

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado de Pós-Graduação em Zootecnia

**Características agronômicas, perfil fermentativo e
qualidade das silagens do milho BG7046 H colhido em
quatro estádios**

João Pedro Costa Alves de Oliveira

Belo Horizonte

2016

João Pedro Costa Alves de Oliveira

Características agronômicas, perfil fermentativo e qualidade das silagens do milho BG7046 H colhido em quatro estádios

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal

Prof. Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves

Belo Horizonte

2016

O48c Oliveira, João Pedro Costa Alves de, 1988-
Características agronômicas, perfil fermentativo e qualidade das silagens do milho
BG7046 H colhido em quatro estádios / João Pedro Costa Alves de Oliveira. – 2016.
42 p. : il.

Orientador: Lúcio Carlos Gonçalves
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

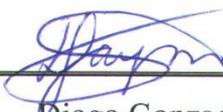
1. Milho – Silagem – Teses. 2. Silagem – Qualidade – Teses. 3. Valor nutricional – Teses.
I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária.
III. Título.

CDD – 636.

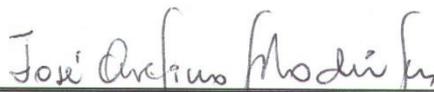
Dissertação defendida e aprovada em 26/01/2016 pela comissão examinadora composta pelos seguintes membros:



(Orientador) Lúcio Carlos Gonçalves



Diogo Gonzaga Jayme



José Avelino Santos Rodrigues

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Lúcio por todos os ensinamentos e pela confiança que depositou em mim.

Ao Professor Diogo por todo o apoio durante o mestrado.

Ao Doutor José Avelino por ter fornecido o material de pesquisa e garantido o experimento na Embrapa.

A minha família que sempre esteve ao meu lado me incentivando.

A todos do grupo da Forragem que ajudaram nos melhores e piores momentos.

A CAPES e ao CNPq pela ajuda financeira.

A Embrapa Milho e Sorgo pelo fornecimento do material para pesquisa.

E nunca deixar de agradecer a mim mesmo. Valeu, eu!

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1. A cultura do milho.....	9
2.2. Ensilagem.....	10
2.3. Transgenia....	13
3. REFERÊNCIAS.....	15
4. ARTIGO.....	17

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Características agronômicas do milho BG7046 H em cada idade de corte.....	32
Tabela 2. Composição bromatológica da planta inteira em cada idade de corte em g kg ⁻¹ de MS.....	33
Tabela 2.2. Avaliação da silagem com base no valor de pH associado ao conteúdo de MS, nitrogênio amociacal (N-NH ₃ /NT), ácido butírico e ácido láctico.....	12
Tabela 3.2. Qualificação da fermentação da silagem.....	12
Tabela 3. Composição bromatológica da espiga em cada idade de corte em g kg ⁻¹ de MS.....	34
Tabela 4. Composição bromatológica da folha em cada idade de corte em g kg ⁻¹ de MS.....	35
Tabela 5. Composição bromatológica do colmo em cada idade de corte em g kg ⁻¹ de MS.....	36
Tabela 6. Composição bromatológica da silagem em cada tempo de cada idade de corte em g kg ⁻¹ de MS.....	37
Tabela 4. Perfil fermentativo da silagem do milho BG7046 H em cada idade de corte.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS

BAL	= bactérias ácido láticas
Bt	= resistência a insetos
CEL	= celulose
CNF	= carboidratos não fibrosos
DIVMS	= digestibilidade in vitro da matéria seca
E:CF	= relação do peso da espiga com de colmo mais folhas
EE	= extrato etéreo
Embrapa	= Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPM	= erro padrão da média
FDA	= fibra insolúvel em detergente neutro
FDN	= fibra insolúvel em detergente neutro
G	= perda por gases
HCEL	= hemiceluloses
IN	= Indiana
INCT	= Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal
L	= efeito linear
Lig	= lignina
MA	= Massachusetts
MG	= Minas Gerais
MS	= matéria seca
MSab	= Teor de MS da forragem na abertura
MSen	= Teor de MS da forragem na ensilagem
MVi	= quantidade de massa verde de forragem ensilada
NC	= Carolina do Norte
N-NH ₃	= nitrogênio amoniacal
NS	= não significativo
NY	= Nova Iorque
Pab	= Peso do conjunto na abertura
PB	= proteína bruta
PCab	= Peso do balde cheio na abertura
PCen	= Peso do balde cheio na ensilagem
PE	= perda por efluentes
Pef	= peso dos efluentes
Pen	= Peso do conjunto na ensilagem
PI	= planta inteira
PIDA	= proteína insolúvel em detergente ácido
PIDN	= proteína insolúvel em detergente neutro
PMS	= produção de matéria seca
PMSD	= produção de matéria seca digestível
PMV	= produção de matéria verde
PT	= perdas totais
Q	= efeito quadrático
RR	= Resistência a herbicida
RS	= Rio Grande do Sul
USDA	= United States Department of Agriculture

RESUMO

Este estudo teve o objetivo de avaliar o milho BG7046 H. Foram avaliadas as características agronômicas, o valor nutricional e as silagens produzidas em quatro idades (92, 99, 103 e 107 dias após o plantio). O híbrido de milho foi plantado em Sete Lagoas, Minas Gerais, em área irrigada e colhido no final da estação chuvosa. Os dados agronômicos foram coletados nos dias de corte, onde também foram separadas as frações das plantas e confeccionados os silos experimentais. Os silos foram abertos em sete tempos (1, 3, 5, 7, 14, 28, 56 dias após ensilagem) para cada idade de corte. Foram determinadas as composições químicas da planta inteira, das frações e dos silos experimentais. Foram determinados o nitrogênio amoniacal ($N-NH_3/NT$), o pH, as perdas por efluentes (PE), por gases (G) e as perdas totais (PT) em todos os tempos de abertura das silagens de todas as idades. Entre as características agronômicas a participação da espiga na planta aumentou com a idade de corte e a produção de matéria verde sofreu efeito quadrático. As alterações encontradas nas partes da planta entre as diferentes idades de corte confirmam as alterações encontradas na planta inteira (PI). Os silos sofreram influência da idade de corte em todos os parâmetros, exceto o EE, enquanto a MS, a FDA, o EE, as cinzas, a CEL e a DIVMS sofreram efeito de idade na PI. Os silos da planta nas diferentes idades apresentaram ótimas características de qualidade, e poucas perdas de MS. O milho BG7046 H pode ser cortado entre 92 e 107 dias de idade para produção de silagem sem que haja alterações na qualidade e na produção.

Palavras chaves: ensilagem, frações da planta, ponto de corte, produção de volumoso, transgênico

ABSTRACT

This study evaluated the corn hybrid BG7046 H. The agronomic traits, nutritional value and the silage produced from the whole corn plant and plant fractions (culm, leaf and ear) were evaluated in four cutting ages (92, 99, 103, 107 days after planting). The corn hybrid BG7046 H was grown in Sete Lagoas, Minas Gerais, in an irrigated field and harvested at the end of the raining season. Agronomic traits data was collected on the cutting days when plant fractions were also separated and the experimental silos were made. The silos were opened on seven different days (1, 3, 5, 7, 14, 28, 56 days after ensiling) for each plant cutting age. The chemical composition of the whole plant, plant fractions and silage were determined. Silage ammoniac nitrogen, pH, effluent loss, gas loss and total loss were obtained in every silo-opening-day for all cutting ages. For agronomical traits: corn ear fraction percentage increased in whole plant as cutting age progressed while the fresh matter yield showed a quadratic effect. Chemical composition differences observed in the plant fractions explained whole plant chemical alterations as age progressed. All parameters, except for EE, were affected by plant cutting age in the silages. For the whole plant, the age effect was observed for DM, ADF, EE, ashes, cellulose and IVDMD. The corn silage presented great silage quality traits and with minimal DM loss in all plant ages. The corn BG7046H should be harvested between 92 and 107 days after planting for silage production without any quality and yield losses.

Keywords: cutting age, ensiling, plant fractions, roughage production, transgenic maize

1. INTRODUÇÃO

A competitividade do mercado nacional e internacional exige cada vez mais do produtor rural, uma adaptabilidade às condições impostas, tanto pelo meio ambiente, por meio de sistemas de produção mais eficientes, quanto pelo melhoramento genético dos animais, otimização da produção e a obtenção de fontes de alimentos abundantes e de qualidade, objetivando maiores níveis de produção e lucro.

