

ODILON LEMOS DE MELLO FILHO

AVALIAÇÃO DE VARIEDADES E PROGÊNIES DE SOJA PARA A  
PRODUÇÃO DE SILAGEM

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS- BRASIL  
2006

ODILON LEMOS DE MELLO FILHO

AVALIAÇÃO DE VARIEDADES E PROGÊNIES DE SOJA PARA A  
PRODUÇÃO DE SILAGEM

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 06 de março de 2006.

---

Prof. Odilon Gomes Pereira  
(Conselheiro)

---

Prof. Maurílio Alves Moreira  
(Conselheiro)

---

Prof. Múcio Silva Reis

---

Prof. Geraldo de Amaral Gravina

---

Prof. Carlos Siqueyuki Sedyama  
(Orientador)

*Aos meus pais Odilon e Tereza Maria.*

*Aos meus irmãos Evandro, Raquel, Solange, José Murilo e Paulina.*

## AGRADECIMENTO

A Deus, por Sua constante e preciosa presença em minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Professor Carlos Siguelyuki Sedyama, pela orientação, paciência e pelo apoio em mais esta etapa de minha formação. Além do seu exemplo de competência e idoneidade no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao professor conselheiro Odilon Gomes Pereira, pela grande dedicação, atenção e paciência, bem como pelo acompanhamento minucioso de todo o trabalho.

Ao professor conselheiro Maurílio Alves Moreira, pelas valiosas sugestões.

Ao professor conselheiro Alexandre Peternelli, pela compreensão e pelos esforços.

Ao professor Múcio Silva Reis, pela amizade e confiança.

Aos professores, eternos entusiastas, que sempre nos incentivaram e inspiraram: prof. Tuneo Sedyama, prof. Aluísio Borém, prof. Glauco Miranda, prof. Valterley Soares, prof. João Carlos Galvão, prof. Cláudio Bruckner e demais professores componentes do formidável corpo docente da UFV, exemplos de servidores públicos, que anônima e brilhantemente contribuíram para nossa formação.

Ao Newton Deniz Piovesan, pela amizade, pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos e pelo brilhantismo com que conduz o Programa de Melhoramento de Soja do BIOAGRO/UFV.

Ao estagiário Gabriel José Massoni de Andrade, pelo grande auxílio na condução dos experimentos, pela amizade, alegria e companheirismo.

Ao pesquisador José Luis Lopes Gomes, pelo apoio e prontidão.

Ao funcionário Paulo Daniel Fontes, pela dedicação ao trabalho e responsabilidade.

Ao funcionário José Martins, pela utilíssima criatividade.

Aos demais funcionários que trabalham no Campo Experimental Prof. Diogo Alves de Mello.

Ao pessoal do Programa Milho®, em especial ao grande amigo Leandro Vagno de Souza, pela cessão da infra-estrutura do Programa.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

À Renovação Carismática Católica, pela marcante e transformadora presença em minha vida.

Aos demais coordenadores da Associação de Pós-Graduandos (APG): Edson, Moacir, Veridiana, Claudia, Leandro Vagno e Brás.

Aos demais coordenadores do Grupo de Estudos em Genética e Melhoramento: Leonarda, pela convivência, pela grande amizade e prestatividade; Leandro Vagno, entusiasta e companheiro, Gustavo, Fábio, Milene, Márcia, Claudia, Tatiana e Rodrigo.

Aos meus pais Odilon Lemos de Mello e Tereza Maria Freire Lemos, pelos excepcionais testemunhos de vida, amor e dedicação aos filhos.

Aos meus irmãos Evandro, Raquel, Solange, José Murilo e Paulina.

Aos cunhados: José Roberto, Magda, Ângelo, Giane e Sérgio.

Aos sobrinhos: Fernando, Marina, Taísa, Jaqueline, Ana Flávia, Maria Júlia, Vinícius, Letícia e Eduardo.

Aos primos Lucas, Flávio, Mateus, Taciano e Wilde, pelo companheirismo.

À minha querida namorada Viviane, pela compreensão e apoio; pela construção do caminho.

À Claudete (Dé) e ao Luciano Teixeira (Brás), meus amigos, quase irmãos, pela presença constante em todas as etapas do desenvolvimento desse trabalho. Pelo companheirismo, pela amizade, pelos incontáveis risos e choros, pelos ombros... “sempre lá”!

Aos meus muito estimados amigos Denilce, Délio, Denis, Maurinho, Egnaldo, Marcelo (Trolim), Gustavo (Chester), Black, Marcinho Guaraciaba, Cristiane Patrícia, Rogério (Carçaça), Alexandre (De Passos), Elaine Apolinário, com os quais sempre pude contar.

Aos familiares, pelo constante apoio.

À Joana, secretária da república, e ao amigo Cleber, pela convivência.

A todos que, anonimamente, participaram da construção desse trabalho.

## BIOGRAFIA

ODILON LEMOS DE MELLO FILHO, filho de Odilon Lemos de Mello e Tereza Maria Freire Lemos, nasceu em Passos, MG, em 16 de dezembro de 1975.

Cursou o ensino fundamental na Escola Estadual Dr. Wenceslau Braz, em Passos – MG. O ensino médio cursou no Colégio Imaculada Conceição, no mesmo município.

Em 1994, iniciou o curso de agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa – MG.

Em 1996 e 1997, desenvolveu, no BIOAGRO/UFV, atividades de Iniciação Científica, na área de Genética Molecular Aplicada ao Melhoramento Vegetal.

Em 1998, realizou estágio extra-curricular em melhoramento genético de soja, na *Asgrow Seed Company*, em Stonington – IL – USA, onde residiu por sete meses.

Em 2000, concluiu o curso de Agronomia e iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, no departamento de Fitotecnia, na UFV. Submeteu-se à defesa de tese em abril de 2002.

Em maio, do mesmo ano, principiou seu doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas, na UFV, vindo a defender sua tese em 06 de março de 2006.

## ÍNDICE

RESUMO.....	viii
ABSTRACT .....	x
INTRODUÇÃO .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	5
ARTIGO 1: COMPORTAMENTO DE VARIEDADES DE SOJA: PRODUÇÃO DE FORRAGEM E AVALIAÇÃO DE SUAS SILAGENS.....	7
RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	8
INTRODUÇÃO .....	10
MATERIAL E MÉTODOS .....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
CONCLUSÕES .....	26
REFERÊNCIAS.....	27
ARTIGO 2: CORRELAÇÕES GENÉTICAS E ANÁLISES DE TRILHAS DE CARACTERES INERENTES A PLANTAS DE SOJA E SUAS SILAGENS .....	30
RESUMO.....	30
ABSTRACT .....	31
INTRODUÇÃO .....	32
MATERIAL E MÉTODOS .....	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
CONCLUSÕES .....	52
REFERÊNCIA .....	52
ARTIGO 3: SELEÇÃO DE PROGENITORES DE SOJA PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM.....	56
RESUMO.....	56
ABSTRACT .....	57
INTRODUÇÃO .....	58

MATERIAL E MÉTODOS .....	59
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
CONCLUSÕES .....	68
REFERÊNCIAS.....	69
ANEXO I.....	71
ANEXO II.....	72



## RESUMO

MELLO FILHO, Odilon Lemos, D. S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2006. **Avaliação de variedades e progênies de soja para a produção de silagem.** Orientador: Carlos Sigueyuki Sedyama. Conselheiros: Odilon Gomes Pereira, Luis Alexandre Peternelli e Maurílio Alves Moreira.

O presente trabalho foi desenvolvido em Viçosa – MG. O material foi plantado em novembro de 2004 e o delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados. Objetivou-se: *i)* avaliar o comportamento de 20 variedades e duas linhagens de soja, quanto a caracteres inerentes à silagem, bem como determinar a divergência genética entre elas; *ii)* estimar as correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre caracteres importantes para a produção de silagem; *iii)* verificar, mediante o uso de análises de trilhas, os efeitos diretos e indiretos desses caracteres sobre a produtividade de matéria seca da planta e sobre o pH da silagem e; *iv)* selecionar, por meio de análise dialélica parcial, progenitores para serem utilizados em programa de melhoramento de soja visando à produção de silagem. As variedades apresentaram produtividade de matéria seca satisfatória, com destaque para a variedade DM 339. O teor de PB foi elevado e o de CSO está dentro do esperado, com base em estudos congêneres, assim como os teores de EE, FDN e FDA. A linhagem UFVPTA 182 apresenta excelente potencial para ser utilizada em programas de melhoramento, visando-se o aumento do teor protéico. As variedades mais divergentes e que se sobressaíram quanto a pelo menos uma das características (PMS, CSO ou PB) foram DM 339, com elevada PMS; UFVPTA 182, Tucunaré e Monarca, com alto teor de PB e UFVPTN 3005 e Msoy 9001, com alto CSO. As silagens apresentaram excelente valor nutricional, com base na sua composição químico-bromatológica. As variedades mais tardias foram as que apresentaram maior PMS, sendo, o ciclo, a característica mais indicada para se realizar seleção indireta para produtividade de matéria seca. O teor de CSO contribuiu para redução do pH, do teor de gases e para aumento do IRMS. Os teores de CSO e de N-NH<sub>3</sub> foram, dentre os caracteres incluídos no modelo, os que mais influenciaram o pH da silagem. Os progenitores UFVPTN 3005, A7002 e Tucunaré

apresentam maior potencial de sucesso, para aumento do teor de carboidratos solúveis. UFVPTA 182, Tucunaré, Luziânia e UFVS2003 são os mais indicados, visando-se alto teor protéico. Para aumento na PMS, o progenitor Sambaíba apresentou potencial mais elevado. Para redução de FDN e FDA, os progenitores UFVPTA 182 e A7002 são mais indicados e; para extrato etéreo, UFVPTA 182, UFV16 e Tucunaré. Ao se pensar na obtenção de maior ganho para a maioria das características avaliadas, os progenitores UFVPTA 182, Sambaíba, Tucunaré e Luziânia apresentaram-se como os mais promissores para serem utilizados num programa de melhoramento que vise à produção de silagem de soja.

## ABSTRACT

MELLO FILHO, Odilon Lemos, D. S., Universidade Federal de Viçosa, march, 2006.  
**Evaluation of soybean varieties and progenies for silage production.**  
Advisor: Carlos Siqueyuki Sedyama. Committee members: Odilon Gomes Pereira, Luis Alexandre Peternelli and Maurílio Alves Moreira.

The present work was developed in Viçosa - MG. The material was planted in November, 2004 in a randomized blocks design. It was aimed at: i) to evaluate the behavior of 20 varieties and two lines, regarding to characters related to silage production, as well as to determine the genetic divergence among them; ii) to estimate the phenotypic, genetic and environmental correlations among characters related to silage production; iii) to verify, by using paths analysis, the direct and indirect effects of those characters on plants dry matter yield, and on the pH of their silage and; iv) to select, through partial diallel analysis, progenitors to be used in soybean programs looking forward to silage production. The varieties showed satisfactory dry matter yield, with prominence for the variety DM 339. The protein content (PB) was high and the soluble carbohydrates content (CSO) was as expected, based in similar studies, as well as the ether extract content (EE), neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA). The line Ufvpta 182 presents excellent potential to be used in breeding programs looking forward to high protein content. The most divergent varieties that still stood out regarding at least one of the characteristics PMS, CSO or PB were DM 339, with high PMS; Ufvpta 182, Tucunaré and Monarca, with high protein content, and Ufvptn 3005 and Msoy 9001, with high CSO. The silages presented excellent nutritional value, based in their chemical- bromatological composition. The latest varieties were the ones that yielded larger dry matter yields (PMS), being, the cycle, the most suitable characteristic to accomplish indirect selection for PMS. The soluble carbohydrates content (CSO) contributed to pH reduction, to the gases production reduction and to increase of the dry matter recovery index (IRMS). The soluble carbohydrates content (CSO) and the ammonium nitrogen in percentage of the total nitrogen content (N-NH<sub>3</sub>) were, among the characters included in the model, the ones that most influenced the silage pH.

The progenitors UFVPTN 3005, A7002 and Tucunaré showed greater success potential, for increase of the soluble carbohydrates content (CSO). UFVPTA 182, Tucunaré, Luziânia and UFVS2003 are the most suitable, when high protein content (PB) is thought. For increase in the PMS, the progenitor Sambaíba presented higher potential. For reduction of neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA), the progenitors UFVPTA 182 and A7002 are more suitable and; for ether extract (EE), UFVPTA 182, UFV16 and Tucunaré. When it is thought to obtain larger selection gains for most of the appraised characteristics, the progenitors UFVPTA 182, Sambaíba, Tucunaré and Luziânia are the most promising to be used in an breeding program looking forward to soybean silage production.

## INTRODUÇÃO

A soja cultivada atualmente é consideravelmente distinta de seus ancestrais, os quais eram plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do rio Yangtse, na China. Sua evolução iniciou-se com o surgimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem, sendo melhoradas por cientistas da antiga China (Embrapa Soja, 2005).

Esta leguminosa foi originalmente cultivada nos Estados Unidos como forragem, sendo que em 1924 um milhão de acres foram plantados para fenação (Sheaffer *et al.*, 2001). Para o Brasil, a soja foi trazida em 1882. Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, realizou os primeiros estudos de avaliação de variedades introduzidas daquele país, visando, primordialmente, assim como nos EUA, sua utilização como cultura forrageira (Embrapa Soja, 2004).

Todavia, o uso de soja como feno declinou rapidamente devido à dificuldade de se secar essa forragem. Em vez disso, a soja expandiu-se devido à altíssima qualidade de seus grãos, com alto teor de proteína e óleo. Por volta de 1964, apenas 3% da soja cultivada nos Estados Unidos era destinada à forragem. Todavia, com o aumento da tecnologia para ensilagem, que reduziu a necessidade de secagem da cultura, e devido à disponibilização de novas variedades, com ciclos de comprimentos distintos ou desenvolvidas especialmente para forragem, sua utilização para tal fim tem se tornado promissora, novamente (Sheaffer *et al.*, 2001).

A produção de silagens é de extrema eficácia na conservação de plantas forrageiras, a serem utilizadas, principalmente, quando há maior escassez de pastagens; sendo, portanto, de grande importância econômica para o Brasil e para o mundo (Andriguetto *et al.*, 2002).

As características de uma cultura ideal para preservação na forma de silagem são: adequado nível de substratos fermentáveis, na forma de carboidratos solúveis em água (CSO), capacidade tampão relativamente baixa e ter teor de MS, na

colheita, maior que 20%. Deve, também, idealmente, possuir estrutura física que permita boa compactação no silo, após a colheita (McDonald *et al.*, 1991).

A soja é uma leguminosa e pode perfazer um alimento de boa qualidade. O valor nutritivo de uma planta de soja pode ser comparável ao da alfafa no início do florescimento. Vacas em lactação e bezerros em crescimento têm similar performance quando alimentados com feno de soja ou forragem de alfafa (Garcia, 2002).

O melhoramento genético de plantas forrageiras, principalmente de espécies tropicais, ainda não atingiu o mesmo estágio de desenvolvimento obtido pelas espécies temperadas. Por isso, espera-se que o melhoramento de forrageiras possa promover significativos avanços no aumento da produtividade da pecuária, realizando o mesmo papel fundamental desempenhado para outras culturas de importância econômica. O sucesso de um programa de melhoramento depende do planejamento das atividades a serem desenvolvidas e dos objetivos a serem atingidos. No caso das forrageiras, os programas devem ser dirigidos para a obtenção e, ou, seleção de materiais melhorados, que possam aumentar a quantidade e a qualidade de forragem produzida (Pereira, 2003).

A despeito da qualidade da forragem, para as condições tropicais os programas de melhoramento são muito recentes. Apenas em alguns deles tem sido dada ênfase também à qualidade do produto final. De forma genérica, a qualidade ou valor nutritivo da forragem é determinada por sua digestibilidade, quantidade que é consumida pelo animal e a eficiência com que os nutrientes digeridos são transformados em produtos (carne ou leite). Também não se pode desconsiderar o teor de proteína na forragem (Pereira, 2003).

O conhecimento da associação entre caracteres é de grande importância nos trabalhos de melhoramento, principalmente se a seleção em um deles apresenta dificuldades, em razão da baixa herdabilidade e, ou, tenha problemas de medição e identificação. A correlação que pode ser diretamente mensurada a partir de medidas de dois caracteres, em certo número de indivíduos da população, é a fenotípica. Esta correlação tem causas genéticas e ambientais, porém só as genéticas envolvem uma associação de natureza herdável, podendo, por conseguinte, ser utilizada na orientação de programas de melhoramento (Cruz *et al.*, 2004).

Todavia, correlação não envolve qualquer inferência quanto à natureza da relação entre as variáveis. Seria desejável usar um método de análise que pudesse combinar o conhecimento do grau de relacionamento fornecido pelo coeficiente de correlação, com as relações causa-efeito. Nos casos em que há uma rede de causas e efeitos, as inter-relações poderiam ser mais bem compreendidas se um coeficiente pudesse ser atribuído a cada trilha, num diagrama designado para indicar a influência direta dos caracteres nessas trilhas. Esse coeficiente é o que se denomina coeficiente de trilha (Wright, 1921).

A escolha inadequada de um germoplasma talvez seja o fator mais crítico e limitante em um programa de melhoramento (Borém e Miranda, 2005). Conforme os mesmos autores, diversos métodos ou critérios foram desenvolvidos com base em duas filosofias antagônicas: maximização do ganho genético ( $G = h^2 D$ ) e maximização da performance da população ( $\bar{X}_{\text{selecionados}} = \bar{X}_{\text{população}} + G$ ). Melhoristas que seguem a primeira filosofia enfatizam os cruzamentos divergentes, enquanto os que seguem a segunda ressaltam cruzamentos convergentes. A opção por um ou outro tipo de cruzamento dependerá do objetivo do programa, da herança das características, entre outros fatores.

