões, baço, rúmen-retículo vazios, rúmen-retículo cheios, abomaso vazio, abomaso cheio e intestinos cheios (denominados órgãos vitais).

Para os parâmetros relativos ao desempenho e às características da carcaça, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por três tratamentos e seis repetições, onde cada repetição correspondeu a uma baia com dois animais. Aplicou-se o teste F a 5% de probabilidade de confiança, através da Análise de Variância (ANOVA) e em seguida o teste Tukey de comparação de múltiplas médias a 5% de significância por intermédio do programa SAS (1993). O modelo estatístico empregado para cada variável foi:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

onde:

$Y_{ij}$  = Variável dependente;

$\mu$  = Média geral de todas as observações;

$\tau_i$  = Efeito do tratamento  $i$ ;

$\varepsilon_{ij}$  = Efeito residual aleatório.

O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em uso de animais – CEUA/UNICENTRO em 27 de Maio de 2017 com número de ofício de 002/2017.

### **3. Resultados e Discussão**

Conforme dados da Tabela 11, observa-se que tanto para os períodos avaliados como para média geral dos híbridos, não houve diferença estatística no consumo de matéria seca expresso em porcentagem do peso vivo, embora o híbrido Defender tenha mostrado teor de FDN superior aos demais (Tabela 10), sabendo que o consumo de matéria seca está limitado ao consumo de FDN (Rosa et al., 2004). No consumo de matéria seca expresso em kg animal dia<sup>-1</sup>, notou-se que independente do híbrido utilizado, houve diferença ( $P < 0,05$ ) de ordem crescente conforme avanço entre períodos (9,15; 9,14; 9,35 e 9,59 kg dia<sup>-1</sup>, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período, respectivamente), haja vista que as necessidades energéticas e proteicas dos animais aumentam de acordo com o ganho de peso corporal dos mesmos. Portanto, esse aumento no consumo de matéria seca apresenta-se como uma característica fisiológica (NRC, 2001).

Com exceção do primeiro período, os híbridos de milho utilizados para produção da silagem de milho determinaram diferenças no ganho de peso dos animais, com média final de 1,413 kg nos animais tratados com Maximus; 1,375 kg nos tratados com Defender e 1,184 kg naqueles alimentados com Feroz. Como não houve diferença significativa no consumo de matéria seca, tampouco na conversão alimentar, sugere-se que tal superioridade do primeiro híbrido esteja relacionada a sua melhor qualidade nutricional (Tabela 10).

Tabela 11. Consumos de matéria seca, expresso em  $\text{kg dia}^{-1}$  ou por 100 kg de peso vivo, ganho de peso médio diário e conversão alimentar de novilhos terminados em confinamento com silagens de milho de diferentes híbridos

Híbrido	Período de Confinamento			
	0-28 dias	0-56 dias	0-84 dias	0-112 dias
<b>Consumo de matéria seca, <math>\text{kg animal dia}^{-1}</math></b>				
Maximus	9,362	9,485	9,700	9,889
Defender	9,365	9,242	9,486	9,770
Feroz	8,751	8,704	8,891	9,139
Média	9,159 <sup>C</sup>	9,144 <sup>C</sup>	9,359 <sup>B</sup>	9,598 <sup>A</sup>
<i>P</i>	0,1839	0,2137	0,2740	0,2987
<b>Consumo de matéria seca por 100 kg de peso vivo, %</b>				
Maximus	2,33	2,42	2,35	2,21
Defender	2,22	2,36	2,30	2,17
Feroz	2,16	2,16	2,21	2,10
Média	2,24	2,35	2,28	2,15
<i>P</i>	0,2206	0,1799	0,2912	0,5238
<b>Consumo de matéria seca por 100 kg de peso metabólico, <math>\text{g kg}^{-0,75}</math></b>				
Maximus	11,02	10,38	9,77	9,38
Defender	11,00	10,13	9,58	9,33
Feroz	10,40	9,72	9,25	8,98
Média	10,81 <sup>A</sup>	10,08 <sup>B</sup>	9,53 <sup>BC</sup>	9,23 <sup>C</sup>
<i>P</i>	0,3472	0,4525	0,6596	0,5905
<b>Ganho de peso médio, <math>\text{kg animal dia}^{-1}</math></b>				
Maximus	1,220 <sup>a</sup>	1,304 <sup>a</sup>	1,423 <sup>a</sup>	1,413 <sup>a</sup>
Defender	1,191 <sup>a</sup>	1,241 <sup>ab</sup>	1,375 <sup>ab</sup>	1,375 <sup>ab</sup>
Feroz	0,959 <sup>a</sup>	1,034 <sup>b</sup>	1,176 <sup>b</sup>	1,184 <sup>b</sup>
Média	1,123 <sup>B</sup>	1,193 <sup>B</sup>	1,325 <sup>A</sup>	1,324 <sup>A</sup>
<i>P</i>	0,3407	0,0901	0,0894	0,0480
<b>Conversão alimentar, Consumo de MS Ganho de peso diário<sup>-1</sup></b>				
Maximus	8,33	7,68	7,19	6,92
Defender	8,32	7,74	7,20	6,99
Feroz	9,43	8,98	8,12	7,69
Média	8,69	8,13	7,50	7,20
<i>P</i>	0,6493	0,1377	0,0820	0,1106

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-C</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

Nos surpreende que o ganho de peso dos animais alimentados com a silagem do híbrido Feroz tenham apresentado desempenho tão inferior. Talvez o menor consumo de

matéria seca a cada período aliado a menor digestibilidade desse híbrido, mesmo que sem diferir estatisticamente, tenham conduzido a esse resultado inesperado. Mesmo que não tenhamos observado quaisquer anormalidades nessa silagem em específico, é possível que o menor consumo de matéria seca pode estar relacionado à variáveis não avaliadas, como a presença de determinados ácidos graxos voláteis que interferem diretamente na aceitabilidade e consumo por parte dos animais.

Rosa et al. (2004) e Restle et al. (2006) não observaram diferença significativa sobre o ganho de peso dos animais, apesar de encontradas diferenças qualitativas entre os híbridos avaliados. No entanto, nenhum desses trabalhos cita a concentração de amido das silagens, sendo essa uma fração determinante para esses resultados. Corroborando, Paziani et al. (2009) afirmaram que o aumento de amido na silagem favorece a maior digestibilidade do alimento, afirmação que vêm ao encontro dos valores de digestibilidade aparente apresentados na tabela 12 (70,0% para Maximus, 68,7% para Defender e 68,3% para Feroz) ( $P = 0,0943$ ). Segundo Oliveira et al. (2011), esses valores são apropriados para gerar alto desempenho animal.

Os valores de matéria seca e produção de esterco, em kg de MS  $\text{dia}^{-1}$ , são semelhantes aos descritos por Neumann et al. (2017) quando avaliaram animais alimentados em proporções iguais às dos presente trabalho, mas com híbridos diferentes, mostrando que esses fatores podem ser considerados padrões para esse tipo de dieta.

Tabela 12. Produção média de esterco, em kg  $\text{dia}^{-1}$ , e digestibilidade aparente das dietas de novilhos terminados em confinamento com silagens de milho de diferentes híbridos

Silagem de milho	Matéria seca do esterco (%)	Produção de esterco (kg de MS $\text{dia}^{-1}$ )	Digestibilidade aparente (%)
Maximus	17,1	2,88	70,0
Defender	17,8	2,93	68,7
Feroz	17,6	2,81	68,3
Média	17,5	2,87	69,0
<i>P</i>	0,3129	0,8407	0,0943
C.V., %	4,29	12,49	3,38

Segundo Restle et al. (2006), em dietas com alta concentração de volumoso, a forma mais correta de expressar o consumo seria ajustando-o por unidade de peso metabólico. Nota-se na tabela 11, que o consumo por unidade de peso metabólico foi decrescente com o avanço dos períodos de avaliação, não diferindo entre os tratamentos.

De acordo com Rosa et al. (2004), reduções no consumo por unidade de peso metabólico com o avanço do período de alimentação são esperadas e resultam do avanço na maturidade dos animais, ocasionando alteração na composição do ganho de peso pelo acréscimo na deposição de gordura corporal. Conforme há incremento de gordura corporal, tem-se maior competição por espaço abdominal e uma resposta fisiológica do tecido adiposo gerando redução de consumo. Isso fica claro quando se observa que a espessura de gordura subcutânea também não variou entre os tratamentos (Tabela 13).

Ainda na tabela 13, nota-se que os valores médios para as características métricas corporais dos animais, comprimento de carcaça, espessura de coxão, comprimento e perímetro de braço, não apresentaram diferença significativa entre os híbridos avaliados.

De acordo com os coeficientes de correlação entre algumas características métricas corporais com algumas de desempenho avaliadas, o peso final correlacionou-se positivamente ao comprimento de carcaça ( $r = 0,77$ ) e ao perímetro de braço ( $r = 0,52$ ), e teve correlação negativa ao comprimento de braço. Assim como ressaltado por Restle et al. (2006), estes resultados demonstram que animais longos e baixos são os preferidos para sistema de terminação.

Tabela 13. Características da carcaça de novilhos terminados em confinamento com silagens de milho de diferentes híbridos

Parâmetro	Silagem de milho			Média	P
	Maximus	Defender	Feroz		
Rendimento de carcaça, %	54,83	55,49	55,93	55,41	0,2686
Espessura de gordura:					
Traseiro, mm	6,25	5,00	5,25	5,50	0,1715
Costilhar, mm	6,33	6,50	6,50	6,44	0,1848
Dianteiro, mm	4,42	4,00	3,50	3,97	0,4514
Comprimento de carcaça, m	1,26	1,26	1,24	1,26	0,2341
Espessura de coxão, cm	21,00	20,42	19,83	20,42	0,2874
Comprimento de braço, cm	38,83	38,83	38,67	38,78	0,9623
Perímetro de braço, cm	40,17	40,08	40,42	40,22	0,8802

Devido ao mérito genético dos animais utilizados para o estudo, independente do tratamento, o rendimento de carcaça médio foi satisfatório, o que segundo Pinto et al. (2010) se torna um atrativo para os frigoríficos. Além disso, o rendimento dos componentes não integrantes da carcaça se mostraram como uma fonte extra de renda

para as indústrias frigoríficas. Sendo assim, a partir de um bom rendimento de carcaça e aproveitamento desses componentes não integrantes, aumenta-se a rentabilidade com os animais (Vaz et al., 2010).

Na tabela 14 são apresentados os valores de rendimento dos componentes não integrantes da carcaça em porcentagem do peso vivo, os quais não apresentaram diferença significativa para coração (0,32%), fígado (0,93%), pulmões (0,74%), rins (0,21%), baço (0,34%), rúmen-retículo cheios e vazios (6,56% e 1,70%), cabeça (2,15%), língua (0,16%), couro (8,90%), rabo (0,24%) e patas (1,94%), enquanto que para rendimento de intestinos houve diferença ( $P < 0,05$ ), sendo o maior ganho de peso corporal definitivo para essa resposta (Vaz et al., 2015).

Tabela 14. Componentes de rendimento não integrantes da carcaça, expresso em % do peso vivo, de novilhos terminados em confinamento com silagens de milho de diferentes híbridos

Parâmetro	Silagem de milho			Média	P
	Maximus	Defender	Feroz		
<b>Órgãos vitais, % PV</b>					
Coração	0,36	0,32	0,32	0,33	0,1478
Fígado	1,11	0,99	0,93	1,01	0,2676
Pulmões	0,79	0,73	0,70	0,74	0,0853
Rins	0,23	0,21	0,20	0,21	0,2466
Baço	0,35	0,35	0,30	0,34	0,4836
Rúmen-retículo cheios	6,93	6,56	6,10	6,56	0,5256
Rúmen-retículo vazios	1,82	1,66	1,63	1,70	0,4563
Intestinos	4,02 <sup>a</sup>	3,33 <sup>b</sup>	3,33 <sup>b</sup>	3,56	0,0204
<b>Componentes externos, % PV</b>					
Cabeça	2,42	2,23	2,15	2,26	0,0910
Língua	0,17	0,16	0,16	0,16	0,0905
Couro	9,33	8,71	8,90	8,98	0,6928
Rabo	0,26	0,25	0,24	0,25	0,4810
Patas	2,12	1,90	1,94	1,99	0,2646

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

Um dos pontos mais desejáveis de um híbrido de milho para silagem é alta digestibilidade e/ou baixas frações indigestíveis (Mendes et al., 2008), pois isso reflete diretamente no ganho de carcaça dos animais. Como os três híbridos avaliados possuem semelhança nesse ponto, não fora observado efeito significativo no ganho médio de

carcaça, com média de 0,904 kg dia<sup>-1</sup>. Entretanto, como reflexo da superioridade de ganho de peso dos animais alimentados com silagem do Maximus, esse híbrido apresentou inferioridade na eficiência de transformação de ganho de peso em carcaça em relação aos alimentados com silagem do Feroz (65,3% contra 72,2%; Tabela 15). Neumann et al. (2017) observaram o mesmo comportamento para as mesmas variáveis quando compararam outros híbridos de milho.

Tanto o ganho equivalente de carcaça como a conversão de matéria seca consumida em carcaça não apresentaram diferença significativa, com médias finais de 101,2 kg e 10,649 kg de MS kg de carcaça<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabela 15. Ganho médio de carcaça, expresso em kg dia<sup>-1</sup> (GMC) e em kg equivalente ao período de 84 dias de confinamento (GCC), eficiência de transformação do ganho de peso em carcaça (GMC GMD<sup>-1</sup>) e eficiência de transformação da matéria seca consumida em carcaça (kg de MS kg de carcaça<sup>-1</sup>) (ETC) de novilhos confinados alimentados com silagens de milho de diferentes híbridos

Híbrido	GMC (kg dia <sup>-1</sup> )	GCC (kg)	GMC GMD <sup>-1</sup> (%)	ETC (kg de MS kg de carcaça <sup>-1</sup> )
Maximus	0,918	(kg)	(%)	10,759
Defender	0,940	102,9	65,3b	10,461
Feroz	0,853	105,2	69,0ab	10,727
Média	0,904	95,6	72,2 <sup>a</sup>	10,649
<i>P</i>	0,2829	101,2	68,8	0,7075
CV, %	10,16	0,2804	0,0382	6,31

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

GMC: ganho médio de carcaça; GMC GMD<sup>-1</sup>: eficiência de transformação do ganho de peso em carcaça; GCC: ganho de carcaça equivalente ao período de confinamento; e ETC: eficiência de transformação da matéria seca consumida em carcaça

Na tabela 16 é apresentado o comportamento ingestivo dos novilhos. O tempo demandado à alimentação não demonstrou efeito significativo, mas o número de vezes que os animais foram ao comedouro variou ( $P < 0,05$ ) de acordo com a silagem fornecida, mesmo não havendo diferença entre o consumo de matéria seca. Acredita-se que o maior número de idas ao comedouro daqueles animais alimentados com silagem do Feroz seja decorrente do menor consumo de matéria seca (Tabela 11) e das características intrínsecas do alimento, que aliados podem baixar o *kp* (Cavalcante et al., 2006). A taxa de passagem mais lenta mantém o trato gastrintestinal cheio e o rúmen distendido por mais tempo,

causando limitação física, certo desconforto ao animal ou algum outro efeito fisiológico (Silva Freitas et al., 2010).

Tabela 16. Comportamento ingestivo de novilhos terminados em confinamento alimentados com silagens de milho de diferentes híbridos

Parâmetro	Silagem de milho			Média	P
	Maximus	Defender	Feroz		
<b>Horas dia<sup>-1</sup></b>					
Comendo	3,17	2,89	3,12	3,06	0,6615
Bebendo	0,28	0,27	0,25	0,26	0,1577
Ruminando	6,43	6,21	5,85	6,16	0,5024
Ócio	14,17	14,66	14,82	14,55	0,6289
<b>Número de vezes dia<sup>-1</sup></b>					
Comedouro	15,0 <sup>ab</sup>	13,1 <sup>b</sup>	16,6 <sup>a</sup>	19,9	0,0202
Bebedouro	7,28	7,13	6,80	7,1	0,6576
Excreção líquida	4,5	5,6	5,4	5,2	0,2878
Excreção sólida	7,3	8,1	7,4	7,6	0,7362

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

As silagens dos diferentes híbridos não promoveram diferença entre o tempo que os animais passaram bebendo, ruminando e em ócio, tampouco o número de vezes que foram ao bebedouro, que realizaram excreção líquida ou sólida.

De acordo com Di Marco et al. (2002), os efeitos entre híbridos de milho sobre o desempenho e comportamento ingestivo animal são decorrentes basicamente de dois componentes nutritivos da planta, a fibra e o amido. Em silagens de milho, a parede celular vegetal é composta de polissacarídeos na forma de celulose e hemicelulose em diferentes proporções para cada híbrido (Van Soest, 1994), com variações expressivas também de lignina, que determina a disponibilidade das anteriores. Portanto, assim como Allen et al. (2003), nós enfatizamos que dietas constituídas por silagens de milho não devem ter seu valor nutricional generalizado, e que a análise bromatológica é fundamental para um ajuste refinado, obtendo-se então os melhores níveis de produção animal.

#### 4. Conclusão

Os animais alimentados com silagem de milho do híbrido Feroz VIP apresentaram-se mais vezes por dia ao comedouro, mas a silagem de milho do híbrido Maximus VIP3, com maior teor de açúcares e amido e menor teor de FDN, foi a que

proporcionou maior ganho de peso aos animais durante a fase de terminação em confinamento. O consumo de matéria seca não sofreu influência do híbrido.

