

Revisão Literária

Resumo

A produção de silagem de milho de alta qualidade depende da seleção de híbridos que apresentem elevada produção de matéria seca e de grãos, com comprovada maior digestibilidade da fração fibrosa da planta, sendo que, o uso de híbridos mais produtivos e adaptados às condições locais, tem sido apontado como responsável por ganhos efetivos em produtividade. No melhoramento de plantas, a hibridação das cultivares, linhagens e populações possibilitam a combinação de alelos favoráveis que estão em genitores diferentes, sendo a exploração da heterose, sem dúvida, uma das maiores contribuições práticas da genética para a agricultura. Um método muito utilizado para obtenção de informações sobre o controle genético dos caracteres é o de cruzamentos dialélicos. Diante disto, o objetivo desta revisão é apresentar características da situação e perspectivas dos programas de melhoramento genético de milho (*Zea mays* L.) destinados à produção de silagem.

Palavras-chave: percentagem de grãos na silagem, digestibilidade da fibra em detergente neutro, controle genético

Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem

Mariana Martins Marcondes¹

Mikael Neumann²

Fabiano Marafon¹

Jerônimo Gadens do Rosário¹

Marcos Ventura Faria²

Aspectos de mejoramiento del maíz para la producción de ensilaje

Resumen

La producción de ensilaje de maíz de alta calidad depende de la selección de híbridos que presenten una alta producción de materia seca y grano, con probada alta digestibilidad de la fibra de la planta, donde el uso de híbridos más productivos y adaptados a las condiciones locales, se ha considerado importante para las ganancias efectivas en la productividad. En el fitomejoramiento, la hibridación de variedades, líneas y poblaciones permite la combinación de alelos favorables derivados de genitores diferentes, y la explotación de la heterosis, es sin duda, una de las mayores contribuciones prácticas de la genética para la agricultura. Un método ampliamente utilizado para la obtención de información sobre el control genético de los caracteres es el cruzamiento dialélico. Teniendo en cuenta esto, el objetivo de esta revisión es presentar características de la situación y perspectivas de lo mejoramiento genético de maíz (*Zea mays* L.) destinados a la producción de ensilaje.

Palabras clave: porcentaje de grano en la ensilaje; digestibilidad de la fibra detergente neutro; control genético.

Introdução

A conservação da forragem por meio da ensilagem é uma alternativa cada vez mais empregada como estratégia alimentar para o período de escassez, maximização do uso da terra e/ou melhoria na rentabilidade do sistema produtivo por incremento do desempenho animal. O milho é, provavelmente, uma das espécies cultivadas com maior diversidade

genética, tanto em produtividade como em qualidade nutricional, sendo que a sua silagem é considerada um volumoso de elevado valor nutricional e de grande importância na alimentação de ruminantes (MELLO et al., 2005).

No Brasil grande parte dos programas de melhoramento genético de milho não dá ênfase ao desenvolvimento de híbridos para produção de silagem, sendo recomendados para este fim,

Recebido em: 21/11/2011.

Aceito em: 15/06/2012.

1 Programa de Pós Graduação em Agronomia "Stricto Sensu", Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná (UNICENTRO). Centro de Desenvolvimento Tecnológico e Educacional de Guarapuava (CEDETEG), CEP: 85040-080, Guarapuava (PR). E-mail: mariana.mmarcondes@hotmail.com

2 Eng. Agrº. Dr., Prof. do Programa de Pós-Graduação em Agronomia . Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná / UNICENTRO, Campus CEDETEG. E-mail: mikaelneumann@hotmail.com

geralmente, os mesmos híbridos recomendados para produção de grãos, ou seja, os mais produtivos (GOMES et al., 2004a).

O híbrido de milho escolhido interfere diretamente na quantidade e qualidade da forragem produzida, porém resultados referentes à avaliação da qualidade da silagem de diferentes híbridos de milho são pouco comuns (OLIVEIRA et al., 2003). Na maioria dos trabalhos encontrados na literatura, constata-se a existência de ampla variabilidade entre os híbridos para a produtividade de matéria seca de silagem de milho (MELO et al., 1999). Além disso, os híbridos disponíveis no mercado apresentam forte interação genótipos e ambientes (GOMES et al., 2002), sendo necessárias avaliações em vários locais, para a identificação daqueles com melhor desempenho em regiões específicas (MITTELMANN et al., 2005).