Esta intensificação da cadeia produtiva de leite e de carne leva a um aumento na demanda por novas tecnologias a fim de que o retorno econômico da atividade seja elevado. A busca por novas alternativas capazes de aumentar a produtividade animal e ao mesmo tempo reduzir os custos de produção é um desafio constante para técnicos e produtores. Assim sendo, a nutrição ganha destaque, pois normalmente aparece como item mais oneroso em um sistema de produção animal.

No Brasil, devido às condições climáticas, a disponibilidade de forragens é irregular ao longo do ano, com períodos alternados de excesso e escassez de pastagens. Para que esta estacionalidade não reflita na produtividade do rebanho, é necessário que o excesso de forragens produzido no período chuvoso seja conservado para ser utilizado no período seco, quando é baixa a oferta de pastagens, garantindo aos animais alimentação volumosa durante a estiagem. Uma das principais formas de conservação é a ensilagem, que consiste na fermentação anaeróbica de plantas forrageiras. O uso da técnica de ensilagem possibilita a obtenção de um material de boa qualidade nutricional para ser usado durante os períodos de escassez de alimentos, estando estes indisponíveis ou até mesmo em condições impróprias para o consumo animal.

O valor nutritivo de uma silagem depende das características nutricionais da forrageira a ser utilizada, como teor de carboidratos solúveis, produção de matéria seca e composição química. Uma silagem com alta porcentagem de matéria seca é difícil de ser compactada, já com baixo teor há lixiviação de nutrientes. As frações fibrosas das plantas estão ligadas à digestibilidade e ao consumo voluntário das silagens. Essas características sofrem influência da maturidade da planta, pois durante seu ciclo vegetativo diversas alterações ocorrem na composição celular.

O milho se destaca dentre as espécies forrageiras utilizadas para a confecção de silagem. Esta gramínea proporciona uma silagem de boa qualidade nutritiva para os animais. Além de

apresentar um elevado potencial produtivo de matéria seca por área, alcançando produções superiores a 15 t/ha de matéria seca (MS; Oliveira et al., 2003), viabilizando sua exploração.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura do milho

O milho representa uma das principais culturas no mundo. No Brasil representa a segunda maior área plantada, ficando atrás apenas da soja. O milho foi explorado em 15,75 milhões de ha na safra de 2014/2015 (Foreign Agricultural Service-USDA, 2016). Estima-se que a área de milho cultivada para a produção de silagem seja de 1,2 milhões de ha (Oliveira et al., 2010).

Na alimentação humana apresenta grande importância por não apresentar fatores anti-nutricionais, podendo ser utilizado em diferentes alimentos, mas representa uma pequena parte do aproveitamento do milho. A grande maioria do milho cultivado é utilizado na alimentação animal, tanto na forma de volumoso, quanto na de concentrado. Outro segmento em crescimento é a produção de produtos de alto valor, como a extração de carboidratos, aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas e proteínas recombinantes, extraídos de híbridos modificados geneticamente para produção de produtos específicos (Naqvi et al., 2011).

Os programas de melhoramento do milho tem um histórico ligado a estudos de aumento de resistência a doenças, ataques de pragas, menor acamamento e maior produtividade por área, todos fatores que não necessitavam do estudo do valor nutricional da planta. A utilização do milho como forma de silagem da planta inteira, não pode focar apenas no valor nutricional dos grãos, pois metade do peso em matéria seca (MS) da planta é representado por colmo e folhas. Pesquisas sobre a qualidade das frações da planta são necessárias para otimização das dietas dos animais (Salazar et al., 2010). Em países em desenvolvimento, onde o milho é um dos principais alimentos na alimentação das pessoas, o desenvolvimento de cultivares com melhores características de colmo e folhas, sem prejuízo dos grãos, permite a utilização do subproduto da colheita do milho na alimentação de ruminantes (Reddy et al., 2013). Além disso, a produção de silagens da planta inteira com melhores valores nutricionais do colmo permite a fabricação de um alimento de melhor digestibilidade e maior aceitabilidade pelos animais.

O milho é a planta mais utilizada para a produção de silagem no mundo. Em um estudo com produtores, Bernardes e Rêgo (2014) mostraram que 82,7% dos entrevistados afirmaram que usam o milho como principal material para fabricação de silagem no Brasil. Mesmo que a

qualidade seja importante na ensilagem, é inviável plantar um material que não tenha uma alta produtividade. A produtividade do milho é determinada pelo clima, manejos da cultura e pela variedade escolhida para o plantio. Já a sua qualidade é influenciada pelo clima, manejos culturais e pela idade da planta.

As forrageiras mudam sua composição bromatológica com o avançar do estado fenológico, que acarretam mudanças na qualidade da silagem. As frações da planta sofrem alteração em sua composição com o passar do tempo que refletem na composição da planta inteira (Lynch et al., 2013), sendo o teor de matéria seca, de carboidratos não fibrosos (CNF) e as frações fibrosas os compostos mais importantes para produção de silagens de boa qualidade.

2.2. Ensilagem

A ensilagem é o processo de conservação de alimentos por meio da formação de um ambiente anaeróbico e com pH baixo. Os baixos valores de pH obtidos durante a ensilagem inibem a proliferação de microorganismos indesejáveis no meio. Isso garante a diminuição das perdas e a qualidade do alimento para ser usado na alimentação animal (McDonald et al., 1991).

As bactérias aeróbicas e anaeróbicas estão presentes durante a ensilagem. A presença de oxigênio serve como substrato para as bactérias aeróbicas se desenvolverem durante o enchimento e o descarregamento dos silos. Se o crescimento não for contido rapidamente leva a perdas indesejáveis no silo. O principal a se observar é diminuir o tempo de exposição ao oxigênio que é usado na respiração da forrageira após seu corte, e diminuir o contato da silagem com o oxigênio depois de abrir os silos. Um bom manejo de enchimento, com rápida compactação e vedação do ambiente, e o descarregamento respeitando as camadas mínimas a se retirar do silo diariamente, evitam as perdas de matéria seca por respiração (Danner et al., 2003). Os silos onde ocorrem intensa respiração apresentam formação de reações de Maillard devido as altas temperaturas diminuindo a qualidade da silagem. O rápido enchimento e a vedação dos silos permitem a criação de um ambiente anaeróbio devido ao rápido consumo do oxigênio contido na massa ensilada. As bactérias anaeróbias consomem os carboidratos solúveis gerando ácidos orgânicos que são responsáveis pelo abaixamento do pH. As silagens que apresentam baixas perdas estão relacionadas a fermentação de bactérias homofermentativas. Pouca energia e MS são perdidas na produção de ácido lático, apenas 0,7% e 0,0% de perdas, respectivamente, na fermentação de bactérias homofermentativas (McDonald et al., 1991).

O processo de ensilagem pode ser dividido em quatro fases (Bolsen et al., 1996):

1- Fase aeróbica: A medida que os silos são abastecidos dois processos enzimáticos tomam ação: proteólise e respiração. A proteólise ocorre pela ação de proteases da planta que degradam a proteína e a respiração é a quebra completa de açúcares da planta gerando dióxido de carbono e água, usando oxigênio e liberando calor.

2- Fase fermentativa: As bactérias começam a fermentar os carboidratos solúveis quando o ambiente do silo se torna anaeróbico. As bactérias ácido lácticas (BAL) homofermentativas produzem ácido láctico que baixa o pH do silo com menores perdas. Mas as bactérias heterofermentativas também competem pelos substratos gerando ácidos orgânicos com maiores perdas. Quando o pH chega a menos de 4,2 o crescimento da maior parte dos microorganismos é inibido, com exceção das BAL.

3- Fase estável: Com a inibição do crescimento dos microorganismos o silo se torna estável com poucas reações ocorrendo em seu interior. Silos com pH abaixo de 4 podem levar a quebra das hemiceluloses. Se houver entrada de ar durante essa fase ocorre o desenvolvimento de fungos e bactérias com perda da qualidade da silagem e possível crescimento de microorganismos indesejáveis.