## 5. Referências

- Allen, M.S., Coors, J.G., Roth, G.W. Corn silage. *In*: D.R. Buxton, R.E. Muck, and J.H. Harrison, editors, Silage Science and Technology. Agronomy Monograph. v.42 ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. pp. 574-608, 2003.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official methods of analysis. 16.ed. 2000p. Washington, D.C. 1995.
- Cavalcante, M.A.B., Pereira, O.G., Valadares Filho, S.D.C., Ribeiro, K.G., Pacheco, L.B.B., Araújo, D., Lemos, V.M.C. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.1, p.203-210, 2006.
- Coelho da Silva, J.F., Leão, M.I. Fundamentos de Nutrição de Ruminantes. Piracicaba: Ed. Livroceres. 384p. 1979.
- CQFS RS/SC – Comissão, de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, v.10, 2004.
- Di Marco, O.D., Aello, M.S., Nomdedeu, M., Van Houtte, S. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (*in vivo*, *in situ* and *in vitro*). *Animal Feed Science and Technology*, v.99, p.37-43, 2002.
- Goering, H.K., Van Soest, P.J. Forage fiber analysis: apparatus reagents, procedures and some applications. *Agricultural Handbook*, [s.n.], p.379, 1970.
- Jaremtchuk, A.R., Jaremtchuk, C.C., Baglioli, B., Medrado, M.T., Kozlowski, L.A., Costa, C., Madeira, H.M.F. Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.27, n.2, p.181-188, 2005.
- Johnson, T.R., Combs, D.K. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. v.74, n.3, p.933-944, 1991.
- Leeson S., Hacker R.H. Wey D. Efficacy of salinomycin as a growth promoter for Muller L. Normas para avaliação de carcaças e consumo de novilhos. 2.ed., Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1987. 31p.
- Lupatini, G.C., Maccari, M., Zanette, S., Piacentini, E., Neumann, M. Avaliação do

- desempenho agrônomico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.2, p.193-203, 2004.
- Mendes, M.C., Von Pinho, R.G., Pereira, M.N., Faria Filho, E.M., Souza Filho, A.X.D. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. *Bragantia*, v.67, n.2, p.285-297, 2008.
- Neumann, M., Horst, E.H., Souza, A.M., Santos, L.C., Slompo, D., Santos, J.C. Desempenho de novilhos confinados alimentados com silagens de diferentes híbridos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.16, p.524-535, 2017.
- Neumann, M., Restle, J., Costa, E., Alves Filho, D., Souza, A., Rosa, J. Avaliação do desempenho de bezerros alimentados com diferentes silagens de híbridos de milho (*Zea mays* L.). *Current Agricultural Science and Technology*, v.9, n.3, p.263-268, 2003.
- Neumann, M., Marafon, F., Ueno, R.K. Eficiência de confecção da silagem de milho: processamento de grãos e tamanho de partícula. *Informe Agropecuário*, v.34, n.277, p.7-18, 2013.
- Oliveira, M.R., Neumann, M., Mendes, M.C., Faria, M.V., Neri, J. Resposta econômica na terminação de novilhos confinados com silagens de milho (*Zea mays* L.), em diferentes estágios de maturação, associadas a dois níveis de concentrado na dieta. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.10, n.2, p.87-95, 2011.
- Pinto, A.P., Abrahão, J.J.D.S., Marques, J.D.A., Nascimento, W.G.D., Perotto, D., Lugão, S.M.B. Performance and carcass characteristics of crossbred young bulls finished in a feedlot on diets with sorghum silage substituted by sugar cane. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.1, p.198-203, 2010.
- Pott, C.A., Müller, M.M.L., Bertelli, P.B. Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo. *Revista Ambientia*, v.3, n.2, p.51-63, 2007.
- Restle, J., Pacheco, P.S., Alves Filho, D.C., Freitas, A.D., Neumann, M., BRONDANI, I.L., Arboitte, M.Z. Silagem de diferentes híbridos de milho para produção de novilhos superjovens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.5, p.2066-2076, 2006.
- Rosa, J.R.P., Silva, J.H.S., Restle, J., Pascoal, L.L., Brondani, I.L., Alves Filho, D.C., Freitas, A.K. Avaliação do comportamento agrônomico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.). *Revista Brasileira de*

- Zootecnia*, v.33, n.2, p.302-312, 2004.
- Silva Freitas, L., Silva, J.H.S., Segabinazzi, L.R., Da Silva, V.S., Filho, D.C.A., Brondani, I.L. Substituição da silagem de milho por silagem de girassol na dieta de novilhos em confinamento: comportamento ingestivo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.1, p.225-232, 2010.
- Undersander, D.J., Howard, W.T., Shaver, R.D. Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a single term. *Journal of Production Agriculture*, v.6, n.2, p.231-235, 1993.
- Van Soest, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2<sup>nd</sup> ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. 1994.
- Van Soest, P.J., Roberttson, J.B., Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, p.3583-3597, 1991.
- Vaz, F.N., Restle, J., Arboitte, M.Z., Pascoal, L.L., Faturi, C., Joner, G. Fatores relacionados ao rendimento de carcaça de novilhos ou novilhas superjovens, terminados em pastagem cultivada. *Ciência Animal Brasileira*, v.11, n.1, p.53-61, 2010.
- Vaz, F.N., Restle, J., Pádua, J.T., Fonseca, C.A., Pascoal, L.L., Severo, M.M. Componentes não carcaça de bovinos nelore abatidos com diferentes pesos. *Ciência Animal Brasileira*, v.16, n.3, p.313-323, 2015.

---

---

## CAPÍTULO 4

---

---

Efeito do híbrido de milho (*Zea mays*, L.) sobre a estabilidade  
aeróbia da silagem



## RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a composição química de diferentes híbridos de milho e sua interferência na estabilidade aeróbia da silagem. Os híbridos utilizados foram o Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP (Syngenta®) sendo híbridos simples, triplo e duplo, respectivamente. A colheita da silagem ocorreu quando as plantas atingiram 35% de matéria seca, aproximadamente. A composição química e a estabilidade aeróbia foi avaliada 60 dias após a vedação dos silos. Amostras de um quilo foram colocadas em recipientes de polipropileno revestido com saco plástico e transferidos para câmara climática à temperatura de  $25 \pm 2$  °C, e as temperaturas das silagens foram medidas três vezes ao dia durante sete dias, com um termômetro inserido a 10 cm no centro da massa. A perda da estabilidade aeróbia foi definida como o tempo necessário para que a silagem apresentasse elevação de 2 °C em relação a temperatura ambiente. Dentro da composição química, apenas a fração A dos carboidratos não fibrosos, composta pelos açúcares solúveis e ácidos orgânicos, sofreu interferência dos tratamentos ( $P < 0,05$ ). O híbrido Maximus VIP3 foi superior ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais para produção de ácido acético, porém, não diferiu estatisticamente do híbrido Defender VIP na concentração de ácido láctico. Tempo significativamente mais longo foi necessário para que a temperatura da silagem de Maximus VIP3 aumentasse em 2 °C (125,3 horas), enquanto as outras silagens não diferiram entre si (53,3 e 45,3 horas para Defender VIP e Feroz VIP). O híbrido Maximus VIP3 apresentou alta concentração de açúcares e maior estabilidade aeróbia, sendo recomendado para produção de silagem por essas características.

**Palavras-chave:** ácidos orgânicos, composição nutricional, deterioração, pH, temperatura

## 1. Introdução

O uso de silagem deteriorada na alimentação de ruminantes pode resultar em diminuição do consumo de matéria seca e desempenho animal (Dolci et al., 2011), comprometendo a produção. Comumente, os indicadores da deterioração mais observados são o desenvolvimento de mofos, perda de matéria seca, aumento das concentrações de fibra e redução da digestibilidade dos nutrientes, além do aquecimento espontâneo, traduzido como quebra da estabilidade aeróbia.

Essa, por definição, é a resistência que a massa ensilada oferece a deterioração após ser exposta ao ar (Tres et al., 2014), e de acordo com Horst (2016), vários são os fatores que interferem nessa estabilidade e conseqüentemente na manutenção da qualidade da silagem, destacando-se a espécie forrageira, a concentração de microrganismos aeróbios e anaeróbios, bem como a concentração de ácidos orgânicos.

Os ácidos orgânicos produzidos, predominantemente o ácido láctico e o acético, são dependentes do gênero de bactérias epifíticas existentes na planta (Aoki et al., 2013), sendo que, a predominância de bactérias homofermentativas resultam em baixa estabilidade aeróbia da silagem, e aquelas ricas em bactérias heterofermentativas geram silagens relativamente estáveis (Holzer et al., 2003).

Outro fator de importância está relacionado à qualidade química da planta, principalmente às concentrações de carboidratos solúveis, através dos quais são produzidos esses ácidos orgânicos durante o processo inicial de fermentação, que contribuem para redução dos valores de pH da silagem (Santos et al., 2010).

No que se refere às características fermentativas, a cultura do milho pode ser considerada ideal, pois, apresenta altas concentrações de carboidratos solúveis e baixo poder tamponante (Bernardes et al., 2012). No entanto, Santos et al. (2013) relataram que a composição da comunidade microbológica da silagem afeta diretamente seus padrões fermentativos e sua estabilidade aeróbia, assim como Liu et al. (2012), que afirmaram que diferentes genótipos de milho apresentam diferentes microrganismos coexistentes nas plantas, e que a composição nutricional é a principal responsável por essa distinção.

Diversos estudos vêm sendo conduzidos para avaliar o potencial produtivo de diferentes genótipos de milho (Eymgdio et al., 2010), porém, essas pesquisas ainda são escassas no âmbito da produção de silagem. Dessa forma, esse estudo traz uma comparação entre diferentes genótipos de milho híbrido por métodos de análise da estabilidade aeróbia.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido nas instalações do Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), em Guarapuava, PR.

Os híbridos Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP (Syngenta®) sendo híbridos simples, triplo e duplo, respectivamente, foram implantados com densidade de 65 mil plantas ha<sup>-1</sup> sob recomendações de análise de solo (CQFS RS/SC, 2004). A colheita da lavoura ocorreu quando as plantas atingiram 35% de matéria seca, aproximadamente. Posteriormente, a forragem fresca foi acondicionada em tubos experimentais de PVC com 20 cm de diâmetro e 40 cm de altura, comprimidos para gerar compactação de 600 kg de matéria verde m<sup>-3</sup>.

Os silos foram armazenados em área coberta por um período de 60 dias, e após a abertura foi coletada uma amostra de 500g de cada tratamento, as quais foram pesadas e pré-secadas em estufa de ar forçado a 55 °C até peso constante para determinação do teor de matéria seca parcial conforme AOAC (1995) e em seguida, foram moídas em moinho tipo *Willey*, com peneira de malha de 1 mm.

Nas amostras moídas foram determinadas a matéria seca total (MS) em estufa a 105 °C, proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl, matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), conforme AOAC (1995). Também foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), utilizando-se  $\alpha$  amilase termo-estável (Termamyl 120L, Novozymes Latin América Ltda.) conforme Van Soest et al. (1991) e os teores de fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1970). O fracionamento dos carboidratos e a estimativa dos carboidratos não fibrosos foram obtidos através das recomendações de Sniffen et al. (1992).

Os teores de açúcares solúveis foram determinados conforme metodologia 974.06 da AOAC (1995), e os ácidos orgânicos segundo Silva e Queiroz (2009). A determinação da concentração de amido foi realizada por meio de kit enzimático em laboratório comercial (3rLab®). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos a partir da equação de Bolsen et al. (1992). Para a determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foi utilizado a metodologia descrita por Bolsen et al. (1992).

A estabilidade aeróbia foi avaliada 60 dias após a vedação dos silos. Amostras de um quilo foram colocadas em recipientes de polipropileno revestido com saco plástico e transferidos para câmara climática à temperatura de 25 ± 2 °C. As temperaturas das silagens foram medidas três vezes ao dia durante sete dias, com um termômetro inserido

a 10 cm no centro da massa. A perda da estabilidade aeróbia foi definida como o tempo necessário para que a silagem apresentasse elevação de 2 °C em relação a temperatura ambiente (Taylor e Kung Jr., 2002). Também como medida física, foi avaliada a perda de matéria seca em aerobiose ao final dos sete dias.

Outro conjunto de recipientes com um quilo de silagem foram levados a câmara climática com o objetivo de determinar as alterações de pH conforme Silva e Queiroz (2009), com medições a cada oito horas.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Aplicou-se o teste F a 5% de probabilidade de confiança através da Análise de Variância (ANOVA) e em seguida o teste Tukey de comparação de múltiplas médias a 5% de significância. Para os dados de pH da estabilidade aeróbia também foi realizada análise de regressão polinomial em função do tempo de exposição através do procedimento *Regression* (PROC REG) do programa estatístico SAS (1993).

### 3. Resultados e Discussão

A metodologia empregada na escolha do momento de colheita favoreceu para que os teores de matéria seca entre os tratamentos fossem semelhantes, o que segundo Rabelo et al. (2014), é ideal para que não haja interferência de diferentes pressões osmóticas. A partir disso, notou-se que as silagens estabilizaram seu processo fermentativo com valores de pH muito próximos.

Na tabela 17 são mostrados os valores da composição química e os produtos da fermentação das silagens dos diferentes híbridos de milho. Na média geral, os dados apresentaram valores semelhantes aos descritos por Tres et al. (2014), os quais destacaram o alto potencial produtivo de híbridos simples em comparação a duplos e triplos, porém, sem que houvesse diferenças significativas na composição química. Emygdio et al. (2010) destacaram o fato da superioridade na produção de grãos dos híbridos simples, o que pode explicar os valores de amido encontrados no presente estudo ( $P = 0,0620$ ), sendo 37,27% para o híbrido Maximus, contra 34,33% e 34,09% para os híbridos Defender e Feroz, respectivamente.

Dentro da composição química, apenas a fração A dos carboidratos, composta pelos açúcares solúveis e ácidos orgânicos, sofreu interferência dos tratamentos ( $P < 0,05$ ). Após a vedação do silo, bactérias ácido lácticas consomem preferencialmente glicose e frutose, convertendo-os em ácidos orgânicos, e quanto maior a concentração desses açúcares, maior tende a ser a produção de ácido láctico e acético (Bernardes et al., 2012).

Essa afirmação é comprovada ao verificar que o híbrido Maximus apresentou o maior valor de açúcares solúveis e, conseqüentemente, maior valor de ácidos orgânicos (4,55% e 6,25%, respectivamente).

Tabela 17. Efeito do híbrido de milho sobre a composição química e a qualidade fermentativa da silagem

		Maximus	Defender	Feroz
<b>Composição química, % na MS</b>				
Matéria seca		34,30	34,07	34,27
Cinzas		3,01	2,51	2,58
Proteína bruta		9,14	8,75	8,98
Lipídeos		3,44	2,90	3,12
FDN		43,71	49,07	45,54
FDA		26,54	29,23	25,85
LDA		4,97	5,12	4,94
Carboidratos totais		81,66	85,21	84,54
Carboidratos não fibrosos		46,03	41,96	40,03
Fração A	Açúcares solúveis	4,55 <sup>a</sup>	4,05 <sup>b</sup>	3,93 <sup>b</sup>
	Ácidos orgânicos	6,25 <sup>a</sup>	5,06 <sup>b</sup>	4,61 <sup>b</sup>
Fração B1	Fibra solúvel	3,67	4,97	5,16
	Amido	37,27	34,33	34,09
Fração B2	Hemicelulose	17,17	19,84	19,69
	Celulose	21,57	24,10	20,91
Fração C		11,93	12,29	11,86
<b>Produtos da fermentação, % na MS</b>				
pH		3,90	3,97	3,96
Ácido láctico		3,03 <sup>a</sup>	3,23 <sup>a</sup>	2,80 <sup>b</sup>
Ácido acético		3,22 <sup>a</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,84 <sup>b</sup>
Ácido butírico		ND	ND	0,01
N-NH <sub>3</sub>		14,33	13,14	13,57

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

ND: Não detectado

O híbrido Maximus foi superior ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais para produção de ácido acético, porém, não diferiu estatisticamente do híbrido Defender na concentração de ácido láctico, o que segundo Liu et al. (2012), pode ser decorrente do perfil da microbiota epifítica de cada material. Nishino et al. (2012) afirmaram que o padrão da comunidade microbiana da silagem também proporcionam relações diferentes de ácidos. O valor de ácido acético constatado para esse híbrido se assemelha

aos achados por Szucs et al. (2012) em silagens inoculadas com *Lactobacillus buchneri* ( $3 \times 10^5$  ufc g de MV<sup>-1</sup>), e os demais tratamentos se aproximam do encontrado pelos mesmos autores em seu tratamento controle. A produção de ácido acético torna-se tão dependente dos substratos disponíveis em cada planta que Schmidt e Kung Jr. (2010) encontraram variações tais quais as nossas entre híbridos e locais de cultivo mesmo com inoculação de *L. buchneri*.

Ainda que não apresentado, obteve-se relação ácido láctico: acético de 0,94; 1,77 e 1,52 para as silagens de Maximus, Defender e Feroz, respectivamente. Esses resultados propõem que não só maiores concentrações de ácido acético, mas, menores relações ácido láctico: acético podem estar relacionados a maior estabilidade aeróbia da silagem (Tabela 18, Figura 11). Com o conteúdo de ácido acético reportado para a silagem do híbrido Maximus estando acima do descrito em muitos estudos para silagens não inoculadas (Szucs et al., 2012; Santos et al., 2010), supúnhamos que essa alta concentração poderia promover tempo de estabilidade aeróbia ainda maior que a obtida, como proposto por Schmidt e Kung Jr. (2010).

A Tabela 18 resume os parâmetros relacionados à estabilidade aeróbia das silagens de milho. Tempo significativamente mais longo foi necessário para que a temperatura da silagem de Maximus aumentasse em 2 °C (125,3 horas), valor semelhante ao descrito por Szucs et al. (2012). As outras silagens não diferiram entre si (53,3 e 45,3 horas para Defender e Feroz). Schmidt e Kung Jr. (2010) também encontraram maiores estabilidades aeróbias em silagens com as mais elevadas concentrações de ácido acético. Entre diferentes híbridos e locais de cultivo, os autores encontraram tempo médio de 136 horas para elevação de 2°C da silagem acima da temperatura ambiente. No entanto, em silagens não inoculadas, eles descreveram tempo para perda da estabilidade aeróbia variando entre 34 e 60 horas.

O tempo para alcançar a máxima temperatura registrada durante o teste de estabilidade aeróbia também foi superior para a silagem do híbrido Maximus (128 horas). As longas estabilidades aeróbias destacadas aqui podem não ocorrer em condições de campo devido as contaminações inevitáveis do ambiente. Tais testes em condições de laboratório podem não fornecer valores exatos de estabilidade aeróbia a nível de campo, mas é um procedimento que permite comparar diferentes tratamentos em um ambiente controlado e fazer inferências sobre o comportamento em condições reais de produção.

Tabela 18. Estabilidades aeróbia, pH e perda de matéria seca da silagem dos diferentes híbridos de milho (n=3)

Parâmetro	Híbrido			P
	Maximus	Defender	Feroz	
Estabilidade aeróbia, horas	125,3 <sup>a</sup>	53,3 <sup>b</sup>	45,3 <sup>b</sup>	<0,0001
Tempo para máxima temperatura, horas	128 <sup>a</sup>	88 <sup>b</sup>	80 <sup>b</sup>	0,0510
pH após teste da estabilidade	5,1 <sup>b</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,1 <sup>a</sup>	0,0034
Perda de matéria seca em aerobiose, %	13,98	14,81	15,66	0,0923

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

Os valores de pH após o teste de estabilidade aeróbia, que teve duração de 168 horas, foram diferentes ( $P < 0,05$ ), e as silagens com perda de estabilidade mais rápida apresentaram os maiores valores de pH (7,0 e 7,1 para Defender e Feroz). Valores semelhantes foram descritos por Rabelo et al. (2012). Contudo, Balieiro Neto et al. (2009) verificaram valores médios de pH superiores em silagem de cana-de-açúcar, aproximadamente 8,3 após 168 horas de exposição ao oxigênio, provavelmente resultado das diferentes características dos materiais estudados pelos autores.

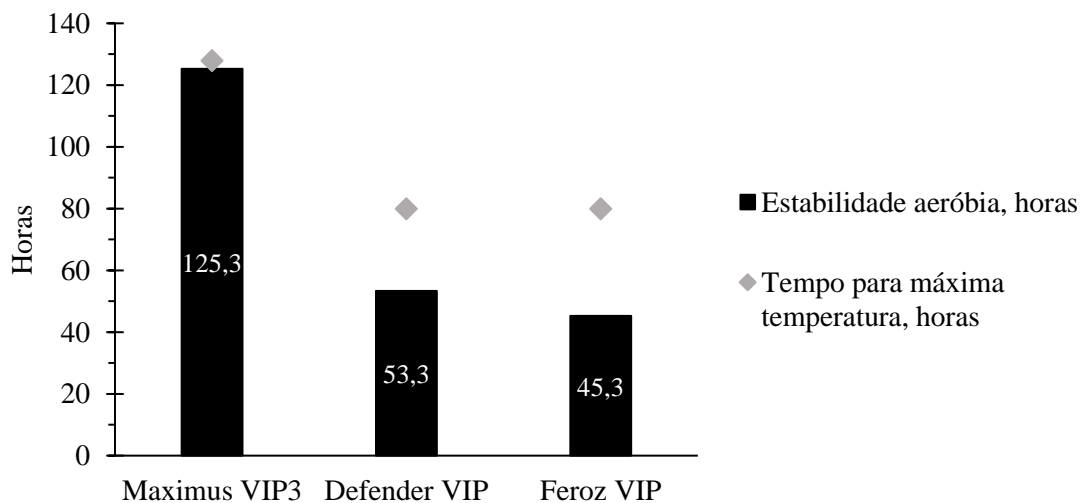


Figura 11. Estabilidade aeróbia da silagem dos diferentes híbridos de milho

Esses resultados permitem inferir que silagens com boa estabilidade aeróbia não necessariamente são decorrentes de silagens que apresentam um perfil fermentativo mais adequado. Conforme critérios sugeridos por Tomich et al., (2003) em citação de Santos et al., (2010), a silagem do híbrido Maximus fora classificada como boa (85), enquanto que as silagens dos híbridos Defender e Feroz se enquadram como excelentes (90), isso

porque os autores levam em consideração apenas os efeitos maléficos do ácido acético, como por exemplo, sua correlação com as perdas de matéria seca e energia.