A composição das frações da planta de milho tem influência direta na sua qualidade. A variação dessas frações, em virtude de fatores genotípicos e fenotípicos, tem consequências diretas na produção e composição da planta. Assim sendo, na produção de silagem de milho de boa qualidade, deve-se considerar além do percentual de grãos na massa ensilada e da alta produtividade de biomassa por unidade de área, a participação das demais frações da planta, com ênfase na digestibilidade da fibra em detergente neutro das mesmas (ZOPOLLATTO, 2007).

Assim, a presente revisão tem como objetivo apresentar a situação e as perspectivas dos programas de melhoramento genético de milho visando à produção de silagem.

Melhoramento de milho para silagem

Como o milho é a principal cultura ensilada para utilização em sistemas de produção animal, é imprescindível que esta proporcione silagens de alta qualidade, visto que, principalmente em sistemas intensivos de criação de bovinos, tanto para produção de carne quanto de leite, os animais são melhorados geneticamente e precisam de alimentos de alta qualidade para expressar todo seu potencial produtivo (GOMES et al., 2004a).

A eficiência do uso da silagem de milho na nutrição de ruminantes depende diretamente da qualidade da silagem, e esta, por sua vez, depende diretamente de atributos como qualidade da planta de milho, da contribuição das porções vegetativas e de grãos, do estágio de maturidade na colheita,

da altura de colheita e principalmente dos híbridos (DEMINICIS et al., 2009).

Na safra 2010/2011, 362 cultivares de milho convencionais foram disponibilizadas no mercado. Destas, 71 novas cultivares, entre variedades e híbridos, substituíram 34 cultivares que deixaram de ser comercializadas na safra atual. Além disso, as cultivares transgênicas passaram de 104 na safra anterior para 136 nesta safra, confirmando a dinâmica dos programas de melhoramento, a evolução do nível tecnológico da cultura e a importância do uso da semente no aumento da produtividade e, evidenciando a necessidade de aperfeiçoamento dos sistemas de produção para explorar da melhor forma possível o alto potencial genético dessas sementes (CRUZ et al., 2011).

Com relação ao desenvolvimento de híbridos para a produção de silagem, vale destacar que, a maioria dos programas de melhoramento desenvolvidos no país não enfatiza muito este aspecto (MENDES et al., 2008), devido ao baixo volume de sementes comercializado para este fim.

Antigamente, os produtores buscavam híbridos de milho que apresentassem elevada produção de matéria verde por unidade de área, sem preocupação com a percentagem de grãos na massa ensilada, tendo sido esse o principal fator determinante da baixa qualidade da silagem produzida (NUSSIO, 1991).

Posteriormente, a escolha de híbridos destinados à produção de silagem baseou-se no potencial de produção de grãos da cultura. Atualmente, deve-se optar por híbridos que apresentem, além de elevada produção de matéria seca e contribuição de grãos na massa ensilada, maior digestibilidade da fração fibrosa da planta (colmo e folhas) (NUSSIO e MANZANO, 1999).

Dessa forma, devido ao grande volume de híbridos lançados no mercado por empresas oficiais e privadas, a avaliação de híbridos em diversas condições ambientais é imprescindível para detectar os mais adaptados para cada região (CARDOSO et al., 2003), visto que a adaptabilidade e a estabilidade de produção são, dentre diversos fatores, responsáveis por ganhos efetivos em produtividade.

Aspectos agrônômicos e bromatológicos importantes no melhoramento de híbridos para silagem

A falta de informações regionais, pertinentes ao comportamento agrônômico produtivo e valor

nutritivo, tornou-se um obstáculo para o melhor planejamento da escolha dos híbridos de milho que se destinem à produção de silagem. Portanto, a caracterização agrônômica dos materiais genéticos disponíveis no mercado é de fundamental importância para se obter alta produção de silagem com elevado valor nutritivo. Assim, de modo geral pesquisas de comparação entre híbridos são fundamentais para o avanço dos programas de melhoramento genético e importantes na recomendação a técnicos e produtores sobre o híbrido destinado à produção de silagem com melhor relação entre produção e valor nutritivo (ROSA et al., 2004).

Dentre os principais objetivos dos programas de melhoramento de milho para a silagem deve estar à procura por híbridos adaptados a diferentes tipos de solo e clima, com maior resistência a pragas e doenças regionais, melhor resposta à adubação, estabilidade de produção, que possuam alta produtividade total de matéria seca, elevada participação de grãos na matéria seca total, acentuado *stay green* (característica da planta de permanecer verde mesmo quando a espiga já se encontra em adiantado estágio de maturação) e menor *dry down* (taxa de secagem)

(MELLO, 2004). Além destes fatores, o valor nutritivo proveniente das porções vegetativa e espiga, como os efeitos do tipo de lignina e formas de ligações entre os componentes da parede celular sobre as taxas e percentagem de degradabilidade da fração fibrosa da planta, bem como a degradabilidade potencial da fração amido da espiga, integram os objetivos de programas de melhoramento em instituições internacionais (NUSSIO et al., 2001).