4- Fase de desabastecimento: Ao abrir o silo o oxigênio entra em contato com todas as partes que estiverem em contato com o ar. Os microorganismos voltam a consumir os carboidratos com gasto de oxigênio e liberação de dióxido de carbono e calor. Os fungos e as leveduras são os principais responsáveis pela degradação da silagem nessa fase e podem levar ao aparecimento de micotoxinas no material. O consumo dos produtos da fermentação (ácidos orgânicos), pode levar ao aumento do pH e à melhora do ambiente para crescimento de microorganismos, o que pode agravar os danos às silagens.

O teor de MS é um dos principais fatores para se determinar o momento de colheita do milho para a produção de silagem de boa qualidade. A maturidade adequada assegura a presença de carboidratos solúveis para a fermentação e o valor nutricional ideal para a alimentação dos animais. Além disso a maturidade da planta inteira está diretamente relacionada a concentração de MS da silagem. A umidade está relacionada a capacidade de compactação do material, a expulsão do ar, e a propiciar o ambiente ideal para a produção de ácido láctico necessário para a estabilização da forragem (Johnson et al., 2002).

Recomenda-se a colheita do milho quando a linha-do-leite do grão encontra-se a $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ do grão a partir da espiga, dessa maneira gerando uma silagem de 30 a 35 % de MS. Silagens com essa característica e que tenham sofrido rápido processo de compactação e vedação apresentam altos teores de ácido láctico, e baixos de ácido acético, propiônico e butírico. Tomich et al. (2003)

propuzeram uma metodologia para avaliação de silagens na qual os ácidos orgânicos produzidos entram na avaliação. Além de serem avaliados os teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃/NT) e o pH (Tabela 2.1 e 2.2).

Tabela 2.5. Avaliação da silagem com base no valor de pH associado ao conteúdo de MS, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ácido butírico e ácido acético

	MS (%)				Pontuação
	< 20	20 - 30	30 - 40	> 40	
pH	≤ 4,0	≤ 4,2	≤ 4,4	≤ 4,6	25
	4,0 - 4,2	4,2 - 4,4	4,4 - 4,6	4,6 - 4,8	20
	4,2 - 4,4	4,4 - 4,6	4,6 - 4,8	4,8 - 5,0	15
	4,4 - 4,6	4,6 - 4,8	4,8 - 5,0	5,0 - 5,2	10
	4,6 - 4,8	4,8 - 5,0	5,0 - 5,2	5,2 - 5,4	5
	> 4,8	> 5,0	5,2	5,4	0
N-NH ₃ (% do nitrogênio total)	≤ 10,0				25
	10,0 - 13,0				20
	13,0 - 17,0				15
	17,0 - 21,0				10
	21,0 - 25,0				5
Ácido butírico (% da MS)	> 25,0				0
	0,0 - 0,1				50
	0,1 - 0,3				40
	0,3 - 0,5				30
	0,5 - 0,7				20
	0,7 - 0,9				10
Ácido acético (% da MS)	> 0,9				0
	≤ 2,5				0
	2,5 - 4,0				- 5
	4,0 - 5,5				- 10
	5,5 - 7,0				- 15
7,0 - 8,0				- 20	
> 8,0				- 25	

Adaptado de Tomich et al. (2003)

Tabela 6.2. Qualificação da fermentação da silagem

Pontuação total	Qualificação
90 - 100	Excelente
70 - 89	Boa
50 - 69	Regular
30 - 49	Ruim
< 30	Péssima

Compilado de Tomich et al. (2003)

As silagens que apresentam baixos teores de matéria seca, além de maiores perdas pela produção de efluentes, há o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*. Essas bactérias desenvolvem em ambientes onde o pH é mais próximo da neutralidade, e utilizam como substrato açúcares e ácido lático, gerando ácido butírico e degradando proteínas. Baixos níveis de carboidratos solúveis e de MS, alto poder tamponante dos materiais e a demora em vedar os silos estão relacionados ao crescimento de clostrídios nos silos (McDonald et al., 1991). Silagens de boa qualidade apresentam baixos valores de ácido butírico.

As situações onde não ocorre o rápido abaixamento do pH também levam ao crescimento de bactérias heterofermentativas levando a produção de ácido acético. Essas bactérias concorrem com as homofermentativas pelos mesmos substratos e retardam a velocidade de abaixamento do pH. O ácido propiônico está ligado as silagens de maior teor de MS, acima de 35%, onde o ambiente aeróbico permanece por um tempo maior. Também ocorre o crescimento de fungos e leveduras quando a anaerobiose não é atingida rapidamente após a vedação do silo.

Kung e Shaver (2001) caracterizaram uma silagem de boa qualidade com pH 3,7 a 4,2; ácido láctico de 4 a 7%; ácido acético de 1 a 3%; ácido propiônico menor do que 0,1%; ácido butírico 0% e N-NH₃/NT de 10 a 15%. Vilela et al (2008), Oliveira et al. (2010), Araújo et al. (2012), e Arriola et al. (2012) obtiveram silagens de boa qualidade em experimentos utilizando as referências de Tomich et al. (2003) ou de Kung e Shaver (2001).

2.3. Transgenia

A engenharia genética revolucionou as pesquisas com plantas e conquistou avanços em estratégias para melhoramentos desde a primeira introdução de um gene externo a uma planta (Herrera-Estrella et al., 1983). Cultivadas comercialmente desde 1996, as culturas modificadas geneticamente são plantadas em mais de 170 milhões de ha atualmente. O Brasil é o segundo maior produtor de culturas geneticamente modificadas, chegando a mais de 36 milhões de ha em 2012 (News, 2013). O crescimento das áreas plantadas no Brasil foi de 21% em 2012.

As principais transgenias usadas nas culturas de milho são as responsáveis por produção de proteínas tóxicas a insetos (Bt) e as responsáveis a resistência a herbicidas (RR). Desde o início do lançamento das culturas transgênicas grandes debates tem ocorrido em todo o mundo quanto a seguridade da utilização dessas tecnologias. Apesar da toxicidade da toxina Bt a alguns insetos, existe pouco ou nenhum efeito colateral a outros organismos e ao homem (Mendelson et al., 2003).

A possibilidade do aumento da resistência aos efeitos transgênicos gera preocupações dos danos que as pragas podem trazer se isto acontecer. Em um estudo Hutchison et al. (2010) relataram a manutenção da resistência do milho Bt ao ataque das pragas por mais de uma década. Além da diminuição presenciada nas lavouras transgênicas, observaram uma diminuição do ataque de pragas em culturas convencionais. Um efeito conjunto da redução dos insetos nas culturas transgênicas permitiu uma redução mesmo em áreas onde apenas as culturas convencionais eram plantadas. O plantio de culturas transgênicas deve ser realizado próximo a áreas pulmões, onde se plantam culturas convencionais, para se evitar o aparecimento de animais resistentes.

Se os genes de resistência a toxina forem recessivos, o cruzamento de indivíduos resistentes, que sobreviveram a ingestão da toxina, com indivíduos susceptíveis, nascidos nas áreas dos pulmões, permite que os genes não se expressem e aumente-se a longevidade dos eventos da transgenia (Tabashnik, 2010). O diagnóstico de aumento da resistência a transgenia geralmente está associado a baixa concentração da proteína na planta, a pouca quantidade de áreas de escape, ou as duas.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, K. G.; VILLELA, S. D. J.; LEONEL, F. D. P. et al. Yield and quality of silage of maize hybrids. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.6, p.1539-1544, 2012.
- 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.; do RÉGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of dairy science*, v.97, n.3, p.1852-1861, 2014.
- BOLSEN, K.K.; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G. Silage fermentation and silage additives. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, v.9, n.5, p.483-493, 1996.
- DANNER, H. HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, v.69, n.1, p.562-567, 2003.
- FOREIGN Agricultural Service. World Agricultural Production. United States Department of Agriculture. Circular Series, WAP 1-16, Janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>>. Acessado em: 12 jan. 2016
- HERRERA-ESTRELLA, L.; DEPICKER, A.; VAN MONTAGU, M.; SCHELL, J. Expression of chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti-plasmid-derived vector. *Nature*, v.303, p.209-213, 1983.
- HUTCHISON, W. D.; BURKNESS, E. C.; MITCHELL, P. D. et al. Areawide suppression of European corn borer with Bt maize reaps savings to non-Bt maize growers. *Science*, v.330, n.6001, p.222-225, 2010.
- KUNG, L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on forage*, v.3, n.13, p.1-5, 2001.
- LYNCH, J. P.; O'KIELY, P.; DOYLE, E. M. Yield, nutritive value and ensilage characteristics of whole-crop maize, and of the separated cob and stover components—nitrogen, harvest date and cultivar effects. *The Journal of Agricultural Science*, v.151, n.03, p.347-367, 2013.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. The biochemistry of silage. Second edition. Chalcomb Publications, Bucks, 1991.
- MENDELSON, M.; KOUGH, J.; VAITUZIS, Z.; MATTHEWS, K. Are Bt crops safe?. *Nature biotechnology*, v.21, n.9, p.1003-1009, 2003.