A figura 12 mostra o comportamento dos valores de pH das silagens no decorrer do teste de estabilidade aeróbia. A silagem de Maximus, que foi a de maior estabilidade aeróbia, apresentou menor acréscimo de valores de pH com avanço das horas ( $0,0009$  pontos de pH hora<sup>-1</sup>), enquanto as silagens dos híbridos Defender e Feroz cresceram  $0,0249$  e  $0,0263$  pontos de pH hora<sup>-1</sup>, respectivamente.

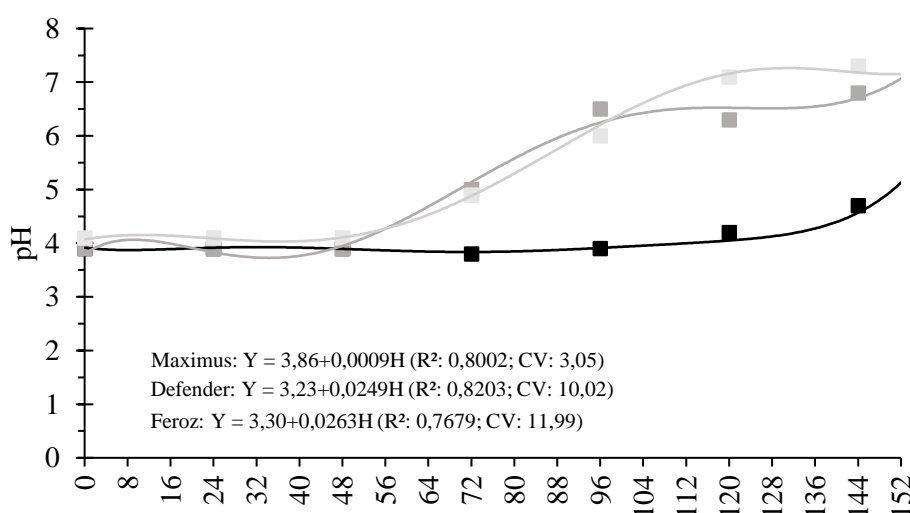


Figura 12. Comportamento dos valores de pH no decorrer do teste de estabilidade aeróbia das silagens dos híbridos Maximus VIP3 (preto), Defender VIP (grafite) e Feroz VIP (cinza)

É possível observar que as curvas de pH, de todos os tratamentos, iniciam seus avanços em momentos próximos aos registrados da perda de estabilidade por temperatura. Comportamento parecido pode ser observado no trabalho de Silva et al. (2016) com silagem de grão úmido, indicando que o pH deve ser levado em consideração como complementação das avaliações da estabilidade aeróbia por elevação da temperatura. Em meta-análise, Kleinschmit e L. Kung, Jr. (2006) observaram que silagens não inoculadas, como as deste estudo, obtiveram menores valores de pH do que aquelas aditivadas com espécies de bactérias para melhorar a estabilidade aeróbia. Além disso, os autores constaram haver maior perda de matéria seca decorrentes da ação dos inoculantes quando comparada com silagens contendo população de bactérias lácticas semelhantes às descritas em silagens não inoculadas (Ranjit e Kung Jr., 2000). Ou seja, boas silagens de milho podem ser produzidas sem uso obrigatório de inoculantes comerciais, desde que todas as

etapas da confecção sigam rigorosamente um manejo adequado.

#### 4. Conclusão

A variação do híbrido de milho e o genótipo pode afetar a composição química da silagem, o perfil fermentativo e também a estabilidade aeróbia. O híbrido Maximus VIP3 possibilita a produção de silagem com alta estabilidade aeróbia.

#### 5. Referências

- Aoki, Y., Oshita, T., Namekawa, H., Nemoto, E., Aoki, M. Effect of cutting height on the chemical composition, nutritional value and yield, fermentative quality and aerobic stability of corn silage and relationship with plant maturity at harvest. *Grassland Science*, v.59, n.4, p.211-220, 2013.
- AOAC. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 2000p, 1995.
- Balieiro Neto, G., Junior, E.F., Nogueira, J.R., Possenti, R., Paulino, V.T., Sartori, M.B. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar aditivadas com cal virgem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.10, n.1, p.24-33, 2009.
- Bernardes, T.F., Nussio, L.G., Amaral, R.C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. *Grass and Forage Science*, v.67, n.1, p.34-42, 2012.
- Bolsen, K.K., Lin, C., Brent, B.E., Feyerherm, A.M., Urban, J.E., Aimutis, W.R. Effect of Silage Additives on Microbial Succession and Fermentation Process of Alfalfa and Corn Silages. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.
- Dolci, P., Tabacco, E., Cocolin, L., Borreani, G. Microbial dynamics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films. *Applied and Environmental Microbiology*, v.77, n.21, p.7499-7507, 2011.
- Emygdio, B.M., Ignaczak, J.C., Cargnelutti Filho, A. Potencial de rendimento de grãos de híbridos comerciais simples, triplos e duplos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, n.1, p.95-103, 2010.
- Goering, H.K., Van Soest, P.J. (1970). Forage fiber analysis: apparatus reagents, procedures and some applications. [s.n.], Agricultural Handbook, p.379.
- Holzer, M., Mayrhuber, E., Danner, H. Braun, R. The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. *Trends in Biotechnology*, v.21, n.6, p.282-287, 2003.

- Kleinschmit, D.H., Kung Jr., L. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal of Dairy Science*, v.89, n.10, p.4005-4013, 2006.
- Liu, Y., Zuo, S., Xu, L., Zou, Y., Song, W. Study on diversity of endophytic bacterial communities in seeds of hybrid maize and their parental lines. *Archives of Microbiology*, v.194, n.12, p.1001-1012, 2012.
- Nishino, N., Li, Y., Wang, C., Parvin, S. Effects of wilting and molasses addition on fermentation and bacterial community in guinea grass silage. *Letters in Applied Microbiology*, v.54, n.3, p.175-181, 2012.
- Rabelo, C.H.S., de Rezende, A.V., Rabelo, F.H.S., Nogueira, D.A., Senedese, S.S., de Figueiredo Vieira, P., Carvalho, A. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estágios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade *in vitro*. *Ciência Rural*, v.44, n.2, p.368-373, 2014.
- Rabelo, C.H.S., Rezende, A.V.D., Nogueira, D.A., Rabelo, F.H.S., Senedese, S.S., Vieira, P.D.F., Carvalho, A. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estágios de maturidade. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.13, n.3, p.656-668, 2012.
- Ranjit, N.K., Kung Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v.83, n.3, p.526-535, 2000.
- Santos, A.O., Ávila, C.L.S., Schwan, R.F. Selection of tropical lactic acid bacteria for enhancing the quality of maize silage. *Journal of Dairy Science*, v.96, n.12, p.7777-7789, 2013.
- Santos, R.D., Pereira, L.G.R., Neves, A.L.A., Araujo, G.G.L., Voltolini, T.V., Brandão, L.G.N., Dórea, J.R.R. Características de fermentação da silagem de seis variedades de milho indicadas para a região semiárida brasileira. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.6, p.1423-1429, 2010.
- Schmidt, R.J., Kung Jr., L. The effects of *Lactobacillus buchneri* with or without a homolactic bacterium on the fermentation and aerobic stability of corn silages made at different locations. *Journal of Dairy Science*, v.93, n.4, p.1616-1624, 2010.
- Silva, C.M., Amaral, P.N.C., Baggio, R.A., Tubin, J.S.B., Conte, R.A., Pivo, J.C.D.,

- Krahl, G., Zampar, A., Paiano, D. Estabilidade de silagens de grãos úmidos de milho e milho reidratado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.17, n.3, p.331-343, 2016.
- Silva, D.J., Queiroz, A.C. Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos. 3ª reimpressão. Universidade Federal de Viçosa, 235p. 2009.
- Sniffen, C.J., O'connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- Szucs, J.P., Suli, A., Meszaros, A., Bodnar, E.S., Avasi, Z. Use of Biological Additives with Grass Containing Medium and High Levels of WSC for Effective Conservation and Aerobic Stability. *Animal Science and Biotechnologies*, v.45, n.1, p.96-100, 2012.
- Taylor, C.C., Kung Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* on fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. *Journal of Dairy Science*, v.85, n.6, p.126-1532, 2002.
- Tres, T., Jobim, C.C., Pinto, B.R.J., Souza Neto, I.L., Scapim, C.A., Silva, J.M.S. Composição nutricional e digestibilidade *in vitro* de genótipos de milho produzidos em dois anos agrícolas. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, n.6, p.3249-3261, 2014a.
- Tres, T.T., Jobim, C.C., Rossi, R.M., Silva, M.S.D., Poppi, E.C. Silagem de grãos de milho, com adição de soja: estabilidade aeróbia e desempenho de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.15, n.1, p.248-260, 2014b.
- Van Soest, P.V., Robertson, J.B., Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to nutrition animal. *Journal of Dairy Science*, v.74, p.3583-3597, 1991.

---

---

## CAPÍTULO 5

---

---

Efeitos do híbrido e do estágio de maturação na degradação  
ruminal e no valor nutritivo do milho para silagem



## RESUMO

Objetivamos avaliar três híbridos de milho colhidos em diferentes estágios de maturação e os efeitos na cinética de fermentação ruminal, produção de ácidos graxos voláteis, amônia e metano, a digestibilidade das frações da planta, bem como a composição química e a degradabilidade da silagem resultante. As análises referentes a planta inteira e grãos foram derivadas de amostras delineadas em blocos ao acaso num esquema fatorial 3×3, sendo três híbridos e três estágios fenológicos (R3, R4 e R5), enquanto que as amostras de silagem foram derivadas da colheita dos mesmos três híbridos em estágio de grão duro (R5). A digestibilidade dos grãos não mostrou diferença entre os híbridos, porém houve um comportamento decrescente dos valores conforme avanço do estágio de maturação ( $P<0.05$ ), enquanto a digestibilidade da planta inteira mostrou comportamento ascendente com o avanço da maturação nos três híbridos avaliados ( $P<0.05$ ). Em todos os estágios de maturação a produção de gás assintótica dos grãos foi superior no híbrido Maximus VIP3 ( $P<0.05$ ). A produção de gás da planta inteira em 24 horas de incubação foi maior para o híbrido Maximus VIP3 ( $P<0.05$ ), que apresentou valores de 187.9; 196.0 e 207.2 ml g de MS<sup>-1</sup> nos estágios de R3, R4 e R5, respectivamente. Em todos os híbridos, a energia líquida foi ascendente com o avanço da maturação, com destaque para o híbrido Maximus VIP3 em estágio R5 (1.494 Mcal kg<sup>-1</sup>). Na cinética de degradação da ruminal da silagem, o híbrido Maximus VIP3 apresentou maior fração “a” da matéria seca, e também maior degradabilidade potencial da FDN. Conforme as análises *in vitro*, o híbrido Maximus VIP3 apresentou-se como o mais indicado para produção de silagem quando colhido em estágio mais avançado de maturação, qualidade confirmada pela superioridade apresentada na cinética de degradação ruminal da silagem resultante.

**Palavras-chave:** digestibilidade *in vitro*, cinética de fermentação, metano, Milk2006, rúmen

## 1. Introdução

A silagem de milho é um componente chave na dieta de ruminantes devido ao seu rendimento e conteúdo energético (Khan et al., 2014), e talvez por isso durante anos a produção de matéria seca e a quantidade de grãos presentes na planta foram considerados como os principais indicadores na seleção de híbridos. No entanto, estudos recentes vêm relacionando diversos outros atributos com a qualidade nutricional da silagem, com destaque ao aproveitamento da fração vegetativa da planta (Kruse et al., 2008; Souza Filho et al., 2011). Di Marco et al. (2002) enfatizaram que sob condições climáticas desfavoráveis p. ex, a digestibilidade da silagem pode ser melhor correlacionada com a digestibilidade da parede celular do que com o conteúdo de amido.

O estágio de maturação na colheita é outro fator que provoca questionamentos, sendo considerado por alguns autores o fator isolado que mais impacta a digestibilidade da silagem (Di Marco et al. 2002). Em revisão, Khan et al. (2014) destacaram alta variabilidade entre estágios de colheita nos trabalhos abordados e as correlacionaram com alterações na composição química da silagem, apontando fundamentalmente para o fato de que a colheita antecipada acarreta em menor teor energético da silagem pela baixa deposição de amido, além de perdas por efluente (Opsit et al., 2013). Por outro lado, o avanço da maturação provoca incremento de amido nos grãos, mas também substituição de alguns compostos nitrogenados por lignina, sabendo que tanto a concentração, como a degradabilidade e a composição da fibra podem limitar a capacidade de digestão (Jensen et al., 2005) e afetar a produção de metano pelo animal.

Inúmeros fatores afetam a degradabilidade ruminal e os produtos decorrentes dela (ácidos graxos voláteis, amônia e metano p. ex.). As técnicas *in vitro* e *in situ* são úteis para o estudo desses processos de fermentação sob condições controladas, onde substratos são incubados em culturas de microrganismos ruminais mistos e os produtos finais da fermentação acumulados no meio do processo podem ser mensurados após um determinado tempo (Rahman et al. 2013). Tais métodos laboratoriais são fundamentais para providenciar informações e obter predições acuradas sobre a qualidade da forragem de forma rápida e em larga escala.

Os híbridos avaliados no presente estudo são considerados materiais próprios para produção de silagem, porém dados acerca desses materiais ainda são escassos. Nosso objetivo foi comparar três híbridos de milho colhidos em diferentes estágios de maturação sobre a cinética de fermentação ruminal, produção de ácidos graxos voláteis, amônia e metano, a digestibilidade das frações da planta, bem como a composição química e a

degradabilidade da silagem.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Implantação e condução da área experimental

O plantio do milho (*Zea mays*, L.) foi realizado nas instalações do Núcleo de Produção Animal do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) em Guarapuava, Paraná, Brasil, sob coordenadas geográficas 25°23'36" de latitude sul, 51°27'19" de longitude oeste, e 1,120 m de altitude. O clima da região é o temperado de altitude - Cfb (subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado conforme a classificação de Köppen. Na figura 13 estão expressos os dados climáticos, em decêndios, durante o período experimental.

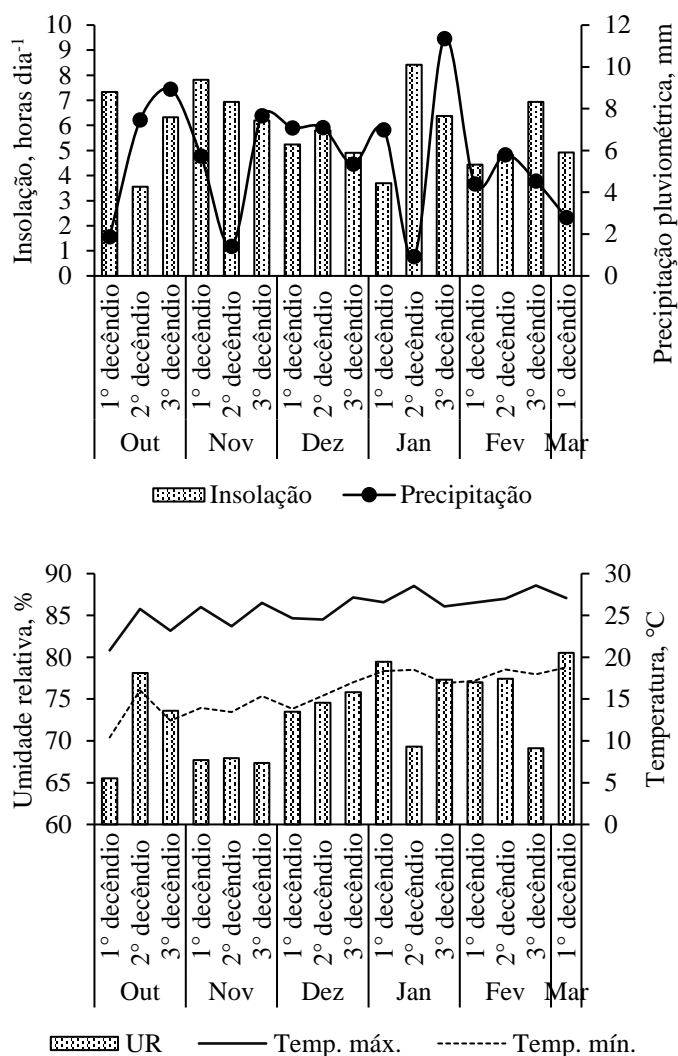


Figura 13. Médias de insolação, precipitação pluviométrica, temperatura máxima e

mínima, e umidade relativa do ar em decênios, ocorridas no período de cultivo do milho

Fonte: Estação experimental do SIMEPAR/UNICENTRO, Guarapuava – PR

As lavouras foram implantadas na primeira quinzena de outubro, em sistema de plantio direto. Na semeadura utilizou-se espaçamento entre linhas de 0,5 m, profundidade de semeadura aproximada de 0,04 m e distribuição de sementes por metro linear visando densidades finais de 65 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de base foi constituída de 500 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante 08-20-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), e em cobertura utilizou-se 180 kg de N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia (45% de N) entre os estágios de V4 e V6, quatro e seis folhas totalmente expandidas, respectivamente.

As lavouras foram conduzidas mediante recomendações técnicas para a cultura. Os diferentes híbridos foram avaliadas e colhidos nas fases reprodutivas de grão pastoso, R3 (entre 10 a 15 de Janeiro – 110 a 115 DAP); grão farináceo, R4 (entre 20 a 30 de Janeiro – 120 e 130 DAP); e grão duro, R5 (10 a 25 de Fevereiro – 140 a 155 DAP), com datas diferentes para cada híbrido.

## 2.2 *Experimento 1*

### 2.2.1 *Material e delineamento experimental*

Foram utilizados três híbridos de milho com aptidão para produção de silagem: Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP (Syngenta Crop Protections, Basel, Suíça), sendo híbridos simples, triplo e duplo, respectivamente. Para simplificar, o termo VIP foi omitido e apenas o nome principal de cada híbrido foi usado. O delineamento empregado foi de blocos ao acaso num esquema fatorial 3×3 (três híbridos e três estágios fenológicos), com três repetições (blocos) cada. Cada repetição foi analisada duas vezes, aceitando-se um coeficiente de variação de até 5% entre as duplicatas, e ao final, a média foi utilizadas como valor estatístico.

### 2.2.2 *Incubações in vitro*

As análises laboratoriais foram realizadas no Departamento de Produção Animal da Universidad de León (ULE), e no Instituto de Ganadería de Montaña (IGM) pertencente ao Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), em León, Castilla e León, Espanha.

A digestibilidade da matéria seca (DIVMS) da planta inteira e dos grãos foram obtidas através de duas metodologias, primeiro adotando o proposto por Van Soest et al.

(1966), e segundo adotando as técnicas descritas por Tilley e Terry (1963) e modificada por Holden (1999).

Para a colheita do líquido ruminal foram utilizadas três ovelhas adultas portadoras de fístula ruminal permanente. Os animais eram mantidos em baia coletiva com acesso a água e feno de alfafa *ad libitum*.

Para a determinação da DIVMS pela técnica de Van Soest et al. (1966), as amostras foram moídas previamente a 1 mm, e pesou-se em duplicatas 0,5 g em sacos de filtro de poliéster com dimensões de 4,5 × 5,5 cm e malha de 30 µm (F57 - ANKOM®), os quais foram lacrados a quente e colocados em jarro específico em incubador DAISY II (Ankom Technology Corp., Fairport, NY, USA). Cada jarro acomodou 27 sacos, incluindo um branco e uma amostra de feno de alfafa de valor conhecido.