Borém e Miranda (2005) fazem referência a alguns métodos de seleção de progenitores, dentre os quais, tem-se o comportamento *per se* dos mesmos: conforme tal critério, um bom cruzamento é aquele que envolve os dois melhores genótipos disponíveis e que a média dos progenitores estabelece o desempenho da progênie, assim, em geral, cruzam-se, entre si, os melhores materiais. Outro método, a seleção com base no fenótipo para características importantes, ou divergência genética, enfatiza a complementaridade entre os progenitores para características correlacionadas com a característica principal do programa. Segundo Carneiro (2002), em geral, cruzamentos são feitos entre genitores cujos fenótipos são complementares e necessários para solucionar os problemas de determinada região. Dentre os métodos que preconizam a complementaridade entre progenitores, citam-se coeficiente de parentesco, técnicas multivariadas ou processos preditivos, baseados em medidas de dissimilaridade. Borém e Miranda (2005) citam, ainda, o método que avalia o comportamento das progênies, onde tem-se o Método da Capacidade Combinatória, que pode ser avaliada em cruzamentos dialélicos, estimando-se a capacidade geral (CGC) e a específica (CEC) de combinação.

Segundo Cruz *et al.* (2004), a CGC proporciona informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos em seus efeitos e tem sido de grande utilidade na indicação de progenitores a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional e a CEC estima o desvio do comportamento em relação ao que seria esperado com base na CGC, sendo uma medida dos efeitos gênicos não-aditivos.

As variedades de soja atualmente disponíveis no mercado foram melhoradas, visando-se a produção de grãos. Quando o interesse é pela produção de forragem, procuram-se, em parte, por características distintas daquelas vislumbradas quando se objetiva a produção de grãos. Desta forma, a obtenção de variedades de soja específicas para forragem, a exemplo do que acontece com o milho, pode ser de grande utilidade, por proporcionar redução no uso de concentrados protéicos na alimentação de animais ruminantes. A utilização da soja como forragem torna-se particularmente importante para o pecuarista, em momentos que o preço do farelo de soja estiver em patamares pouco mais elevados.

No Brasil, por décadas tem sido dada atenção ao uso da planta de soja para alimentação animal. Na Universidade Federal de Viçosa, foram realizados os primeiros trabalhos nesta linha de pesquisa, conforme os trabalhos de Obeid *et al.* (1985), Evangelista (1986), Oliveira (1989) e Evangelista *et al.* (1991), dentre outros.

Dessa forma, 20 variedades de soja, duas linhagens e 11 populações segregantes F2, originárias dos cruzamentos das variedades com as referidas linhagens foram cultivadas, sendo analisados os referidos materiais e suas respectivas silagens, com os objetivos de: avaliar o comportamento per se das variedades e linhagens, quanto a caracteres inerentes às plantas e às respectivas silagens e estimar a divergência genética entre os materiais; estimar as correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre diferentes caracteres importantes no melhoramento de soja, visando à produção de silagem e verificar, mediante o uso de análises de trilhas, os efeitos diretos e indiretos desses caracteres sobre a produtividade de massa seca e sobre o pH da silagem e; avaliar, por meio de análise dialélica parcial, as variedades e linhagens, a fim de se selecionar progenitores e linhagens segregantes, para uso em programas de melhoramento, visando à produção de silagem.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andriguetto, J.M.; Perly, L.; Minard, I.; Gemael, J.S.; Fleming, G.A.S e Bona Filho, A. 2002. **Nutrição animal – v.1**. Nobel: São Paulo. 395p.
- Borém, A. e Miranda, G. V. 2005. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 4ª ed. 525p.
- Carneiro, J.E. S. 2002. **Alternativas para obtenção e escolha de populações segregantes no feijoeiro**. Lavras: UFLA. Tese D.S. 134p.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A.J. e Carneiro, P. C. S. 2004. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV. 480p.
- Embrapa Soja. 2005. **Tecnologia de produção de soja – região central do brasil**. sistemas de produção n. 6. Londrina – PR: Embrapa soja. 239 p.
- Embrapa Soja. 2004. **Tecnologias de produção de soja da região central do brasil** sistemas de produção nº 1. Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm> . Acessado em 20/01/06.
- Evangelista, A.R. 1986. **Consórcio milho-soja e sorgo-soja: rendimento forrageiro, qualidade e valor nutritivo das silagens**. Viçosa: UFV. 77p. (Tese de doutorado em zootecnia).
- Evangelista, A.R.; Garcia, R.; Obeid J.A e Galvão, J.D. 1991. Intercropping maize and soybeans: forage yield, quality and nutritive value of silage. **Revista da sociedade brasileira de zootecnia** 20: 578-584.
- Garcia, Alvaro. 2002. **Alternative forages for dairy cattle: soybeans and sunflowers**. college of agriculture & biological sciences/ south dakota state university / USDA. .ExEx 4023, September 2002, Dairy Science. At <http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/ExEx4023.pdf> . Acessado em 29 de Agosto de 2003.
- McDonald, P.; A. R. Henderson, and S.J.E., Heron. 1991. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Chalcombe Publ., Marlow, United Kingdom.
- Obeid, J.A.; Zago, C.P.; Gomide, J.A. 1985. Qualidade e valor nutritivo de silagem consorciada de milho (*Zea mays*. L.) com soja anual (*Glycine max*. (L.) Merrill). **Revista da sociedade brasileira de zootecnia**, 14: 439- 446.

- Oliveira, J.M. 1989. **Rendimento, qualidade da forragem e valor nutritivo das silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), forrageiro e granífero, consorciado com soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Viçosa: UFV. 57p. (Tese de doutorado em Zootecnia).
- Pereira, A.V.; Sobrinho, F.S.; Souza, FHD; Ledo, FJS. 2003. Tendências do melhoramento genético e produção de sementes de forrageiras no Brasil. In: **VII Simpósio sobre atualização em genética e melhoramento de plantas: melhoramento de plantas e produção de sementes no Brasil**. 11 e 12/09/2003. Disponível em <http://www.nucleoestudo.ufla.br/gen/eventos/simposios/7simpo/resumos/20033.pdf>. Acessado em 14/11/2005.
- Sheaffer, C. C.; Orf, J. H.; Devine, T. E. e Jewett, J. G. 2001. Yield and quality of forage soybean . **Agronomy journal**. 93: 99–106.
- Wright, S. Correlation and causation. 1921. **Journal of agricultural research**, 20: 557-585.

## **ARTIGO 1**

### **COMPORTAMENTO DE VARIEDADES DE SOJA: PRODUÇÃO DE FORRAGEM E AVALIAÇÃO DE SUAS SILAGENS**

#### **RESUMO**

O valor nutritivo de uma silagem é influenciado pela natureza da cultura e pelas mudanças ocorridas durante o período de armazenamento. Objetivou-se avaliar o comportamento de 20 variedades e duas linhagens de soja, quanto a caracteres inerentes à planta e respectivas silagens, bem como determinar a divergência genética entre estas variedades ou linhagens, com base em características de maior importância para produção de silagem. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG. Foram plantadas 20 variedades comerciais e duas linhagens de alto teor protéico, em blocos casualizados, com três repetições. As plantas foram colhidas no estágio R6 e avaliaram-se a produtividade de matéria seca (PMS) destas e os teores de carboidratos solúveis (CSO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) nas plantas e respectivas silagens; estimaram-se as perdas por gases e efluentes e a recuperação de matéria seca e determinaram-se o pH e o teor de nitrogênio amoniacal em percentagem do N total (N-NH<sub>3</sub>), nas silagens. As médias, referentes às características das plantas e silagens, dos 22 materiais genéticos, foram agrupadas pelo procedimento de Scott-Knott e foram estimadas as distâncias generalizadas de Mahalanobis. As análises estatísticas e genéticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo Genes. As variedades apresentaram produtividade de matéria seca satisfatória, com destaque para a variedade DM 339. O teor de PB foi elevado e o de CSO está dentro do esperado, com base em estudos congêneres, assim como os teores de EE, FDN e FDA. A linhagem Ufvpta 182 apresenta excelente potencial para ser utilizada em programas de melhoramento, visando-se o aumento do teor protéico. As variedades mais divergentes e que se sobressaíram

quanto a pelo menos uma das características (PMS, CSO ou PB) foram DM 339, com elevada PMS; UFVPTA 182, Tucunaré e Monarca, com alto teor de PB e UFVPTN 3005 e Msoy 9001, com alto CSO. As silagens apresentaram excelente valor nutricional, com base na sua composição químico-bromatológica.

## **ABSTRACT**

### **BEHAVIOR OF SOYBEAN VARIETIES: FORAGE PRODUCTION AND EVALUATION OF ITS SILAGES**

The nutritional value of a silage is influenced by the nature of the crop and by the changes occurred during the storage period. It was aimed at to evaluate the behavior of 20 varieties and two lines, regarding to characters related to silage production, as well as to determine the genetic divergence among them regarding characters important for silage production. The experiment was accomplished in the Universidade Federal de Viçosa, in Viçosa- MG, in 2004. 20 soybean commercial varieties and two high protein lines were planted, in randomized blocks design, with three replications. The plants were harvested at the R6 stadium and it was evaluated their dry matter yield (PMS), soluble carbohydrates (CSO), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), crude protein (PB) and ether extract (EE) in the plants and their respective silages; the losses by gases and effluent release and the dry matter recovery index (IRMS) were estimated and the pH and the ammonium nitrogen in percentage of the total nitrogen content (N-NH<sub>3</sub>) were determined in the silages. The averages of the plant and silage traits, of the 22 genetic materials, were clustered by the Scott-Knott procedure and the Mahalanobis distances were estimated. The statistical and the genetic analysis were accomplished using the software Genes. The varieties showed satisfactory dry matter yield, with prominence for the variety DM 339. The protein content (PB) was high and the soluble carbohydrates content (CSO) was as expected, based in similar studies, as well as the ether extract content (EE), neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA). The line UFVPTA 182 presents excellent potential to be used in breeding programs looking forward to high protein content. The most divergent varieties that

still stood out regarding at least one of the characteristics PMS, CSO or PB were DM 339, with high PMS; UFVPTA 182, Tucunaré and Monarca, with high protein content, and UFVPTN 3005 and Msoy 9001, with high CSO. The silages presented excellent nutritional value, based in their chemical- bromatological composition.

## INTRODUÇÃO

A estimativa da produção de grãos de soja, safra 2006, é de 59 milhões de toneladas, 14,6% a mais que o ano anterior (CONAB, 2006). Não há, todavia, estimativa de utilização da soja como forragem no Brasil. Certo é, porém, que seu uso para tal fim ainda é pouco expressivo, embora seja uma alternativa perfeitamente viável quando se pensa em suplementação protéica para ruminantes.

Forragens ricas em proteínas, como feno ou silagem de leguminosas, apresentam a vantagem de poderem substituir até 100% dos concentrados protéicos. As pobres em proteína não atendem aos requerimentos protéicos de qualquer categoria de bovinos, como silagens de milho e de sorgo forrageiro, além de restos de culturas, como palhadas de cereais, as quais necessitam ser suplementadas com proteínas (Pereira e Ribeiro, 2001).

Ao elevado teor protéico da soja, está associado um excelente equilíbrio em aminoácidos, o que a torna o mais adequado suplemento protéico vegetal disponível para alimentação (Andriguetto *et al.*, 2000).

O valor nutritivo de uma silagem é influenciado pela natureza da cultura, no momento da colheita, e pelas mudanças ocorridas, resultantes da ação de enzimas das plantas e microrganismos, durante o período de armazenamento (McDonald *et al.*, 1991).

Objetivou-se avaliar o comportamento per se de 20 variedades de soja e duas linhagens, quanto a caracteres inerentes à planta e suas silagens, bem como determinar a divergência genética entre as variedades ou linhagens, com base em características de maior importância para a produção de silagem.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local**

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, no Campo Experimental “Professor Diogo Alves de Mello”, situado a 20° 45’ 20” S e 42° 52’ 53” O, altitude de 650 m.

### **Material genético**

Na escolha do material genético, procurou-se utilizar materiais precoces e tardios, além de linhagens com alto teor de proteína nos grãos. As variedades, suas respectivas regiões de adaptação e ciclos podem ser vistos no Anexo I.

Foram plantadas 20 variedades comerciais e duas linhagens de alto teor protéico. As variedades foram: A 7002, Conquista, DM 339, Garantia, Lusitânia, Monarca, Msoy 8001, Msoy 8400, Msoy 8914, Msoy 9001, Sambaíba, Suprema, Tucunaré, UFV 16, UFV 18, UFVS 2001, UFVS 2003, UFVS 2005, UFVS 2011 e UFVTN 104. As linhagens de alto teor protéico na semente foram UFVPTA 182 e UFVPTN 3005.

### **Delineamento experimental**

O delineamento utilizado foi blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 3 metros, distantes entre si em 0,5 metro, tendo sido plantadas, em cada fileira, 40 sementes. As duas fileiras centrais da parcela perfizeram a unidade amostral.

### **Tratos culturais**

Realizou-se análise química do solo (anexo II), por meio da qual constatou-se a não necessidade de correção de acidez.

As sementes foram tratadas com fungicida thiabendazole, micronutrientes: cobalto e molibdênio, além de inoculante turfoso da bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, seguindo-se as recomendações de dosagens especificadas pelos respectivos fabricantes.

O plantio foi efetuado em 20/11/2004. Como adubação, aplicaram-se, no plantio, 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-16 e, aos 35 dias, cobertura com 83 kg ha<sup>-1</sup> KCl e adubação foliar com cobalto e molibdênio nas dosagens de 6g de cobalto e 30g de molibdênio ha<sup>-1</sup>. Para controle de plantas daninhas, efetuou-se dessecação prévia, com roundup (glyphosate), a 4 litros do produto comercial ha<sup>-1</sup>. Aos 40 e 47 dias após o plantio, aplicaram-se, respectivamente, os herbicidas flex (fomesafen) na dosagem de 0,25 kg ha<sup>-1</sup> i.a. e fusilade (fluazifop-p-butyl) a 0,19 kg ha<sup>-1</sup> i.a. Realizaram-se duas aplicações de fungicida tebuconazole, uma no estágio R2 e a outra no R3, ambas na dosagem de 100 g ha<sup>-1</sup> i.a. Durante o desenvolvimento da cultura, efetuaram-se os tratos culturais necessários e a irrigação suplementar, por aspersão convencional no quinto dia após o plantio.

### **Colheita e preparo de amostras e análises bromatológicas**

A colheita das plantas das parcelas se deu por meio de corte, com facão, a 5 cm do solo. Estas plantas foram colhidas à medida que atingiam o estágio R6 da escala de Fehr e Caviness (1977). Em seguida, procedeu-se à pesagem do material de cada parcela e picagem, em ensiladeira estacionária, de modo a obter um tamanho médio de partículas de 1 cm. Foi colhida uma amostra de 700g do material picado, de cada parcela, levado à estufa de ventilação forçada, onde permaneceu por 72 horas, a 65 °C, para realização da pré-secagem, segundo Silva e Queiroz (2002). Em seguida, procedeu-se à moagem desse material, em moinho tipo Wiley, munido de peneira de malha de 1mm.

Nessas amostras moídas, foram realizadas determinações de matéria seca definitiva (105°C), carboidratos solúveis (CSO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), segundo procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002). As análises foram realizadas no laboratório de Nutrição animal do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa.



## Silos e Silagens

Cada silo experimental consistiu de um balde de 3,6L, com válvula de Bunsen adaptada à tampa. Foi colocado 1 kg de areia seca, ensacada em sacos de pano, no fundo de cada balde, a fim de se estimar a produção de efluentes. A compactação do material, durante a ensilagem, foi realizada com soquete de 10 cm de diâmetro. Após o enchimento, os baldes foram tampados, pesados e armazenados em local coberto.

Os silos foram abertos 60 dias após o fechamento. Nesta oportunidade, foram coletadas amostras para análises bromatológicas e de pH e N-NH<sub>3</sub> (nitrogênio amoniacal), sendo, as duas últimas, realizadas segundo Bolsen *et al.* (1992).

Para o pH, tomou-se uma amostra de 25g, à qual foram adicionados 100 mL de água destilada, deixando-se o material em repouso por duas horas e procedendo-se à leitura em seguida. A outros 25 g de amostra foram adicionados 200 mL de solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2 N, permanecendo em geladeira por 48 horas, procedendo-se à filtragem em papel de filtro do tipo “Whatman 54”, em seguida. O filtrado foi então armazenado em freezer até a realização das análises de N-NH<sub>3</sub>. Coletaram-se, ainda, 700g da silagem, perfazendo uma terceira amostra, a qual foi levada à estufa de ventilação forçada, onde permaneceu sob as mesmas condições que a forragem supracitada, sendo, em seguida, realizada a moagem, a determinação da matéria seca definitiva e as análises bromatológicas, seguindo-se as mesmas metodologias utilizadas nas análises das respectivas plantas.

Procedimentos foram adotados a fim de se determinarem as perdas por efluentes e por gases e a recuperação de matéria seca. Assim, no fechamento dos silos foram pesados o conjunto vazio (balde + tampa + areia) e o conjunto cheio (balde + tampa + areia + forragem). Na abertura, foi realizada a pesagem do conjunto cheio e pesagem da silagem. O peso do conjunto vazio na abertura do silo foi obtido por diferença. Por meio de tais procedimentos foi possível obter: peso do conjunto cheio no fechamento (pccf); peso do conjunto cheio na abertura (pcca); peso do conjunto vazio no fechamento (pcvf); peso do conjunto vazio na abertura (pcva); massa da forragem no fechamento (mff); teor de matéria seca da forragem

no fechamento (tmsff); massa da silagem na abertura (msa) e; teor de matéria seca da silagem na abertura (tmssa).