NAQVI, S.; RAMESSAR, K.; FARRÉ, G. et al. High-value products from transgenic maize. *Biotechnology advances*, v.29, n.1, p.40-53, 2011.

OLIVEIRA, J.S.; SOBRINHO, F.S.; BENITES, F.R.G; MACHADO, J.C. Cultivares de milho para silagem: Recomendações para as Regiões Sul, Sudeste e Brasil-Central. *Circular técnica 103*, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, Brasil, 2010.

OLIVEIRA, J.S.; SOBRINHO, F.S.; PEREIRA, R.C. et al. 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, 2003.

REDDY, Y. R.; RAVI, D.; REDDY, C. R. et al. A note on the correlations between maize grain and maize stover quantitative and qualitative traits and the implications for whole maize plant optimization. *Field Crops Research*, v.153, p.63-69, 2013.

SALAZAR, D.R.; STABILE, S.; GUIMARÃES, P. et al. Valor nutritivo do colmo de híbridos de milho colhidos em três estádios de maturidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.7, p.758-766, 2010.

Tabashnik, B.E. Communal benefits of transgenic corn. *Science*, v.330, p.189-190, 2010.

News. *Nature*, v.497, p.22-23, 2013

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C. et al. Características químicas para a avaliação do processo fermentativo das silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Documentos No. 57. Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, Brasil, 2003.

VILELA, H. H.; REZENDE, A. V. D.; VIEIRA, P. D. F. et al. Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.7, p.1192-1199, 2008.

4. ARTIGO

Artigo normalizado de acordo com as regras da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira,
Qualis B1

Título: Características agronômicas, perfil fermentativo e qualidade da silagem do milho
BG7046 H colhido em quatro idades

Características agronômicas, perfil fermentativo e qualidade da silagem do milho

BG7046 H colhido em quatro idades

Resumo – O objetivo foi avaliar o milho BG7046 H. Foram avaliadas as características agronômicas, o valor nutricional e as silagens produzidas em quatro idades (92, 99, 103 e 107 dias após o plantio). O milho foi plantado em Sete Lagoas, Minas Gerais, e colhido no final da estação chuvosa. Os dados agronômicos foram coletados nos dias de corte, junto da confecção dos silos experimentais. Os silos foram abertos com 1, 3, 5, 7, 14, 28, 56 dias após ensilagem para cada idade de corte. Foram determinadas as composições químicas da planta inteira e dos silos experimentais. Foram determinados o nitrogênio amoniacal, o pH, as perdas por efluentes, por gases, as perdas totais, e os ácidos láctico, acético e butírico em todos os tempos de abertura das silagens. Entre as características agronômicas a participação da espiga na planta aumentou com a idade de corte e a produção de matéria verde sofreu efeito quadrático. Os silos sofreram influência da idade de corte em todos os parâmetros, exceto o extrato etéreo, enquanto a matéria seca, a fibra insolúvel em detergente ácido, o extrato etéreo, as cinzas, a celulose e a digestibilidade *in vitro* sofreram efeito de idade na planta inteira. Os silos da planta nas diferentes idades apresentaram ótimas características de qualidade, e poucas perdas de matéria seca. O milho BG7046 H pode ser cortado entre 92 e 103 dias de idade para produção de silagem sem que haja alterações na qualidade e na produção.

Termos de indexação: ensilagem, ponto de corte, produção de volumoso, transgênico, *Zea mays*

Introdução

A produção de silagem é uma importante ferramenta para a pecuária no Brasil central. Essa região apresenta duas estações climáticas bem definidas, a estação das chuvas e a da seca. A produção das forrageiras segue as estações climáticas apresentando uma com abundante oferta de forragem durante as chuvas e outra com escassez durante a seca.

Nesse contexto a ensilagem torna-se importante pois permite que o alimento produzido em abundância durante as chuvas possa ser armazenado e fornecido quando houver demanda de suplementação.

O milho é a planta forrageira mais utilizada para ensilagem no Brasil (Bernardes e Rêgo, 2014). Caracteriza-se por apresentar um bom valor nutritivo, alta produtividade por área e composição química que possibilita a fermentação adequada no silo para o processo de conservação da silagem. A crescente demanda pelo aumento da produtividade é possível devido à utilização de tecnologias no campo. A transgenia Bt, que se caracteriza pelo aumento da resistência ao ataque de lagartas, diminui as perdas de campo das lavouras, o que aumenta a produção das áreas em comparação com locais onde se usa variedades convencionais.

O estudo dos híbridos de milho permite definir os pontos ideais de corte para se propiciar um bom processo de ensilagem com máxima produtividade e poucas perdas, aliado a um bom valor nutricional do material original. O avanço do estágio de maturação leva ao aumento da matéria seca (MS), que está relacionada à qualidade da silagem. As silagens com baixo teor de MS propiciam perdas pela produção de efluentes, já silagens com alta MS dificultam a compactação podendo aumentar as perdas devido a degradação por microrganismos.

Objetivou-se definir o momento adequado para colheita do híbrido de milho transgênico BG7046 H (BioGene, Santa Cruz do Sul, RS), com evento Bt (expressão da proteína Cry1F, tóxica para lagartas das culturas do milho), para ensilagem.

Material e Métodos

O milho utilizado foi o híbrido BG 7046 H (BioGene), com a tecnologia Herculex® (Dow AgroSciences LLC, Indianapolis, IN), para resistência ao ataque de pragas, como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), e a broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea*

saccharallis). Além de aumentar a eficiência do controle de outras pragas: lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*), lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), e a lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*) (Seleme, 2010). Nos dias de colheita foi observado que todos os canteiros sofreram ataques de pragas. O plantio foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagos, MG, em área irrigada. A área de plantio foi dividida em 20 canteiros de 18 m², com espaçamento entre linhas de 0.7 m. Foi utilizada uma adubação de plantio com 400 kg ha⁻¹ (8:28:16, N-P-K) e a adubação de cobertura com 200 kg ha⁻¹ de ureia. Os cortes foram realizados aos 92, 99, 103 e 107 dias após o plantio, sendo cinco repetições por idade. Antes do corte foram mensurados o número de plantas, o peso da matéria verde e a altura das plantas em cinco metros lineares, e separadas seis plantas para coleta de amostras de colmo, folha e espiga para análise da composição química.

As plantas remanescentes dos canteiros foram picadas em, aproximadamente, 2 cm. Parte do material foi separado para estudo da planta inteira (PI) e o restante foi utilizado na preparação dos silos experimentais feitos com baldes com tampas vedadas hermeticamente e com válvulas tipo Bunsen. Os silos continham areia alojada no fundo dentro de sacos de algodão que permitiam a entrada de fluidos gerados na ensilagem, mas não permitiam a saída da areia.

Características agronômicas

Os dados obtidos em cinco metros lineares foram utilizados para o cálculo de altura média das plantas e a relação espiga:folha+colmo, além disso foi calculado o número de plantas, a produção de matéria verde (PMV), a produção de matéria seca (PMS) e a produção de matéria seca digestível (PMSD) por hectare.

Composição química

Para os cálculos da composição química da planta inteira, folhas, espigas, colmos e das silagens nas diferentes idades, foram determinadas a MS em estufa a 105 °C (INCT,

2012), a proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl (INCT, 2012), a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), a fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), e a lignina (Lig) pelo método sequencial de Van Soest et al. (1991) utilizando-se um aparelho Ankom Fiber Analyser (Ankom Technology, Macedon, NY) (INCT, 2012), as cinzas por queima a 605 °C (INCT, 2012), o extrato etéreo (EE) por extração em aparelho Soxhlet (INCT, 2012), as proteínas insolúveis em detergente neutro e ácido (PIDN, PIDA) pelo método de Kjeldahl (INCT, 2012), e a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS; Tilley e Terry, 1963) utilizando-se o aparelho Ankom Daisy II Incubator (Ankom Technology). As hemiceluloses (HCEL), a celulose (CEL) e os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados por diferença. HCEL = FDN - FDA; CEL = FDA - (Lig + cinzas residual); e CNF = 100 - (FDN_p + PB + EE + cinzas).