Para NEUMANN (2011) as características agrônômicas, bem como alguns parâmetros bromatológicos ideais de plantas de milho utilizados como referência para produção de silagem de boa qualidade estão descritos na Tabela 1.

Quanto às características agrônômicas, LUPATINI et al. (2004) observaram boa tolerância a doenças (menos que 10% da área foliar atacada) ao avaliarem o desempenho agrônômico de 15 híbridos de milho para produção de silagem, destacando que a expressão do desempenho agrônômico ou potencial genético e produtivo dos híbridos está associada à resistência e/ou tolerância a determinados patógenos, que causam inúmeros prejuízos e perdas significativas da produção, podendo ser responsáveis por disfunções nos animais

Tabela 1. Características agrônômicas produtivas e parâmetros bromatológicos para obtenção de um híbrido de milho para silagem.

Parâmetros	Faixa ideal
Características Agrônômicas:	
Número de folhas secas por planta na colheita	< 5
Altura de espiga (m)	0,8 a 1,2
Altura de planta (m)	1,9 a 2,6
Produção de matéria verde (kg ha-1)	> 55.000
Produção de matéria seca (kg ha-1)	> 18.000
Produção de grãos (kg ha-1)	> 7.000
Taxa de secagem da planta (% dia-1)	< 0,50
Janela de colheita (dias)	> 10
Constituintes físicos estruturais da planta, % na MS	
Colmo	< 25
Folhas	> 15
Brácteas mais sabugo	< 25
Grãos	> 35
Composição química da silagem:	
Matéria seca, %	30-35
Proteína bruta, % na MS	7-10
Amido, % na MS	> 30
Nutrientes digestíveis totais, %	> 70
Fibra em detergente ácido, % na MS	< 30
Fibra em detergente neutro, % na MS	< 52
Extrato etéreo, % na MS	2 a 5

Fonte: NEUMANN (2011).

ocasionadas por micotoxinas. Os autores observaram ainda diferenças entre os híbridos quanto ao *stay green*, número e altura de folhas secas, sendo que os híbridos com as piores características nesses aspectos (*stay green* de baixo à médio; mais do que 5 folhas secas e com altura mínima de folhas secas de 1,13 m) apresentam limitações de utilização para silagem em muitos sistemas de produção por sua alta velocidade de secagem, principalmente naquelas propriedades que têm necessidade de produção de alta quantidade, regiões que têm alta precipitação no período da ensilagem e, deficiência de máquinas e equipamentos utilizados no processo.

Neste mesmo aspecto, NEUMANN et al. (2008) não encontraram híbridos de milho com menos de 6,7 folhas secas, dentre os 4 híbridos estudados, mostrando características inferiores comparando aos híbridos de sorgo, que apresentaram em média 5,3 folhas secas por planta e apresentaram-se como uma alternativa viável à substituição do milho para silagem sob análise de diversas características agronômicas produtivas.

Avaliando as características produtivas e qualitativas de seis híbridos de milho para produção de silagem, MELLO et al. (2005) observaram que os híbridos de ciclo normal, com maior altura de planta (2,22 m) e produção de biomassa ensilável (30,77 t ha⁻¹ de MV e 11,31 t ha⁻¹ de MS) tendem a apresentar maior contribuição de colmo (41,75% na MS) e folhas (12,36% na MS) frente a participação das espigas (45,89% na MS), ao passo que os híbridos de menor porte (1,75 m) e menor produção (variando de 16,24 e 25,32 t ha⁻¹ de MV e 6,64 e 11,21 t ha⁻¹ de MS), tenderam à maior participação de espigas (variação entre 46,85 e 65,67% na MS). POZAR (1989) ressalta que a importância da avaliação da altura de plantas reside na observação de que plantas de milho com tendência ao nanismo possuem maior relação entre folha e colmo, produzindo, portanto, maior teor de nutrientes digestíveis.

No que diz respeito à degradabilidade, melhoristas e agricultores assumiram que uma boa cultivar de milho para produção de grãos era adequada também para produção de silagem, devido à maior degradabilidade do grão em relação ao restante da planta (GOMES et al., 2004b). No entanto, COORS et al. (1994) e OLIVEIRA (1997) mostraram não haver correlação entre a porcentagem de grãos e a degradabilidade da parte vegetativa (colmo mais folhas) da silagem de milho.