As seguintes fórmulas foram utilizadas para determinação das perdas:

$$\text{Gases (\% da MS)} = [(pccf-pcca) / (mff \times tmsff)] \times 100$$

$$\text{Efluentes [kg (t MN)}^{-1}] = [(pcva - pcvf) / mff] \times 1000$$

$$\text{IRMS} = [(msa \times tmssa) / (mff - tmsff)] \times 100$$

Sendo,

IRMS = Índice de recuperação da matéria seca.

### **Análises genéticas e estatísticas**

As médias dos 22 materiais genéticos, para características da planta e respectivas silagens, foram agrupadas pelo procedimento Scott-Knott, a 5% e probabilidade.

A divergência genética entre as variedades foi determinada com base na Distância Generalizada de Mahalanobis, segundo a metodologia detalhadamente explicada por Cruz *et al.* (2004). As distâncias genéticas obtidas foram projetadas no plano a fim de facilitar a visualização. Assim, as medidas de dissimilaridade foram convertidas em escores relativos a duas variáveis X e Y, que, representadas em gráficos de dispersão, refletem, no espaço bidimensional, as distâncias originalmente obtidas a partir do espaço n-dimensional (n = número de caracteres utilizados para obtenção das distâncias). A metodologia seguida foi a pormenorizada por Cruz (2001).

As análises estatísticas, agrupamento das médias, determinação das distâncias genéticas e projeção das mesmas no plano foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional Genes (Cruz, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram testadas a homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett), a curtose, a simetria e a normalidade (teste de Lilliefors). Não houve desvios de normalidade ou de heterocedasticidade das variâncias de acordo com os testes realizados, para qualquer dos caracteres, exceção para o teste de Curtose, para a variável FDA, que foi significativo a 5% de probabilidade ( $p = 0,0247$ ) e para o teste de Bartlett, para a variável Altura, que foi significativo a 1% de probabilidade ( $p = 0,0071$ ). Optou-se por não transformar os dados.

Na Tabela 1, encontram-se as médias de características inerentes às plantas de 20 variedades e duas linhagens de soja. O teor de matéria seca apresentou considerável variação, estando baixos, em geral. Os materiais UFV 16, UFVS 2011, Msoy 8001, Conquista, UFVPTA 182 e Monarca foram os materiais que apresentaram maior teor de MS. Os valores obtidos estão ligeiramente abaixo do observado na literatura: Coffey *et al.* (1995) obtiveram variações do teor de MS, de um ano para o seguinte, com colheita no estádio R6, para a variedade Bay, de 36,7%, para 26,3%, e para a variedade Stafford, de 31,5% para 25,8%. Segundo Andriguetto *et al.* (2002), o teor de MS deve estar entre 28,0 e 35,0%, pois, acima, a compactação é dificultada, não havendo boa eliminação do  $O_2$ . O alto teor de  $O_2$  favorece, segundo o autor, a respiração aeróbia e acarreta aumento da temperatura e de perdas e surgimento de mofos. O excesso de umidade favorece a proliferação de *Clostridium*, com conseqüente fermentação indesejável – butírica - e degradação de proteínas, além da elevada lixiviação de sólidos solúveis.

Quanto ao teor de carboidratos solúveis, as variedades Msoy 9001, UFVPTN 3005, DM 339, UFVS 2011, UFV 18, UFVS 2005, Msoy 8400, Tucunaré, A 7002 e Msoy 8914 superaram as demais, a 5% de probabilidade, pelo agrupamento de Scott e Knott (Tabela 1). O teor médio de CSO das variedades avaliadas foi equiparável aos de alfafa. Rangrab *et al.* (2000), trabalhando com alfafa colhida no início do florescimento, obtiveram 8,9% para a alfafa fresca e 7,07% para a emurcheda; Monteiro *et al.* (1998) obtiveram média do teor de CSO de 16 variedades de alfafa, de 5,05%, para a forragem não emurcheda e 8,73%, para emurcheda. Avaliando as forragens de nove híbridos de milhos, Almeida Filho *et al.*

(1998) observaram variação do teor de CSO de 13,7 a 20,2%. Dentre os trabalhos vistos, não foi determinado o teor de CSO para forragem de soja.

Um pouco menor foi a magnitude da variação do teor protéico, conforme pode ser visto na Tabela 1. As variedades apresentaram teor de PB bastante elevado e a maioria não diferiu estatisticamente ( $p>0,05$ ), registrando-se valor médio de 20,26%. Este valor é superior àqueles verificados para as variedades Derry, Donegal e Tyrone, de 15,3, 15,4 e 16,5% de proteína bruta, respectivamente (Devine e Hatley, 1998; Devine, Hatley e Starner, 1998a; e Devine, Hatley e Starner, 1998b). Hintz e Albrecht (1994) obtiveram 19,19% de PB; Hintz *et al.* (1992), de 18,2 a 20,5 %, em R7; Lempp *et al.* (2000) encontraram valores de 11,4% para a variedade Doko, 13,44% para a Dourados, 13,96% para a Ocepar-9 e 14,24% para a Cristalina.

A UFVPTA 182 é uma linhagem melhorada, visando alto teor protéico no grão, assim como a UFVPTN 3005. Após obtidos os resultados do teor protéico da análise das plantas e respectivas silagens, realizou-se nova análise do teor protéico em sementes remanescentes das referidas linhagens, obtendo-se 44,16% de PB para a primeira e 39,60% para a segunda. O teor protéico dos grãos da variedade Suprema também foi determinado, sendo 34,76%. Pelo comportamento *per se* da linhagem UFVPTA 182, pode-se inferir que a mesma apresenta excelente potencial para ser utilizada em programas de melhoramento, visando ao aumento do teor protéico.

Os teores de FDN e FDA também podem ser vistos na Tabela 1. As variedades Conquista, DM 339, Msoy 8001, UFVPTA 182 e UFV 16 apresentaram os teores mais baixos de FDN. As mesmas - exceto UFV 16 - mais UFV 18 e Msoy 8400 apresentaram teores mais baixos de FDA. Os teores obtidos estão dentro da amplitude esperada e condizentes com valores apresentados por outros autores: Coffey *et al.* (1995) apresentaram a variação da composição básica de nutrientes da silagem de soja, obtida da média de duas variedades dos grupos de maturação IV e V, por dois anos, nos estádios de crescimento R2, R4 e R6: 16,0 a 20,6% de PB, 38,3 a 48,3% FDN e 27,3 a 37,3% de FDA; Hintz *et al.* (1992) obtiveram, para a soja colhida em R7, FDN entre 39,5 e 42,2% e FDA entre 28,5 e 30,6%. Na cultura da alfafa, Ragrab *et al.* (2000) obtiveram 45,99 e 35,96%; e 44,17 e 35,27%, de FDN e FDA, para forragem fresca e emurchecida, respectivamente.

O teor médio de extrato etéreo, conforme pode ser visto, na Tabela 1, foi de 5,11%. As variedades que produziram maiores teores de EE foram UFV 16 e Msoy

8001. As que produziram menores teores foram UFVPTN 3005, UFVS 2005, Msoy 9001, DM 339 e Suprema. Os valores obtidos são de menor magnitude que os apresentados por Hintz *et al.* (1992), onde houve variação de 7,1 a 12,6%, para o material colhido em R7.

Tabela 1 – Médias de variáveis\* analisadas em plantas de 20 variedades e duas linhagens de soja

Variedade	Trat	MS	CSO	PB	FDN	FDA	EE	PMS	Ciclo	Altura	PP
		(%)			(% da MS)			(t ha <sup>-1</sup> )	(dias)	(cm)	(t ha <sup>-1</sup> )
A 7002	1	24,22 c	8,00 a	19,83 a	55,35 a	39,31 a	6,14 c	7,63 c	134,33 a	82,22 b	1,51 a
Conquista	2	26,45 b	7,49 b	21,51 a	47,43 b	31,09 b	6,39 c	6,80 c	124,00 b	76,78 b	1,46 b
DM 339	3	25,54 c	9,47 a	18,09 b	49,23 b	35,39 b	4,05 e	11,78 a	132,33 a	98,33 a	2,13 a
Garantia	4	23,95 c	6,27 b	19,90 a	55,13 a	38,14 a	4,56 d	8,85 b	131,33 a	94,00 a	1,76 a
LUZIANIA	5	24,94 c	7,23 b	20,46 a	53,14 a	37,51 a	5,23 d	7,39 c	124,67 b	77,78 b	1,52 a
Monarca	6	26,04 b	5,76 b	22,16 a	53,91 a	40,03 a	5,15 d	8,08 b	133,00 a	95,78 a	1,80 a
Msoy 8001	7	28,06 a	6,79 b	19,88 a	49,86 b	35,68 b	7,30 b	5,78 d	122,00 b	66,89 b	1,15 b
Msoy 8400	8	25,26 c	8,26 a	20,12 a	53,00 a	36,81 b	4,82 d	7,54 c	124,67 b	84,89 a	1,52 a
Msoy 8914	9	22,31 c	7,88 a	21,19 a	52,89 a	37,68 a	4,44 d	7,32 c	131,33 a	86,11 a	1,55 a
Msoy 9001	10	23,98 c	10,14 a	20,40 a	55,50 a	40,86 a	3,76 e	8,06 b	133,00 a	89,22 a	1,64 a
UFVPTA 182	11	26,35 b	6,28 b	22,86 a	50,19 b	33,31 b	5,29 d	7,83 c	132,33 a	92,11 a	1,78 a
UFVPTN 3005	12	25,20 c	9,69 a	19,48 b	55,87 a	40,60 a	3,08 e	9,03 b	137,33 a	75,89 b	1,76 a
Sambaíba	13	21,77 c	6,40 b	19,37 b	57,00 a	43,01 a	4,77 d	9,47 b	133,33 a	100,44 a	1,83 a
Suprema	14	22,97 c	7,38 b	20,53 a	56,91 a	40,79 a	4,12 e	8,24 b	133,33 a	95,44 a	1,69 a
Tucunaré	15	24,31 c	8,07 a	22,13 a	57,25 a	38,97 a	4,67 d	5,38 d	129,00 a	72,89 b	1,19 b
UFV 16	16	29,11 a	5,87 b	18,04 b	51,38 b	38,26 a	8,65 a	5,80 d	121,33 b	70,78 b	1,05 b
UFV 18	17	24,74 c	8,42 a	20,18 a	52,78 a	35,71 b	4,96 d	8,28 b	134,00 a	95,33 a	1,66 a
UFVS 2001	18	25,50 c	6,68 b	20,54 a	56,29 a	41,22 a	5,96 c	6,76 c	128,00 b	80,89 b	1,39 b
UFVS 2003	19	22,40 c	6,03 b	20,70 a	55,97 a	40,12 a	5,60 d	6,08 d	130,33 a	72,67 b	1,25 b
UFVS 2005	20	23,90 c	8,40 a	20,57 a	53,09 a	39,18 a	3,66 e	6,78 c	136,67 a	66,00 b	1,39 b
UFVS 2011	21	28,10 a	8,90 a	17,31 b	53,58 a	39,95 a	5,25 d	7,38 c	132,33 a	85,56 a	1,27 b
UFVTN 104	22	23,81 c	6,49 b	20,47 a	53,67 a	38,75 a	4,48 d	7,66 c	133,33 a	90,56 a	1,56 a
Média		24,95	7,54	20,26	53,61	38,29	5,11	7,63	130,54	84,12	1,54
Mínimo		21,77	5,76	17,31	47,43	31,09	3,08	5,38	121,33	66,00	1,05
Máximo		29,11	10,14	22,86	57,25	43,01	8,65	11,78	137,33	100,44	2,13
CV (%)		6,06	14,59	5,89	5,57	7,99	12,17	13,57	2,28	9,52	13,23

\*MS, PB, CSO, , FDN, FDA, EE, PMS e PP = teores de matéria seca, de proteína bruta, carboidratos solúveis, matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e de extrato etéreo e produtividade de matéria seca e de proteína bruta, respectivamente; ciclo = período, em dias, do plantio à colheita, efetuada no estágio R6; altura = altura de plantas; PP = produtividade de proteína\*\*Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferiram entre si, a 5% de probabilidade, pelo agrupamento de Scott - Knott.

Palmquist e Jenkins, 1980, citados por Hintz *et al.*, 1992, comentam, a respeito do teor de EE, que pode haver aumento na produção de leite, advindo de alto teor de EE; todavia, pode, também, haver redução da ingestão e da digestibilidade de fibras, quando este excede 5% da matéria seca total da ração, em dietas fornecidas a vacas em lactação.

A variabilidade da produtividade de matéria seca (PMS) foi bastante ampla, sendo, a variedade DM 339, a que se destacou em relação às demais, o que indica seu bom potencial para utilização como forragem. A produtividade da mesma superou as das variedades Derry, Donegal e Tyrone em suas respectivas regiões de adaptação, variedades estas, melhoradas especificamente para tal fim. 'Derry' produziu, em 1994 e 1995, em média, 10805 kg ha<sup>-1</sup> (Devine e Hatley, 1998), Donegal e Tyrone, 10329 e 8542 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Devine, Hatley e Starner, 1998a e Devine, Hatley e Starner, 1998b).

A produtividade média das 20 variedades e duas linhagens utilizadas foi de 7,63 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). As variedades DM 339, Sambaíba, UFVPTN 3005, Garantia, UFV 18, Suprema, Monarca e Msoy 9001 foram superiores às demais, pelo agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. Os resultados estão condizentes com os obtidos por Herbert *et al.* (1984), que obtiveram PMS de 7,85, 7,04 e 7,62 t ha<sup>-1</sup>, em três anos consecutivos, respectivamente. Hintz *et al.* (1992) também obtiveram resultados semelhantes, variando, a PMS, de 6,8 a 8,0 t ha<sup>-1</sup>, para variedades colhidas no estádio R7.

Ainda, na Tabela 1, pode-se verificar que o período médio entre plantio e colheita, no estádio R6 (Ciclo), foi de 130,54 dias, com amplitude de 16 dias. Pelo agrupamento de médias de Scott e Knott, apenas as variedades UFVS 2001, Msoy 8400, Luziânia, Conquista, Msoy 8001 e UFV 16 foram mais precoces que as demais. Resultados semelhantes foram obtidos por Hintz *et al.* (1992), que colheram três variedades, em dois anos, no estádio R7, 102 a 132 dias após o plantio. Em geral, as variedades tardias são mais produtivas que as precoces, por apresentarem maior período de crescimento vegetativo. Em contrapartida, a colheita precoce favorece o estabelecimento de outra cultura, podendo aumentar a produção de fitomassa x (área x período de tempo)<sup>-1</sup>.

As alturas das plantas, conforme apresentado na Tabela 1, estão dentro dos valores esperados para variedades melhoradas, visando-se à produtividade de grãos e são consideravelmente menores que as das desenvolvidas para forragem, segundo dados obtidos por Damosarkoro *et al.* (2001), em que a altura das variedades graníferas variou de 84 a 102 cm e, das forrageiras, de 134 a 203 cm. Embora as variedades mais altas, em geral, apresentem maior produtividade de matéria seca, deve-se atentar para a possibilidade de acamamento das plantas ao se selecionar para altura, visto que dificulta a colheita mecânica e pode reduzir a qualidade da forragem, devido ao contato das folhas com o solo.

Analisando-se as características PMS, PB e CSO (Tabela 1), observa-se maior variação da primeira e da última. Assim, truncando-se em “b” (no teste de agrupamento de médias) para PMS e em “a” para CSO, as variedades Msoy 9001, UFVPTN 3005, DM 339, UFVS 2011 e UFV 18 seriam selecionadas. Ressalta-se, todavia, que, no caso do teor protéico, é desejável que variedades disponham de elevada concentração de PB, quando for utilizada em programas de melhoramento, principalmente. Ao produtor rural, interessa que a alta concentração de proteína seja aliada à elevada PMS, de modo a se obter alta produtividade de proteína, que é o objetivo final. Considerando-se alta produtividade de proteína (ppb), apenas as variedades Conquista, UFVS 2005, UFVS 2001, UFVS 2011, UFVS 2003, Tucunaré, Msoy 8001 e UFV 16 não seriam selecionadas, pelo agrupamento de Skott-Knott (Tabela 1).

Referente ao teor de CSO, ressalta-se que o interesse reside, exclusivamente, na elevada concentração dos mesmos na planta, visto que visa garantir boa fermentabilidade, como substrato para as bactérias que realizam fermentação láctica.

Segundo Carneiro (2002), em geral, cruzamentos são feitos entre genitores cujos fenótipos são complementares e necessários para solucionar os problemas de determinada região. Dentre os métodos que preconizam a complementaridade entre progenitores, citam-se coeficiente de parentesco, técnicas multivariadas ou processos preditivos, baseados em medidas de dissimilaridade. Visando-se identificar as variedades mais divergentes, ou seja, com maior possibilidade de serem complementares, quanto às características PMS, PB e CSO, foram estimadas as



distâncias generalizadas de Mahalanobis entre os materiais utilizados. A projeção das distâncias no plano pode ser vista na Figura 1.