Perfil fermentativo

Os silos foram abertos aos 1, 3, 5, 7, 14, 28 e 56 dias após a ensilagem. A determinação das perdas por produção de gases (G) foi calculada pela diferença entre o peso inicial do material ensilado e o peso final. A perda por efluentes (PE), foi calculada pela diferença do conjunto areia e saco antes e depois de ensilar. E para a perda total de MS (PT) levou-se em conta todas as perdas anteriores.

$$G = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab]}{[(PCen - Pen) * MSen]} \times 100$$

$$PE = \frac{Pef \times 1000}{MVi}$$

$$PT = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pab) * MSab]}{[(PCen - Pen) * MSen]} \times 100$$

$$G = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab]}{[(PCen - Pen) * MSen]} \times 100$$

Em que:

G = Perdas por gases em (g/ 100 g de MS);

PCen = Peso do balde cheio na ensilagem (kg);

Pen = Peso do conjunto (balde + tampa + areia seca + saco) na ensilagem (kg);

MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (g kg^{-1});

PCab = Peso do balde cheio na abertura (kg);

MSab = Teor de MS da forragem na abertura (g kg^{-1});

PE = perdas por efluentes (kg/t de MV);

Pef = peso dos efluentes (Peso do conjunto vazio após a abertura – peso do conjunto vazio antes do enchimento, kg);

MVi = quantidade de massa verde de forragem ensilada (kg);

PT = Perda total de MS (g/ 100 g de MS);

Pab = Peso do conjunto (balde + tampa + areia úmida + saco) na abertura (kg).

O suco da silagem foi extraído por meio da compressão do material em prensa hidráulica.

O pH foi medido diretamente do suco utilizando-se um peagâmetro digital HI 221 (Hanna Instruments, Itália). O nitrogênio amoniacal ($\text{N-NH}_3/\text{NT}$) foi determinado pela destilação do suco conforme descrito por Bolsen et al. (1992). Os ácidos orgânicos foram determinados por cromatografia gasosa utilizando o suco armazenado misturado com ácido metafosfórico, 10 mL de suco para 2 mL de ácido. A análise foi realizada com o equipamento Alliance e2695 com Detector PAD 2998 (Waters, Milford, MA).

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro idades de corte e cinco repetições de campo para o experimento de características agronômicas e valor nutritivo da planta inteira e suas partições. Para determinação do perfil fermentativo utilizou-se um delineamento com blocos ao acaso com subparcela (quatro idades de corte, sete tempos de abertura e duas repetições de campo). Os dados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do SAS (SAS Institute Inc, Cary, NC). Foram utilizados contrastes

polinomiais para avaliar o efeito da idade de corte (92, 99, 103, 107 dias após o plantio), e dos tempos de abertura (1, 3, 5, 7, 14, 28, 56 dias após ensilagem) para as variáveis estudadas. Foi considerado significativo quando $P < 0.05$.

Resultados e discussão

Características agronômicas

A proporção de espiga na planta aumentou 20% com o passar da idade de corte ($P < 0.05$), enquanto que a proporção de colmo diminuiu ($P < 0.05$) (Tabela 1). Zopollatto et al. (2009b) também observaram as mesmas alterações nas proporções de espiga e colmo, mas observaram diminuição significativa na proporção de folhas. As alterações nas proporções das partes da planta condizem com a modificação da relação entre peso da espiga e peso do colmo mais folhas (E:CF) ($P < 0.05$) com o avançar do estágio de maturação (Tabela 1). A produção em matéria verde diminuiu 30% na última idade de corte ($P < 0.05$). O aumento da MS da planta inteira ($P < 0.05$) na última idade de corte (Tabela 2) explica a alteração da MV e a manutenção da PMS e da PMSD ($P < 0.05$). Arriola et al. (2012) encontraram valores de PMS semelhantes aos observados neste experimento, com mínimos e máximos mais baixos e altos, respectivamente. Em ambos os experimentos não houve efeito da maturidade da planta sobre a PMSD ($P > 0.05$).

Planta Inteira

O estágio fenológico exerceu efeito quadrático sobre o acúmulo de MS. Foi observado a maior variação na última idade de corte, um aumento de 10.5 unidades em 4 dias. Rabelo et al. (2014) e Vilela et al. (2008) observaram o mesmo efeito do estágio fenológico no acúmulo de matéria seca. O aumento da participação da espiga na composição da planta, com diminuição da participação do colmo e mantendo-se constante a proporção de folhas, aliados as alterações da composição química das frações, levaram ao aumento do EE na composição química da PI (Tabelas 2 a 5). Rabelo et al (2014) não observaram efeito da

idade sobre o conteúdo de cinzas, diferente do observado neste experimento onde houve efeito quadrático ($P < 0,05$), com o maior valor observado aos 92 dias de idade. Faria Júnior et al. (2011) observaram efeito negativo das frações fibrosas sobre a DIVMS. A FDN e a FDA foram negativamente correlacionados ao consumo e digestibilidade por Van Soest et al. (1994). Neste experimento apesar da FDA e da CEL terem diminuído, a DIVMS também reduziu (Tabela 2). Apesar da alta participação da espiga na composição da PI, a diminuição da digestibilidade do colmo (Tabela 5) determinou a diminuição da DIVMS da PI, mostrando a importância da seleção de híbridos com melhor digestibilidade das frações colmo e folha.

Espigas

A fração espiga sofreu mais alterações que as outras partes das plantas. O aumento da deposição de CNF ($P < 0,05$) acarreta alterações em diversos constituintes da espiga. A medida que aumentaram os CNF, $3,64 \text{ g kg}^{-1}$ por dia, as frações fibrosas, FDN e FDA, diminuíram, $4,67$ e $2,67 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. A celulose diminuiu $37,8 \text{ g kg}^{-1}$ durante o período experimental. Não foram observadas alterações na fração de hemiceluloses. Foi observado mais do que o dobro da concentração do EE entre a primeira idade de corte e a última (Tabela 3). Como observado por Zopollatto et al. (2009b), o aumento da maturidade aumenta a proporção de grãos (9% de EE) na planta. Não foi possível explicar o efeito quadrático na DIVMS ($P < 0,05$), mesmo sendo observado diminuição das frações fibrosas e aumento do EE e dos CNF. A alta umidade e a presença de substrato para o crescimento de fungos propiciaram a contaminação do material durante a pré-secagem, o que pode ter levado ao aparecimento dos dados de DIVMS que não puderam ser explicados.

Folhas

A matéria seca e o EE das folhas tiveram o mesmo comportamento que na PI e na espiga, aumentando com o avançar da idade de corte ($P < 0.05$). A DIVMS sofreu efeito quadrático ($P < 0.05$), assim como na PI. A fração de folhas diferenciou-se das outras por ter sido a única a sofrer efeito na PB (efeito quadrático, $P < 0.05$). As folhas são as principais responsáveis pelo metabolismo das plantas, pois são nelas que são realizadas as trocas gasosas e, principalmente, a fotossíntese. Os produtos formados durante a fotossíntese, como os carboidratos, são consumidos ali mesmo, ou transportados para serem utilizados em outras partes, ou armazenados, como nas sementes de milho. Devido ao intenso metabolismo, estão presentes muitas enzimas e proteínas nas células das folhas, caracterizando, assim, a maior concentração de PB nas folhas do milho. Com o avançar da idade do milho a capacidade fotossintética diminui, o que pode ter causado a diminuição do teor de PB no último corte (Dantas et al., 2005; Arriola et al., 2012; Kluge et al., 2014).

Colmos

O colmo representou a segunda maior participação na composição da planta inteira (Tabela 1). As frações fibrosas compõem a maior parte da composição química do colmo e a FDN apresentou um crescimento linear de 14% ($P < 0.05$). Aliado ao decréscimo do CNF, levou a diminuição da DIVMS do colmo, e por consequência da PI (Tabela 2). Os colmos tiveram redução no EE e aumento na concentração da MS ($P < 0.05$). Contrariamente ao obtido neste trabalho, Salazar et al. (2010), em estudo com híbridos de milho para ensilagem, observaram redução na FDN com o aumento da maturidade e pequena variação na DIVMS. Também indicaram grande variação nos resultados devido ao efeito dos híbridos.