Em cada jarro adicionou-se 1.6 L de meio de cultivo (380 ml de solução *buffer*<sup>1</sup>, 80 ml de solução redutora<sup>2</sup>, 380 ml de solução de macro minerais<sup>3</sup>, 1,92 ml de solução de micro minerais, 1,92 ml de resazurina e 756 ml de água) pH final de 6.8 a 39°C. Após a redução do meio, foram adicionados 400 ml do líquido ruminal filtrado, purgando CO<sub>2</sub> constantemente. Os jarros foram levados a incubadora e mantidos por 24 horas a 39.5 ± 0,5°C sob rotação intermitente. Após a incubação os sacos foram retirados e lavados em água corrente para que em seguida fossem destinados a lavagem com detergente neutro como proposto por Van Soest et al. (1991), secados em estufa de ventilação forçada a 55°C por 48 horas e pesados em seguida.

Para a determinação da DIVMS pela técnica de Tilley e Terry (1963) modificada, adotou-se os mesmos procedimentos descritos anteriormente até o final das 24 horas de incubação. Após essa etapa, o conteúdo dos jarros foi drenado e adicionou-se 2 L de solução de pepsina ácida<sup>4</sup> a cada jarro, devolvendo-os a incubadora por mais 24 horas. Transcorrido esse tempo, os sacos foram retirados e lavados em água corrente, secados em estufa de ventilação forçada a 55°C por 48 horas e pesados em seguida.

### 2.2.3 Cinética de produção de gás

A produção de gás *in vitro* foi realizada utilizando um transdutor de pressão (DeltaOhm, Caselle di Selvazzano, Itália) como descrito por Theodorou et al. (1994), em

---

<sup>1</sup> Solução *buffer* (por L): 35 g de NaHCO<sub>3</sub> + 4 g de NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>

<sup>2</sup> Solução redutora (por L): 6,25 g de Na<sub>2</sub>S + 6,25 g cisteína-HCl + 40 ml de NaOH 1N

<sup>3</sup> Solução macromineral (por L): 5,7 g de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> + 6,2 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 0,6 g de MgSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O

<sup>4</sup> Solução de pepsina ácida (por L): 2 g de pepsina (1:10000) + 8,35 ml de HCl 37%

que 0.5 g de amostra, em duplicata, foi incubada em frascos com capacidade para 120 ml, porém contendo 50 ml de inóculo (40 ml de meio de cultivo + 10 ml de líquido ruminal). Frascos contendo somente inóculo foram usados para correção. Depois de preenchidos, os frascos foram selados com rolhas de borracha e selos de alumínio, agitados e colocado em incubadora (Shel Lab, Sheldon Manufacturing, Inc., Cornelius, Oregon, EUA) a 39°C. A pressão do gás foi medida manualmente no espaço livre através da inserção de agulha conectada a um transdutor de pressão nos tempos: 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 30; 36; 48; 60; 72; 96; e 144 horas. O volume de gás produzido foi estimado através dos valores de pressão como proposto por López et al. (2007).

Afim de avaliar os parâmetros da cinética de fermentação, o modelo exponencial proposto por France et al. (2000) foi ajustado aos perfis de produção de gás:

$$[1]G = A[1 - e^{-c(t-L)}]$$

onde,

G = Produção de gás acumulativa no tempo “t” (ml g de MS<sup>-1</sup>);

A = Produção de gás assintótica (ml g de MS<sup>-1</sup>);

c = Taxa fracionária de fermentação (horas);

t = Tempo (horas);

L = Lag time (horas).

O volume de gás (ml g de MS<sup>-1</sup>) produzido após 24 horas de incubação (G24) foi utilizado como índice de digestibilidade e valor energético, conforme sugerido por Menke & Steingass (1988). A extensão da degradação (DE) no rúmen foi estimada usando a equação sugerida por France et al. (2000):

$$[2]DE = \frac{c \times D144}{c + k} e^{-kL}$$

onde:

D144 = Desaparecimento da MS após 144 horas de incubação;

k = Taxa de passagem de 0,03 h<sup>-1</sup>;

e outras variáveis já definidas na equação [1].

O valor energético e a digestibilidade da matéria orgânica foram calculados a partir da produção de gás após 24 horas de incubação com análises complementares de proteína bruta e matéria mineral, conforme sugerido por Menke & Steingass (1988).

$$[3]EM = 2.2 + 0.136 \times G24 + 0.057 \times PB + 0.029 \times PB^2$$

$$[4]DMO = 14.88 + 0.889 \times G24 + 0.45 \times PB + 0.0651 \times MM$$

onde:

EM = Energia metabolizável;

G24 = Produção de gás após 24 horas de incubação (ml 200 mg de MS<sup>-1</sup>);

PB = Proteína bruta (% na MS);

DMO = Digestibilidade da matéria orgânica;

MM = Matéria mineral (% na MS).

Seguindo os mesmos métodos, foi realizada uma outra incubação em tempo único de 24 horas para as plantas e 16 horas para os grãos. Após a incubação o gás produzido foi medido com auxílio de uma agulha estéril e seringa de 100 mL, do qual 10 ml desse gás presente no espaço livre do frasco foi coletado e logo transferido a tubos Vacutainer<sup>®</sup> (BD Diagnostics, Franklin Lakes, Nova Jersey, EUA). Imediatamente após a abertura dos frascos, alíquotas de 5 ml foram coletadas em tubos contendo 100 µl de ácido sulfúrico 20% para sessar a fermentação. Posteriormente os tubos foram centrifugados a 4.000 × g durante 10 minutos e coletou-se alíquotas de 1 ml do sobrenadante em tubos Eppendorf<sup>®</sup> (Eppendorf Company, Hamburgo, Alemanha) que foram congelados a -20°C para posterior análise de N-NH<sub>3</sub>. Alíquotas de 0,8 ml também foram transferidas a tubos Eppendorf<sup>®</sup> e adicionadas com 0,5 ml de solução acidificantes e desproteinizante [ácido metafosfórico (1%) e ácido crotônico (0,2%) em ácido clorídrico 0,5 M] e congeladas a -20°C para análise de AGV.

#### 2.2.4 Ácidos graxos voláteis (AGV)

Primeiramente as amostras foram descongeladas a 4°C e centrifugadas a 13.000 × g durante 15 minutos à 4°C. O sobrenadante foi transferido para viales de 12 × 32 mm com capacidade para 2 ml e tampa de rosca.

Foram determinadas as concentrações dos ácidos valérico, isovalérico, butírico, isobutírico, propiônico e acético mediante cromatografia gasosa em um cromatógrafo Shimadzu GC 2010 (Shimadzu Corp., Kyoto, Japão) equipado com um injetor automático, um detector de ionização de chama e uma coluna semicapilar TR-FFAP de 30 m × 0.53 mm × 1 µm (Supelco S/A., Barcelona, Catalunha, Espanha).

#### 2.2.5 Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)

A concentração de N-NH<sub>3</sub> foi determinada por método colorimétrico conforme

descrito por Weatherburn (1967). As amostras foram descongeladas a 4°C e centrifugadas a  $13.000 \times g$  durante 15 minutos à 4°C. Uma alíquota de 1 ml da amostra foi adicionada com 5 ml de uma solução de fenol e nitroprusiato sódico, e 4 ml de uma solução de hipoclorito sódico e hidróxido sódico, e em seguida introduzida em banho a 39°C durante 15 min. Transcorrido este tempo se leu a absorvância em um espectrofotômetro a uma longitude de onda de 625 nm. Para ajuste dos cálculos, uma reta padrão foi feita com os dados de uma solução de sulfato amônio 50 mM.

### 2.2.6 *Metano (CH<sub>4</sub>)*

A concentração de CH<sub>4</sub> presente no gás de fermentação foi determinada por cromatografia gasosa através de um cromatógrafo Shimadzu GC-14B (Shimadzu Corp., Kyoto, Japão) equipado com um detector de ionização de chama e uma coluna Carboxen TM 1000 (45/60, 2 m  $\times$  1/8 in.) (Sigma-Aldrich, Madrid, Espanha). As temperaturas foram de 170°C, 200°C e 200°C na coluna, injetor e detector, respectivamente, e o fluxo de gás de arraste (He) foi de 24 ml min<sup>-1</sup>. Cada amostra de gás (500  $\mu$ L) foi injetada manualmente usando seringas Pressure-Lok<sup>®</sup> A-2 (BGB Analytik, Rheinfelden, Alemanha), e o teor de metano foi calculado por calibração externa, usando uma mistura de gases certificados com 10% de CH<sub>4</sub>, 5% de H<sub>2</sub>, 25% de N<sub>2</sub> e 60% de CO<sub>2</sub> (Carbuos metálicos, S/A., Barcelona, Catalunha, Espanha).

## 2.3 *Experimento 2*

### 2.3.1 *Material e delineamento experimental*

Foram utilizados os mesmos híbridos de milho já descritos, blocados ao acaso, com três repetições (blocos) cada. Após a colheita das plantas em estágio de grão duro (R5) elas foram picadas em forrageiro estacionário PN Plus 2000 (NB Máquinas Ltda., Itapira, São Paulo, Brasil), acomodadas em silos de PVC para proporcionar densidade específica de 600 kg de MV m<sup>-3</sup>, os quais foram vedados e armazenados por 180 dias.

Após a abertura foi coletada uma amostra de 500 g de cada tratamento, as quais foram pesadas e pré-secadas em estufa de ar forçado a 55°C até peso constante para determinação do teor de matéria seca (MS), conforme AOAC (1995) e após, foram moídas em moinho tipo *Wiley*, com peneira de malha de 1 mm.

### 2.3.2 *Degradabilidade da matéria seca e da FDN*

A degradabilidade ruminal da matéria seca e da FDN da silagem resultante da

colheita dos diferentes híbridos de milho em estágio de grão duro foi estimada pela técnica *in situ*. Para coleta de líquido ruminal foram utilizados dois bovinos adultos portadores de cânula ruminal permanente que se mantinham alocados em baias individuais com acesso a água potável e silagem de milho *ad libitum*. Aproximadamente 5 g de cada amostra, secas e moídas a 1 mm, foram pesadas e acomodadas em sacos de náilon medindo 12 × 8 cm e com poros de 50 µm para posterior incubação no rúmen (Nocek, 1988). Os tempos de incubação adotados foram: 0h; 2h; 4h; 6h; 12h; 24h; 36h; 48h; 72h e 96 horas.

Após a retirada das amostras elas foram lavadas em água com gelo e levadas a estufa de ventilação forçada a 55°C por 48 horas. Em seguida registrou-se o peso e calculou-se a fração degradada da matéria seca. Através do resíduo foi determinada a fibra em detergente neutro segundo Van Soest et al. (1991).

Os resultados obtidos do desaparecimento da matéria seca e da FDN nos diferentes tempos de incubação foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de Gauss-Newton, sendo os parâmetros não lineares  $a$ ,  $b$  e  $c$  estimados. Por ser um modelo de crescimento assintótico de primeira ordem, que foi reparametrizado subdividindo o valor da assíntota em duas frações,  $a$  e  $b$ , a taxa de degradação da matéria seca foi calculada por meio da equação proposta por Ørskov & McDonald (1979):

$$[5] Deg_{MS} = a + b(1 - e^{-ct})$$

onde,

$Deg_{MS}$  = Fração degradada no tempo “t” (%);

$a$  = Fração solúvel (%);

$b$  = Fração potencialmente degradável (%);

$c$  = Taxa de degradação da fração  $b$  ( $hora^{-1}$ );

$t$  = Tempo (horas).

Em razão da inexistência da fração  $a$ , para estimação da degradação da FDN essa variável foi excluída do modelo [5]:

$$[6] Deg_{FDN} = b(1 - e^{-ct})$$

A degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca e da FDN no rúmen foi calculada através do modelo sugerido por Ørskov & McDonald (1979):

$$[7] DE_{MS} = a + b \times [c / (c + k)]$$

$$[8]DE_{FDN} = b \times [c/(c+k)]$$

onde,

$k$  = Taxa de passagem ruminal, sendo 2%, 5% e 8% correspondente a baixo, médio e alto consumo, respectivamente;

e outras variáveis já definidas na equação [5].

#### 2.4 Análise estatística

O modelo Milk2006, desenvolvido por Shaver et al. (2006), foi usado para calcular a energia líquida de lactação (EIL) e a produção de leite estimada para cada híbrido e estágio de colheita com base na sua composição química e digestibilidade. O Milk2006 usa informações atualizadas e tem flexibilidade de entrada definida pelo usuário para essas previsões.

Os dados referentes a degradabilidade da matéria seca e da FDN foram submetidos à análise mediante uso dos procedimentos *Non linear model* (PROC NLIN) e *Regression* (PROC REG) do programa SAS (v. 9.2; SAS Institute Inc., Cary, NC). A escolha dos modelos de regressão foi realizada pelo seu grau de ajuste, com base no coeficiente de determinação ajustado ( $\text{adj-R}^2$ ). Os tempos de incubação também foram analisados separadamente e submetidos ao teste Tukey de comparação de múltiplas médias a 5% de significância pelo mesmo programa.

Para os demais dados decorrentes das análises laboratoriais adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$$

onde,

$Y_{ij}$  = Variável resposta relacionada ao híbrido  $i$  com o estágio  $j$  no bloco  $k$ ;

$\mu$  = Média geral;

$\alpha_i$  = Efeito do híbrido  $i$ ;  $i = 1, 2, 3$ ;

$\beta_j$  = Efeito do estágio  $j$ ;  $j = 1, 2, 3$ ;

$\gamma_{ij}$  = Efeito da interação do híbrido  $i$  com o estágio  $j$ ;

$\delta_k$  = Efeito do bloco  $k$ ;  $k = 1, 2, 3$ ;

$\varepsilon_{ijk}$  = Erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijk}$ .

Os dados obtidos foram analisados através do procedimento *General linear models* (PROC GLM) e submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste Tukey de

comparação de múltiplas médias a 5% de significância pelo programa SAS

### **3. Resultados**

#### *3.1 Digestibilidade in vitro das frações da planta em 48 horas*

A digestibilidade *in vitro* do colmo do híbrido Feroz não foi afetada pelo estágio de maturação, enquanto que nos híbridos Maximus e Defender, a maior digestibilidade foi observada no estágio R3 (53.58 e 57.84%, respectivamente). Entre o estágio R4 e R5 houve um acréscimo na digestibilidade do colmo do híbrido Maximus. No estágio R3 a maior digestibilidade de colmo foi observada no híbrido Defender (57.84%), e nos dois estágios mais avançados o híbrido Feroz apresentou digestibilidade superior ( $P < 0.05$ ).

Não houve diferença entre híbridos na digestibilidade das folhas, tendo todos eles apresentado a maior digestibilidade no estágio R3, sem que houvesse diferença significativa do híbrido Feroz para o estágio R4 (73.43 e 71.44%, respectivamente). Entre os estágios R4 e R5 observou-se diminuição na digestibilidade das folhas do híbrido Defender ( $P < 0.05$ ), enquanto o valores para o híbrido Maximus mantiveram similaridade.

O híbrido Defender não teve os valores de digestibilidade das brácteas afetada pelo estágio de maturação, apresentando os maiores valores entre os híbridos avaliados nos estágios R4 e R5 (65.28 e 63.89%, respectivamente). Com tendências similares, os híbridos Maximus e Feroz tiveram maior digestibilidade no estágio mais precoce, sem que houvesse diferença entre os estágios R4 e R5. Os valores de digestibilidade do sabugo foram menores no estágio mais tardio em todos os híbridos, sendo que o híbrido Feroz apresentou os menores valores quando diferenças entre os híbridos foram observadas.

Tanto a digestibilidade dos grãos como da planta não apresentou diferenças significativas entre os híbridos avaliados para qualquer estágio. Com exceção do híbrido Maximus que apresentou comportamento decrescente na digestibilidade dos grãos entre os estágios de maturação, sendo 97.17% em R3, 96.71% em R4 e 95.58% em R5, tampouco os estágios afetaram os mesmos dados dos demais híbridos.

Tabela 19. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca das frações da planta com 48 horas de incubação

Híbrido	Estágio fenológico		
	R3	R4	R5
<b>Colmo</b>			
Maximus	53.58 ± 1.09 <sup>bA</sup>	48.78 ± 1.01 <sup>bC</sup>	50.87 ± 0.72 <sup>cB</sup>
Defender	57.84 ± 0.70 <sup>aA</sup>	46.99 ± 1.20 <sup>bB</sup>	47.23 ± 0.98 <sup>bbB</sup>
Feroz	49.37 ± 1.44 <sup>c</sup>	51.95 ± 1.02 <sup>a</sup>	54.52 ± 1.25 <sup>a</sup>
<b>Folha</b>			
Maximus	75.39 ± 1.22 <sup>A</sup>	68.27 ± 2.97 <sup>B</sup>	64.54 ± 1.15 <sup>B</sup>
Defender	73.61 ± 0.87 <sup>A</sup>	67.18 ± 1.12 <sup>B</sup>	64.91 ± 0.57 <sup>C</sup>
Feroz	73.43 ± 1.30 <sup>A</sup>	71.44 ± 1.78 <sup>A</sup>	65.31 ± 0.80 <sup>B</sup>
<b>Brácteas</b>			
Maximus	66.23 ± 0.67 <sup>bA</sup>	59.28 ± 1.84 <sup>bbB</sup>	56.15 ± 2.73 <sup>bbB</sup>
Defender	67.89 ± 0.85 <sup>ab</sup>	65.28 ± 2.97 <sup>a</sup>	63.89 ± 0.52 <sup>a</sup>
Feroz	69.57 ± 0.88 <sup>aA</sup>	55.94 ± 1.75 <sup>bbB</sup>	54.51 ± 1.89 <sup>bbB</sup>
<b>Sabugo</b>			
Maximus	67.45 ± 2.29 <sup>aA</sup>	60.86 ± 1.66 <sup>A</sup>	49.81 ± 3.18 <sup>abB</sup>
Defender	64.54 ± 1.38 <sup>abA</sup>	57.15 ± 0.21 <sup>B</sup>	52.04 ± 0.21 <sup>aC</sup>
Feroz	61.06 ± 1.87 <sup>ba</sup>	61.06 ± 2.84 <sup>A</sup>	44.34 ± 2.10 <sup>bbB</sup>
<b>Grão</b>			
Maximus	97.17 ± 0.64 <sup>A</sup>	96.71 ± 0.85 <sup>AB</sup>	95.58 ± 0.64 <sup>B</sup>
Defender	97.00 ± 0.90	97.19 ± 0.54	94.64 ± 1.72
Feroz	96.97 ± 1.21	96.75 ± 0.48	95.60 ± 0.79
<b>Planta inteira</b>			
Maximus	67.73 ± 1.39	68.64 ± 0.67	73.43 ± 2.01
Defender	65.51 ± 1.37	67.64 ± 1.32	70.62 ± 1.03
Feroz	66.38 ± 0.62	71.22 ± 0.56	74.19 ± 0.17

<sup>a-c</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-C</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

### 3.2 Digestibilidade *in vitro* dos grãos (16 horas) e da planta (24 horas)

A digestibilidade dos grãos analisadas pelo método de Van Soest et al. (1966) não mostrou diferença entre os híbridos, mas houve um comportamento decrescente dos valores conforme avanço da maturação, com exceção do híbrido Feroz que não diferiu entre os estágios R4 e R5. Quando analisada pelo método proposto por Tilley e Terry (1963), os híbridos Maximus e Feroz não diferiram entre os estágios, e o híbrido Defender mostrou maior digestibilidade dos grãos no estágio R4, diferindo também dos outros materiais. Nos estágios R3 e R5 também não houve diferença entre os híbridos avaliados.

A digestibilidade da planta mostrou comportamento ascendente com o avanço da maturação nos três híbridos avaliados. No estágio R5 o híbrido Maximus apresentou maiores valores, seja pelo método de Van Soest et al. (1966) ou de Tilley e Terry (1963) (69.28 e 73.19%, respectivamente), não diferindo porém, do híbrido Feroz pelo primeiro método, sendo que esse apresentou sua maior digestibilidade em R4 por ambos métodos (63.75 e 71.39%). De forma contrária, em estágio R3 o híbrido Feroz obteve o menor valor de digestibilidade da planta pelo método de Tilley e Terry (1963) (60.32%).