Pela análise da Figura 1, pode-se atentar para variedades “divergentes” e, pela análise da Tabela 1, pode-se observar as magnitudes das características. Assim, selecionando-se os divergentes e que se sobressaíram quanto a, pelo menos, uma das características, tem-se o material 11 (UFVPTA 182), o 15 (Tucunaré) e o 6 (Monarca), com alto teor de proteína, o 12 (UFVPTN 3005) e o 10 (Msoy 9001), com alto CSO e o 3 (DM 339), com elevada PMS.

A qualidade da silagem de cada variedade deve, também, ser considerada, visto que, aos animais, serão fornecidas as silagens.

Na Tabela 2, podem ser observados os resultados da análise das silagens dos 22 materiais utilizados no experimento, quanto às composições químico-bromatológicas, pH, nitrogênio amoniacal e perdas ocorridas durante a fermentação.

Com base nos valores médios obtidos das análises das 20 variedades e duas linhagens, pode-se considerar que a silagem de soja é de excelente valor nutricional, visto que apresenta elevado teor protéico ( $\bar{x} = 19,67\%$ ) e relativamente baixos teores de FDN e FDA (47,80 e 35,14%, respectivamente), conforme apresentado na Tabela 2. Houve variações na ordenação e no agrupamento das médias das plantas e das respectivas silagens, para as diferentes variáveis (Tabelas 1 e 2). Assim, variedades que apresentaram maiores teores de determinado constituinte na planta antes da ensilagem não apresentaram, necessariamente, maiores teores dos mesmos na silagem. Tal resultado é perfeitamente plausível, dentro das variações obtidas no presente experimento, já que o perfil fermentativo não é determinado por um único constituinte isoladamente, mas é resultado da presença de todos. O maior ou menor teor desses constituintes favorece ou prejudica a microbiota que promoverá a fermentação dos compostos fermentescíveis a ácidos orgânicos, determinando o tipo de fermentação ocorrida: láctica, alcoólica ou butírica. O tipo de fermentação, em última instância, resultará em maior ou menor alteração do teor de cada um dos constituintes das silagens, em relação à constituição original da planta. Segundo Jobim e Gonçalves, (2003), a microbiologia, na ensilagem, tem um papel fundamental na qualidade da

silagem, podendo ocorrer perdas de grande magnitude na quantidade e na qualidade da forragem conservada, caso o processo fermentativo não seja adequado.

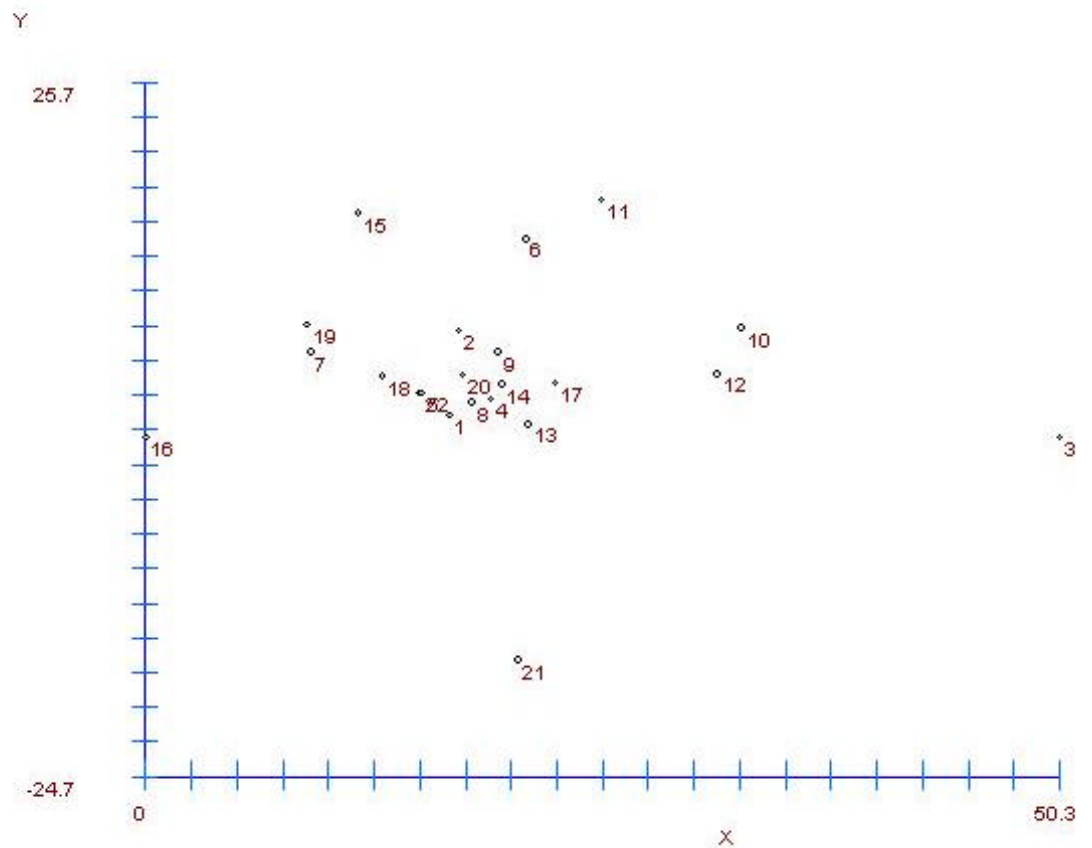


Figura 1 – Projeção, no plano, das distâncias generalizadas de Mahalanobis, quanto à PMS, CSO e PB, referentes a 20 variedades e duas linhagens de soja.

Alguns resultados, apresentados a seguir, foram comparados com os obtidos para silagens de outras espécies devido à escassez de trabalhos onde foram analisadas a planta e a silagem de soja.

O teor de proteína bruta da silagem foi praticamente inalterado, em relação à planta. Enquanto a média de PB na planta foi 20,26% (Tabela 1), na silagem foi 19,67% (Tabela 2). Segundo Rocha (2003), trabalhando com silagem de capim-elefante, não há

expectativas de que os teores de proteína sejam alterados ao longo do período de fermentação, embora, segundo este autor, haja resultados divergentes, na literatura.

O teor de CSO da silagem foi consideravelmente reduzido, em relação ao da planta (Tabelas 1 e 2), o que é esperado, visto que são substratos utilizados pelas bactérias realizadoras da fermentação. Resultados divergentes foram obtidos por Rodrigues *et al.* (2004) que verificaram aumento, em termos absolutos, do teor CSO da silagem de alfafa, mesmo nos tratamentos em que não houve adição de polpa cítrica.

Houve formação apenas de um grupo, pelo agrupamento de Skott-Knott, tanto para FDN, quanto para FDA (Tabela 2). Em média, houve pequena redução dos teores de FDN e FDA, em relação à planta, podendo ser, tal redução, resultante da ação de enzimas fibrolíticas.

O teor de EE da silagem aumentou em relação ao da planta (Tabelas 1 e 2), apresentando valor médio de 8,64% (Tabela 2). Tal aumento é, provavelmente, devido à maior concentração do mesmo, ocasionada pela produção de efluentes e lixiviação de alguns constituintes solúveis, como proteínas, carboidratos solúveis e alguns minerais (McDonald *et al.*, 1991).

O pH e o teor de N-NH<sub>3</sub> (em % do N total) são indicativos da qualidade da fermentação ocorrida. Os valores obtidos para pH (Tabela 2) são considerados elevados, quando comparados a valores de pH apresentados como padrões de boa qualidade, o que indica a ocorrência de fermentação butírica. As silagens que apresentaram menores valores de pH foram UFVPTN 3005, UFVS 2011, Msoy 9001, DM 339, UFV 18, Monarca, UFVS 2005, A 7002 e Msoy 8914 (Tabela 2). Vale ressaltar que estas são as que apresentaram maior teor de carboidratos solúveis, na planta.

O elevado valor do pH pode ser, segundo Lima (1992), devido ao baixo teor de carboidratos solúveis e ao forte poder tampão das leguminosas, em razão da presença de aminoácidos residuais e cátions como o K<sup>+</sup>, o Mg<sup>++</sup> e o Ca<sup>++</sup>, que neutralizam parte dos ácidos orgânicos formados; e, provavelmente, devido ao elevado teor de proteína bruta.

Tabela 2 – Médias de caracteres\* inerentes às silagens de 20 variedades e duas linhagens de soja colhidas no estádio R6

Variedade	Trat	MS	PB	CSO	FDN	FDA	EE	pH	N-NH <sub>3</sub>	Perdas		IRMS		
										%	Efluentes		Gases	
											(% da MS)			[Kg (t MN) <sup>-1</sup> ]
		(% do N-total)			(%)									
A 7002	1	24,22 c	19,4 c	6,6 a	44,3 a	32,0 a	10,70 a	5,44 b**	9,03 c	59,82 b	6,62 b	91,6 a		
Conquista	2	26,45 b	19,7 c	3,5 b	47,6 a	35,8 a	7,48 c	5,86 a	19,40 a	41,17 c	8,64 a	86,2 b		
Dm 339	3	25,54 c	19,1 c	5,4 a	48,0 a	35,0 a	6,89 c	5,18 b	5,74 c	50,13 c	6,13 b	93,0 a		
Garantia	4	23,95 c	17,7 c	4,8 a	47,5 a	34,9 a	8,22 b	5,64 a	9,96 c	48,00 c	7,68 a	93,1 a		
Luziânia	5	24,94 c	19,2 c	4,3 b	48,0 a	35,4 a	6,23 c	6,11 a	12,60 b	31,44 d	8,6 a	92,5 a		
Monarca	6	26,04 b	22,2 a	4,1 b	45,1 a	33,7 a	9,67 a	5,39 b	8,17 c	51,59 c	6,35 b	91,4 a		
Msoy 8001	7	28,06 a	20,2 b	2,7 b	44,4 a	32,1 a	9,76 a	5,72 a	9,57 c	21,43 d	7,77 a	90,7 b		
Msoy 8400	8	25,26 c	18,2 c	4,4 b	48,5 a	35,7 a	6,44 c	5,94 a	12,20 b	34,71 d	9,03 a	92,6 a		
Msoy 8914	9	22,31 c	18,8 c	3,3 b	49,8 a	37,4 a	8,41 b	5,46 b	9,69 c	51,76 c	6,47 b	93,2 a		
Msoy 9001	10	23,98 c	21,4 a	4,0 b	47,2 a	33,9 a	7,33 c	5,12 b	8,70 c	53,36 c	5,99 b	92,9 a		
UFVPTA 182	11	26,35 b	22,5 a	3,6 b	47,4 a	35,2 a	8,78 b	5,54 a	7,57 c	36,83 d	6,62 b	93,0 a		
UFVPTN 3005	12	25,20 c	20,7 b	6,2 a	50,5 a	36,0 a	6,68 c	4,9 b	6,47 c	44,11 c	5,21 b	91,4 a		
Sambaíba	13	21,77 c	18,2 c	5,5 a	51,3 a	39,8 a	9,33 b	5,76 a	8,85 c	67,17 b	8,35 a	94,7 a		
Suprema	14	22,97 c	19,6 c	3,3 b	47,6 a	33,1 a	9,74 a	5,63 a	12,10 b	74,28 a	8,25 a	88,9 b		
Tucunaré	15	24,31 c	20 b	2,9 b	47,4 a	35,1 a	10,5 a	5,94 a	9,34 c	84,33 a	8,98 a	89,1 b		
UFV 16	16	29,11 a	19,7 c	2,3 b	47,3 a	34,8 a	9,05 b	5,81 a	10,30 c	24,92 d	7,44 a	88,8 b		
UFV 18	17	24,74 c	19,4 c	6,1 a	49,9 a	34,2 a	8,37 b	5,2 b	7,34 c	39,82 c	6,22 b	94,3 a		
UFVS 2001	18	25,50 c	20,1 b	2,7 b	48,1 a	35,9 a	9,68 a	5,83 a	9,30 c	53,51 c	7,96 a	92,3 a		
UFVS 2003	19	22,40 c	19,7 c	3,9 b	46,7 a	35,5 a	11,20 a	5,75 a	14,20 b	86,25 a	8,55 a	90,3 b		
UFVS 2005	20	23,90 c	20,4 b	6,1 a	49,3 a	35,7 a	8,55 b	5,42 b	9,70 c	60,63 b	6,68 b	90,5 b		
UFVS 2011	21	28,10 a	17,7 c	4,4 b	48,0 a	35,4 a	8,43 b	4,98 b	7,05 c	27,59 d	4,97 b	93,3 a		
UFVTN 104	22	23,81 c	18,8 c	3,5 b	47,9 a	36,6 a	8,77 b	5,55 a	8,51 c	40,09 c	6,70 b	93,4 a		
Média		24,95	19,7	4,3	47,8	35,1	8,64	5,55	9,81	49,22	7,24	91,7		
Mínimo		21,77	17,7	2,3	44,3	32,0	6,23	4,90	5,74	21,43	4,97	86,2		
Máximo		29,11	22,5	6,6	51,3	39,8	11,15	6,11	19,41	86,25	9,03	94,7		
CV%		6,06	5,9	19,0	4,3	5,4	13,04	4,95	24,76	19,36	14,70	2,7		

\* MS, PB, CSO, FDN, FDA, EE, N-NH<sub>3</sub>, = teores matéria seca, proteína bruta, carboidratos solúveis, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo e de nitrogênio amoniacal, respectivamente; IRMS = índice de recuperação da matéria seca. \*\*Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferiram entre si, a 5% de probabilidade, pelo agrupamento de Scott - Knott.

Langston *et al.* (1962), citados por Lima (1992), mencionam que a faixa adequada para pH está entre 3,9 e 4,8. Andriguetto *et al.* (2002) mencionam que o pH ideal das silagens está entre 3,8 e 4,2, sendo possível, todavia, obter silagem de qualidade, com pH acima do citado como ideal, efetuando-se pré-secagem da forragem a ser ensilada. O autor considera, ainda, que, o pH, considerado isoladamente, não é um bom indicador da qualidade da silagem.

De acordo com McDonald *et al.* (1991), a aceleração do processo fermentativo e a rápida queda do pH reduzem a desaminação, restringindo a proteólise.

Coffey *et al.* (1995) obtiveram valores semelhantes de pH, para silagens de soja, nos tratamentos em que as variedades foram colhidas no estágio R6 e a forragem não foi inoculada. Lima (1992) obteve pH de 4,5 para a silagem de soja pura, portanto inferior aos obtidos no presente trabalho.

O valor médio obtido para N-NH<sub>3</sub>/ N total foi 9,81% (Tabela 2), podendo ser considerado adequado, visto que de acordo com os padrões de classificação de Toth *et al.* (1956), citados por Lima (1992), valores de N-NH<sub>3</sub> em torno de 15% do N total, para a silagem de soja, permitem classificá-la como de boa qualidade. Apenas as variedades Suprema, Msoy 8400, LUZIÂNIA, UFVS 2003 e Conquista, apresentaram teores de N-NH<sub>3</sub> mais elevados que os das demais, sendo, todavia aceitáveis, exceto o obtido para Conquista (Tabela 2). Não há motivo aparente para a elevada magnitude do teor N-NH<sub>3</sub> obtido na silagem desta variedade.

As perdas no processo de ensilagem podem ser quantificadas pela produção de efluentes e de gases e pelo IRMS.

O teor médio de efluentes produzido foi 49,22 kg t<sup>-1</sup> MN (Tabela 2) valor que pode ser considerado alto, se considerarmos que as plantas apresentam um teor médio de MS de 25% por ocasião da ensilagem. O teor de umidade da planta é um dos principais fatores a serem considerados quando se avalia a produção de efluentes, uma vez que afeta diretamente a quantidade de efluentes produzida. Segundo McDonald *et al.* (1991), além da umidade, outros fatores como tipo e dimensões do silo, grau de compactação ou eventual pré-tratamento da forragem podem afetar indiretamente a produção de efluente. É oportuno destacar que quando adequada, a umidade auxilia na compactação do material, promovendo estabelecimento de um ambiente anaeróbio no silo. Jones e Jones (1995) relataram que 25% de matéria seca seriam suficientes à produção significativa efluente.

Igarazi (2002), trabalhando com silagem de capim-Tanzânia, ajustou uma curva de regressão ( $R^2= 0,7911$ ), em que o capim com 25% de matéria seca produziu em torno de  $20 \text{ kg t}^{-1}$  MN de efluentes. A elevada liberação de efluentes no presente trabalho pode ser devida ao tamanho reduzido de partículas, causando maior rompimento celular ao teor de matéria seca do material ou à compactação exercida. De fato, foi encontrada correlação genética negativa e significativa, de magnitude -0,767, entre produção de efluentes e teor de MS. Em trabalho de Loures *et al.* (2003), quando a compactação passou de  $356,67 \text{ kg m}^{-3}$  para  $791 \text{ kg m}^{-3}$ , a liberação de efluentes passou de 1 para 6 litros, em silagem de capim-elefante, com 13% de MS.

A perda média por gases foi de 7,24% da MS, valor este que, embora elevado, está próximo aos obtidos por Igarazi (2002), com capim-Tanzânia, que variaram de 1 a 9% da Matéria Seca. O autor menciona ser a perda por gases associada ao perfil de fermentação ocorrido, sendo, as menores, associadas às bactérias homofermentativas, e as maiores às heterofermentativas. De fato, no presente trabalho, as menores produções de gases foram associadas a menores produções de N-NH<sub>3</sub> (Tabela 2 e Artigo 2).

A recuperação média de MS foi de 91,69% (Tabela 2). Este valor está em concordância com os apresentados por Igarazi (2002), que variaram de 83,4 a 98,8%, para silagens de capim Tanzânia, todavia estão ligeiramente abaixo dos obtidos por Pedroso *et al.* (2000), para silagem de sorgo, onde a variação foi de 94,88 a 99,69%.