Perfil fermentativo

Estudo bromatológico

O experimento de perfil fermentativo mostrou que apenas a MS sofreu efeito da idade x tempo (Tabela 6). O tempo de abertura após a ensilagem apresentou efeito sobre a MS, FDA, HCEL, CEL e DIVMS ($P < 0.05$). As maiores alterações da MS ocorreram devido ao efeito da idade de corte. O tempo de abertura dos silos levou a redução da MS ($P < 0.05$). Nas idades de 92, 99, 103 dias foi observado uma redução de, aproximadamente 2% da MS, já aos 107 dias observou-se o dobro do efeito, aproximadamente 4.8% de redução da MS. A água é um dos produtos finais da respiração (McDonald et al., 1991) que ocorre dentro do silo, o que levou a diminuição da MS em todas as idades. Houve efeito quadrático na MS com o aumento da idade ($P < 0.05$). No primeiro intervalo de 7 dias entre os cortes a MS permaneceu praticamente a mesma, já nos 8 dias subsequentes houve um aumento de 45%. Diversos estudos apresentaram o mesmo efeito do aumento da idade com o aumento da MS em híbridos de milho como o observado nesse trabalho (Arriola et al., 2012; Faria Júnior et al., 2011; Rabelo et al., 2014; Vilela et al., 2008; Zopollato et al., 2009a). As hemicelulases presentes na planta original não devem ser as responsáveis pela diminuição do conteúdo de HCEL (Tabela 6), pois essas enzimas têm melhor atuação sob pH 6 (McDonald et al., 1991). De acordo com McDonald et al. (1991) o baixo pH observado (Tabela 7) nas silagens leva ao aumento da hidrólise ácida das HCEL. O aumento da CEL e FDA permitiu que a FDN se mantivesse constante. A idade determinou a redução da FDN e FDA, 8.4%, da primeira para a última idade de corte ($P < 0.05$) e o aumento dos CNF de 35%. A idade de corte teve efeito sobre todos os parâmetros estudados, exceto para o EE ($P > 0.05$). Sendo que efeito quadrático foi observado apenas para a MS, as cinzas e a DIVMS. A digestibilidade apresentou valores semelhantes ou maiores, em todas as idades de corte, do que os encontrados por Vilela et al. (2008) e Arriola et al. (2012). Demonstrando que além da escolha da idade para ensilagem, deve-se atentar para as diferenças entre híbridos.

Qualidade da silagem

O N-NH₃/NT aumentou com o tempo de abertura dos silos, indicando um aumento da proteólise durante o tempo da estocagem. Efeito contrário foi observado com o avançar da idade de corte, onde houve decréscimo com o avanço do estágio vegetativo. Em todos os casos a silagem apresentou valores considerados para silagens de ótima qualidade (Tomich et al., 2003). Faria Júnior et al. (2011) observaram aumento da produção de N-NH₃/NT com o avançar da maturidade de sorgo. Arriola et al. (2012) observaram efeito quadrático na produção de N-NH₃/NT em silagens produzidas com milho com diferentes teores de MS. A idade de corte apresentou efeito quadrático sobre o pH (P<0.05), todas as idades de corte apresentaram valores de pH compatíveis com a inibição de microorganismos desde as primeiras 24 h após a ensilagem (Tabela 7). As transformações que ocorrem durante a ensilagem iniciam-se nas primeiras horas, com o consumo da maior parte do oxigênio preso no material e queda do pH (McDonald et al., 1991). No experimento de Vilela et al. (2008) também foi observado efeito quadrático no pH das silagens, assim como no de Arriola et al. (2012). Faria Júnior et al. (2011) e Rabelo et al. (2014) observaram aumento dos valores do pH com o aumento da maturidade dos híbridos de sorgo e milho, respectivamente. As perdas por efluentes (PE), por gases (G), e as perdas totais (PT) aumentaram durante o período experimental, mas os resultados finais mostraram que o genótipo BG7046 H apresentou poucas perdas quando ensilado com o teor de MS da planta variando entre 297.5 e 449.5 g kg⁻¹. A idade apresentou efeito quadrático sobre as perdas nas silagens, sendo os maiores valores aos 99 dias de idade (P<0.05, Tabela 7). Não foram coletados dados da densidade dos silos no momento em que eles foram confeccionados, é provável que os silos obtidos aos 99 dias de idade tenham sido mais compactados e tenham gerado maior produção de efluentes (McDonald et al., 1991). Vilela et al. (2008) e Rabelo et al. (2014) observaram diminuição da PE com

o aumento da maturidade do milho. Rabelo et al. (2014) observaram menores perdas por produção de gases, mas maiores perdas totais do que as encontradas no presente experimento.

Tomich et al. (2003) propôs uma metodologia de classificação com base na produção de ácidos orgânicos. Segundo a metodologia, todas as silagens produzidas tiveram qualidade ótima desde os primeiros dias após a ensilagem. Observa-se que o efeito de interação da idade de corte com o tempo de abertura determinou que as silagens produzidas com material mais seco apresentaram menores valores para o ácido lático e acético.

O milho BG7046 H apresentou boa PMS e PMSD. Foram observados baixos valores de PB e lignina em todas as frações da planta. Todas as idades apresentaram alta participação da espiga na sua composição. As silagens produzidas com os materiais em cada idade de corte apresentaram DIVMS alta, e baixas perdas de MS durante o processo de ensilagem. As análises de perfil fermentativo indicaram que todas as idades de corte geraram silagens de boa qualidade (Tomich et al., 2003). Apesar dos bons resultados encontrados nas silagens com os diferentes teores de MS, sabe-se que a compactação no campo desse tipo de material é difícil e compromete a qualidade da silagem, não sendo recomendado a ensilagem do híbrido aos 107 dias de idade, ou com teor de matéria seca maior do que 40%.

Conclusão

O híbrido de milho BG7046 H pode ser colhido dos 92 aos 103 dias para a produção de silagens. Aos 103 dias de idade o híbrido produziu uma silagem onde foram observados baixos valores de N-NH₃/NT, pH, PT e altos valores de DIVMS, sendo, portanto, a idade recomendada para colheita.

Referências

- Arriola, K. G.; Kim, S. C.; Huisden, C. M. and Adesogan, A. T. 2012. Stay-green ranking 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* 95:964-974.
- Bernardes, T. F.; do Rêgo and A. C. 2014. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science* 97:1852-1861.
- Bolsen, K. K.; Lin, C.; Brent, B. E.; Feyerherm, A. M.; Urban, J. E. and Aimutis, W. R. 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science* 75:3066-3083.
- Dantas, B. F.; Pereira, M. S.; Ribeiro, L. S.; Duenhas, L. H.; Maia, J. L. T. and Bassoi, L. H. 2005. Utilização do medidor portátil de clorofila para quantificação de pigmentos fotossintéticos, proteína e nitrogênio em folhas de goiabeira. CD-ROM. In: Anais do Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 10; Congresso Latino Americano de Fisiologia Vegetal, 12. Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, Recife.
- Faria Júnior, W. G.; Gonçalves, L. C.; Ribeiro Júnior, G. O.; Carvalho, W. T. V.; Maurício, R. M.; Rodrigues, J. A. S.; Faria, W. G.; Saliba, E. O. S.; Rodrigues, N. M. and Borges, A. L. C. C. 2011. Effect of grain maturity stage on the quality of sorghum BRS-610 silages. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 63:1215-1223.
- INCT - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. 2012. Métodos para a análise de alimentos. Visconde do Rio Branco, MG.
- Kluge, R. A.; Tezotto-Uliana, J. V. and da Silva, P. P. 2014. Aspectos Fisiológicos e Ambientais da Fotossíntese. *Revista Virtual de Química* 7:56-73.
- McDonald, P.; Henderson, A. R. and Heron, S. J. E. 1991. The biochemistry of silage. Second edition. Chalcomb Publications, Bucks.
- Rabelo, C. H. S.; Rezende, A. V.; Rabelo, F. H. S.; Nogueira, D. A.; Senedese, S. S.; Vieira, P. F.; Bernardes, C. L. and Carvalho, C. 2014. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade *in vitro*. *Ciência Rural* 44:368-373.
- Salazar, D. R.; Stabile, S. S.; Guimarães, P. S.; Paterniani, P. E. A. G. Z.; Santos, M. V. and Silva, L. F. P. 2010. Valor nutritivo do colmo de híbridos de milho colhido em três estágios de maturidade. *Pesquisa Brasileira Agropecuária* 45:758-766.
- Seleme, R. B. 2010. A nova geração de tecnologia Bt no controle das lagartas do milho. Comunicado técnico No. 7. Pioneer, Santa Cruz do Sul, RS, Brazil.
- Tilley, J. M. A. and Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society* 18:104-111.
- Tomich, T. R.; Pereira, L. G. R.; Gonçalves, L. C.; Tomich, R. G. P. and Borges, I. 2003. Características químicas para a avaliação do processo fermentativo das silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Documentos No. 57. Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, Brazil.
- Van Soest, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.
- Vilela, H. H.; Rezende, A. V.; Vieira, P. F.; Andrade, G. A.; Evangelista, A. R. and Almeida, G. B. S. 2008. Valor Nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:1192-1199.