Tabela 20. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca do grão (16 horas) e da planta inteira (24 horas) pelos métodos de Van Soest et al. (1966) e Tilley e Terry (1963) modificado

Híbrido	Grão			Planta inteira		
	R3	R4	R5	R3	R4	R5
<b>Van Soest et al. (1966)</b>						
Maximus	95.48 ± 0.31 <sup>A</sup>	94.44 ± 0.35 <sup>AB</sup>	92.25 ± 1.22 <sup>B</sup>	58.78 ± 0.78 <sup>B</sup>	58.00 ± 1.56 <sup>bb</sup>	69.28 ± 0.71 <sup>aA</sup>
Defender	96.06 ± 0.64 <sup>A</sup>	94.64 ± 0.88 <sup>AB</sup>	92.72 ± 0.76 <sup>B</sup>	57.56 ± 1.53 <sup>B</sup>	59.96 ± 1.61 <sup>bAB</sup>	63.47 ± 2.21 <sup>bA</sup>
Feroz	96.18 ± 0.52 <sup>A</sup>	93.98 ± 1.11 <sup>B</sup>	93.46 ± 0.08 <sup>B</sup>	55.99 ± 0.13 <sup>B</sup>	63.75 ± 3.00 <sup>aAB</sup>	68.48 ± 0.30 <sup>aA</sup>
<b>Tilley e Terry (1963) modificado</b>						
Maximus	93.03 ± 0.29	90.14 ± 1.39 <sup>b</sup>	90.60 ± 2.05	64.32 ± 0.93 <sup>ab</sup>	64.57 ± 1.22 <sup>bb</sup>	73.19 ± 1.69 <sup>aA</sup>
Defender	92.65 ± 1.25 <sup>AB</sup>	94.31 ± 0.44 <sup>aA</sup>	89.98 ± 1.55 <sup>B</sup>	63.30 ± 1.25 <sup>ab</sup>	62.55 ± 0.44 <sup>bb</sup>	64.24 ± 1.55 <sup>cA</sup>
Feroz	92.78 ± 0.64	91.82 ± 1.64 <sup>ab</sup>	91.43 ± 1.28	60.32 ± 0.70 <sup>bb</sup>	71.39 ± 1.99 <sup>aA</sup>	71.74 ± 1.38 <sup>bA</sup>

<sup>a-c</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-B</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

### 3.3 Cinética de produção de gás

A produção de gás assintótica da planta inteira mostrou comportamento distinto entre o híbrido Maximus e os demais a respeito dos estágios de colheita, sendo que esse não diferiu entre os estágios e apresentou variação inexpressiva, entre 359 e 363 ml g de MS<sup>-1</sup>. Para os outros híbridos a maior (P<0.05) produção de gás foi observada no estágio R3, sem que houvesse diferença entre os estágios R4 e R5. A maior variação encontrada foi para o híbrido Feroz, com produção de 407 e 309 ml g de MS<sup>-1</sup> para os estágios R3 e R4, respectivamente. Essa alta produção de gás observada em estágio R3 fez com que o híbrido Feroz fosse significativamente superior aos demais neste mesmo momento, enquanto que nos seguintes estágios de maturação o híbrido Maximus foi responsável pelos maiores valores de produção de gás assintótica encontrados.

Tabela 21. Cinética de fermentação *in vitro* (estimada por curvas de produção de gás) e predição de energia metabolizável (EM) e digestibilidade da matéria orgânica (DMO)

Híbrido	Grão			Planta inteira		
	R3	R4	R5	R3	R4	R5
<b>A, ml g de MS<sup>-1</sup></b>						
Maximus	433 ± 3.4 <sup>aA</sup>	421 ± 5.4 <sup>aB</sup>	413 ± 2.9 <sup>aB</sup>	359 ± 1.0 <sup>b</sup>	363 ± 5.6 <sup>a</sup>	363 ± 4.3 <sup>a</sup>
Defender	404 ± 6.3 <sup>bA</sup>	412 ± 3.2 <sup>aA</sup>	380 ± 4.1 <sup>bB</sup>	365 ± 5.5 <sup>bA</sup>	312 ± 1.8 <sup>bB</sup>	322 ± 6.6 <sup>bB</sup>
Feroz	369 ± 2.7 <sup>c</sup>	366 ± 2.8 <sup>b</sup>	365 ± 2.3 <sup>c</sup>	407 ± 4.5 <sup>aA</sup>	309 ± 1.8 <sup>bB</sup>	318 ± 2.4 <sup>bB</sup>
<b>c, h<sup>-1</sup></b>						
Maximus	0.057 ± 0.0004 <sup>b</sup>	0.056 ± 0.0013 <sup>a</sup>	0.056 ± 0.0008 <sup>a</sup>	0.037 ± 0.0006 <sup>aC</sup>	0.040 ± 0.0001 <sup>aB</sup>	0.043 ± 0.0003 <sup>aA</sup>
Defender	0.062 ± 0.0006 <sup>aA</sup>	0.057 ± 0.0009 <sup>aB</sup>	0.043 ± 0.0008 <sup>bC</sup>	0.037 ± 0.0002 <sup>aA</sup>	0.025 ± 0.0003 <sup>bC</sup>	0.031 ± 0.0005 <sup>bB</sup>
Feroz	0.047 ± 0.0003 <sup>c</sup>	0.047 ± 0.0024 <sup>b</sup>	0.046 ± 0.0019 <sup>b</sup>	0.035 ± 0.0009 <sup>bA</sup>	0.024 ± 0.0014 <sup>bC</sup>	0.029 ± 0.0008 <sup>bB</sup>
<b>L, h</b>						
Maximus	4.92 ± 0.11 <sup>aC</sup>	5.66 ± 0.29 <sup>abB</sup>	6.29 ± 0.10 <sup>aA</sup>	2.74 ± 0.16 <sup>aB</sup>	2.32 ± 0.18 <sup>aB</sup>	3.60 ± 0.35 <sup>aA</sup>
Defender	5.25 ± 0.29 <sup>aAB</sup>	6.05 ± 0.29 <sup>aA</sup>	4.54 ± 0.32 <sup>bB</sup>	2.75 ± 0.18 <sup>aA</sup>	0.70 ± 0.11 <sup>cC</sup>	1.38 ± 0.23 <sup>bB</sup>
Feroz	3.26 ± 0.17 <sup>bB</sup>	4.60 ± 0.50 <sup>bA</sup>	4.57 ± 0.17 <sup>bA</sup>	1.18 ± 0.12 <sup>bB</sup>	1.44 ± 0.10 <sup>bA</sup>	1.17 ± 0.18 <sup>bB</sup>
<b>G24, ml g de MS<sup>-1</sup></b>						
Maximus	285 ± 2.6 <sup>aA</sup>	270 ± 3.8 <sup>aB</sup>	259 ± 3.8 <sup>aC</sup>	188 ± 2.0 <sup>aC</sup>	196 ± 3.3 <sup>aB</sup>	207 ± 1.9 <sup>aA</sup>
Defender	274 ± 3.9 <sup>bA</sup>	260 ± 2.8 <sup>aB</sup>	201 ± 3.5 <sup>cC</sup>	184 ± 3.2 <sup>aA</sup>	135 ± 1.3 <sup>bC</sup>	162 ± 3.2 <sup>bB</sup>
Feroz	223 ± 1.2 <sup>c</sup>	217 ± 5.7 <sup>b</sup>	223 ± 5.4 <sup>b</sup>	220 ± 1.8 <sup>bB</sup>	134 ± 5.4 <sup>aA</sup>	155 ± 1.7 <sup>bB</sup>
<b>EM, MJ kg de MS<sup>-1</sup></b>						
Maximus	-	-	-	11.37 ± 0.06 <sup>aA</sup>	10.05 ± 0.09 <sup>aB</sup>	9.66 ± 0.05 <sup>aC</sup>
Defender	-	-	-	9.49 ± 0.06 <sup>bA</sup>	8.46 ± 0.03 <sup>bC</sup>	8.77 ± 0.09 <sup>bB</sup>
Feroz	-	-	-	9.57 ± 0.05 <sup>bAB</sup>	9.96 ± 0.47 <sup>aA</sup>	8.97 ± 0.15 <sup>bB</sup>
<b>DMO, %</b>						
Maximus	-	-	-	53.6 ± 0.37 <sup>aB</sup>	53.9 ± 0.57 <sup>aAB</sup>	55.1 ± 0.31 <sup>aA</sup>
Defender	-	-	-	51.6 ± 0.40 <sup>bA</sup>	43.1 ± 0.23 <sup>bC</sup>	47.4 ± 0.57 <sup>bB</sup>
Feroz	-	-	-	43.8 ± 0.35 <sup>cB</sup>	57.3 ± 3.06 <sup>aA</sup>	46.5 ± 0.96 <sup>bB</sup>

A: produção de gás assintótica; c: taxa fracional de fermentação; L: lag time; G24: produção de gás com 24 horas de incubação; ED: extensão da degradação com taxa fracional de 0.03 h<sup>-1</sup>

<sup>a-c</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-C</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

Em todos os estágios de maturação a produção de gás assintótica dos grãos foi superior no híbrido Maximus (433; 421 e 413 ml g de MS<sup>-1</sup> nos estágios R3, R4 e R5, respectivamente), enquanto que o híbrido Feroz expressou os menores valores (367; 366.5 e 365 ml g de MS<sup>-1</sup> nos estágios R3, R4 e R5, respectivamente). No estágio mais tardio é que observamos as menores produções de gás referentes aos grãos, mantendo a tendência do observado para a planta inteira.

Conforme avanço nos estágios de maturação houve decréscimo na taxa de fermentação dos grãos do híbrido Defender, enquanto os outros híbridos mantiveram similaridades entre os estágios. O híbrido Feroz obteve as menores taxas de fermentação em todos os estágios, porém não diferindo do híbrido Defender em R5. Em relação a planta inteira, o híbrido Maximus mostrou aumento constante na taxa de fermentação entre os estágios, enquanto que o híbrido Defender e Feroz tiveram sua maior taxa de fermentação em R3 e a menor em estágio R5, contrariando o demonstrado pelo híbrido Maximus.

De acordo com o avanço no estágio de maturação houve aumento do *lag time* nas amostras de grãos do híbrido Maximus, redução de R3 para R4 no híbrido Feroz, e de R4 para R5 no híbrido Defender. Comparativamente entre os híbridos, o Feroz mostrou o menor *lag time* em todos os estágios de maturação, porém não diferindo do híbrido Maximus em R4 e do Defender em R5. Em relação a planta inteira, tanto o híbrido Maximus quanto o Defender apresentaram redução no *lag time* do estágio de R4 para R5, com o segundo tendo redução de R3 para R4 (2.75 para 0.70 horas; P<0.05) e o Maximus sem diferença significativa (2.74 e 2.32 horas).

A produção de gás dos grãos em 24 horas de incubação foi decrescente com o avanço do estágio de maturação nos híbridos Maximus e Defender, variando entre 285 e 259 ml g de MS<sup>-1</sup> no primeiro e 274 e 202 ml g de MS<sup>-1</sup> para o segundo híbrido. Entre os híbridos, a maior produção de gás foi sempre do Maximus, não diferindo apenas do Defender em R4 (270 e 261 ml g de MS<sup>-1</sup>). O mesmo foi observado para produção de gás da planta inteira em 24 horas de incubação, onde o híbrido Maximus apresentou valores de 188; 196 e 207 ml g de MS<sup>-1</sup> nos estágios de R3, R4 e R5, respectivamente. Esse comportamento é oposto ao observado nos grãos desse mesmo híbrido, tendo aqui uma tendência decrescente entre os estágios de maturação.

A densidade calórica, expressa em EM, foi mais baixa em R5 nos três híbridos (9.66; 8.77 e 8.97 MJ kg de MS<sup>-1</sup> em Maximus, Defender e Feroz, respectivamente). Maximus e Defender atingiram maior EM em R3 (11.37 e 9.49; P<0,05), enquanto o

híbrido Feroz obteve valor seu máximo em R4. Independente do estágio de maturação, o híbrido Maximus sempre foi superior aos demais em sua densidade energética. Esse mesmo comportamento foi observado para DMO, onde esse mesmo híbrido mostrou percentual de digestibilidade variando de 53.59% em R3 a 55.15% em R5 ( $P < 0.05$ ). A maior DMO obtida pelo híbrido Defender foi de 51.56% em R3, e 57.32% em R4 no híbrido Feroz.

### 3.4 Produção de AGV, metano e amônia

A produção total de AGV pelos grãos não mostrou diferenças nem entre os híbridos e tampouco entre os estágios de maturação. Também não foram observadas diferenças entre híbridos na produção de AGV total da planta inteira nos estágios R3 e R4, porém no estágio mais avançado o híbrido Feroz mostrou maior produção em relação ao híbrido Defender (70.18 contra 59.41 mM ml<sup>-1</sup>). Com o avanço nos estágios de maturação houve um comportamento crescente na produção de AGV total para os híbridos Feroz e Maximus, esse último apenas de R4 para R5 (52.70 para 64.69 mM ml<sup>-1</sup>).

A produção de metano, quando expressa em mM mM de AGV<sup>-1</sup>, diferiu entre estágios apenas no híbrido Defender, com acréscimo na produção conforme avanço da maturação, sem que houvesse no entanto diferença em planta inteira entre R4 e R5 (0,356 e 0,330 mM mM AGV<sup>-1</sup>;  $P > 0.05$ ). Comportamento semelhante entre os estágios de maturação da planta inteira foi observado em todos os híbridos quando a produção de metano é expressa em percentagem, com amplitude dos dados de 5.82% para o híbrido Maximus em R3 e 7.62% no Feroz em R5. Ao contrário do que mostrou a planta inteira, quando a produção de metano para grãos é expressa em mM g de MS<sup>-1</sup>, o híbrido Feroz apresentou diminuição na produção com o avanço da maturação (0.655 mM em R3 e 0.471 em R5;  $P < 0.05$ ). Assim também houve diferença entre a planta inteira dos diferentes híbridos em todos os estágios de maturação, tendo o Feroz os maiores valores (0.665; 0.734 e 0.900 mM g de MS<sup>-1</sup>, para R3, R4 e R5, respectivamente).

A produção de N-NH<sub>3</sub> gerada pelos grãos foi crescente entre os estágios de maturação no híbrido Denfender, com valores de 116 mg de N l<sup>-1</sup> em R3 e 144 mg de N l<sup>-1</sup> em R5 ( $P < 0.05$ ), sem que houvesse diferença entre híbridos. O mesmo foi observado na planta inteira, porém em todos os híbridos, com os maiores valores em R3, sem que os híbridos Maximus e Feroz diferissem no estágio R4, e os menores valores em R5.

Tabela 22. Produção de AGV total, metano e amônia depois de 16 horas de incubação dos grãos e 24 horas de incubação da planta inteira

Híbrido	Grão			Planta inteira		
	R3	R4	R5	R3	R4	R5
<b>Gás total, mmol g<sup>-1</sup> de MS</b>						
Maximus	5.58 ± 0.32 <sup>A</sup>	4.86 ± 0.45 <sup>B</sup>	5.01 ± 0.41 <sup>aB</sup>	4.16 ± 0.26 <sup>C</sup>	4.59 ± 0.06 <sup>bb</sup>	5.78 ± 0.17 <sup>aA</sup>
Defender	5.41 ± 0.48 <sup>A</sup>	5.00 ± 0.56 <sup>AB</sup>	4.53 ± 0.41 <sup>bb</sup>	3.91 ± 0.14 <sup>C</sup>	4.60 ± 0.14 <sup>bb</sup>	4.95 ± 0.26 <sup>aA</sup>
Feroz	5.69 ± 0.41 <sup>A</sup>	5.14 ± 0.32 <sup>B</sup>	5.21 ± 0.42 <sup>aB</sup>	4.37 ± 0.10 <sup>B</sup>	5.87 ± 0.22 <sup>aA</sup>	2.64 ± 0.40 <sup>bc</sup>
<b>Metano, μmol g<sup>-1</sup> de MS</b>						
Maximus	595 ± 92.6 <sup>A</sup>	437 ± 81.3 <sup>B</sup>	452 ± 67.3 <sup>B</sup>	494 ± 56.3 <sup>B</sup>	575 ± 38.5 <sup>bb</sup>	767 ± 60.5 <sup>aA</sup>
Defender	582 ± 27.7 <sup>A</sup>	436 ± 63.2 <sup>B</sup>	432 ± 79.8 <sup>B</sup>	460 ± 50.0 <sup>B</sup>	635 ± 20.3 <sup>ba</sup>	616 ± 82.5 <sup>aA</sup>
Feroz	616 ± 69.9 <sup>A</sup>	455 ± 40.5 <sup>B</sup>	436 ± 43.3 <sup>B</sup>	584 ± 29.5 <sup>B</sup>	796 ± 72.5 <sup>aA</sup>	324 ± 62.2 <sup>bc</sup>
<b>Metano, mmol mol<sup>-1</sup> de gás</b>						
Maximus	106.2 ± 10.4	89.5 ± 8.4	90.4 ± 9.3	119 ± 6.7	125 ± 9.4	134 ± 6.7
Defender	108.5 ± 4.0 <sup>A</sup>	87.1 ± 5.1 <sup>B</sup>	95.3 ± 9.3 <sup>AB</sup>	118 ± 10.2	139 ± 2.2	125 ± 13.2
Feroz	108.1 ± 9.2 <sup>A</sup>	89.1 ± 7.2 <sup>B</sup>	83.5 ± 2.9 <sup>B</sup>	134 ± 3.8	131 ± 2.7	126 ± 11.7
<b>AGV total, mmol g<sup>-1</sup> de MS</b>						
Maximus	5.39 ± 0.11	5.28 ± 0.57	5.60 ± 0.77 <sup>b</sup>	5.16 ± 0.63	5.68 ± 0.76	6.22 ± 0.24
Defender	5.99 ± 0.86 <sup>A</sup>	5.48 ± 0.80 <sup>B</sup>	5.49 ± 0.68 <sup>bb</sup>	5.09 ± 0.42 <sup>B</sup>	5.41 ± 0.16 <sup>AB</sup>	5.70 ± 0.36 <sup>A</sup>
Feroz	5.89 ± 0.45	5.90 ± 0.56	6.08 ± 0.82 <sup>a</sup>	5.37 ± 0.32 <sup>B</sup>	6.78 ± 0.48 <sup>A</sup>	5.91 ± 0.66 <sup>AB</sup>
<b>Metano, mmol mol<sup>-1</sup> de AGV</b>						
Maximus	110.5 ± 18.8 <sup>A</sup>	83.2 ± 8.4 <sup>B</sup>	81.6 ± 1.9 <sup>B</sup>	98.0 ± 23.5	103 ± 10.1	125 ± 7.9 <sup>a</sup>
Defender	99.0 ± 12.2	79.6 ± 0.4	79.3 ± 6.2	91.9 ± 14.6 <sup>B</sup>	119 ± 6.7 <sup>A</sup>	111 ± 13.7 <sup>aAB</sup>
Feroz	104.8 ± 11.6 <sup>A</sup>	78.2 ± 5.9 <sup>B</sup>	72.0 ± 3.2 <sup>B</sup>	109 ± 2.7 <sup>A</sup>	118 ± 5.4 <sup>A</sup>	56.4 ± 16.4 <sup>bb</sup>
<b>N-NH<sub>3</sub>, mg de N l<sup>-1</sup></b>						
Maximus	106 ± 11.6	115 ± 3.4	128 ± 5.6	208 ± 8.2 <sup>A</sup>	197 ± 3.4 <sup>A</sup>	157 ± 6.1 <sup>B</sup>
Defender	116 ± 4.8 <sup>B</sup>	126 ± 8.7 <sup>AB</sup>	144 ± 8.3 <sup>A</sup>	203 ± 7.7 <sup>A</sup>	183 ± 10.9 <sup>AB</sup>	165 ± 10.6 <sup>B</sup>
Feroz	106 ± 2.2	130 ± 7.3	131 ± 14.8	201 ± 6.9 <sup>A</sup>	197 ± 9.1 <sup>A</sup>	154 ± 5.9 <sup>B</sup>

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-C</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

A tendência geral na fermentação do grão foi uma diminuição na produção de gás, metano e AGV com o avanço da maturação e um ligeiro aumento quando a planta inteira foi digerida. No entanto, essa tendência foi variável em cada híbrido de milho (Tabela 20). A concentração de metano no gás de fermentação tendeu a diminuir com a maturidade do grão, com pequenas variações entre os estágios de maturidade da planta inteira ou híbridos. Quando expresso em mmol de AGV produzido, o metano diminuiu com a maturidade quando os grãos de Maximus e Feroz foram fermentados, enquanto na planta inteira as diferenças entre os estágios de maturidade foram variáveis para cada

híbrido (Tabela 22). A concentração de N-NH<sub>3</sub> aumentou com o avanço da maturidade no grão do híbrido Defender. Foi observado uma diminuição no N-NH<sub>3</sub> na incubação de planta inteira em todos os híbridos, de modo que os maiores valores foram observados em estágio R3.