NUSSIO et al. (2001) também não identificaram relação significativa entre a proporção de grãos

existente na planta e a digestibilidade da matéria orgânica da planta e do colmo, revelando que as duas últimas não dependem exclusivamente da proporção de grãos existente na planta. Apesar disso, a proporção de grãos tem sido reconhecida como critério adequado para auxiliar na escolha de materiais para silagem, por estar correlacionada com o potencial de produção de grãos e matéria seca total pela planta (NUSSIO e MANZANO, 1999).

Segundo NUSSIO (1992) a qualidade da fibra do colmo depende de características de comportamento agrônomo diferenciado, onde cortes histológicos do colmo demonstram células de diferentes tamanhos, resultantes de programas de melhoramento genético para aumentar a resistência ao acamamento e à ação de agentes patogênicos. NUSSIO et al. (2001) inferem ainda que a participação das frações grãos e colmo prevê contribuição de 41 unidades percentuais da digestibilidade, que representa cerca de 67% do potencial de digestibilidade média total da planta, e portanto o motivo da inclusão dessas frações no modelo de estimativa de qualidade da planta.

Para FERREIRA et al. (2007) a proporção de tecidos e também a proporção dos elementos que compõem o colmo apresentam-se como fator chave para maior ou menor digestibilidade, sendo a composição bromatológica e estrutural do colmo, considerada elemento fundamental para determinar a digestibilidade, tanto da matéria seca como da parede celular, de diferentes variedades genéticas de milho destinadas à produção de silagem.

Ao avaliar a relação de parâmetros agrônomo e bromatológicos de híbridos de milho com a produção, digestibilidade e teor de matéria seca da planta, PENATI (1995) observou que os componentes da parede celular são os fatores que mais interferem na qualidade da matéria seca da planta de milho, sendo a porcentagem de lignina na matéria seca o componente mais representativo. A porcentagem de lignina da colmo variou entre 6% e 12% e apresentou correlação baixa e negativa com a digestibilidade *in vitro* verdadeira da matéria seca do colmo, sugerindo que a composição químico-bromatológica e a disposição tridimensional da lignina ligada aos demais componentes da parede celular explicam melhor a qualidade do colmo e/ou da planta do que propriamente a porcentagem da lignina no colmo.

Ainda não existem estudos amplos e não foram estabelecidas correlações entre a produtividade de grãos após a maturidade fisiológica, ou seja, quando

os grãos atingem o máximo de peso seco, e a produção de massa para silagem (GOMES et al., 2004a). O enchimento do grão e a perda de digestibilidade dos componentes do colmo são eventos concomitantes (NUSSIO et al., 2001) e, os incrementos no teor de matéria seca da planta acima do recomendado para ensilagem, apesar de resultarem em maior produção de grãos, proporcionam pequenos ganhos em produção de matéria seca da planta, e mesmo não gerando aumentos na produção do colmo com o avanço na maturidade, possivelmente, nesta fração a digestibilidade é reduzida (ZOPOLLATTO, 2007).

PAZIANI et al. (2009) indicaram que a produção de grãos após a maturidade fisiológica correlacionou-se positivamente com a produção de matéria verde (0,59) e de matéria seca (0,71); com a produção de grãos no ponto de silagem (0,56); e com a produção de massa seca digestível (0,68). Estes autores concluíram que as produções de matéria seca e matéria verde e a produção de grãos, tanto no ponto de ensilagem como na maturidade, são os fatores que mais afetam a produção de massa seca digestível. Portanto, em situações em que não há informações específicas sobre os cultivares de milho para silagem, pode-se optar pelos híbridos com maiores produções de grãos à maturidade pelo elevado grau de correlação entre essas características e, complementarmente, deve-se observar a produção de massa verde e seca, que podem ser inferidas indiretamente pela altura da planta e espiga.

Outro aspecto importante na seleção de materiais é o conhecimento da relação entre as características que estão sendo avaliadas, assim, características altamente correlacionadas possibilitam a seleção com base naquela de mais fácil avaliação, permitindo ganho semelhante na outra característica (GOMES et al., 2004a), por exemplo, o aumento da fração sabugo (de 10,0 para 55,5%) contribui para a diminuição do valor nutritivo da forragem, pois esta fração é constituída de parede celular de baixa qualidade, característica que pode ser utilizada como critério de seleção de híbridos, visando obter plantas com menores participações ou com melhor valor nutritivo desta fração, conforme relatado por ZOPOLLATTO et al. (2009).