- Zopollatto, M.; Nussio, L. G.; Panziani, S. F.; Ribeiro, J. L.; Sarturi, J. O. and Mourão G. B. 2009a. Relações biométricas entre o estágio de maturação e a produtividade de híbridos de milho para a produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:256-264.
- Zopollatto, M.; Nussio, L. G.; Mari, L. J.; Schmidt, P.; Duarte, A. P. and Mourão G. B. 2009b. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:452-461.

Tabela 7. Características agrônômicas do milho BG7046 H em cada idade de corte

	Idade (dias)				EPM	P
	92	99	103	107		
NP (n° ha ⁻¹)	90286	88571	85714	84571	1664.37	NS
Altura (m)	2.72	2.78	2.84	2.85	0.05	NS
E:CF	0.82	1.02	1.26	1.20	0.05	<0.05 L
Folha (g/ 100 g de MS)	21.32	20.26	17.99	19.54	0.54	NS
Espiga (g/ 100 g de MS)	44.93	50.42	55.52	54.05	1.36	<0.05 L
Colmo (g/ 100 g de MS)	33.75	29.32	26.49	26.41	0.87	<0.05 L
PMV (kg ha ⁻¹)	48668.57	48000.00	53931.43	37611.43	2242.89	<0.05 Q
PMS (kg ha ⁻¹)	14491.32	15000.23	18524.32	16890.79	681.38	NS
PMSD (kg ha ⁻¹)	9220.43	9974.74	11769.38	10136.79	468.22	NS

NP = número de plantas, E:CF = relação do peso de espiga com de colmo mais folhas, PMV = produção de matéria verde), PMS = produção de matéria seca, PMSD = produção de matéria seca digestível

EPM = erro padrão da média

L = efeito linear, P<0,05; Q = efeito quadrático, P<0,05

Tabela 2. Composição bromatológica da planta inteira em cada idade de corte em g kg⁻¹ de MS

	Idade (dias)				EPM	P
	92	99	103	107		
MS	297.5	308.2	345.0	449.9	14.4	<0.05 L, Q
FDN _p	573.4	523.6	542.9	551.6	7.0	NS
FDA _p	310.6	276.3	288.5	281.7	4.3	<0.05 L
Lig	20.3	17.7	21.3	20.8	1.2	NS
PB	58.6	61.5	58.2	59.9	0.5	NS
EE	14.3	22.2	21.0	31.6	1.5	<0.05 L
Cinzas	38.6	29.9	28.6	28.5	1.0	<0.05 L, Q
CNF	315.1	362.9	349.2	328.2	7.1	NS
PIDN	25.39	21.38	24.18	24.45	2.77	NS
PIDA	6.17	6.75	6.50	5.54	1.39	NS
HCEL	262.8	247.3	254.3	269.9	4.0	NS
CEL	290.3	258.6	267.2	261.0	4.2	<0.05 L
DIVMS	636.4	664.8	636.2	600.9	6.0	<0.05 L, Q

MS = matéria seca; FDN_p = Fibra insolúvel em Detergente Neutro corrigida para proteína, FDA_p = fibra insolúvel em detergente ácido corrigida para proteína, Lig = lignina, HCEL = hemicelulose, CEL = celulose, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CNF = carboidratos não fibrosos, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da MS, PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro (g/ 100 g de PB), PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido (g/ 100 g de PB)

EPM = erro padrão da média

L = efeito linear, P<0.05; Q = efeito quadrático, P<0.05

Tabela 3. Composição bromatológica da espiga em cada idade de corte em g kg⁻¹ de MS

	Idade (dias)				EPM	P
	92	99	103	107		
MS	307.1	404.5	433.0	462.2	18.0	<0.05 L
FDN	430.4	390.2	374.8	360.4	08.2	<0.05 L
FDA	173.2	144.6	142.7	133.1	04.1	<0.05 L
Lig	4.0	3.7	5.1	1.7	0.4	NS
PB	76.4	80.0	74.1	72.6	1.1	NS
EE	19.3	25.8	35.0	43.5	2.2	<0.05 L
Cinzas	21.7	19.3	18.9	16.9	0.6	<0.05 L
CNF	452.1	484.6	497.1	506.7	7.5	<0.05 L
HCEL	257.2	245.6	232.1	227.3	5.1	NS
CEL	169.2	140.9	141.1	131.4	4.6	<0.05 L
DIVMS	780.8	740.8	734.3	752.5	5.5	<0.05 L, Q

MS = matéria seca; FDN_p = Fibra insolúvel em Detergente Neutro corrigida para proteína, FDA_p = fibra insolúvel em detergente ácido corrigida para proteína, Lig = lignina, HCEL = hemicelulose, CEL = celulose, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CNF = carboidratos não fibrosos, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da MS

EPM = erro padrão da média

L = efeito linear, P<0.05; Q = efeito quadrático, P<0.05

Tabela 4. Composição bromatológica da folha em cada idade de corte em g kg⁻¹ de MS

	Idade (dias)				EPM	P
	92	99	103	107		
MS	326.1	346.5	340.5	601.8	28.6	<0.05 L, Q
FDN	702.7	684.2	676.6	729.7	8.3	NS
FDA	363.7	346.8	320.3	381.9	10.6	NS
Lig	16.5	14.2	19.1	20.6	1.0	NS
PB	91.9	86.7	96.4	60.6	3.9	<0.05 L, Q
EE	56.7	60.5	68.6	63.3	1.2	<0.05 L, Q
Cinzas	27.6	35.9	32.6	31.4	1.1	NS
CNF	121.1	132.7	125.8	115.0	5.2	NS
HCEL	339.0	337.4	356.3	347.8	5.9	NS
CEL	347.2	339.4	301.2	361.2	11.7	NS
DIVMS	597.9	600.1	621.1	566.4	7.3	<0.05 Q

MS = matéria seca; FDN_p = Fibra insolúvel em Detergente Neutro corrigida para proteína, FDA_p = fibra insolúvel em detergente ácido corrigida para proteína, Lig = lignina, HCEL = hemicelulose, CEL = celulose, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CNF = carboidratos não fibrosos, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da MS

EPM = erro padrão da média

L = efeito linear, P<0.05; Q = efeito quadrático, P<0.05

Tabela 5. Composição bromatológica do colmo em cada idade de corte em g kg⁻¹ de MS

	Idade (dias)				EPM	P
	92	99	103	107		
MS	243.6	253.4	231.7	335.3	10.3	<0.05 L, Q
FDN	681.6	685.9	708.2	777.0	11.4	<0.05 L
FDA	414.8	396.7	427.9	468.1	9.7	NS
Lig	38.9	48.2	42.8	52.0	3.0	NS
PB	27.6	23.0	22.5	21.8	0.9	NS
EE	16.3	7.4	10.3	9.6	0.8	<0.05 L, Q
MM	24.2	26.1	29.7	28.1	01.4	NS
CNF	250.4	257.5	229.2	163.5	11.2	<0.05 L, Q
HCEL	266.8	289.2	280.3	308.9	5.7	NS
CEL	375.9	348.5	385.1	416.1	9.6	NS
DIVMS	562.3	549.7	530.7	464.1	11.5	<0.05 Q

MS = matéria seca; FDN_p = Fibra insolúvel em Detergente Neutro corrigida para proteína, FDA_p = fibra insolúvel em detergente ácido corrigida para proteína, Lig = lignina, HCEL = hemicelulose, CEL = celulose, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CNF = carboidratos não fibrosos, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da MS