Tabela 23. Produção de ácidos graxos voláteis (g kg de AGV total<sup>-1</sup>) depois de 16 horas de incubação dos grãos e 24 horas de incubação da planta inteira

Híbrido	Grão			Planta inteira		
	R3	R4	R5	R3	R4	R5
<b>Acetato</b>						
Maximus	575 ± 0.8	574 ± 1.5	565 ± 15.1	629 ± 5.9 <sup>A</sup>	615 ± 5.9 <sup>aA</sup>	584 ± 5.3 <sup>bB</sup>
Defender	565 ± 16.3	574 ± 4.3	574 ± 7.4	627 ± 11.5 <sup>A</sup>	607 ± 3.6 <sup>aB</sup>	595 ± 8.6 <sup>bC</sup>
Feroz	577 ± 2.8 <sup>A</sup>	571 ± 7.1 <sup>AB</sup>	562 ± 9.1 <sup>B</sup>	621 ± 2.1 <sup>B</sup>	580 ± 1.4 <sup>bB</sup>	641 ± 7.9 <sup>aA</sup>
<b>Propionato</b>						
Maximus	212 ± 5.1 <sup>B</sup>	238 ± 9.4 <sup>AB</sup>	245 ± 9.7 <sup>bA</sup>	207 ± 7.7 <sup>B</sup>	216 ± 11.1 <sup>AB</sup>	231 ± 2.7 <sup>aA</sup>
Defender	231 ± 11.8 <sup>B</sup>	239 ± 10.1 <sup>AB</sup>	248 ± 14.1 <sup>abA</sup>	207 ± 12.9 <sup>B</sup>	217 ± 5.4 <sup>AB</sup>	228 ± 10.3 <sup>aA</sup>
Feroz	215 ± 4.8 <sup>B</sup>	248 ± 13.0 <sup>A</sup>	262 ± 10.4 <sup>aA</sup>	200 ± 9.2 <sup>B</sup>	239 ± 18.6 <sup>A</sup>	195 ± 1.0 <sup>bB</sup>
<b>Butirato</b>						
Maximus	179 ± 2.9 <sup>aA</sup>	156 ± 4.1 <sup>B</sup>	153 ± 3.7 <sup>ab</sup>	126 ± 9.3 <sup>B</sup>	131 ± 0.4 <sup>bB</sup>	156 ± 3.1 <sup>aA</sup>
Defender	171 ± 4.2 <sup>bA</sup>	154 ± 3.3 <sup>B</sup>	139 ± 2.3 <sup>bC</sup>	126 ± 4.7 <sup>C</sup>	137 ± 3.4 <sup>abAB</sup>	142 ± 5.8 <sup>bA</sup>
Feroz	175 ± 2.4 <sup>abA</sup>	154 ± 5.8 <sup>B</sup>	151 ± 3.0 <sup>ab</sup>	139 ± 3.4 <sup>B</sup>	149 ± 9.3 <sup>aA</sup>	122 ± 6.6 <sup>cC</sup>
<b>Valerato</b>						
Maximus	9.6 ± 0.02 <sup>bB</sup>	10.1 ± 0.19 <sup>bB</sup>	11.1 ± 0.38 <sup>bA</sup>	10.4 ± 0.46	10.7 ± 0.17	10.6 ± 0.12
Defender	10.8 ± 0.64 <sup>a</sup>	10.6 ± 0.33 <sup>a</sup>	12.0 ± 0.06 <sup>a</sup>	11.0 ± 0.52	10.8 ± 0.30	10.9 ± 0.19
Feroz	9.9 ± 0.07 <sup>abC</sup>	10.8 ± 0.27 <sup>ab</sup>	11.7 ± 0.04 <sup>aA</sup>	11.1 ± 0.77	11.5 ± 0.68	11.3 ± 0.90
<b>Iso-ácidos</b>						
Maximus	24.8 ± 2.3	22.8 ± 6.1	26.1 ± 3.1	26.3 ± 4.4 <sup>AB</sup>	27.5 ± 4.8 <sup>A</sup>	18.9 ± 1.6 <sup>B</sup>
Defender	22.5 ± 5.8	22.3 ± 3.0	26.3 ± 7.2	28.4 ± 5.1	28.8 ± 5.0	24.2 ± 7.8
Feroz	22.8 ± 3.5	16.6 ± 8.1	13.3 ± 4.1	29.2 ± 4.3 <sup>AB</sup>	20.7 ± 7.9 <sup>B</sup>	31.2 ± 1.4 <sup>A</sup>
<b>Relação acetato/propionato</b>						
Maximus	2.71 ± 0.06 <sup>A</sup>	2.41 ± 0.09 <sup>AB</sup>	2.32 ± 0.15 <sup>B</sup>	3.04 ± 0.09 <sup>A</sup>	2.86 ± 0.17 <sup>A</sup>	2.53 ± 0.05 <sup>bB</sup>
Defender	2.45 ± 0.19	2.41 ± 0.12	2.32 ± 0.16	3.04 ± 0.24 <sup>A</sup>	2.79 ± 0.08 <sup>AB</sup>	2.62 ± 0.16 <sup>bB</sup>
Feroz	2.69 ± 0.07 <sup>A</sup>	2.31 ± 0.14 <sup>B</sup>	2.15 ± 0.12 <sup>B</sup>	3.11 ± 0.15 <sup>A</sup>	2.57 ± 0.17 <sup>B</sup>	3.30 ± 0.03 <sup>aA</sup>

<sup>a-b</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-C</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

A proporção molar de acetato não foi afetada pela maturidade dos grãos dos híbridos Maximus e Defender, e tendeu a diminuir com a maturidade no Feroz. Na maioria dos casos, quando o grão de milho foi incubado, as proporções molares de

propionato e valerato aumentaram com a maturidade, enquanto as de butirato diminuíram (Tabela 23). Quando a planta inteira dos híbridos Maximus e Defender foi incubada, as proporções molares de propionato e butirato aumentaram e a de acetato diminuiu com a maturidade. No caso da planta inteira de Feroz, o maior acetato e o menor propionato e butirato foram observados em R5. Como resultado, a relação acetato/propionato diminuiu com a maturidade em todos os híbridos, com diferenças significativas na maioria dos casos. A exceção foi a planta inteira do híbrido Feroz, para a qual a maior relação acetato/propionato foi observada em R5.

### 3.5 Energia e estimativa de produção de leite

A estimativa de energia líquida diferiu entre os híbridos avaliados nos estágios R3 e R5, sendo que no primeiro, o híbrido Feroz apresentou a maior densidade calórica ( $1.237 \text{ Mcal kg}^{-1}$ ) enquanto que em R5 foi a menor detectada ( $1.437 \text{ Mcal kg}^{-1}$ ). Em todos os híbridos, a energia líquida foi ascendente com o avanço da maturação, com destaque para o híbrido Maximus em estágio R5, onde observamos o maior valor ( $1.494 \text{ Mcal kg}^{-1}$ ).

Tabela 24. Valores de energia e expectativa de produção de leite estimados pelo modelo Milk 2006

Híbrido	Estágio fenológico		
	R3	R4	R5
<b>ELI-3x, Mcal kg<sup>-1</sup></b>			
Maximus	1,196 ± 0,004 <sup>bc</sup>	1,318 ± 0,006 <sup>B</sup>	1,494 ± 0,010 <sup>aa</sup>
Defender	1,162 ± 0,004 <sup>cC</sup>	1,302 ± 0,008 <sup>B</sup>	1,447 ± 0,013 <sup>abA</sup>
Feroz	1,237 ± 0,004 <sup>aC</sup>	1,326 ± 0,013 <sup>B</sup>	1,437 ± 0,021 <sup>ba</sup>
<b>Produção de leite, g de leite kg de MS<sup>-1</sup></b>			
Maximus	1.029 ± 5,3 <sup>bc</sup>	1.191 ± 8,6 <sup>B</sup>	1.425 ± 13,8 <sup>aa</sup>
Defender	984 ± 5,4 <sup>cC</sup>	1.170 ± 10,7 <sup>B</sup>	1.362 ± 17,7 <sup>abA</sup>
Feroz	1.083 ± 5,0 <sup>aC</sup>	1.202 ± 17,5 <sup>B</sup>	1.349 ± 28,1 <sup>ba</sup>
<b>Produção de leite, kg ha<sup>-1</sup></b>			
Maximus	17.741 ± 1.148 <sup>C</sup>	28.941 ± 2.100 <sup>B</sup>	44.038 ± 5.334 <sup>A</sup>
Defender	14.445 ± 207 <sup>C</sup>	27.020 ± 659 <sup>B</sup>	41.090 ± 4.428 <sup>A</sup>
Feroz	15.488 ± 2.322 <sup>C</sup>	28.109 ± 2.860 <sup>B</sup>	40.103 ± 2.381 <sup>A</sup>

<sup>a-c</sup> Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

<sup>A-C</sup> Médias, na linha, seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

A estimativa de produção de leite, seja por tonelada de matéria seca ou hectare,

também foi crescente conforme avanço da maturação ( $P < 0.05$ ), sem que houvesse diferença significativa entre os híbridos para produção de leite em  $\text{kg ha}^{-1}$ . Para produção em  $\text{g kg de MS}^{-1}$  o híbrido Feroz mostrou o maior valor em R3 enquanto o Maximus foi superior em R5 (1,083 e 1,425 kg, respectivamente). Entre os estágios R3 a R5 observamos aumentos de 38% na estimativa de produção de leite por tonelada de matéria seca proporcionado pelos híbridos Maximus e Defender, e 24% pelo híbrido Feroz.

### 3.6 Cinética de degradação ruminal da silagem

A silagem resultante da colheita em estágio de grão duro, com priorização de ajuste do teor de matéria seca da planta, foi diferente entre os híbridos quanto a composição bromatológica, com destaque ao menor teor de FDN e maior concentração de amido no híbrido Maximus (Horst et al., 2019, p.1979).

Tabela 25. Cinética de degradação ruminal da matéria seca e da FDN da silagem dos diferentes híbridos de milho colhidos em estágio de grão duro

Silagem	Parâmetro					DE			
	<i>a</i> , %	<i>b</i> , %	<i>c</i> , % $\text{h}^{-1}$	DP	I	2% $\text{h}^{-1}$	5% $\text{h}^{-1}$	8% $\text{h}^{-1}$	
<b>MS</b>	Maximus	28.11 <sup>a</sup>	54.68 <sup>ab</sup>	0.018	82.79 <sup>ab</sup>	17.21 <sup>ab</sup>	52.39	41.68 <sup>a</sup>	37.56 <sup>a</sup>
	Defender	26.05 <sup>ab</sup>	50.66 <sup>b</sup>	0.019	76.71 <sup>b</sup>	23.29 <sup>a</sup>	50.42	39.81 <sup>ab</sup>	35.63 <sup>a</sup>
	Feroz	24.78 <sup>b</sup>	62.69 <sup>a</sup>	0.015	87.17 <sup>a</sup>	12.83 <sup>b</sup>	49.23	37.46 <sup>b</sup>	33.38 <sup>b</sup>
	CV, %	5.63	13.69	31.18	3.37	3.22	3.13	3.12	2.85
<b>FDN</b>	Maximus	-	53.63 <sup>a</sup>	0.125	53.63 <sup>a</sup>	46.37 <sup>b</sup>	42.21	-	-
	Defender	-	44.20 <sup>b</sup>	0.178	44.20 <sup>b</sup>	55.80 <sup>a</sup>	42.42	-	-
	Feroz	-	49.20 <sup>ab</sup>	0.139	49.20 <sup>ab</sup>	50.80 <sup>ab</sup>	41.68	-	-
	CV, %	-	4.53	17.80	4.53	4.35	9.12	-	-

*a*: fração solúvel; *b*: fração potencialmente degradável; *c*: taxa de degradação da fração *b*; DP: degradabilidade potencial; I: fração não degradável; DE: degradabilidade efetiva

D.M.S.: Diferença mínima significativa

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras diferentes, diferem pelo teste Tukey a 5%.

Os dados de cinética de degradação ruminal expressos na tabela 25 mostram que a fração *a* foi maior no híbrido Maximus, sem que houvesse diferença significativa para o Defender (28.11 e 26.05%, respectivamente). A fração *b* foi maior no híbrido Feroz, porém não diferindo do Maximus (62.69 e 54.68%, respectivamente), e como resultado, o comportamento da DP foi similar a este, com valores de 87.17% no híbrido Feroz e 82.79% no Maximus. A DE só diferiu em taxa de passagem média e alta (5% e 8%, respectivamente), sendo que os híbridos Maximus e Defender apresentaram valores

superiores em relação ao Feroz em ambas taxas de passagem. Na figura 14 [a] é possível observar que com 36 horas de incubação *in situ* houve diferença ( $P < 0.05$ ) no desaparecimento da matéria seca, sendo que o híbrido Maximus foi superior aos demais.

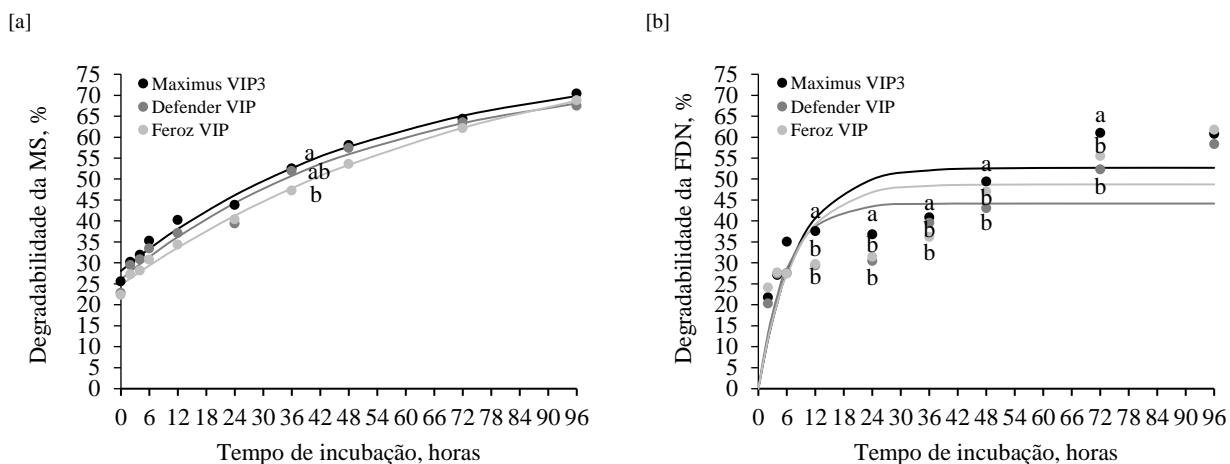


Figura 14. Curva representativa da cinética de degradação ruminal da matéria seca [a] e da FDN [b] da silagem dos diferentes híbridos de milho colhidos em estágio de grão duro  
<sup>a-c</sup> Letras diferentes indicam diferença entre as medias dentro dos tempos pelo teste Tukey a 5%

A degradabilidade potencial da FDN foi superior no híbrido Maximus, não havendo diferença porém, com o híbrido Feroz (53.63 e 49.20%, respectivamente). Nem a taxa de degradação da fração *b*, nem a DE foram afetadas pelo híbrido. Os tempos de avaliação que corresponderam entre 12 a 72 horas de incubação *in situ* apresentaram diferenças no desaparecimento da FDN da silagem, com o híbrido Maximus apresentando sempre o melhor resultado (Figura 14 [b]).

#### 4. Discussão

##### 4.1 Digestibilidade *in vitro* das frações da planta em 48 horas

O híbrido Maximus é comercialmente conhecido por apresentar *stay-green* mais acentuado em relação aos outros aqui avaliados, o que leva a pensar que trará melhor digestibilidade da fração vegetativa, o que de fato não ocorreu. Em revisão, Khan et al. (2014) destacaram a inexistência de correlação entre *stay-green* e digestibilidade das frações vegetativas da planta, mas salientaram a importância do estágio e a matéria seca obtida.

Em geral, a diminuição na digestibilidade das frações vegetativas com o avanço no estágio de maturação está relacionada com acúmulo de componentes da parede celular, e

principalmente com remobilização de carboidratos não estruturais para os grãos (Souza Filho et al., 2011). Portanto, há de se observar o contexto geral entre o estágio mais apropriado e o híbrido que apresenta melhor relação entre participação de cada fração e suas respectivas digestibilidades. Como exemplo, Zeoula et al. (2003) relataram que híbridos com colmo de boa digestibilidade talvez possam reduzir o uso de concentrado em até 1,5 kg por animal dia<sup>-1</sup>.

A diminuição na digestibilidade do grão observada no híbrido Maximus era esperada também nos demais híbridos, haja vista que o avanço no estágio de maturação gera aumento da vitreosidade pelo acúmulo de matriz proteica que envolve o endosperma e dificulta o ataque aos grânulos de amido pelos microrganismos (Ferraretto et al., 2018). Devido sua alta participação na planta, os grãos atribuem conhecida importância da qualidade da planta inteira, e por isso, mesmo com diferenças observadas entre híbridos e estágios de todas as frações, exceto para grãos, a digestibilidade da planta inteira foi inalterada. No entanto, deve-se ter em conta que a digestibilidade da planta inteira é dependente primeiramente da qualidade de cada fração e não da participação percentual de cada uma (Souza Filho et al., 2011).

#### 4.2 Digestibilidade *in vitro* dos grãos (16 horas) e da planta (24 horas)

Ao contrário do que foi observado no tempo de 48 horas de incubação, notou-se na tabela 18 que tanto pelo método de Van Soest et al. (1966) quanto pelo proposto por Tilley e Terry (1963), a digestibilidade *in vitro* em 16 horas do grão e 24 horas da planta inteira sofreram interferências do híbrido e também do estágio de maturação. Apesar de não termos feito comparações estatísticas, cabe mencionar que a metodologia de Van Soest et al. (1966) proporcionou valores de digestibilidade dos grãos notoriamente superiores aos achados pela técnica de Tilley e Terry (1963), enquanto o oposto foi observado em planta inteira. Holden (1999) destacou diferença de 5.27% na digestibilidade de grãos entre estas metodologias, com superioridade para a de Van Soest et al. (1966), porém também sem diferença estatística, e embasado nesses dados propôs alterações na primeira técnica, adotadas até hoje.

Através da técnica proposta por Van Soest et al. (1966), independente do híbrido, a digestibilidade do grão é reduzida com o avanço da maturação. Pelo método proposto por Tilley e Terry (1963), o grão do híbrido Defender teve sua maior digestibilidade em R4, o que pode ser explicado por ser uma fase com aumento da concentração de amido no grão em relação a R3 e níveis de zeínas capaz de serem degradadas pela pepsina

presente no meio, inferior a concentração presente em R5 por suposto.

A digestibilidade da planta inteira em 24 horas foi crescente com o avanço da maturação, estando diretamente relacionado com a proporção de grãos presente. Os dados apresentados por Payrat et al. (2016) demonstraram que a digestibilidade do amido não sofre interferência estatística entre estágios de maturação próximos, mas que a concentração desse componente na planta gera resultados significativos. Di Marco et al. (2002) apresentam resultados semelhantes até o estágio que antecede a formação da camada negra, quando tem-se a maior concentração de amido na planta, mas fibra de baixa qualidade. Os dados obtidos neste trabalho corroboram com os apresentados em revisão realizada por Khan et al. (2014), mostrando que o avanço do estágio para colheita proporciona melhor digestibilidade da matéria seca, sugerindo silagem com maior estimativa para produção de leite.