Com relação à altura de corte na colheita, OLIVEIRA et al. (2011) verificaram que a colheita a 35 cm do solo reduziu os teores de fibra em detergente neutro em 8,7% e em detergente ácido em 4,9%, e a 55 cm de altura, reduziu a lignina em detergente ácido em 5,5% nos híbridos estudados. A interação entre

híbridos e altura de corte somente foi encontrada para o amido, com valores médios de 159, 203 e 225 g kg⁻¹ MS para as alturas de colheita de 15, 35 e 55 cm, respectivamente. Estes autores relatam que a composição da fração basal difere entre híbridos e, em variedades mais digestivas, esta porção pode ser mais similar em composição e digestibilidade com a porção superior das plantas, quando comparadas a variedades com menor digestibilidade, sugerindo que as diferenças existentes entre os híbridos têm maior peso do que a altura de colheita para o valor nutritivo da silagem produzida.

Estratégias de melhoramento de híbridos para produção de silagem

No melhoramento de plantas a hibridação das cultivares, linhagens e populações representa um dos pontos fundamentais, pois possibilita a combinação de alelos favoráveis que estão em genitores diferentes, com o intuito de produzir novos híbridos adaptados. Uma das dificuldades encontradas pelo melhorista refere-se à escolha de genitores promissores para serem usados em um programa de hibridação (GOMES et al., 2006).

Uma técnica que possibilita obter informações sobre o controle genético dos caracteres é a de cruzamentos dialélicos que são definidos como sendo todos os possíveis cruzamentos dentro de um determinado grupo de genótipos (OLIVEIRA et al., 1987). Esse método auxilia também na escolha de genitores com base na capacidade de combinação, sendo de utilidade para os programas de melhoramento (VEIGA et al., 2000).

A capacidade de combinação baseia-se nos conceitos desenvolvidos por SPRAGUE e TATUM (1942), citados no trabalho de PATERNIANI (2001), de capacidade geral de combinação (CGC) que é o desempenho médio de dada linhagem quando em uma combinação híbrida, principalmente devido aos efeitos aditivos dos genes, e capacidade específica de combinação (CEC) que se refere ao comportamento que leva certas combinações a serem superiores ou inferiores em relação à média dos cruzamentos, pela ação de genes dominantes ou de efeitos epistáticos.

Apesar de o dialélico ser utilizado para análises univariadas na obtenção de genitores superiores, normalmente os melhoristas necessitam considerar vários caracteres simultaneamente, para melhor inferir sobre a superioridade relativa dos genitores. Esse é o caso da decisão de seleção de melhores

combinações híbridas visando à produção de silagem, que depende da produtividade de matéria seca, bem como de características relacionadas à digestibilidade. A análise dialélica multivariada tem o objetivo de facilitar a execução da seleção com base na combinação de variáveis, o que, especificamente no melhoramento do milho para silagem, auxiliará a discriminar genótipos que associem produtividade e qualidade da silagem (GOMES et al., 2006).

Hoje é constatada a existência de variabilidade genética para a degradabilidade da silagem de milho, contudo, se tem poucas informações sobre o seu controle genético e alternativas de melhoramento que podem ser utilizadas (GOMES et al., 2004b).

A exploração da heterose, que é a diferença na média do valor genético da progênie em relação à média do valor genético de seus respectivos parentais, é sem dúvida uma das maiores contribuições práticas da genética para o mundo agrícola e, na cultura do milho foi onde a heterose teve sua maior expressão (PATERNIANI, 2001).

SILVA et al. (2003) ao avaliarem 25 híbridos interpopulacionais de milho quanto a características químicas e agronômicas para silagem, verificaram correlações positivas significativas entre fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro e correlações negativas significativas destas com a proteína bruta, essa correlação negativa mostra que se pode obter plantas com baixa concentração da porção fibrosa. Os autores concluíram que devido à grande variabilidade nos caracteres avaliados entre os híbridos selecionados podem-se selecionar os parentais tanto para formação de novas populações melhoradas quanto para a obtenção de novos híbridos.

Ao avaliarem híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca, MENDES et al. (2008) concluíram que é correta a estratégia de sintetizar híbridos visando à alta degradabilidade efetiva da matéria seca da planta inteira utilizando linhagens com alta degradabilidade efetiva, e que a baixa correlação desta com as características agronômicas e bromatológicas evidenciam a necessidade de maior utilização da degradabilidade efetiva, na seleção de híbridos de milho visando à produção de silagem de qualidade.