## CONCLUSÕES

As variedades apresentaram produtividade de matéria seca satisfatória, com destaque para a variedade DM 339. O teor de PB foi elevado e o de CSO está dentro do esperado, com base em estudos congêneres, assim como os teores de EE, FDN e FDA. A linhagem Ufvpta 182 apresenta excelente potencial para ser utilizada em programas de melhoramento, visando-se ao aumento do teor protéico. As variedades mais divergentes e que se sobressaíram quanto a pelo menos uma

das características (PMS, CSO ou PB) foram DM 339, com elevada PMS; UFVPTA 182, Tucunaré e Monarca, com alto teor de PB e UFVPTN 3005 e Msoy 9001, com alto CSO. As silagens apresentaram excelente valor nutricional, com base na sua composição químico-bromatológica.

## REFERÊNCIAS

- Almeida Filho, S. L.; Fonseca, D. M.; Garcia, R. e Silva, J. D. 1998. Produção e qualidade de silagens de híbridos de milho (*Zea mays* L.). In: **XXXV Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**. Fortaleza, Ce. Disponível em <http://www.sbz.org.br/eventos/Fortaleza/Forragicultura%5CSbz434.pdf> Acessado dia 27/02/06.
- Andriguetto, J.M.; Perly, L.; Minard, I.; Gemael, J.S.; Fleming, G.A.S e Bona Filho, A. 2002. **Nutrição animal – v.1**. Nobel: São Paulo. 395p.
- Bolsen, K. K.; Lin, C.; Brent, B. E.; Feyerherm, A. M.; Urban, J. E. e 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
- Carneiro, J. E. S. 2002. **Alternativas para obtenção e escolha de populações segregantes no feijoeiro**. Lavras: UFLA. Tese D.S. 134p.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. 3º levantamento de avaliação de safra – 2005/06. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/download/cas/semanais/Semana3001a03022006/Conjuntura%20Soja%2030\\_01%20a%2003%20de%20fevereiro%202006.pdf](http://www.conab.gov.br/download/cas/semanais/Semana3001a03022006/Conjuntura%20Soja%2030_01%20a%2003%20de%20fevereiro%202006.pdf) Acessado em 02/03/2006.
- Coffey, K.P.; G.V Granade, e J.L. Moyer. 1995. Nutrient content of silages made from whole-plant soybeans. **The professional animal scientist** .11:74-80.
- Cruz, C.D. 2001. **Programa Genes**: versão windows. Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV. 648p.:il.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A.J. e Carneiro, P. C. S. 2004. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV. 480p.
- Darmosarkoro, W.; Harbur, M. M.; Buxt, D. R.; Moore, K. J.; Devine, T. E. e Anderson, I. C. 2001. Growth, Development, and yield of soybean lines developed for forage. **Agronomy journal**. 93: 1028-1034.

- Devine, T.E. e Hatley, E.O. 1998. Registration of 'Donegal' forage soybean. **Crop science** 38:1719-1720.
- Devine, T.E.; Hatley, E.O e Starner, D.E. 1998a. Registration of 'Derry' forage soybean. **Crop science**. 38:1719.
- Devine, T.E.; Hatley, E.O e Starner, D.E. 1998b. Registration of 'Tyrone' forage soybean. **Crop science**. 38:1720.
- Fehr, W. R. e Caviness, C. E. 1977. **Stages of soybean development**. Special report 80. Co-operative Extension Service, Iowa State University, Ames, Iowa. 11p.
- Herbert, S. J.; Putnam, D. H.; Poos-Floyd, M. I.; Vargas, A e Creight, J. F. 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. **Agronomy journal**. 76: 507- 510.
- Hintz, R.W. e K.A. Albrecht. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. **Agronomy journal**. 86: 59–62.
- Hintz, R.W.; K.A. Albrecht e E.S. Oplinger. 1992. Yield and chemical composition of soybean forage as affected by cultivar and management practices. **Agronomy journal**. 84: 795–798.
- Igarazi, M. S. 2002. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (panicum maximum Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. Piracicaba: Esalq. 132f. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal e Pastagens.
- Jobim, C. C. e Gonçalves, G. D. 2003. Microbiologia de forragens conservadas. In: Reis, R. A.; Bernardes, T. F.; Siqueira, G. R. e Moreira, A. L. (ed.). **Volumosos na produção de ruminantes – valor alimentício das forragens**. Jaboticabal: Funep. 264p.
- Jones, D.I.H. e Jones, R. 1995. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of agricultural engineering research**, 60: 73-81.
- Lempp, B., Morais, M.G. e Souza, L.C.F. 2000. Forage production and silage quality of corn plant consortiated or not with soybean. **Arquivos brasileiros de medicina veterinária e zootecnia**.52: 243-249.
- Lima, J. A. de. 1992. **Qualidade e valor nutritivo da silagem mista de capim-elefante (Pennisetum purpureum, Schum) e soja (Glycine max (L.) Merrill), com e sem adição de farelo de trigo**. Lavras-MG: Escola Superior de Agricultura de Lavras. 69f. (Dissertação de mestrado em Zootecnia).



- Loures, D. R. S.; Garcia e Pereira, O. G. 2003. Effluent characteristics and chemical-bromatologic compound of elephantgrass silage under different levels of pressure. **Revista brasileira de zootecnia** 32: 1851-1858. Suppl. 2.
- McDonald, P.; A. R. Henderson, e S.J.E., Heron. 1991. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Chalcombe Publ., Marlow, United Kingdom.
- Monteiro, A. L.G.; Costa, C.; Curi, P. R., Arrigoni, M. B.e Silveira, A. C. 1998. Potencial de cultivares de alfafa para ensilagem. In: **XXXV Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Fortaleza , Ce**. Disponível em <http://www.sbz.org.br/eventos/Fortaleza/Forragicultura%5CSbz045.pdf> Acessado dia 27/02/06.
- Pedroso, A. F.; Freitas, A. R. e Souza, G. B. 2000. Effect of bacterial inoculant on silage quality and dry matter loss during ensiling of sorghum silage. **Revista brasileira de zootecnia**. 29: 48-52.
- Pereira, O. G. e Ribeiro, K. G. Suplementação de Bovinos com Forragens Conservadas. 2001. In: Bittencourt, A; Ferreira, C. C. B; Magalhães, C. A.; Guimarães, J. D.; Paulino, M. F. e Valadares Filho, S. C. **II Simpósio de produção de gado de corte**. Viçosa – UFV. 381p.
- Rangrab, L. H.; Mühibach, P. R. F. e Berto, J. L. 2000. Silagem de alfafa colhida no início do florescimento e submetida ao emurchecimento e à ação de aditivos biológicos. **Revista brasileira de zootecnia**. 29: 349-356.
- Rocha, K. D. 2003. **Silagens de capim-elefante cv. cameroon, de milho e de sorgo, produzidas com inoculantes enzimo-bacterianos: populações microbianas, consumo e digestibilidade** (Dissertação de Mestrado em Zootecnia). Viçosa- UFV. 79f.
- Rodrigues, P. H. M.; Almeida, L. F. S.; Lucci, C. S.; Melotti, L. e Lima, F. R. 2004. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa adicionada de polpa cítrica. **Revista brasileira de zootecnia**. 33: 1646- 1653. Supl. 1.
- Silva, D.J. e Queiroz, A.C. 2002. **Análise de alimentos – métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. Viçosa: UFV. 235p. il.

## **ARTIGO 2**

### **CORRELAÇÕES GENÉTICAS E ANÁLISES DE TRILHAS DE CARACTERES INERENTES A PLANTAS DE SOJA E SUAS SILAGENS**

#### **RESUMO**

Os coeficientes de correlação podem ser desmembrados, por meio de análise de trilha, em componentes de efeitos diretos e indiretos de variáveis sobre uma variável principal. Objetivou-se, neste trabalho, estimar as correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre diferentes caracteres importantes no melhoramento de soja visando à produção de silagem e verificar, mediante o uso de análises de trilhas, os efeitos diretos e indiretos desses caracteres sobre a produtividade de matéria seca de plantas de soja e sobre o pH de suas silagens. O experimento foi montado no Campo Experimental Prof. Diogo Alves de Mello, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, no ano de 2004. Foram plantadas 20 variedades comerciais e duas linhagens de alto teor protéico, em blocos casualizados, com três repetições. As plantas foram colhidas no estágio R6 e determinaram-se a produtividade de matéria seca (PMS) e os teores de carboidratos solúveis (CSO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) nas plantas e nas respectivas silagens; estimaram-se, ainda, as perdas por gases, efluentes e de matéria seca, na silagem, além da determinação do pH e N-NH<sub>3</sub> nas mesmas. Foram determinados os coeficientes de correlações fenotípicas, ambientais e genéticas, sendo testadas pelo método de bootstrap. Foram realizadas, ainda, análises de trilhas, após procedimentos para diagnóstico de multicolinearidade. As variedades mais tardias foram as que apresentaram maior PMS, sendo, o ciclo, a característica mais indicada para se realizar seleção indireta para produtividade de matéria seca. O teor de CSO contribuiu para redução do pH, do teor de gases e para aumento do IRMS.

Os teores de CSO e de N-NH<sub>3</sub> foram, dentre os caracteres incluídos no modelo, os que mais influenciaram o pH da silagem.

## **ABSTRACT**

### **GENETIC CORRELATIONS AND PATHS ANALYSES OF TRAITS RELATED TO SOYBEAN PLANTS AND ITS SILAGES**

The correlation coefficients can be dismembered, through Paths analysis, in components of direct and indirect effects of variables on a main variable. It was aimed at in this work to estimate the phenotypic, genetic and environmental correlations among characters related to silage production; iii) to verify, by using paths analysis, the direct and indirect effects of those characters on plants dry matter yield, and on the pH of their silage. The experiment was accomplished in the Professor Diogo Alves de Mello experimental field, at the Universidade Federal de Viçosa, in Viçosa- MG, in 2004. 20 soybean commercial varieties and two high protein lines were planted, in randomized blocks design, with three replications. The plants were harvested at the R6 stadium and it was evaluated their dry matter yield (PMS), soluble carbohydrates (CSO), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), crude protein (PB) and ether extract (EE) in the plants and their respective silages; the losses by gases and effluent release and the dry matter recovery index (IRMS) were estimated and the pH and the ammonium nitrogen in percentage of the total nitrogen content (N-NH<sub>3</sub>) were determined in the silages. The coefficients of phenotypic, genetic and environmental correlations were estimated and were tested by the bootstrap method. Paths analyses were still accomplished, after procedures for multicollinearity diagnosis. The latest varieties were the ones that yielded larger dry matter yields (PMS), being, the cycle, the most suitable characteristic to accomplish indirect selection for PMS. The soluble carbohydrates content (CSO) contributed to pH reduction, to the gases production reduction and to increase of the dry matter recovery index (IRMS). The soluble carbohydrates content (CSO) and the ammonium nitrogen in percentage of the total nitrogen content (N-NH<sub>3</sub>) were, among the characters included in the model, the ones that most influenced the silage pH.

## INTRODUÇÃO

A soja é uma das mais antigas plantas cultivadas do planeta. Originária da costa leste da Ásia - principalmente ao longo do Rio Amarelo, na China - foi trazida para o ocidente por volta da segunda década do século vinte, tendo, seu cultivo comercial, sido iniciado nos Estados Unidos. Nessa época, era utilizada como forrageira, chegando ao auge do cultivo para tal finalidade, em 1940, quando foram cultivados cerca de dois milhões de hectares, no referido país. A partir de 1941, a área cultivada para grãos superou a cultivada para forragem, cujo cultivo declinou rapidamente, até desaparecer em meados dos anos 60 (Embrapa Soja, 2004).

O trabalho de melhoramento exige contínua avaliação fenotípica do material genético que está sendo gerado pelo programa, fazendo-se a mensuração de diversas variáveis que caracterizam os indivíduos.

Bravais, em 1846, estabeleceu a definição da relação matemática entre duas variáveis, que foi chamada por Galt, em 1888, de coeficiente de correlação (Wright, 1921).

De acordo com Cruz *et al.* (2004), o conhecimento dos coeficientes de correlação é requisito básico quando se objetiva quantificar a magnitude e a direção das influências de determinada característica sobre outra ou quando se pretende melhorar várias características simultaneamente. Apesar da grande importância das correlações, a quantificação e a interpretação dos coeficientes podem, contudo, resultar em equívocos na estratégia de seleção, pois alta correlação entre dois caracteres pode ser resultado do efeito indireto de um terceiro ou de um grupo de caracteres (Carvalho *et al.*, 1999).

Segundo Wright (1921), o almejado em pesquisas científicas é estudar a influência direta de uma condição sobre outra, em experimentos nos quais todas as outras possíveis causas de variação são eliminadas. Todavia, algumas causas de variação freqüentemente estão fora de controle. O grau de correlação entre duas variáveis pode ser calculado por métodos bem conhecidos, mas quando é

encontrado exprime, meramente, o resultado de todas as interconectas trilhas que influenciam essa inter-relação.

Assim, é importante que os coeficientes de correlação sejam desmembrados em componentes de efeitos diretos e indiretos, o que é feito pela análise de trilha, desenvolvida por Wright (1921). A análise de trilha (ou "path analysis") consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável principal, normalmente a produção, cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas (Cruz *et al.*, 2004).

Nesse contexto, objetivou-se estimar as correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre diferentes caracteres importantes no melhoramento de soja, visando à produção de silagem e verificar, mediante o uso de análises de trilhas, os efeitos diretos e indiretos desses caracteres sobre a produtividade de massa seca e sobre o pH da silagem.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local**

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, no Campo Experimental “Professor Diogo Alves de Mello”, situado a 20° 45' 20" S e 42° 52' 53" O, altitude de 650 m.

### **Material Genético**

Na escolha do material genético, procurou-se utilizar materiais precoces e tardios, além de linhagens com alto teor de proteína nos grãos. As variedades com as respectivas regiões de adaptação e ciclos podem ser vistas no Anexo I.

Foram plantadas 20 variedades comerciais e duas linhagens de alto teor protéico. As variedades foram: A 7002, Conquista, DM 339, Garantia, Luziania, Monarca, Msoy 8001, Msoy 8400, Msoy 8914, Msoy 9001, Sambaíba, Suprema, Tucunaré, UFV 16, UFV 18, UFVS 2001, UFVS 2003, UFVS 2005, UFVS 2011 e

UFVTN 104. As linhagens de alto teor protéico na semente foram UFVPTA 182 e UFVPTN 3005.

### **Delineamento Experimental**

O delineamento utilizado foi blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 3 metros, distantes entre si em 0,5 metro, tendo sido plantadas, em cada fileira, 40 sementes. As duas fileiras centrais das quatro fileiras da parcela perfizeram a unidade amostral.

### **Tratos culturais**

Realizou-se análise química do solo (anexo II), por meio da qual constatou-se a não necessidade de correção de acidez.

As sementes foram tratadas com fungicida thiabendazole, micronutrientes: cobalto e molibdênio, além de inoculante turfoso da bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, seguindo-se as recomendações de dosagens especificadas pelos respectivos fabricantes.

O plantio foi efetuado em 20/11/2004. Como adubação, aplicaram-se, no plantio, 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-16 e, aos 35 dias, cobertura com 83 kg ha<sup>-1</sup> KCl e adubação foliar com cobalto e molibdênio nas dosagens de 6g de cobalto e 30g de molibdênio ha<sup>-1</sup>. Para controle de plantas daninhas, efetuou-se dessecação prévia, com roundup (glyphosate), a 4 litros do produto comercial ha<sup>-1</sup>. Aos 40 e 47 dias após o plantio aplicaram-se, respectivamente, os herbicidas flex (fomesafen) na dosagem de 0,25 kg ha<sup>-1</sup> i.a. e fusilade (fluazifop-p-butyl) a 0,19 kg ha<sup>-1</sup> i.a. Realizaram-se duas aplicações de fungicida tebuconazole, uma no estágio R2 e a outra no R3, ambas na dosagem de 100 g ha<sup>-1</sup> i.a. Durante o desenvolvimento da cultura, efetuaram-se os tratos culturais necessários e a irrigação suplementar, por aspersão convencional no quinto dia após o plantio.

## **Colheita e preparo de amostras e análises bromatológicas**

A colheita das plantas das parcelas se deu por meio de corte, com facão, a 5 cm do solo. As plantas foram colhidas à medida que atingiam o estágio R6 da escala de Fehr e Caviness (1977). Em seguida, procedeu-se à pesagem do material de cada parcela e à picagem, em ensiladeira estacionária, de modo a obter um tamanho médio de partículas de 0,8 cm. Foi colhida uma amostra de 700g do material picado, de cada parcela, levado à estufa de ventilação forçada, onde permaneceu por 72 horas, a 65 °C, para realização da pré-secagem, segundo Silva e Queiroz (2002). Em seguida, procedeu-se à moagem desse material, em moinho tipo Wiley, munido de peneira de malha de 1mm.

Nessas amostras moídas, foram realizadas determinações de matéria seca definitiva, carboidratos solúveis (CSO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), segundo procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002). As análises foram realizadas no laboratório de Nutrição animal do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa.

## **Silos e Silagens**

Cada silo experimental consistiu de um balde de 3,6L, com válvula de Bunsen adaptada à tampa. Foi colocado 1 kg de areia seca, ensacada em sacos de pano, no fundo de cada balde, a fim de se estimar a produção de efluentes. A compactação do material, durante a ensilagem, foi realizada com soquete de 10 cm de diâmetro. Após o enchimento, os baldes foram tampados, pesados e armazenados em local coberto.