Destacamos os híbridos Feroz em estágio R4 e o Maximus em R5 pelos valores de digestibilidade da planta inteira. Notou-se a partir disso a importância exercida pela qualidade da fração vegetativa na digestibilidade do todo, justamente por não terem sido destaques na digestibilidade do grão, o que já tem sido demonstrado há tempo por diversos estudos e revisões de literatura (Ferraretto et al., 2018; Khan et al., 2014; Kruse et al., 2008).

#### 4.3 *Cinética de produção de gás*

Os dados de cinética de fermentação quando realizada pela técnica de produção de gás *in vitro* são bastante valiosos, além de permitir avaliação de um grande número de amostras com baixo custo e alta repetibilidade. Esses dados normalmente mostram que a avaliação de híbridos e estágios de maturação têm correlações com àqueles apresentados pela composição bromatológica (Opsit et al., 2012), permitindo interpretações isoladamente.

Com o avanço da maturação da planta ocorre aumento no teor de matéria seca e na participação de grãos, de forma que se deve observar tanto a participação de cada fração e também a digestibilidade de cada uma delas. O avanço na maturação aumenta a vitreosidade do grão, e conseqüentemente, redução do aproveitamento do amido, desencadeando uma redução na quantidade de substrato disponível para a fermentação e produção de gás (Pôssas et al., 2015). Porém, esse mesmo avanço proporciona maiores participações de grãos na planta inteira, e essa fração disponibiliza mais substrato para produção de gás quando comparado a fração vegetativa, justificando o comportamento

contrário observado entre a produção de gás pelos grãos e pela planta inteira conforme avanço dos estágios.

Apesar da classificação de vitreosidade ser importante, diferenças podem existir até mesmo dentro de uma mesma classificação de grãos, isso porque de acordo com Pôssas et al. (2015), cada híbrido avança na deposição de matriz proteica com velocidade distinta, justificando as diferenças na cinética de fermentação observada entre os híbridos avaliados, p, ex. para produção de gás assintótica, onde híbrido Feroz não diferiu entre os estágios e os híbridos Maximus e Defender apresentaram seus maiores e menores valores em R3 e R5, respectivamente. A G24 foi crescente nos grãos de Maximus e Defender, porém, não houve diferença entre estágios no híbrido Feroz.

A teoria do balanço da fermentação ruminal proposta por Wolin (1960), assumindo apenas a fórmula empírica dos carboidratos ( $C_6H_{12}O_6$ ), conduz ao fato de que quanto maior a participação de grãos na planta, maior tende a ser a produção de gás ( $CO_2$ ), o que fica evidenciado ao observar que o híbrido Maximus apresentou G24 superior aos demais nos três estágios de maturação, sendo justamente o que apresenta maior participação de grãos na planta (vide Capítulo 1).

#### 4.4 Produção de AGV, metano e amoníaco

As respostas observadas na produção de  $CH_4$  em grãos, em mM mM de AGV<sup>-1</sup> para o híbrido Defender e em mM g de MS<sup>-1</sup> no híbrido Feroz, sugerem que o avanço na maturação e consequente aumento na vitreosidade pode proporcionar redução na disponibilidade do amido, reduzindo assim a produção de  $CH_4$ , embora a produção percentual de  $CH_4$  não tenha sido afetada por nenhum dos híbridos. O aumento do teor de amido nas dietas de ruminantes é colocado por alguns autores (Hristov et al., 2013) como uma maneira eficaz de diminuir a emissão de  $CH_4$ , no entanto esse efeito não foi observado neste estudo em planta inteira, haja vista que o próprio aumento da vitreosidade do grão e a redução na degradação da FDN têm atuações importantes nesse tema (Macome et al., 2017; Hatew et al., 2016). Em condições reais de produção por vacas lactantes, Hatew et al. (2016) sugeriram que o avanço da maturidade da planta de milho diminui a emissão de  $CH_4$  principalmente pela redução na taxa fracionária ruminal de degradação do amido, causando suprimento aprimorado de amido duodenal. No entanto, em estudos *in vitro* como o nosso, o amido não pode escapar da fermentação, estando totalmente disponível para digestão microbiana, e assim a produção de metano é acumulativa e crescente de acordo com seu aumento (Macome et al., 2017). Diferenças

entre dados obtidos *in vitro* e ruminal são descritos continuamente (Rahman et al., 2013), mas não invalidam o método afim de esclarecer diferenças entre alimentos.

O avanço da maturidade da planta tende a reduzir o teor de FDN e aumentar o teor de amido, direcionando a produção de AGV para aumento de propionato e diminuição de acetato (Hatew et al., 2016). Esse aumento da concentração de grãos na planta induz a redução do pH do líquido ruminal e geralmente favorece a produção de propionato às custas do acetato, estreitando a relação entre ambos (Lettat et al., 2013; Rahman et al., 2013). Os hidratos de carbono são a principal fonte para produção de acetato e butirato na fermentação ruminal, sendo que suas sínteses resultam em aumento de H<sub>2</sub>, o qual é aproveitado juntamente com CO<sub>2</sub> pelos microrganismos metanogênicos para produção de CH<sub>4</sub> (Rahman et al., 2013). Isso é dizer que, quanto maior a concentração de carboidratos totais da planta (muitas vezes provocado pelo avanço do estágio de maturação), não só a produção de CH<sub>4</sub>, mas a proporção molar de butirato e acetato também aumentam, sendo esses dois dos principais AGV responsáveis pelo suprimento energético dos ruminantes.

A produção de AGV total foi distinta nos híbridos avaliados entre os estágios de maturação, mostrando que estudos de estágios de colheita de híbridos de milho para silagem realizados com apenas um híbrido devem ser interpretados com cautela.

Como já mencionado nessa discussão, a menor proporção de ácido valérico apresentado pelo grão do híbrido Maximus em R4 e R5 (P<0.05) volta a sugerir a menor presença de prolaminas em seu endosperma, assim como fica claro a elevação dessas proteínas com o avanço da maturação em todos os híbridos. O ácido valérico é proveniente da fermentação de proteínas, tendo a prolina (presente em grande quantidade nas prolaminas) como uma das principais fontes (Bastone et al., 2003). A amônia é outra importante fonte de nitrogênio usada na síntese desse ácido, e não por acaso, o grão do híbrido Defender, que não havia diferido entre os estágios para produção de ácido valérico, teve comportamento crescente na produção de N-NH<sub>3</sub>, diferindo na rota do uso de nitrogênio.

#### 4.5 *Energia e estimativa de produção de leite*

Uma das principais interferências proporcionadas por híbridos quando pretende-se estimar seu valor energético é a digestibilidade do amido, que por algum tempo foi fixada em modelos predição (Schwab et al., 2003). Como objetivamos avaliar este ponto e tínhamos como hipótese inicial o fato da digestibilidade do amido ser um potencial diferenciador, esta variável foi analisada através de kit enzimático e os dados inseridos

no modelo Milk2006 (Shaver et al., 2006). Assim como em outras variáveis já destacadas, híbridos diferentes mostraram superioridade energética em estágios distintos, o que também se configurou na produção de leite por kg de MS<sup>-1</sup> (Tabela 24). Apesar de não inseridos, nossos dados apontaram maior produção de grãos no híbrido Feroz em estágio R3, e maior no Maximus em estágio R5, explicando essa variação, já que ambos foram superiores nos respectivos estágios em valor energético.

Pequenas variações na digestibilidade da fibra podem não ser suficientes para interferir na estimativa do potencial de produção de leite (Comino et al., 2014), enquanto que o aumento gradativo na proporção de grãos na planta conforme avanço dos estágios de maturação evidencia sua importância, sendo essa a fração mais energética. Os estágios mais avançados mostram os maiores valores, seja para energia ou estimativa da produção de leite, mesmo com tendência de redução do aproveitamento da fibra.

De acordo com Johnson et al. (2002), a maioria dos híbridos de milho encontram o máximo valor nutricional quando atingem entre 33-36% de matéria seca, coincidindo com os obtidos pelos híbridos deste estudo em estágio R5. O rendimento produtivo de cada híbrido deve ser levado em consideração para tomada de decisão, pois as diferenças encontradas na produção de matéria seca por área anulou as diferenças observadas entre os híbridos outrora para estimativa de produção de leite ha<sup>-1</sup>.

#### 4.6 *Cinética de degradação ruminal da silagem*

Com objetivo de buscar silagens sempre com maiores teores de amido, fibra digestível e que não interfira no consumo, a cinética de degradação apresenta dados suficientes para direcionar a tomada de decisão. Krämer-Schmid et al. (2016) exaltaram a importância do potencial de degradação da FDN e as diferenças encontradas nos diversos híbridos disponíveis, não deixando de mencionar as interferências provocadas pela concentração de amido da silagem na degradabilidade da matéria seca, já que a primeira está emergida nesta última.

O processo de fermentação da silagem promove hidrólise parcial da matriz proteica do endosperma (Peyrat et al., 2014) favorecendo a degradação mais acelerada do amido, e em virtude disso, híbridos com maior participação de amido na planta proporcionam silagens com maior fração *a*, como destacado no Maximus na tabela 25. Acreditamos que a maior degradabilidade efetiva da matéria seca, em 5% e 8% h<sup>-1</sup>, para esse mesmo híbrido está também relacionada com a sua maior concentração de amido, além da sua maior degradação potencial da FDN, e não por acaso, diferenças não foram

observadas na degradabilidade efetiva da matéria seca em baixa taxa de passagem (2% h<sup>-1</sup>), onde a o potencial de degradação da fibra exerce menor impacto. A importância do amido para o aproveitamento da silagem fica mais clara quando se observa a figura 14, onde houve diferença significativa na degradabilidade da FDN [b] entre os híbridos em diversos tempos (12, 24, 36, 48 e 72 horas), mas que diferenças na degradabilidade da matéria seca [a] só ocorreu com 36 horas de incubação.

## 5. Conclusão

Em condições perfeitas de ensilagem, mesmo que as frações vegetativas difiram entre híbridos e estágios de maturação, as diferenças ocorridas pelo potencial de produção de grãos parecem refletir mais sobre a qualidade do alimento. A densidade energética e os resultados obtidos nas análises *in vitro*, digestibilidade e cinética de fermentação, apontam o híbrido Maximus como o mais indicado para produção de silagem quando colhido em estágio tardio de maturação. Independente do híbrido, o estágio mais avançado de colheita proporciona as melhores digestibilidades da planta inteira devido a maior proporção de grãos. Nesse estágio a produção de metano pode ser elevada.

## 6. Referências

- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 16.ed. Washington, DC, 1995.
- Batstone, D.J., Pind, P.F., Angelidaki, I. Kinetics of thermophilic, anaerobic oxidation of straight and branched chain butyrate and valerate. *Biotechnology and Bioengineering*, v.84, n.2, p.195-204, 2003.
- Comino, L., Tabacco, E., Righi, F., Revello-Chion, A., Quarantelli, A., Borreani, G. Effects of an inoculant containing a *Lactobacillus buchneri* that produces ferulate-esterase on fermentation products, aerobic stability, and fibre digestibility of maize silage harvested at different stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, v.198, p.94-106, 2014.
- Di Marco, O.D., Aello, M.S., Nomdedeu, M., Van Houtte, S. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (*in vivo*, *in situ* and *in vitro*). *Animal Feed Science and Technology*, v.99, p.37-43, 2002.
- Ferraretto, L.F., Shaver, R.D., Luck, B.D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *Journal of Dairy Science*, v.101, n.5, p.3937-3951, 2018.

- France, J., Dijkstra, J., Dhanoa, M.S., Lopéz, S. Bannink, A. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed *in vitro*: derivation of models and other mathematical considerations. *British Journal of Nutrition*, v.83, p.143–150, 2000.
- Hatew, B., Bannink, A., Van Laar, H., De Jonge, L.H., Dijkstra, J. Increasing harvest maturity of whole-plant corn silage reduces methane emission of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.99, n.1, p.354-368, 2016.
- Holden, L.A. Comparison of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*, v.82, p.1791-1794, 1999.
- Horst, E.H., Mareze, J., Bumbieris Junior, V.H., Neumann, M., Venancio, B.J., Souza, A.M. Performance, carcass characteristics and ingestive behavior of steers fed with silages of different maize hybrids. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.71, n.6, p.1977-1984, 2019.
- Hristov, A.N., Oh, J., Firkins, J.L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H.P.S., Adesogan, A.T., Yang, W., Lee, C., Gerber, P.J., Henderson, B., Tricarico, J.M. Special topics– Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal Animal Science*, v.91, p.5045–5069, 2013.
- Jensen, C., Weisbjerg, M.R., Norgaard, P., Hvelplund, T. Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, v.118, p.279–294, 2005.
- Johnson, L.M., Harrison, J.H., Davidson, D., Swift, M., Mahanna, W.C., Shinnors, K. Corn silage management II: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on digestion and energy content. *Journal of Dairy Science*, v.85, n.11, p.2913-2927, 2002.
- Khan, N.A., Yu, P., Ali, M., Cone, J.W., Hendriks, W.H. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.95, n.2, p.238-252, 2015.
- Krämer-Schmid, M., Lund, P., Weisbjerg, M.R. Importance of NDF digestibility of whole crop maize silage for dry matter intake and milk production in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, v.219, p.68-76, 2016.
- Kruse, S., Herrmann, A., Kornher, A. Evaluation of genotype and environmental variation in fiber content of silage maize using a model-assisted approach. *European Journal Agronomy*, v.28, n.1, p.210-223, 2008.

- Lettat, A., Hassanat, F., Benchaar, C. Corn silage in dairy cow diets to reduce ruminal methanogenesis: Effects on the rumen metabolically active microbial communities. *Journal of Dairy Science*, v.96, p.5237–5248, 2013.
- López, S., Dhanoa, M.S., Dijkstra, J., Bannink, A., Kebreab, E., France, J. Some methodological and analytical considerations regarding application of the gas production technique. *Animal Feed Science and Technology*, v.135, p.139–156, 2007.
- Macome, F.M., Pellikaan, W.F., Hendriks, W.H., Dijkstra, J., Hatew, B., Schonewille, J.T., Cone, J.W. *In vitro* gas and methane production of silages from whole-plant corn harvested at 4 different stages of maturity and a comparison with *in vivo* methane production. *Journal of Dairy Science*, v.100, n.11, p.8895-8905, 2017.
- Menke, K.H., Steingass, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, v.28, p.7-55, 1988.
- Nocek, J. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, v.71, p.2051-2069, 1988.
- Opsi, F., Fortina, R., Borreani, G., Tabacco, E., López, S. Influence of cultivar, sowing date and maturity at harvest on yield, digestibility, rumen fermentation kinetics and estimated feeding value of maize silage. *The Journal of Agricultural Science*, v.151, n.5, p.740-753, 2013.
- Ørskov, E.R., McDonald, I. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, v.92, p.449-453, 1979.
- Peyrat, J., Baumont, R., Le Morvan, A., Nozière, P. Effect of maturity and hybrid on ruminal and intestinal digestion of corn silage in dry cows. *Journal of Dairy Science*, v.99, n.1, p.258-268, 2016.
- Peyrat, J., Nozière, P., Le Morvan, A., Féraud, A., Protin, P.V., Baumont, R. Effects of ensiling maize and sample conditioning on *in situ* rumen degradation of dry matter, starch and fibre. *Animal Feed Science and Technology*, v.196, p.12-21, 2014.
- Pôssas, F.P., Gonçalves, L.C., Pereira, L.G.R., Machado, F.S., Jayme, D.G., Rodrigues, J.A.S., Tomich, T.R. Cinética de fermentação ruminal das silagens de três híbridos de milho comerciais em diferentes estágios de maturação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.67, n.1, p.159-165, 2015

- Rahman, M.M., Salleh, M.A.M., Sultana, N., Kim, M.J., Ra, C.S. Estimation of total volatile fatty acid (VFA) from total organic carbons (TOCs) assessment through *in vitro* fermentation of livestock feeds. *African Journal of Microbiology Research*, v.7, n.15, p.1378-1384, 2013.
- Schwab, E.C., Shaver, R.D., Lauer, J.G., Coors, J.G. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. *Animal Feed Science and Technology*, v.109, n.1, p.1-18, 2003.
- Shaver, R., Lauer, J., Coors, J. Hoffman, P. Dairy Nutrition Spreadsheets. Milk2006 Corn Silage: Calculates TDN-1x, NEL-3x, Milk per Ton, and Milk per Acre. Madison, WI, USA: University of Wisconsin. 2006.
- Souza Filho, A.X., Pinho, R.G.V., Pereira, J.L.D.A.R., Reis, M.C.D., Rezende, A.V.D., Mata, C.D.D. Influence of stage of maturity on bromatological quality of corn forage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40 n.9, p.1894-1901, 2011.
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. France, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.48, p.185–197, 1994.
- Tilley, J.M.A., Terry, R.A. A two stages technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, v.18, p.104–111, 1963.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, p.3583–3597, 1991.
- Van Soest, P.J., Wine, R.H., Moore, L.A. Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls. In: 10<sup>th</sup> Int. Grasslands Congr., Helsinki. p.438-441, 1966.
- Weatherburn, M.W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Analytical Chemistry*, v.39, p.971-974, 1967.
- Wolin, M.J. A theoretical rumen fermentation balance. *Journal of Dairy Science*, v.43, n.10, p.1452-1459, 1960.
- Zeoula, L.M., Beleze, J.R.F., Cecato, U., Jobim, C.C., Geron, L.J.V., Prado, O.D., Falcão, A.J.S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estágios de maturação. 4. Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e fibra em detergente neutro da porção vegetativa e planta inteira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.567-575, 2003.

---

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

---



Como observado ao longo desta tese, a escolha do híbrido de milho a ser cultivado para produção de silagem é decisiva para a qualidade final do produto e também dos resultados de desempenho animal. No entanto, essa não é uma tarefa tão simples quanto possa parecer.

O resumo dos capítulos apresentados aqui nos permitiu notar que podem haver diferenças desde as características morfométricas da planta, que irão interferir diretamente na produtividade de cada híbrido, assim como a participação e as características intrínsecas de cada componente estrutural da planta poderão afetar a qualidade química da silagem, e essa por sua vez, ditará como a fermentação ocorrerá no silo e também sua resistência ao aquecimento espontâneo após o a abertura dele.

Dentre os híbridos estudados aqui, o Maximus VIP3 obteve a melhor associação entre produção de biomassa fresca e grãos em estágios próximos aos quais comumente opta-se pela colheita para silagem de planta inteira. Em condições ótimas de cultivo, isso já era esperado, pois híbridos simples tendem à maiores produtividades. Esse mesmo híbrido também apresentou ótima qualidade da sua fração fibrosa, proporcionando maior digestibilidade da silagem e conseqüentemente, maior ganho de peso dos animais alimentados com ela. Outro resultado que elevou os níveis de discussão acerca do híbrido Maximus VIP3 foi a estabilidade aeróbia obtida com sua silagem. Esses números se aproximam de outros com silagens inoculadas com *Lactobacillus Buchneri* descritos na literatura. Quiçá esse seja um material que mereça mais atenção em pesquisas futuras.

Os resultados dos estágios iniciais esclareceram não apenas o padrão de desenvolvimento da planta, mas também apresentaram dados para aqueles que ainda fazem uso dessa cultura de forma pouco comum, como por exemplo, o uso da planta após colheita de mini espigas para conserva ou da palhada residual da colheita de grãos secos maduros. Por isso, fizemos questão de esclarecer em cada resultado os estágios mais apropriados para cada prática, enfatizando sempre os estágios de grão farináceo até grão maduro como os principais para colheita de silagem de planta inteira.