Estudando 12 linhagens de milho, sendo seis de maior e seis de menor degradabilidade, quanto à degradabilidade *in situ* da matéria seca das silagens, GOMES et al. (2004b) verificaram uma heterose de

baixa magnitude (menos que 7%) para o desempenho dos cruzamentos avaliados, predominando os efeitos aditivos para a herança da degradabilidade, também que a capacidade geral de combinação dos dois grupos de linhagens foram significativas ($P < 0,01$), evidenciando a maior participação desta para a digestibilidade *in situ* da matéria seca. Concluíram que o cruzamento de genitores que possuem alta digestibilidade *in situ* da matéria seca de suas silagens e boa capacidade combinatória para os caracteres onde a heterose apresenta maior importância é a melhor estratégia de melhoramento para se produzir híbridos de milho para a produção de silagem.

Apesar do bom desempenho que um híbrido pode apresentar quanto à produção de matéria seca degradável no rúmen, é necessário que ela demonstre também características de adaptabilidade e estabilidade para esta característica, no entanto, por efeito da interação entre genótipo e ambiente, muitas vezes, uma variedade superior em determinadas condições ambientais pode não manter esta superioridade em outro ambiente (OLIVEIRA et al., 1999). O termo adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, enquanto estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos mostrarem comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente (NUNES et al., 2002).

OLIVEIRA et al. (2004) avaliaram a estratificação de ambientes, a estabilidade e adaptabilidade de 21 híbridos comerciais de milho para silagem em 7 municípios entre os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, constatando efeitos significativos das fontes de variação híbridos e locais, tanto para a produtividade de matéria seca ($t\ ha^{-1}$ de MS) da silagem quanto para o potencial de produção de leite ($kg\ ha^{-1}$), e também a presença de interação significativa entre híbridos e locais, possibilitando a identificação de híbridos adaptados às diferentes condições ambientais de cultivo e com comportamento estável. Pesquisas neste sentido podem resultar na diminuição do número de ambientes, proporcionando redução nos custos de avaliação dos híbridos para silagem, além de permitir a realização mais criteriosa nos locais restantes.

Relacionando a produção de matéria seca degradável no rúmen (grãos) de oito cultivares de milho recomendadas para produção de silagem, cultivadas em cinco diferentes locais, OLIVEIRA et al. (1999) verificaram que três cultivares apresentaram maiores produtividades ($> 7.000\ kg\ ha^{-1}$ de MS),

porém uma destas foi a que mais contribuiu para a interação do genótipo com o ambiente sendo recomendada para uso quando os efeitos de condições adversas podem ser minimizados, ou seja, com utilização de alto nível tecnológico, as outras duas apresentaram ampla adaptabilidade e alta estabilidade. Já outras cultivares que apresentaram valores de produtividade pouco inferiores as primeiras, mostraram-se estáveis, não variando sua resposta quanto à melhoria ambiental, indicando maior rusticidade, sendo então cultivares de interesse para pequenos agricultores.

CHAVES (2009) observou que o efeito dos componentes associados à capacidade específica de combinação foi maior do que aqueles associados à capacidade geral de combinação para características de qualidade como proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido e digestibilidade *in vitro* da matéria seca havendo predominância dos efeitos gênicos não aditivos, por isso a estratégia mais adequada é a exploração desses efeitos pela obtenção de híbridos e avaliação dessas características nas combinações híbridas. Portanto, na obtenção de combinações híbridas com menores porcentagens de fibra em detergente neutro e ácido, a introdução de outros genótipos com menores médias para essas características pode ser a melhor alternativa para explorar o efeito da heterose e reduzir as médias dessas características no germoplasma comercial. Já para as características altura de planta, altura de espiga e teores de matéria seca, os efeitos dos componentes associados à capacidade geral de combinação foram maiores, indicando que os efeitos gênicos aditivos predominam no controle dessas características e que a seleção pode ser realizada nos próprios genitores.

A herdabilidade é o melhor parâmetro para se fazer qualquer inferência sobre o sucesso do melhoramento em um dado caráter, GOMES et al. (2004a) observaram que a digestibilidade *in situ* da matéria seca e a percentagem de fibra em detergente neutro são pouco influenciadas pela interação entre épocas de semeadura e linhagens, também que a herdabilidade estimada entre as linhagens para a degradabilidade da silagem é superior a 80%, evidenciando a possibilidade de êxito no processo de seleção para tal característica.