Os silos foram abertos 60 dias após o fechamento. Nesta oportunidade, foram coletadas amostras para análises bromatológicas e de pH e N-NH<sub>3</sub> (nitrogênio amoniacal), sendo, as duas últimas, realizadas segundo Bolsen *et al.* (1992).

Para o pH, tomou-se uma amostra de 25g, à qual foram adicionados 100 mL de água destilada, deixando-se o material em repouso por duas horas e procedendo-se à leitura em seguida. A outros 25 g de amostra, foram adicionados 200 mL de solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2 N, permanecendo em geladeira por 48 horas, procedendo-se

à filtragem em papel de filtro do tipo “Whatman 54”, em seguida. O filtrado foi, então, armazenado em freezer até a realização das análises de N-NH<sub>3</sub>. Coletaram-se, ainda, 700g da silagem, perfazendo uma terceira amostra, a qual foi levada à estufa de ventilação forçada, onde permaneceu sob as mesmas condições que a forragem supracitada, sendo, em seguida, procedida a moagem, determinação da matéria seca definitiva e análises bromatológicas, seguindo-se as mesmas metodologias utilizadas nas análises das respectivas plantas.

Procedimentos foram adotados a fim de se determinarem as perdas por efluentes e por gases e a recuperação de matéria seca. Assim, no fechamento dos silos foram pesados o conjunto vazio (balde + tampa + areia) e o conjunto cheio (balde + tampa + areia + forragem). Na abertura, foi realizada a pesagem do conjunto cheio e pesagem da silagem. O peso do conjunto vazio na abertura do silo foi obtido por diferença. Por meio de tais procedimentos foi possível obter: peso do conjunto cheio no fechamento (pccf); peso do conjunto cheio na abertura (pcca); peso do conjunto vazio no fechamento (pcvf); peso do conjunto vazio na abertura (pcva); massa da forragem no fechamento (mff); teor de matéria seca da forragem no fechamento (tmsff); massa da silagem na abertura (msa) e; teor de matéria seca da silagem na abertura (tmssa).

As seguintes fórmulas foram utilizadas para determinação das perdas:

$$\text{Gases (\% da MS)} = [(pccf-pcca) / (mff \times tmsff)] \times 100$$

$$\text{Efluentes [kg (t MN)}^{-1}] = [(pcva - pcvf) / mff] \times 1000$$

$$\text{IRMS} = [(msa \times tmssa) / (mff - tmsff)] \times 100$$

Sendo,

IRMS = Índice de recuperação da matéria seca.

## **Análises Genéticas**

### **Coefficientes de correlações**

Foram determinados os coeficientes de correlações fenotípicas, ambientais e genéticas. Para determinação dos mesmos, recomendam-se as análises individuais



e a análise da soma dos valores de X e Y, de modo que os produtos médios (covariâncias) associados a cada fonte de variação possam ser estimados. Essa metodologia é detalhadamente explicada por Cruz *et al.* (2004).

As correlações foram testadas pelo método do bootstrap (Efron e Tibshirani, 1993).

### **Análises de trilhas**

As análises de trilhas (Wright, 1921) foram realizadas segundo a metodologia pormenorizada por Cruz *et al.* (2004).

Foram realizados, previamente, procedimentos para diagnóstico de multicolinearidade, segundo Cruz e Carneiro (2003), verificando-se multicolinearidade moderada ou severa para a matriz de coeficientes de correlações genéticas entre as variáveis explicativas.

No caso da silagem, procedeu-se à exclusão das variáveis FDN, Gases, Efluentes e IRMS do modelo de modo que, após as exclusões, foi obtido apenas multicolinearidade fraca. Então, procederam-se às análises normalmente, seguindo o modelo supracitado.

Para a planta, foi necessário que, além da exclusão das variáveis FDN e MS, se utilizasse uma metodologia alternativa, a da regressão em crista, proposta por Hoerl e Kennard (1970 a, b), citados por Cruz e Carneiro (2003), a fim de se solucionar os problemas de singularidade da matriz  $X'X$ , provocados por efeitos de multicolinearidade. O método consiste na obtenção de estimativas de coeficientes de regressão a partir de equações normais parcialmente modificadas. Assim, foram adicionados aos elementos diagonais da matriz  $X'X$ , o valor  $K = 0,184$ .

Nas Figuras 1 e 2, podem ser vistos os esquemas das análises de trilhas para caracteres inerentes à silagem e à forragem de plantas inteiras de soja.

As análises estatísticas, correlações, significância pelo método do bootstrap, diagnóstico de multicolinearidade e análises de trilhas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional Genes (Cruz, 2001).

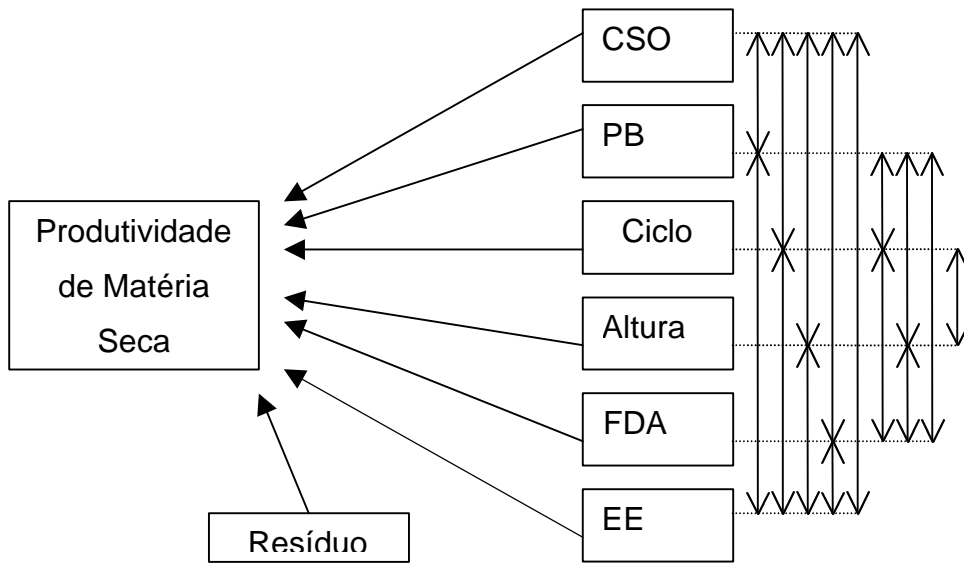


Figura 1 - Diagrama causal indicando o inter-relacionamento dos caracteres explicativos – CSO = carboidratos solúveis; FDA = fibra em detergente ácido; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; altura de plantas e ciclo = número de dias do plantio à colheita – sobre o caráter principal, produtividade de matéria seca. As setas unidirecionais indicam efeito direto de cada caráter explicativo sobre o principal, enquanto as setas bidirecionais representam a interdependência de duas variáveis explicativas, cuja magnitude foi quantificada pela correlação genotípica.

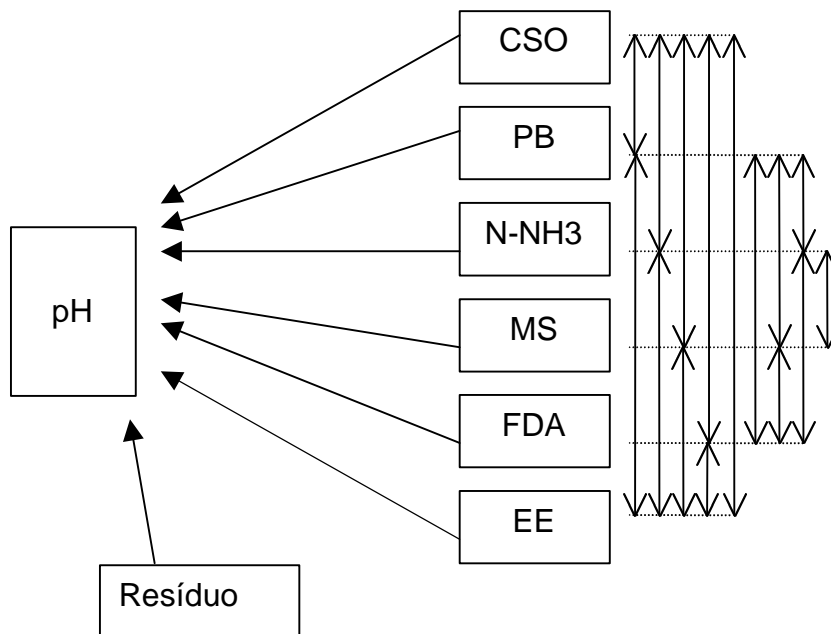


Figura 2 - Diagrama causal indicando o inter-relacionamento dos caracteres explicativos – MS = teor de matéria seca; CSO = carboidratos solúveis; FDA = fibra em detergente ácido; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo e N-NH3 = nitrogênio amoniacal (em % do N total); - sobre o caráter principal, pH. As setas unidirecionais indicam efeito direto de cada caráter explicativo sobre o principal, enquanto as setas bidirecionais representam a interdependência de duas variáveis explicativas, cuja magnitude foi quantificada pela correlação genotípica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2, podem ser vistas as médias, as amplitudes (máximo e mínimo) e os coeficientes de variação de características analisadas nas plantas e silagens de soja, respectivamente. As médias dos 22 materiais utilizados diferiram estatisticamente ( $P < 0,01$ ) entre si, pelo teste F, quanto a todas as características avaliadas, tanto na planta quanto na silagem, exceto o teor de fibra em detergente neutro da silagem, que diferiu a 5%, apenas. Os Valores encontrados estão dentro do esperado e de acordo com aqueles verificados por outros autores (Herbert *et al.*, 1984; Hintz *et al.*, 1992; Hintz e Albrecht, 1994; Tobia *et al.*, 2003; Coffey *et al.*, 1995).

Tabela 1- Amplitudes (máximos e mínimos), médias e coeficientes de variação de características\* inerentes a plantas de soja

	MS (%)	PB	CSO	FDN	FDA	EE	PMS (t ha <sup>-1</sup> )	Ciclo (dias)	Altura (cm)
Mínimo	20	15,96	4,47	43,72	22,91	2,7	4,6	121	57,67
Média	25	20,26	7,54	53,61	38,29	5,11	7,63	130,55	84,12
Máximo	30	24,2	10,71	60,2	45,36	9,57	13,48	138	107
CV%	6,06	5,89	14,59	5,57	7,99	12,17	13,57	2,28	9,52

\*MS = matéria seca; PMS = produtividade de matéria seca; PB, CSO, FDN, FDA, EE e MS = teores de proteína bruta, carboidratos solúveis, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e de extrato etéreo, respectivamente; Ciclo = período do plantio à colheita, no estágio R6; Altura = altura de plantas.

Tabela 2- Amplitudes (máximos e mínimos), médias e coeficientes de variação de características\* inerentes a silagens de soja

	MS (%)	PB	CSO	FDN	FDA	EE	pH	N-NH <sub>3</sub> (% N- total)	Perdas		IRMS (%)
									Efluentes [kg (t MN) <sup>-1</sup> ]	Gases (% da MS)	
Mínimo	20	16,2	1,93	43,23	28,48	5,22	4,87	4,83	17,46	4,32	84,81
Média	25	19,67	4,25	47,80	35,14	8,64	5,55	9,81	49,23	7,24	91,69
Máximo	30	23,41	7,67	53,76	42,26	12,41	6,23	24,67	105,53	11,05	97,22
CV%	6,06	5,98	19,01	4,28	5,41	13,04	4,95	24,76	19,36	14,7	2,72

\* MS, PB, CSO, FDN, FDA, EE, N-NH<sub>3</sub>, = teores de matéria seca, proteína bruta, carboidratos solúveis, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo e nitrogênio amoniacal, respectivamente; IRMS = índice de recuperação da matéria seca.

Segundo Cruz *et al.* (2004), em certo número de indivíduos de uma população pode-se mensurar a correlação fenotípica entre dois caracteres, a qual dispõe de causas genéticas e ambientais. Todavia, apenas as genéticas são de natureza herdável, podendo, assim, ser utilizadas na orientação de programas de melhoramento. A causa de correlação genética é, principalmente, a pleiotropia. Ligações gênicas também o são, embora causem correlações transitórias. O ambiente causará correlações quando dois caracteres forem influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais, sendo negativas quando favorecer um, em detrimento do outro, e positivas, quando influenciar ambos unidirecionalmente.

Na Tabela 3, podem ser vistas as correlações fenotípicas, genéticas e ambientais obtidas na avaliação de 20 variedades e duas linhagens de soja, cultivadas, visando à produção de silagem. Os comentários referem-se às correlações genéticas, exceto quando mencionado.

A baixa magnitude e a não significância das correlações de PB com PMS, Altura e Ciclo, caracteres estes relacionados à produtividade, indica que a seleção para um deles tendeu a não alterar os demais, no material analisado (Tabela 3). É conhecida, todavia, a tendência do teor protéico correlacionar-se negativamente com produtividade de grãos em soja (Johnson *et al.*, 1955; Byth *et al.*, 1969; Thorne e Fehr, 1970; Mello Filho *et al.*, 2004). Entretanto, Shannon *et al.* (1972), Scott e Kephart (1997) e Mello Filho *et al.* (2004) encontraram correlações positivas para as mesmas variáveis. A correlação genética não significativa entre CSO e PB indica a possibilidade de seleção para um deles, sem que haja grande interferência no outro.

Esta correlação, embora negativa e não significativa ( $P > 0,05$ ), pelo método bootstrap, apresentou magnitude mediana. Assim, as duas referidas características devem ser constantemente monitoradas em programas de melhoramento de soja que visem à produção de silagem de plantas inteiras, visto que são de extrema importância. Pensando na qualidade nutricional da forragem de soja, objetiva-se elevado teor protéico. Todavia, elevado CSO proporciona melhor substrato para as bactérias formadoras de ácido láctico, sendo, portanto, desejável, quando se pensa na obtenção de silagem de qualidade. McCullough (1977) destacou que plantas que apresentam conteúdo de CSO acima de 8% na matéria seca apresentam potencial para ensilagem. Deve-se destacar, também, que o teor de umidade dessa planta deve situar-se em torno de 70% para que ocorra uma boa fermentação, se as

condições no silo forem adequadas. Lima (1992), trabalhando com silagem mista de capim-elefante, verificou que houve tendência do aumento do pH, à medida que se elevava a percentagem de soja. Segundo o autor, isto se deve ao baixo teor de carboidratos solúveis e ao forte poder tampão das leguminosas, em razão da presença de aminoácidos residuais e cátions como o  $K^+$ , o  $Mg^{++}$  e o  $Ca^{++}$ , que neutralizam parte dos ácidos orgânicos formados; e, provavelmente, se deve, também, ao aumento do teor de proteína bruta proporcionado pela adição da soja e pelo aumento do teor de matéria seca.

A variável CSO, conforme apresentado na Tabela 3, correlacionou-se negativamente com EE, o que indica que a seleção para CSO pode provocar redução no teor de EE, ao longo dos anos. Por outro lado, a correlação positiva entre CSO e altura de plantas, bem como a mediana magnitude - embora não significativa - de CSO e PMS, indicam que, concomitantemente, ao se selecionar para produtividade, é feita, também, seleção indireta para CSO.

O teor de matéria seca (MS) apresentou correlação negativa e significativa com FDN, FDA e altura de plantas (Tabela 3). Coffey *et al.* (1995) encontraram, em um dos dois anos em que o material foi avaliado, maior ( $P < 0,05$ ) teor de FDN e FDA no estágio fenológico R4 que no R6, e teores semelhantes ( $P > 0,05$ ), nos dois estádios, no outro ano. O teor de matéria seca foi consideravelmente maior ( $P < 0,05$ ) no estágio R6 que no R4, no referido trabalho. Segundo Hintz e Albrecht (1994), os teores de FDN e FDA das vagens (vagens + grãos) reduziram significativamente do estágio R5 para R7. Dessa forma, uma possível explicação para as correlações negativas de MS com FDN e FDA pode ser os reduzidos teores destes constituintes fibrosos nas vagens.

A correlação entre MS e EE foi positiva e significativa (Tabela 3). Poucos trabalhos com soja para forragem analisaram o teor de EE. Hintz *et al.* (1992) verificaram variação no EE de 0,9 para 10,5 %, quando a colheita passou do estágio R5 para R7, que apresenta maior teor de MS, indicando que essa correlação pode ser devido à maior concentração deste constituinte com o aumento da matéria seca da planta. Além disso, à medida que se avança o estágio de maturidade, maior será o teor de EE, devido ao seu crescente e rápido acúmulo no grão.

Ainda na Tabela 3, pode-se verificar que a altura de plantas correlacionou-se significativa e positivamente com PMS e com os teores de MS, FDA e EE. Ressalta-

se, ainda, que, o valor nutritivo da planta foi inversamente proporcional ao rendimento, ou seja, características determinantes de alto rendimento (altura e PMS) correlacionaram-se positivamente com as que podem ser determinantes de menor digestibilidade da mesma (FDA e EE), além de correlacionarem-se positivamente, também com MS.

A significância das correlações positivas Ciclo x PMS, Ciclo x Altura, PMS x Altura (Tabela 3) indicam a eficiência da seleção indireta para PMS por meio dos outros dois caracteres.

A não significância das correlações, tanto de FDN quanto de FDA, com PB, EE, CSO e PMS, conforme apresentado na Tabela 3, indicam a baixa influência das duas primeiras nas demais. Tal fato pode ser considerado favorável, pela ótica que a seleção para PMS, PB, CSO ou EE não aumentaria o teor de fibras da planta. Pode-se observar, no trabalho de Hintz *et al.* (1992), que os tratamentos que ocasionaram aumento da PMS produziram, também, aumento dos teores de FDN e FDA e concomitante redução de PB e EE, quando foi considerado, entre os tratamentos, estágio de colheita. Quando a análise foi feita considerando apenas o material colhido em R7, os efeitos supracitados foram observados apenas quando o efeito principal foi “variedades”.