Mesmo dentro dessa janela restrita de colheita, observamos que as diferenças foram bastante significativas, modulando a fermentação ruminal e os produtos derivados dela. A digestibilidade também diferiu, resultando em maiores estimativas de produção de leite para o mais avançado deles. Isso mantém válida a afirmação feita por Barrière e Traineau em 1985: “Se os agricultores desejam otimizar a utilização da silagem de milho em relação ao desempenho de seus rebanhos e ao consumo de silagem, talvez eles precisem direcionar os critérios para suas escolhas no conteúdo líquido de energia do

híbrido de milho”.

Apesar de neste estudo termos obtido melhores resultados com o híbrido Maximus VIP3 em estágio de grão maduro, recomendações para colheita baseadas em estágio de maturação devem ser cautelosas, levando em consideração o híbrido cultivado. Por outro lado, a escolha do híbrido para produção de silagem deve ser feita após entendimento do seu momento mais oportuno de colheita, permitindo melhor planejamento e manejo.

Por fim esclarecemos que, os maiores rendimentos de silagem não são necessariamente obtidos a partir de híbridos com maior participação grãos. O entendimento da fisiologia de um híbrido de milho para silagem não é a mesma de um híbrido de grão. Portanto, os cultivares de silagem devem ser especializados. Critérios específicos devem ser aplicados no início de um programa de melhoramento de um genótipo, porque a produtividade e a maturidade são amplamente determinadas pela fração vegetativa da planta.

---

---

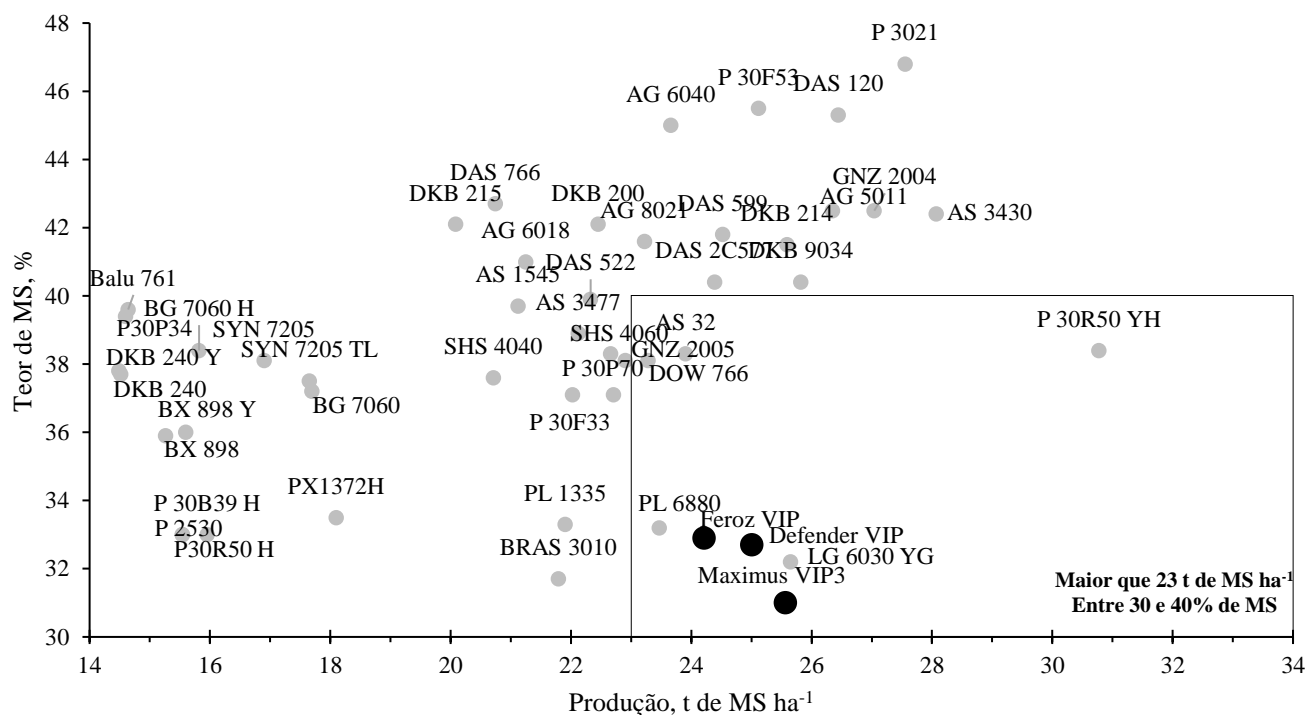
## APÊNDICES

---

---



Apêndice 1. Dados publicados sobre produtividade de híbridos de milho avaliados na área do Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO)



DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n5Supl1p2273

## Agronomic characteristics of maize hybrids (*Zea mays*, L.) at different maturity stages

### Características agronômicas de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) silageiros em diferentes estádios de maturação

Egon Henrique Horst<sup>1\*</sup>; Valter Harry Bumbieris Junior<sup>2</sup>; Mikael Neumann<sup>3</sup>; André Martins de Souza<sup>1</sup>; Bruno José Venancio<sup>4</sup>; Edelmir Silvio Stadler Junior<sup>4</sup>; André Dochwat<sup>5</sup>; Cherlyson Czelusniak<sup>5</sup>; Leslei Caroline Santos<sup>6</sup>

#### Highlights:

Phenological stage does not define harvest moment.

The vegetative fraction of plant should be considered as much as the grain.

Simple hybrids appear to be superior for silage production.

#### Abstract

The objective of this study was to evaluate the production and physical composition of three maize hybrids (*Zea mays*, L.) for silage production at six maturity stages. The hybrids evaluated were Maximus VIP3, Defender VIP and Feroz VIP. The experiment was conducted in a completely randomized block design with four replicates. The mean plant heights observed at harvest time (2.33 m, 2.45 m and 2.40 m) demonstrated that all materials were medium-sized hybrids. A positive correlation was observed between plant height and height of the ear insertion, varying from 0.86 for the Feroz VIP hybrid to 0.88 for the Maximus VIP3 hybrid, but these two variants had no correlation with the productivity data. There was a significant difference for the production of fresh biomass at the R1, R2 and R5 stages, with Maximus VIP3 obtaining the highest yields. The proportion of grains in the physical composition of plant varied between hybrids, where Maximus VIP3 and Defender VIP (482.2 and 461.7 g kg<sup>-1</sup>, respectively) were superior to Feroz VIP (429.7 g kg<sup>-1</sup>). With the advancement of maturity, there was a decreasing linear behavior for stem and leaf participation, with reductions of 3.8 g kg<sup>-1</sup> and 4.5 g kg<sup>-1</sup>, respectively, per day (R<sup>2</sup> = 0.79 and 0.80, respectively), quadratic behavior for bracts and corncob and a linear increase in grain participation in the plant structure, with an increase of 7.7 g kg<sup>-1</sup> per day (R<sup>2</sup> = 0.88). In general, the three hybrids present good characteristics for silage production and permit harvesting in the hard grain stage, allowing the addition of starch in relation to the farinaceous grain stage.

**Key words:** Phenological stage. Physical composition. Production. Silage.

<sup>1</sup> Discentes de Doutorado em Ciência Animal, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR, Brasil. E-mail: egonhh@yahoo.com.br; andrems\_92@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr., Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Departamento de Zootecnia, UEL, Londrina, PR, Brasil. E-mail: jrumbieris@uel.br

<sup>3</sup> Prof. Dr., Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e de Ciências Veterinárias, Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: neumann.mikael@hotmail.com

<sup>4</sup> Mestres em Ciências Veterinárias, UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: bru.ze.venancio@gmail.com; edelmirjunior@hotmail.com

<sup>5</sup> Discentes de Mestrado em Produção Vegetal, UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: andre.dochwat@hotmail.com; cherlysonczelusniak@gmail.com

<sup>6</sup> Discente Doutorado em Ciência Animal, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. E-mail: lesleicaroline@hotmail.com

\* Author for correspondence

Received: Sept. 12, 2019 - Approved: Apr. 27, 2020

2273



**Effects of the harvest stage of maize hybrids on the chemical composition of plant fractions: An analysis for the different types of silage**

Journal:	<i>Grassland Science</i>
Manuscript ID	GRS-2020-0090.R1
Wiley - Manuscript type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Horst, Egon Henrique Bumbieris Junior, Valter Harry Neumann, Mikael Lopez, Secundino
Keywords:	corn, earlage, lignin, snaplage, straw
Abstract:	<p>We aimed to compare the chemical compositions of the stem, leaves, husk leaves, and cob fractions, as well as the whole-plant and straw fractions, of three maize hybrids harvested at the beginning of six different reproductive stages of maturity. The three hybrids evaluated included Maximus VIP3, Defender VIP and Feroz VIP, which were evaluated at the beginning of each of the following reproductive phases: the R1 (grain formation), R2 (milky grain), R3 (pasty grain), R4 (floury grain) R5 (hard grain) and R6 (ripe grain) stages. The advancement in maturation was linearly related (<math>P &lt; 0.05</math>) to the crude protein content of the stem, leaves and whole-plant, and there was a difference between the hybrids only for the leaves, with the highest concentrations in Maximus (<math>P &lt; 0.05</math>). The neutral detergent fiber of the leaves showed a quadratic relationship with the advancement of maturation (<math>P &lt; 0.05</math>) but did not differ between the hybrids. For all the hybrids, the NDF levels in the husk leaves and cobs linearly increased during the reproductive stages (<math>P &lt; 0.05</math>). The lignin contents did not differ between stages in the stems; these contents were lower in the leaves of the Maximus hybrid and showed a linear decrease throughout the whole plant, though the contents did not differ between the hybrids. In general, the advancement in maturation reduced the protein levels of whole plants, which was driven by the reduction in the leaves and stem; however, compared with the NDF, lignin seemed to experience less effects from the hybrids. Due to the differences observed, it is noted that recommendations for harvest based on the stage of maturation should be taken with caution, and knowledge of the characteristics of the cultivated hybrid is essential.</p>

## Performance, carcass characteristics and ingestive behavior of steers fed with silages of different maize hybrids

[Desempenho, características da carcaça e comportamento ingestivo de novilhos alimentados com silagens de diferentes híbridos de milho]

E.H. Horst<sup>1</sup>, J. Mareze<sup>1</sup>, V.H. Bumbieris Junior<sup>2</sup>, M. Neumann<sup>3</sup>,  
B.J. Venancio<sup>4</sup>, A.M. Souza<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programa de pós-graduação - Universidade Estadual de Londrina - Londrina, PR

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Londrina - Londrina, PR

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste - Guarapuava, PR

<sup>4</sup>Programa de pós-graduação - Universidade Estadual do Centro-Oeste - Guarapuava, PR

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the performance, carcass characteristics and ingestive behavior of feedlot steers fed with three maize hybrids: Maximus VIP3, Defender VIP and Feroz VIP. The experiment lasted 112 days, weighing animals four times, every 28 days. The experimental diets were formulated and constituted by maize silage and pelletized ration in a 50:50 ratio (dry basis). Regardless of the hybrid used, there was an increase in the intake of dry matter with the advance in feedlot evaluation period (9.15, 9.14, 9.35 and 9.59kg day<sup>-1</sup>, in the first, second, third and fourth weighing, respectively). The type of maize hybrid silage influenced weight gain of animals differently, with a final mean of 1.413kg for animals fed with Maximus VIP3, 1,375kg for those fed with Defender VIP and 1,184kg for those fed with Feroz VIP. The animals fed with Feroz VIP hybrid silage showed higher carcass gain efficiency and were more active in the number of times they went to the feeder. Although the three evaluated hybrids resulted in good animal performance, the carcass characteristics did not change; nevertheless, the hybrid Maximus VIP3 is recommended for its superior bromatological composition.

Keywords: bromatology, feedlot stages, noncarcass components, weight gain, *Zea mays* L

### RESUMO

*O objetivo deste trabalho foi avaliar desempenho, características da carcaça e comportamento ingestivo de novilhos terminados em confinamento alimentados com silagens dos híbridos de milho: Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP. O experimento teve duração de 112 dias, sendo quatro pesagens a cada 28 dias. As dietas experimentais foram formuladas e constituídas por silagem de milho e ração peletizada em proporção de 50:50, na base seca. Independentemente do híbrido utilizado, houve aumento conforme avanço na fase de terminação (9,15; 9,14; 9,35 e 9,59kg dia<sup>-1</sup>, na primeira, segunda, terceira e quarta pesagens, respectivamente). A distinção da silagem de milho determinou diferença no ganho de peso dos animais, com média final de 1,413kg para os animais tratados com Maximus VIP3, 1,375kg para os tratados com Defender VIP e 1,184 para aqueles alimentados com Feroz VIP. Os animais alimentados com silagem do híbrido Feroz VIP apresentaram maior eficiência de ganho de carcaça e foram mais ativos ao número de vezes em ir ao comedouro. Apesar dos três híbridos avaliados proporcionarem bons resultados relacionados ao desempenho animal, as características da carcaça não sofreram alterações; mesmo assim, recomenda-se o híbrido Maximus VIP3 por sua superioridade bromatológica.*

*Palavras-chave: bromatologia, fases de confinamento, ganho de peso, híbridos silageiros, Zea mays L*

Recebido em 21 de setembro de 2018

Aceito em 29 de dezembro de 2018

E-mail: egonhh@yahoo.com.br



# Carbohydrate fractionation, fermentation and aerobic stability of silages with different maize hybrids<sup>†</sup>

## Fracionamento de hidratos de carbono, fermentação e estabilidade aeróbia da silagem de diferentes híbridos de milho

Egon H. Horst<sup>1,\*†</sup>, Valter H. Bumbieris Junior<sup>1</sup>, Mikal Neumann<sup>2</sup>, André M. Souza<sup>2</sup>, Edelmir S. Stadler Junior<sup>2</sup> and André Dochowat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Science, State University of Londrina (UEL), 86057-970, Londrina, PR, Brazil

<sup>2</sup>Department of Veterinary Medicine, State University of the Middle-West (UNICENTRO), 85040-080, Guarapuava, PR, Brazil

<sup>†</sup>Part of first author's thesis

(\*E-mail: egonhh@yahoo.com.br)

<https://doi.org/10.19084/rca.17723>

Received/recebido: 2019.04.25

Accepted/aceite: 2019.09.26

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the chemical composition and the fermentative variables of different maize hybrids and their interference in the aerobic stability of silage. The hybrids used were the Maximus VIP3, Defender VIP and Feroz VIP, being simple, triple and double hybrids, respectively. The chemical composition and the aerobic stability were evaluated 60 days after the silos were sealed. One kilo of sample from each replicate was placed in polypropylene containers lined with plastic bags and transferred to a climatic chamber at  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , and the silage temperatures were measured three times a day for seven days. In the chemical composition, only the fraction A of the non-fibrous carbohydrates presented a difference between the treatments. The Maximus VIP3 hybrid was superior in relation to the others for acetic acid production and did not differ from the Defender VIP hybrid in lactic acid concentration. A longer time was required for the Maximus VIP3 silage temperature to increase by  $2^\circ\text{C}$  (125.3 hours), while the other silages did not differ significantly (53.3 and 45.3 hours for Defender VIP and Feroz VIP). The hybrid Maximus VIP3 is recommended for silage production due to its characteristics, including a high concentration of sugars and a greater aerobic stability.

**Keywords:** bromatology, deterioration, organic acids, temperature, *Zea mays* L.

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a composição química e variáveis fermentativas de diferentes híbridos de milho e sua interferência na estabilidade aeróbia da silagem. Os híbridos utilizados foram o Maximus VIP3, Defender VIP e Feroz VIP, sendo híbridos simples, triplo e duplo, respectivamente. A composição química e a estabilidade aeróbia foi avaliada 60 dias após a vedação dos silos. Amostras de um quilo foram colocadas em recipientes de polipropileno revestido com saco plástico e transferidos para câmara climática à temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , e as temperaturas das silagens foram medidas três vezes ao dia durante sete dias. Na composição química, apenas a fração A dos hidratos de carbono não fibrosos apresentou diferença entre os tratamentos. O híbrido Maximus VIP3 foi superior em relação aos demais para produção de ácido acético, e não diferiu do híbrido Defender VIP na concentração de ácido láctico. Tempo significativamente mais longo foi necessário para que a temperatura da silagem de Maximus VIP3 aumentasse em  $2^\circ\text{C}$  (125,3 horas), enquanto as outras silagens não diferiram entre si (53,3 e 45,3 horas para Defender VIP e Feroz VIP). O híbrido Maximus VIP3 apresentou alta concentração de açúcares e maior estabilidade aeróbia, sendo recomendado para produção de silagem pelas suas características.

**Palavras-chave:** ácidos orgânicos, bromatologia, deterioração, temperatura, *Zea mays* L.



# Effects of Hybrid and Grain Maturity Stage on the Ruminal Degradation and the Nutritive Value of Maize Forage for Silage

Egon Henrique Horst <sup>1,2,\*</sup>, Secundino López <sup>2,3,\*</sup>, Mikael Neumann <sup>4</sup>,  
Francisco Javier Giráldez <sup>3</sup> and Valter Harry Bumbieris Junior <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Animal Science, State University of Londrina, Londrina 86057-970, Brazil; jrbumbieris@uel.br

<sup>2</sup> Departamento de Producción Animal, Universidad de León, E-24007 León, Spain

<sup>3</sup> Instituto de Ganadería de Montaña (IGM), CSIC-Universidad de León, Finca Marzanas s/n, 24346 Grulleros, Spain; j.giraldez@eae.csic.es

<sup>4</sup> Department of Veterinarian Medicine, State University of Middle West, Guarapuava 85040-167, Brazil; neumann.mikael@hotmail.com

\* Correspondence: egonhh@yahoo.com.br (E.H.H.); s.lopez@unileon.es (S.L.)

Received: 5 June 2020; Accepted: 24 June 2020; Published: 1 July 2020

**Abstract:** The study aimed to examine the effects of harvesting three maize hybrids at different maturity stages on the ruminal fermentation kinetics, fermentation end-products (volatile fatty acid, ammonia and methane) output, and digestibility of maize plant fractions, as well as the degradability of the resulting silage. Three hybrids were compared (Maximus VIP3, Defender VIP and Feroz VIP) harvested at three grain maturity stages (milk (R3), dough (R4) and dent (R5) grain), while silage samples were collected only at the dent grain stage (R5). Grain digestibility tended to decrease as the maturity stage progressed ( $p < 0.05$ ), while the whole-plant digestibility increased with increasing maturity for the three evaluated hybrids ( $p < 0.05$ ). The gas production of whole-plant at 24 h of incubation was higher for the Maximus hybrid than for the others ( $p < 0.05$ ), with average values of 188, 196 and 207 mL g<sup>-1</sup> dry matter at stages R3, R4 and R5, respectively. For the in situ ruminal degradation kinetics of silage, instantly degradable dry matter and fiber potential degradability were greater with Maximus maize forage than with the other two hybrids. From the perspective of in vitro results, the Maximus VIP3 hybrid seems to be the most suitable for silage production when harvested between the dough and the dent grain stage of maturity.

**Keywords:** maize; silage; rumen; fermentation kinetics; in vitro digestibility; methane; Milk2006

## 1. Introduction

Maize silage is a key feedstuff in the ruminant diets due to the yield of forage biomass and the energy content of the feed [1]. Usually, the dry matter yield and the amount of grain present in the plant were considered the main indicators for the selection of hybrids. However, recent studies have linked several other attributes to the nutritional quality of silage, with emphasis on the use of the vegetative fraction of the plant [2,3]. Di Marco et al. [4] underlined that under unfavorable weather conditions, silage digestibility may be better correlated with cell wall digestibility than with starch content.

The maturity stage at harvest is also one of the likely nutritional quality determinants, and some authors have considered it the most influential factor affecting silage digestibility [4]. In a review, Khan et al. [1] reported a large variability between harvesting stages, being strongly correlated with changes in silage chemical composition, so that early harvesting is related to a lower energy content of silage due to small accretion of starch in the grain, in addition to effluent losses [5]. It is known that as grain matures there is an increase in starch in the grains, whereas nitrogen compounds in leaves are