OLIVEIRA et al. (2003) avaliando o potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem, verificaram que a estimativa média da

herdabilidade para a produtividade de matéria seca de silagem foi de 0,72 e para o potencial de produção de leite a média foi de 0,82, indicando, respectivamente, que 72% e 82% da variância observada entre os híbridos de milho são devido a fatores genéticos e, portanto, pode ser transmitida aos descendentes. No caso das análises conjuntas, as estimativas de herdabilidade para a produtividade de matéria seca e para o potencial de produção de leite dos híbridos de milho foram de 0,34 e 0,60, respectivamente, confirmando a existência de variabilidade para essas características, permitindo antever a possibilidade de sucesso em programas de melhoramento para a obtenção de cultivares apropriadas à produção de silagem.

Diante do exposto é notável a importância da comparação entre os híbridos disponíveis no mercado, nas diferentes regiões, devido à forte interação existente entre os genótipos e o ambiente, dando a certeza da estabilidade na produção, bem como a maior inclusão de análises da composição estrutural dos tecidos das plantas para melhor explicar a variação na qualidade das silagens. Também o desenvolvimento de materiais específicos para a produção de silagem, poderia ser inserido nos programas de melhoramento genético de instituições públicas, visto que a demanda de sementes destinadas exclusivamente para este fim é baixa, não sendo vantajoso para instituições privadas.

Conclusões

Devido à grande oferta de sementes de milho no mercado, com grande variabilidade genética e uma alta interação destas com o ambiente, é importante a estratégia de avaliação comparativa entre híbridos nas diversas regiões do Brasil.

As principais características que se buscam em um híbrido de milho para silagem, em programas atuais de melhoramento no Brasil, são produção de grãos maior que 7.000 kg ha⁻¹ e de massa seca maior que 18.000 kg ha⁻¹ e que possuam valor nutritivo de mais de 70% de nutrientes digestíveis totais na matéria seca.

Os programas de melhoramento devem incluir em suas etapas, a análise da composição estrutural dos tecidos nas diferentes frações da planta, pois são fator chave para detectar maior ou menor digestibilidade, possibilitando explicar as variações na qualidade da silagem.

Análises de degradabilidade efetiva são mais eficientes em avaliar a digestibilidade da matéria seca e, por apresentarem baixa correlação com outras características agrônômicas e bromatológicas, devem ser mais amplamente utilizadas para aumentar o êxito em processos de seleção de materiais.

Referências

- CARDOSO, M.J.; CARVALHO, H.W.L. de; SANTOS, M.X. dos; LEAL, M. de L. da S.; OLIVEIRA, A.C. de. Desempenho de híbridos de milho na região meio-norte do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.1, p.43-52, 2003.
- CHAVES, L.G. **Seleção de genitores comerciais e controle genético de características agrônômicas e nutricionais de plantas de milho para silagem**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2009. 73f.
- COORS, J.G.; CARTER, P.R.; HUNTER, R.B. Silage corn. In: HALLAUER, A.R. (Ed.). **Specialty corns**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.305-340.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; SILVA, G.H. **Milho – Cultivares para 2010/2011**. 2011. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>. Acesso em: 22 jul. 2011.
- DEMNICIS, B.B.; VIEIRA, H.D.; JARDIM, J.G.; ARAÚJO, S.A.C.; CHAMBELA NETO, A.; OLIVEIRA, V.C.; LIMA, E.S. **Silagem de milho – Características agrônômicas e considerações**. 2009. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020209/020902.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2011.
- FERREIRA, G.D.G.; EMILE, J.C.; BARRIÈRE, Y.; JOBIM, C.C. Caracterização morfoanatômica do colmo de híbridos de milho para avaliar a qualidade de silagem. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, n.3, p.249-254, 2007.
- GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F. Alternativas para seleção de híbridos de milho envolvendo vários caracteres visando à produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.3, p.406-421, 2006.
- GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.V.; LIMA, T.G. Análise dialética da degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.1, p.108-119, 2004b.
- GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.V.; BRITO, A.H. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.879-885, 2004a.
- GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G.; OLIVEIRA, J.S.; RAMALHO, M.A.P.; VIANA, A.C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para produtividade de matéria seca e degradabilidade ruminal de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.2, p.83-90, 2002.
- 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.
- MELLO, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n.1, p.48-58, jul/ago de 2004. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/007V1N1P48_58_JUL2004.pdf. Acesso em: 20 abr. 2011.
- MELLO, R.; NORBERG, J.L.; ROCHA, M.G.; DAVID, D.B. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.79-94, 2005.
- MELO, W.M.C.; VON PINHO, R.G.; CARVALHO, M.L.M.; VON PINHO, E.V.R. Avaliação de cultivares de milho para produção de silagem na região de Lavras – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.1, p.31-39, 1999.