Foi obtida correlação negativa e significativa de EE não só com altura, mas também com os demais caracteres relacionados à produtividade da forragem (PMS e ciclo), conforme pode ser verificado na Tabela 3. Os benefícios do elevado teor de EE têm sido controversos. Nesse sentido, Palmquist e Jenkins (1980), citados por Hintz *et al.*, (1992), mencionam que o aumento do EE em dietas fornecidas a vacas em lactação pode aumentar a produção de leite; todavia, pode, também, reduzir a ingestão e a digestibilidade de fibras, quando este excede a 5% da matéria seca total da ração.

Aparentemente inusitada, a correlação genética entre os teores de FDN e FDA foi maior que a unidade (Tabela 3). Todavia, segundo Cruz e Carneiro (2003), problemas inerentes à estimação de componentes de variância e covariância, bem como a precisão dessas estimativas podem conduzir a valores discrepantes dos limites teóricos esperados. Ainda, segundo esses autores, coeficientes de correlação genética maiores que o valor absoluto 1 podem ocorrer, decorrentes de problemas

ligados à amostragem populacional, à distribuição das variáveis ou ao modelo usado na estimação das variâncias e covariâncias, que determinam a correlação.

As correlações não mencionadas não foram significativas.

Tabela 3 – Coeficientes de correlação entre caracteres de importância para produção de silagem em plantas de soja colhidas no estádio R6

Caracteres*		PB	CSO	FDN	FDA	EE	Altura	Ciclo	MS
PMS	rf	-0,302	0,343	-0,029	0,046	-0,553 <sup>++</sup>	0,517 <sup>++</sup>	0,759 <sup>++</sup>	-0,25
	<b>rg</b>	<b>-0,31</b>	<b>0,434</b>	<b>-0,126</b>	<b>0,053</b>	<b>-0,658<sup>++</sup></b>	<b>0,585<sup>+</sup></b>	<b>0,828<sup>++</sup></b>	<b>-0,388</b>
	ra	-0,28 <sup>+</sup>	0,001	0,219	0,032	0,151	0,163	0,455 <sup>++</sup>	0,323 <sup>+</sup>
MS	rf	-0,301	-0,044	-0,587 <sup>++</sup>	-0,417 <sup>+</sup>	0,614 <sup>++</sup>	-0,525 <sup>++</sup>	-0,318	
	<b>rg</b>	<b>-0,239</b>	<b>-0,148</b>	<b>-0,868<sup>++</sup></b>	<b>-0,54<sup>+</sup></b>	<b>0,742<sup>++</sup></b>	<b>-0,617<sup>+</sup></b>	<b>-0,408</b>	
	ra	-0,504 <sup>++</sup>	0,31 <sup>+</sup>	0,022	-0,158	-0,13	-0,102	0,037	
Ciclo	rf	-0,013	0,003	0,124	0,095	-0,387 <sup>+</sup>	0,429 <sup>+</sup>		
	<b>rg</b>	<b>0,011</b>	<b>0,042</b>	<b>0,208</b>	<b>0,218</b>	<b>-0,461<sup>+</sup></b>	<b>0,502<sup>+</sup></b>		
	ra	-0,095	-0,14	-0,07	-0,203	0,082	0,068		
Altura	rf	0,046	0,361	0,439 <sup>+</sup>	0,416 <sup>+</sup>	-0,759 <sup>++</sup>			
	<b>rg</b>	<b>0,053</b>	<b>0,46<sup>+</sup></b>	<b>0,527</b>	<b>0,596<sup>+</sup></b>	<b>-0,846<sup>++</sup></b>			
	ra	0,023	-0,052	0,264 <sup>+</sup>	-0,043	-0,075			
EE	rf	-0,142	-0,557 <sup>++</sup>	-0,386	-0,288				
	<b>rg</b>	<b>-0,138</b>	<b>-0,603<sup>++</sup></b>	<b>-0,499</b>	<b>-0,42</b>				
	ra	-0,195	-0,387 <sup>++</sup>	-0,101	0,122				
FDA	rf	-0,24	0,011	0,88 <sup>++</sup>					
	<b>rg</b>	<b>-0,149</b>	<b>0,025</b>	<b>1,003<sup>++</sup></b>					
	ra	-0,429 <sup>++</sup>	-0,019	0,698 <sup>++</sup>					
FDN	rf	0,038	0,009						
	<b>rg</b>	<b>0,233</b>	<b>-0,097</b>						
	ra	-0,349 <sup>+</sup>	0,236						
CSO	rf	-0,3							
	<b>rg</b>	<b>-0,331</b>							
	ra	-0,21							

\* rf = correlações fenotípicas; rg = correlações genotípicas; ra = correlações ambientais. \*\* PMS = produtividade de matéria seca; PB, CSO, FDN, FDA, EE e MS = teores de proteína bruta, carboidratos solúveis, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo e de matéria seca, respectivamente; altura = altura de plantas; ciclo = período do plantio à colheita, no estádio R6. <sup>++</sup>, <sup>+</sup> : Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo método de bootstrap, com 1000 simulações.

A ensilagem tem como principais objetivos maximizar a preservação original dos nutrientes encontrados na planta fresca, durante o armazenamento, com o mínimo de perdas de matéria seca e energia.

Diversos parâmetros têm sido utilizados na avaliação da qualidade de silagens. Destacam-se o teor de ácidos orgânicos (lático, acético e butírico), nitrogênio amoniacal em relação ao N total e pH.



Há também parâmetros que podem ser utilizados na avaliação do potencial das forrageiras de perfazerem uma silagem de qualidade, dentre os quais tem-se: teor de MS, CSO e PB.

Na Tabela 4, encontram-se os coeficientes de correlação genética, fenotípica e ambiental entre caracteres inerentes à silagem de plantas de soja.

Houve correlação positiva e significativa de pH com N-NH<sub>3</sub>, gases e efluentes (Tabela 4). Tais caracteres indicam a qualidade da fermentação ocorrida, sendo esperados, portanto, os resultados obtidos.

A correlação negativa e significativa do pH com IRMS, conforme apresentado na Tabela 4, indica a maior perda de matéria seca sob condições de pH mais elevado, onde a fermentação predominante é a butírica, em detrimento da láctica.

Entre PB e IRMS, a correlação foi negativa e significativa (Tabela 4). Embora não tenha havido correlação significativa de PB com os demais caracteres indicadores da qualidade do processo fermentativo (N-NH<sub>3</sub>, gases e pH), a elevada magnitude desta correlação é, possivelmente, devido à ação de proteases presentes no complexo enzimático, acarretando, ainda, fermentação butírica e degradação de fibras, por enzimas fibrolíticas, reduzindo, portanto, a recuperação de matéria seca. Tais justificativas foram apresentadas, por Rangrab *et al.* (2000), para explicar a redução do teor de FDN, da ordem de 10%, na silagem de alfafa, em relação à planta. A maior capacidade tampão das proteínas pode, também, ter contribuído para evitar a redução do pH, favorecendo a atuação de bactérias do gênero *Clostridium*, as quais podem atuar sobre proteínas e carboidratos, reduzindo, também, a recuperação da matéria seca. Nesse caso, a correlação ambiental também foi significativa e negativa, indicando que o ambiente favoreceu uma, em detrimento da outra característica.

O teor adequado de matéria seca, antes da ensilagem é um fator importante para que ocorra uma boa fermentação no silo. Houve correlação negativa e significativa entre teor de MS e produção de efluentes (Tabela 4). Pode-se inferir que o teor de MS das plantas, por ocasião da ensilagem, contribuiu consideravelmente para a produção de efluentes, principalmente quando situou-se abaixo de 25%, conforme preconizado por Woolford (1984) e constatado no presente trabalho. Woolford (1984) considera 25% o teor mínimo de MS para produção de silagem com

fermentação de qualidade. Além disso, plantas ensiladas com valor de matéria seca superior a este reduzem consideravelmente as perdas por efluentes.

O teor de CSO é associado à qualidade da fermentação, visto que os CSO são substratos para as bactérias formadoras de ácido láctico. Dessa forma, como esperado, houve correlação negativa e significativa do teor de CSO com pH e gases e positiva e significativa, com IRMS. Entre N-NH<sub>3</sub> x CSO, apenas a correlação fenotípica foi significativa, embora a genotípica tenha sido de magnitude intermediária, indicando haver certa relação linear herdável entre os mesmos. Todavia, a correlação entre CSO x efluentes foi de baixa magnitude (Tabela 4).

Na Tabela 4, pode ser visto que o teor de N-NH<sub>3</sub> apresentou correlações significativas, positiva com gases e negativa com IRMS, indicando, conforme sabido, que níveis elevados deste composto são indicativo da má qualidade da fermentação ocorrida. Da mesma forma, Gases x IRMS correlacionaram-se negativamente, conforme esperado.

Assim, pode-se inferir que nas silagens em que o processo fermentativo foi de melhor qualidade, nos materiais que continham maior teor de CSO, ocorreu maior redução do pH, menor produção de gases e N-NH<sub>3</sub> e, portanto, maior recuperação da matéria seca.

Houve, ainda, correlação positiva e significativa de FDN e de FDA, com IRMS; resultados, também, apresentados na Tabela 4. Ressalta-se, neste caso, a significância, a elevada magnitude e o sinal negativo da correlação ambiental entre os mesmos, indicando, segundo Cruz *et al.* (2004), que o ambiente favoreceu uma em detrimento da outra. Segundo Falconer (1981), em geral, os sinais das correlações genética e ambiental são iguais; entretanto, quando são opostos, há indicativo de que as causas da variação genética e ambiental influenciem os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos.

A explicação da estimativa da correlação genética maior que a unidade, para FDN e FDA, observada na planta, também é válida para a correlação de FDN x IRMS.

O teor de extrato etéreo e a produção de efluentes também apresentaram correlação positiva e significativa (Tabela 4). Embora seja esperado maior teor de EE à medida que a planta se aproxima da maturidade fisiológica, a não correlação entre EE e MS refuta a possibilidade de as plantas com maior teor de EE estarem

em estágio de maturação mais avançado. Dessa forma, o mais provável é que outros fatores ou constituintes estejam, indiretamente, influenciando a correlação entre EE e Efluentes, visto que tal correlação não é esperada.

Embora não significativa, a correlação negativa e de magnitude mediana entre EE x IRMS corrobora o efeito prejudicial do EE - observado na correlação positiva entre EE x Efluentes - sobre a qualidade da fermentação.

Tabela 4 – Coeficientes de correlações\* entre caracteres inerentes à silagem de plantas inteiras de soja, colhidas no estágio R6

		PB	IRMS	Efluentes	Gases	N-NH <sub>3</sub>	EE	FDA	FDN	CSO	MS
PH	rf	-0,152	-0,35 <sup>+</sup>	0,104	0,94 <sup>++</sup>	0,643 <sup>++</sup>	0,187	0,13	-0,17	-0,51 <sup>+</sup>	-0,06
	<b>rg</b>	<b>-0,142</b>	<b>-0,55<sup>+</sup></b>	<b>0,025</b>	<b>1,05<sup>++</sup></b>	<b>0,73<sup>++</sup></b>	<b>0,127</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,28</b>	<b>-0,59<sup>+</sup></b>	<b>0,07</b>
	ra	-0,182	-0,01	0,557 <sup>++</sup>	0,60 <sup>++</sup>	0,354 <sup>++</sup>	0,392 <sup>++</sup>	-0,01	0,05	-0,21	-0,52 <sup>++</sup>
MS	rf	0,188	-0,27	-0,741 <sup>++</sup>	-0,21	-0,078	-0,156	-0,38 <sup>+</sup>	-0,38	-0,31	
	<b>rg</b>	<b>0,24</b>	<b>-0,25</b>	<b>-0,767<sup>++</sup></b>	<b>-0,04</b>	<b>0,013</b>	<b>-0,016</b>	<b>-0,51</b>	<b>-0,63<sup>+</sup></b>	<b>-0,40</b>	
	ra	0,03	-0,34 <sup>++</sup>	-0,66 <sup>++</sup>	-0,75 <sup>++</sup>	-0,41 <sup>++</sup>	-0,67 <sup>++</sup>	-0,14	0,13	0,13	
CSO	rf	-0,16	0,39 <sup>+</sup>	0,11	-0,41 <sup>+</sup>	-0,34	-0,25	0,05	0,31		
	<b>rg</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,56<sup>+</sup></b>	<b>0,13</b>	<b>-0,47<sup>+</sup></b>	<b>-0,37</b>	<b>-0,32</b>	<b>0,08</b>	<b>0,35</b>		
	ra	-0,09	0,06	-0,04	-0,22	-0,19	0,08	-0,04	0,28 <sup>+</sup>		
FDN	rf	-0,32	0,35 <sup>+</sup>	0,06	-0,10	-0,14	-0,45 <sup>+</sup>	0,79 <sup>++</sup>			
	<b>rg</b>	<b>-0,20</b>	<b>1,03<sup>++</sup></b>	<b>0,07</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,54<sup>+</sup></b>	<b>0,98<sup>++</sup></b>			
	ra	-0,54 <sup>++</sup>	-0,42 <sup>++</sup>	0,05	0,07	0,27 <sup>+</sup>	-0,29 <sup>+</sup>	0,54 <sup>++</sup>			
FDA	rf	-0,34 <sup>+</sup>	0,31	0,12	0,12	0,04	-0,23				
	<b>rg</b>	<b>-0,28</b>	<b>0,69<sup>+</sup></b>	<b>0,16</b>	<b>0,10</b>	<b>-0,07</b>	<b>-0,27</b>				
	ra	-0,45 <sup>++</sup>	-0,14	0,05	0,17	0,26 <sup>+</sup>	-0,16				
EE	rf	0,16	-0,23	0,53 <sup>+</sup>	0,20	0,01					
	<b>rg</b>	<b>0,15</b>	<b>-0,45</b>	<b>0,54<sup>+</sup></b>	<b>0,1</b>	<b>-0,03</b>					
	ra	0,19	0,18	0,56 <sup>++</sup>	0,51 <sup>++</sup>	0,16					
N-NH <sub>3</sub>	rf	-0,13	-0,66 <sup>++</sup>	0,12	0,70 <sup>++</sup>						
	<b>rg</b>	<b>-0,04</b>	<b>-0,86<sup>++</sup></b>	<b>0,04</b>	<b>0,73<sup>++</sup></b>						
	ra	-0,41 <sup>++</sup>	-0,35 <sup>++</sup>	0,59 <sup>++</sup>	0,60 <sup>++</sup>						
Gases	rf	-0,2	-0,40 <sup>+</sup>	0,30							
	<b>rg</b>	<b>-0,17</b>	<b>-0,58<sup>+</sup></b>	<b>0,22</b>							
	ra	-0,271 <sup>+</sup>	-0,12	0,75 <sup>++</sup>							
Efluentes	rf	0,07	-0,17								
	<b>rg</b>	<b>0,17</b>	<b>-0,20</b>								
	ra	-0,39 <sup>++</sup>	-0,18								
IRMS	rf	-0,25									
	<b>rg</b>	<b>-0,65<sup>+</sup></b>									
	ra	0,40 <sup>++</sup>									

\* rf = correlações fenotípicas; rg = correlações genotípicas; ra = correlações ambientais. ++,+ : Significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo método de bootstrap, com 1000 simulações. PB, MS, CSO, FDN, FDA, EE, N-NH<sub>3</sub>= proteína bruta, matéria seca, carboidratos solúveis, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo, nitrogênio amoniacal, respectivamente. IRMS = índice de recuperação da matéria seca.

Os caracteres que, dentre outros, são determinantes da qualidade da forragem e que foram analisados, tanto na planta quanto na silagem, Tabelas 2 e 3,

apresentaram comportamentos semelhantes, quanto às suas correlações, de modo que os comentários feitos para aqueles, são também válidos para estes.

De acordo com Cruz *et al.* (2004), os coeficientes de correlação têm grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores sobre outros; todavia, não quantificam, exatamente, a importância relativa dos efeitos diretos e indiretos destes fatores sobre os demais. Esta precisa quantificação pode ser obtida pela Análise de Trilhas ou “Path Analysis”.

Cruz *et al.* (2004) mencionam, ainda, que, para fins de melhoramento, devem ser identificados os caracteres que apresentam alta correlação com a variável básica e que tenham maior efeito direto em sentido favorável à seleção a fim de que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente.

Na Tabela 5, podem ser observados os efeitos diretos e indiretos dos caracteres CSO, PB, Ciclo, Altura, FDA e EE, caracteres estes, importantes para a produção de silagem de soja, analisados em plantas de 20 variedades e duas linhagens colhidas no estádio R6, sobre a produtividade de matéria seca (PMS) das mesmas.

Tabela 5- Efeitos diretos (sublinhados) e indiretos de caracteres inerentes a plantas de soja, sobre a produtividade de matéria seca

Caracteres**	Efeito via*						Total
	CSO	PB	Ciclo	Altura	FDA	EE	rg
CSO	<u>-0,010</u>	0,120	0,023	0,080	-0,008	0,231	0,434
PB	0,003	<u>-0,362</u>	0,006	0,009	0,048	0,053	-0,310
Ciclo	0,000	-0,004	<u>0,540</u>	0,087	-0,070	0,177	0,828 <sup>++</sup>
Altura	-0,005	-0,019	0,271	<u>0,174</u>	-0,193	0,325	0,585 <sup>+</sup>
FDA	0,000	0,054	0,117	0,103	<u>-0,323</u>	0,161	0,053
EE	0,006	0,050	-0,249	-0,147	0,136	<u>-0,384</u>	-0,658 <sup>++</sup>

\*  $R^2 = 0,89$ ,  $P = 0,33$ ; \*\* CSO, PB, FDA, e EE = carboidratos solúveis, proteína bruta, fibra em detergente ácido e extrato etéreo, respectivamente; altura = altura de plantas; ciclo = período do plantio à colheita, no estádio R6; rg = correlações genotípicas. <sup>+</sup>, <sup>++</sup> Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo método de bootstrap com 1000 simulações.