EPM = erro padrão da média

L = efeito linear, P<0.05; Q = efeito quadrático, P<0.05

Tabela 6. Composição bromatológica da silagem em cada tempo de cada idade de corte em g kg⁻¹ de MS

	Idade	Tempo (dias)							EPM	P		
		1	3	5	7	14	28	56		Idade	Tempo	Idade x Tempo
MS	92	298.4	303.2	295.3	294.6	299.2	297.4	292.1	7.5	<0.05 L, Q	<0.05	<0.05
	99	297.6	303.4	295.8	300.2	301.6	290.4	289.2				
	103	341.1	355.2	339.3	331.1	341.8	328.4	333.6				
	107	445.5	424.9	435.3	423.7	443.6	430.8	423.8				
FDN	92	565.7	558.6	547.2	565.8	585.8	613.4	579.2	5.1	<0.05 L	NS	NS
	99	523.5	532.9	504.0	524.6	552.9	533.9	512.8				
	103	527.0	530.6	521.0	515.0	512.7	507.9	502.7				
	107	503.8	519.9	481.9	467.4	489.1	481.1	488.7				
FDA	92	290.9	287.4	285.1	291.8	308.0	326.8	318.1	3.2	<0.05 L	<0.05	NS
	99	279.4	272.3	269.1	277.6	280.9	289.0	292.2				
	103	280.8	263.5	266.1	270.9	252.2	292.3	275.4				
	107	242.5	258.3	247.8	234.5	252.6	246.2	268.1				
Lig	92	24.5	18.4	17.4	19.5	19.3	17.2	21.3	0.5	<0.05 L	NS	NS
	99	20.2	16.4	13.9	18.1	22.4	14.5	16.7				
	103	19.2	18.0	14.8	18.9	16.6	13.7	14.3				
	107	16.3	17.0	19.7	17.3	12.5	21.6	15.9				
PB	92	55.9	58.6	57.1	55.8	57.3	56.4	58.5	0.4	<0.05 L	NS	NS

	99	61.0	57.9	60.4	58.3	59.1	61.1	60.4				
	103	60.1	61.1	58.5	62.6	61.5	63.2	59.6				
	107	61.9	62.8	60.4	63.9	62.1	64.6	63.1				
EE	92	21.8	29.7	20.5	22.0	26.9	30.0	30.0	0.5	NS	NS	NS
	99	27.7	25.9	27.8	29.0	28.5	20.0	23.6				
	103	24.6	24.1	24.0	25.9	25.9	25.9	23.8				
	107	22.8	23.3	27.1	27.0	25.5	25.1	26.6				
Cinzas	92	38.6	37.2	36.0	37.8	41.6	41.2	39.3	0.6	<0.05 L, Q	NS	NS
	99	31.3	29.6	30.3	30.1	30.7	35.7	30.3				
	103	28.2	29.5	29.2	29.6	30.1	30.9	29.8				
	107	26.9	28.2	29.1	27.9	27.8	28.4	26.2				
CNF	92	318.0	316.1	339.1	318.5	288.5	259.0	293.0	5.4	<0.05 L	NS	NS
	99	356.5	353.7	377.5	358.1	328.9	349.3	372.9				
	103	360.2	354.7	367.3	366.9	370.9	372.0	384.1				
	107	384.6	365.8	401.5	413.9	395.5	400.8	395.4				
HCEL	92	274.8	271.1	262.1	274.0	277.8	286.5	261.0	3.2	<0.05 L	0.05	NS
	99	244.1	260.6	234.9	247.0	272.0	244.9	220.6				
	103	246.2	267.1	254.9	244.1	260.6	215.6	227.3				
	107	261.2	261.6	234.1	232.9	236.5	234.9	220.6				
CEL	92	266.4	269.0	267.7	278.8	288.6	309.6	296.8	3.3	<0.05 L	<0.05	NS

	99	267.1	255.9	255.3	259.5	258.6	274.5	275.5				
	103	261.6	245.5	251.4	252.1	235.6	278.6	261.1				
	107	226.2	241.3	228.1	217.2	240.2	216.8	252.2				
DIVMS	92	676.1	674.7	666.0	670.2	644.1	636.3	657.7	2.6	<0.05 Q	<0.05	NS
	99	662.6	634.1	686.3	638.3	644.4	625.7	649.2				
	103	645.8	672.0	642.9	649.1	652.0	629.4	664.5				
	107	664.0	661.5	660.3	684.5	653.8	665.7	659.4				

MS = matéria seca; FDN_p = Fibra insolúvel em Detergente Neutro corrigida para proteína, FDA_p = fibra insolúvel em detergente ácido corrigida para proteína, Lig = lignina,

HCEL = hemicelulose, CEL = celulose, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CNF = carboidratos não fibrosos, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da MS

EPM = erro padrão da média

L = efeito linear, P<0.05; Q = efeito quadrático, P<0.05

Tabela 4. Perfil fermentativo da silagem do milho BG7046 H em cada idade de corte

	Idade	Tempo (dias)							EPM	P		
		1	3	5	7	14	28	56		Idade	Tempo	Idade x Tempo
N-NH ₃ (g/100 g de NT)	92	8.36	5.84	5.30	5.11	4.38	5.10	5.45	0.23	<0.05 L	<0.05	NS
	99	3.76	4.17	4.79	3.97	3.62	7.49	6.16				
	103	5.63	3.89	3.64	3.40	3.49	4.10	4.83				
	107	3.91	2.30	3.40	1.66	2.25	3.34	4.19				
pH	92	4.14	3.81	3.74	3.69	3.62	3.65	3.63	0.02	<0.05 L, Q	<0.05	<0.05
	99	3.99	3.66	3.65	3.54	3.55	3.63	3.72				
	103	4.00	3.66	3.70	3.65	3.57	3.58	3.55				
	107	4,25	3.90	3.67	3.75	3.75	3.69	3.64				
PE (kg t ⁻¹ de MV)	92	5.03	6.55	3.71	4.38	3.52	5.97	8.32	0.45	<0.05 L, Q	<0.05	NS
	99	2.77	12.09	3.28	4.85	5.29	7.55	12.47				
	103	3.12	3.38	3.39	3.56	4.25	4.76	8.57				
	107	2.38	2.76	1.28	2.75	2.92	2.60	3.65				
G (g/100 g de MS)	92		0.00	1.10	1.31	0.28	0.55	2.68	0.31	<0.05 L, Q	<0.05	NS
	99	4.14	1.92	4.48	3.95	2.81	5.64	7.03				
	103	1.45	0.00	2.00	4.40	2.60	3.88	4.01				
	107	1.26	6.20	3.67	6.35	2.12	5.03	6.57				

PT	92		1.16	1.33	1.44	1.26	1.28	1.57	0.05	<0.05 L, Q	<0.05	NS
(g/100 g de MS)	99	1.93	1.93	1.91	2.00	1.87	1.84	2.14				
	103	1.69	1.83	2.23	2.10	2.28	2.05	2.11				
	107	2.04	2.08	1.99	2.51	2.11	2.10	2.28				
Ácido Láctico	92	1.84	3.29	4.11	3.96	4.51	4.73	4.85	1.00	<0.05 L, Q	<0.05	<0.05
(g/100 g MS)	99	2.14	3.25	4.13	4.26	4.78	4.95	4.62				
	103	2.11	2.51	3.82	3.88	4.07	4.64	4.18				
	107	2.39	2.61	3.25	3.23	3.09	3.35	2.39				
Ácido Acético	92	0.47	0.59	0.72	0.74	0.80	0.89	0.99	0.22	<0.05 L	<0.05	<0.05
(g/100 g de MS)	99	0.38	0.40	0.56	0.59	0.90	0.88	0.91				
	103	0.28	0.41	0.53	0.55	0.58	0.69	0.54				
	107	0.31	0.34	0.47	0.48	0.49	0.40	0.43				
Ácido Butírico	92	0.09	0.14	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	<0.05	<0.05	<0.05
(g/100 g de MS)	99	0.24	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
	103	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
	107	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				

N-NH₃ = nitrogênio amoniacal, PE = perdas por efluentes, G = perdas por gases, PT = partido dos trabalhadores, NT = nitrogênio total, MV = matéria verde, MS = Matéria seca

EPM = Erro padrão da média

L = efeito linear, P<0.05; Q = efeito quadrático, P<0.05