- MENDES, M.C.; VON PINHO, R.G.; PEREIRA, M.N.; FARIA FILHO, E.M.; SOUZA FILHO, A.X. 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.
- MITTELMANN, A.; SOUZA SOBRINHO, F.; OLIVEIRA, J.S.; FERNANDES, S.B.V.; LAJÚS, C.A.; MIRANDA, M.; ZANATTA, J.C.; MOLETTA, J.L. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.684-690, 2005.
- NEUMANN, M. **Parâmetros para análise de qualidade da silagem**. 2011. Disponível em: <http://www.iepec.com/curso/listarCapituloPopUp&idCurso=58&idCapitulo=407>. Acesso em: 09 set. 2011.
- NEUMANN, M.; OST, P.R.; PELLEGRINI, L.G.; DEFAVERI, F.J. Comportamento de híbridos de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para silagem na região centro-sul do Paraná. **Ambiência**, v.4, n.2, p.237-250, 2008.
- NUNES, H.V.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.3, p.78-88, 2002.
- NUSSIO, L. G. Produção de silagem de alta qualidade. **Conferências**, v.19, p.155-175,1992.
- NUSSIO, L.G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. In: **Anais do Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos**, Piracicaba, 1991. v.4, p.58-168.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: **Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas**, Maringá, 2001. p.127-145.
- NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho. In: **Anais do Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos**, Piracicaba, 1999, v.7, p.27-46.
- OLIVEIRA, A.C.; MORAIS, A.R.; SOUZA JÚNIOR, C.L.; GAMA, E.E.G. Análise de cruzamentos dialélicos parciais repetidos em vários ambientes. **Revista Brasileira de Genética**, v.10, n.3, p.517-533, 1987.
- OLIVEIRA, F.C.L.; JOBIM, C.C.; SILVA, M.S.; CALIXTO JUNIOR, M.; BUNBIERIS JUNIOR, V.H.; ROMAN, J. Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.720-727, 2011.
- OLIVEIRA, J.S. Avaliação da qualidade da planta de milho para silagem. In: **Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Juiz de Fora, 1997. v.34, p.161-163.
- OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, R.P.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; LOPES, F.C.F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para silagem em relação à produção de matéria seca degradável no rúmen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.230-234, 1999.
- OLIVEIRA, J.S.; SOUZA SOBRINHO, F.; FERNANDES, S.B.V.; WUNSCH, C.A.L.; DUFLOTH, J.H.; ZANATTA, J.C.; MOLETTA, J.L.; PEREIRA, A.V.; LEDO, F.J.S.; BOTREL, M.A.; AUAD, M.V. Estratificação de ambientes, adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho para silagem no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.997-1003, 2004.
- OLIVEIRA, J.S.; SOUZA SOBRINHO, F.; 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, 2003.
- PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Use of heterosis in maize breeding: history, methods and perspectives – A review. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.1, n.2, p.159-178, 2001.
- PAZIANI, S.F.; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G.; GALLO, P.G.; BITTAR, C.M.M.; 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.

- PENATI, M.A. **Relação de alguns parâmetros agronômicos e bromatológicos de híbridos de milho (*Zea mays* L.) com a produção, digestibilidade e teor de matéria seca da planta.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba. 1995. 97f.
- POZAR, G. Silagem de milho. **Jornal Agroceres**, São Paulo, v.18, n.188, p.45-46, 1989.
- ROSA, J.R.P.; SILVA, J.H.S. da; RESTLE, J.; PASCOAL, L.L.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; FREITAS, A.K. Avaliação do comportamento agronômico 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, P.C.; AYALA-OSUNA, J.T.; MORO, J.R.; PAIVA, L.M.; QUEIROZ, S.R.O.D.; MARTINS, M.R. Avaliação de híbridos interpopulacionais de milho quanto a características químicas e agronômicas para silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.111-120, 2003.
- VEIGA, R.D.; FERREIRA, D.F.; RAMALHO, M.A.P. Eficiência dos dialelos circulantes na escolha dos genitores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1395-1406, 2000.
- ZOPOLLATTO, M. **Produtividade, composição morfológica e valor nutritivo de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para produção de silagem sob os efeitos da maturidade.** Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, USP, Piracicaba, 2007. 228f.
- 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.