Pela decomposição das correlações genéticas em efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de matéria seca, pode-se verificar que os caracteres que, diretamente, mais influenciaram a PMS foram o Ciclo, com efeito direto positivo de 0,540 e os teores de PB, EE e FDA, com efeitos diretos negativos de -0,362, -0,384 e -0,323, respectivamente (Tabela 5). Os supracitados efeitos apresentaram o módulo de magnitude mais elevada que o efeito residual ( $P$ ), que foi 0,33, exceto

FDA, que apresentou magnitude semelhante. Segundo Cruz *et al.* (2004), quando a correlação entre a variável auxiliar e a principal é de mesmo sinal e sua magnitude é elevada, superando o efeito residual, evidencia que a variável auxiliar é a principal determinante das variações na variável principal e, conseqüentemente, prediz-se que a seleção indireta será eficaz.

O Ciclo, por apresentar alta correlação com a variável básica, PMS e por apresentar elevado efeito direto em sentido favorável à seleção, é um caractere cuja resposta correlacionada por meio da seleção indireta deve ser eficiente. Assim, pode-se perceber a importância da escolha de variedades mais tardias, quando se busca elevada PMS. Os efeitos indiretos do ciclo sobre a PMS foram todos de baixa magnitude.

A correlação negativa de EE com PMS nem sempre é observada em relação à produtividade de grãos. Simpson e Wilcox (1983) encontraram coeficientes de correlação genética de baixa magnitude, variando de -0,27 a 0,25, para quatro populações em análise. Em geral, o efeito do teor de óleo sobre a produtividade de grãos em soja tem sido menos proeminente que o do teor protéico. Vale ressaltar que boa parte da correlação entre EE e PMS, conforme apresentado na Tabela 5, é devida ao efeito indireto, negativo, via ciclo.

O teor de proteína bruta apresentou correlação de magnitude mediana, não significativa e negativa, com PMS (Tabela 5). Seu efeito direto também foi de magnitude mediana sobre a PMS. Há de se considerar que a maior concentração protéica das plantas de soja está nos grãos e que há tendência do teor protéico correlacionar-se negativamente com produtividade de grãos. Assim, como a maior percentagem de proteína da soja colhida para forragem está nos grãos (Hintz e Albrecht, 1994) não é surpreendente que a correlação e o efeito direto do teor de proteínas da silagem, sobre a PMS, seja negativo. Hintz e Albrecht (1994), trabalhando com soja colhida no estádio R7, encontraram valores médios de PB de 3,0; 2,7 e 13,5%, nas folhas, hastes e vagens mais grãos, respectivamente. Verifica-se, pois, que a maior concentração de proteína, no estádio R7, está nos grãos. Há diversos trabalhos onde os autores relatam a correlação negativa entre teor protéico e produtividade de grãos em soja, como aqueles de Johnson *et al.* (1955), Byth *et al.* (1969), Thorne e Fehr (1970). Todavia Shannon *et al.* (1972) e Scott e Kephart (1997) registraram, também, correlações positivas. Mello Filho *et al.* (2004),

trabalhando com oito populações de soja, encontraram, predominantemente, correlações fenotípicas negativas, embora tenham encontrado, também, positivas. Estes autores observaram, ainda, que a produtividade de grãos apresentou maior efeito direto sobre a produtividade de proteína por planta que a concentração de proteínas e concluíram que devem ser exploradas as populações, nas quais não se observa valor negativo para tal correlação, quando se visa o aumento do teor protéico.

O teor de FDA, embora tenha apresentado efeito deletério, de média magnitude, sobre a PMS, teve seu efeito direto anulado pelos efeitos indiretos via, principalmente, EE, altura e ciclo, de modo que sua correlação com PMS foi, praticamente, nula.

A correlação positiva e significativa de altura com PMS foi, de fato, devido à influência de outros caracteres, visto que seu efeito direto foi de magnitude média a baixa. Grande parte desta correlação pode ser explicada pelo efeito indireto do teor de EE, via altura, sobre PMS, sendo que o ciclo também influenciou, indiretamente, via EE, o aumento da PMS.

O teor de CSO apresentou efeito direto praticamente nulo, sobre a PMS, sendo, grande parte de sua correlação positiva e de magnitude mediana, explicada pelo seu efeito indireto, via EE, sobre PMS, conforme pode ser visto na Tabela 5.

Pela análise das interconectas trilhas, pode-se inferir que, no material avaliado, as variedades mais tardias foram as que mais contribuíram para o aumento da PMS, sendo, o ciclo, a característica mais indicada para se realizar seleção indireta visando ao aumento da PMS em plantas inteiras de soja.

Na Tabela 6, podem ser observados os efeitos diretos e indiretos dos caracteres MS, CSO, PB e N-NH<sub>3</sub>, inerentes à silagem de plantas de soja, sobre o pH da referida silagem. Ressalta-se que não se pretende que as variáveis explicativas provoquem mudanças na variável principal, como no caso de análises de trilhas de componentes da produção de grãos explicando a mesma, mas apenas quantificar a magnitude dos efeitos entre a variável explicativa e principal.

O teor de matéria seca não apresentou efeito direto ou indireto sobre a variação do pH (Tabela 6). Isto se deve, provavelmente, ao fato do conteúdo de umidade das plantas, por ocasião da ensilagem, encontrar-se numa amplitude que tenha favorecido a fermentação, uma vez que, segundo McDonald *et al.* (1991), o

conteúdo de matéria seca é um importante fator que afeta a atividade microbiana na massa ensilada. Se o teor de matéria seca for inferior a 21% e o de carboidratos solúveis inferior a 2,2% na base da matéria natural, bactérias produtoras de ácido butírico se desenvolverão utilizando o ácido láctico e açúcares residuais, resultando em redução da concentração hidrogeniônica, proporcionando assim, condições favoráveis aos *clostridia*, que passarão então a desdobrar aminoácidos, produzindo ácido butírico, ácidos voláteis, aminas, amônia e gases, resultando em silagem de qualidade inferior (McDonald *et al.*, 1991). Além disso, o excesso de umidade pode resultar em perdas dos princípios nutritivos da massa ensilada, via drenagem do efluente.

O teor de CSO apresentou efeito negativo direto de magnitude mediana sobre o pH (-0.273) e efeito indireto negativo, também de magnitude intermediária, via N-NH<sub>3</sub> (-0.239), segundo apresentado na Tabela 6. Embora o efeito direto do CSO tenha sido de menor magnitude que o efeito residual, P = 0,49, a magnitude mediana e o sinal negativo do efeito direto daquela variável indica sua influência na melhoria da qualidade do processo fermentativo.

Tabela 6- Efeitos diretos (sublinhados) e indiretos de caracteres inerentes à silagem de plantas inteiras de soja, sobre o pH da mesma\*

Caracteres**	efeito via*						Efeito total rg
	MS	CSO	PB	N-NH <sub>3</sub>	FDA	EE	
MS	<u>0.175</u>	0.109	-0.033	0.009	-0.184	-0.003	0,073
CSO	-0.07	<u>-0.273</u>	0.026	-0.239	0.028	-0.058	-0,586 <sup>+</sup>
PB	0.042	0.051	<u>-0.136</u>	-0.023	-0.103	0.027	-0,142
N-NH <sub>3</sub>	0.002	0.1	0.005	<u>0.652</u>	-0.023	-0.006	0,730 <sup>+</sup>
FDA	-0.089	-0.021	0.039	-0.042	<u>0.364</u>	-0.05	0,200
EE	-0.003	0.086	-0.02	-0.02	-0.099	<u>0.183</u>	0,127

\* R<sup>2</sup> = 0,76, P = 0,49; \*\* MS, CSO, PB, N-NH<sub>3</sub>, FDA, , EE, = teores de matéria seca, carboidratos solúveis, proteína bruta, nitrogênio amoniacal, fibra em detergente ácido e de extrato etéreo, respectivamente; rg = correlações genotípicas; <sup>+</sup>Significativo a 5%, pelo método de bootstrap, com 1000 simulações.

Tanto o efeito direto quanto os indiretos do teor protéico foram desprezíveis (Tabela 6). É sabido, todavia, do efeito tamponante das proteínas, evitando a redução do pH. Porém, pequenas variações apresentam pouca ou nenhuma variação no pH, conforme pode ser visto na literatura, em trabalhos com silagem de soja ou de alfafa; tratamentos como inoculação, emurchecimento, variações de inoculantes, variedades, apresentaram pouca ou nenhuma variação no pH e no teor

protéico (Coffey *et al.*, 1995; Rangrab *et al.*, 2000; Magalhães e Rodrigues, 2004; Rodrigues *et al.*, 2004).

O fator que mais influenciou a variação do pH foi a concentração de N-NH<sub>3</sub> (em % do N- total), apresentando correlação positiva e significativa (0,730) e efeito direto positivo e de magnitude 0,652; maior, portanto, que o efeito residual. De fato, silagens que apresentam valores elevados de N-NH<sub>3</sub>, via de regra, apresentam pH elevado, indicando fermentação de baixa qualidade, do material ensilado.

O efeito direto de elevada magnitude do teor de FDA sobre o pH, inclusive maior que o efeito residual, indica a influência do maior teor de FDA no aumento do pH da silagem. Todavia, a correlação genética de baixa magnitude torna a seleção indireta, via FDA, de baixa eficiência.

O teor de EE apresentou pequeno efeito direto deletério sobre o pH (0,203), sendo sua correlação e efeitos indiretos, de baixa magnitude, segundo pode ser visto na Tabela 6.

## CONCLUSÕES

As variedades mais tardias foram as que apresentaram maior PMS, sendo, o ciclo, a característica mais indicada para se realizar seleção indireta para produtividade de matéria seca.

O teor de CSO contribuiu para redução do pH, do teor de gases e para aumento do IRMS.

Os teores de CSO e de N-NH<sub>3</sub> foram, dentre os caracteres incluídos no modelo, os que mais influenciaram o pH da silagem.

## REFERÊNCIA

Andriguetto, J.M.; Perly, L.; Minard, I.; Gemael, J.S.; Fleming, G.A.S e Bona Filho, A. 2002. **Nutrição animal – v.1**. Nobel: São Paulo. 395p.



- Byth, D.E.; Weber, C.R. e Caldwell, B.E. 1969. Correlated truncation selection for yield in soybeans. **Crop science**, 9: 699 – 702.
- Carvalho, C.G.P.; Oliveira, V.R.; Cruz, C.D. e Casali, V.W.D. 1999. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 34: 603-613.
- Coffey, K.P.; G.V. Granade, e J.L. Moyer. 1995. Nutrient content of silages made from whole-plant soybeans. **The professional animal scientist**, 11:74-80.
- Cruz, C.D. e Carneiro, P. C. S. 2003. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético – vol. 2**. Viçosa, MG: UFV, 585p.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A.J. e Carneiro, P. C. S. 2004. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV. 480p.
- Cruz, C.D. 2001. **Programa genes**: versão Windows. Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, . 648p.:il.
- Embrapa Soja. 2004. Sistemas de produção nº 1. **Tecnologias de produção de Soja da Região Central do Brasil**. Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm> . Acessado em 20/01/06.
- Efron, B e Tibshirani, R. 1993. **An introduction to the bootstrap**, Chapman and Hall, 430p.
- Falconer. D.S. 1987. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa MG: UFV, 279p.
- Fehr, W R. e Caviness, C. E. 1977. **Stages of soybean development**. Special Report 80. Co-operative Extension Service, Iowa State University, Ames, Iowa, 11p.
- Herbert, S. J.; Putnam, D. H.; Poos-Floyd, M. I.; Vargas, A. e Creight, J. F. 1984. Forage Yield of Intercropped Corn and Soybean in Various Planting Patterns. **Agronomy journal**. 76: 507- 510.
- Hintz, R.W., e K.A. Albrecht. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. **Agronomy journal**. 86: 59–62.
- Hintz, R.W.; K.A. Albrecht, e E.S. Oplinger. 1992. Yield and chemical composition of soybean forage as affected by cultivar and management practices. **Agronomy journal**. 84:795–798.
- Johnson, H. W.; Robinson, H. F. e Comstock, R. E. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. **Agronomy journal**, Madison, 47(10): p.477-483, 1955.

- Lima, J. A. 1992. **Qualidade e valor nutritivo da silagem mista de capim-elefante (*pennisetum purpureum*, schum) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill), com e sem adição de farelo de trigo**. Lavras-MG: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 69p. (Dissertação de mestrado em Zootecnia).
- Magalhães, V. J. A. e Rodrigues, P. H. M. 2004. Avaliação de inoculante microbiano na composição bromatológica, fermentação e estabilidade aeróbica da silagem pré-seca de alfafa. **Revista brasileira de zootecnia**. 33: 51-59.
- McDonald, P., A. R.; Henderson, e S.J.E., Heron. 1991. **The biochemistry of silage**. 2nd ed. Chalcombe Publ., Marlow, United Kingdom.
- McCullough, M.E. 1977. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**, 49: 49-52.
- Mello Filho, O.L.; Sedyama, C.S.; Moreira, M. A.; Reis, M. S.; Massoni, G. A. e Dias, R.R. 2004. Estimates of Correlations and Path Analyses for Eight High Protein and Grain Yield Soybean Populations. **Crop breeding and applied biotechnology**. 4: 305 - 312.
- Rangrab, L. H.; Mühibach, P. R. F. e Berto, J. L. 2000. Silagem de alfafa colhida no início do florescimento e submetida ao emurchecimento e à ação de aditivos biológicos. **Revista brasileira de zootecnia**. 29: 349-365.
- Rocha, K. D. 2003. **Silagens de capim-elefante cv. Cameroon, de milho e de sorgo, produzidas com inoculantes enzimo-bacterianos: populações microbianas, consumo e digestibilidade**. Viçosa: UFV. Tese de MS em Zootecnia. 79f.
- Rodrigues, P. H. M.; Almeida, L. F. S.; Lucci, C. S.; Melotti, L. e Lima, F. R. 2004. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa adicionada de polpa cítrica. **Revista brasileira de zootecnia**. 33: 1646- 1653 (Supl. 1).
- Scott, R.A. e Kephart, K.D. 1997. Selection for yield, protein, and oil in soybean crosses between adapted and introduced parents. **Field crops research**. 49: 177-185.
- Silva, D.J. e Queiroz, A. C. 2002. **Análise de alimentos – métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 235p. il.
- Shannon, J. G.; Wilcox, J. R. e Probst, A.H. 1972. Estimated gains from selection for protein and yield in the F4 generation of six soybean populations. **Crop science**. 12: 824- 830,.
- Simpson, A.C. e Wilcox, J.R. 1983. Genetic and phenotypic associations of agronomic characteristics in four high protein soybean populations. **Crop science**, 23:1077-1081.

- Thorne, J .C. e Fehr. W .R. 1970. Incorporation of high-protein, exotic germplasm into soybean populations by 2- and 3-way crosses. **Crop science**, 10: 652-655.
- Tobia, C.; Uribe, L.; Villalobos, E.; Soto, H e Ferris, I. 2003. Aislamiento, selección y caracterización de bacterias ácido lácticas em ensilajes de soya. **Agronomía costarricense**, 27: 21-27.
- Woolford, M.K. 1984. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker. p.23-132.
- Wright, S. Correlation and causation. 1921. **Journal of agricultural research**, 20: 557-585.

## **ARTIGO 3**

### **SELEÇÃO DE PROGENITORES DE SOJA PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM**

#### **RESUMO**

Objetivou-se selecionar progenitores para serem utilizados em programas de melhoramento de soja, visando à produção de silagem. Foram utilizadas duas linhagens com alto teor protéico, do programa de melhoramento de soja do Bioagro/UFV e 11 variedades comerciais de soja. As linhagens foram cruzadas com as variedades comerciais, em esquema dialélico parcial e foram analisados os progenitores e gerações F<sub>2</sub>, quanto às capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, referente às características carboidratos solúveis (CSO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e produtividade de matéria seca (PMS). Os progenitores Ufvptn 3005, A7002 e Tucunaré apresentam maior potencial de sucesso, para aumento do teor de carboidratos solúveis. Ufvpta 182, Tucunaré, Luziânia e UfvS2003 são os mais indicados, visando-se alto teor protéico. Para aumento na PMS, o progenitor Sambaíba apresentou potencial mais elevado. Para redução de FDN e FDA, os progenitores Ufvpta 182 e A7002 são mais indicados e; para extrato etéreo, Ufvpta 182, Ufv16 e Tucunaré. Ao se pensar na obtenção de maior ganho para a maioria das características avaliadas, os progenitores Ufvpta 182, Sambaíba, Tucunaré e Luziânia apresentaram-se como os mais promissores para serem utilizados num programa de melhoramento que vise à produção de silagem de soja.

## ABSTRACT

### SELECTION OF SOYBEAN PROGENITORS FOR SILAGE PRODUCTION

It was aimed to select progenitors to be used in soybean breeding programs looking forward to silage production. Two high protein lines of the Bioagro/UFV soybean breeding program and 11 commercial soybean varieties were used. The lines were crossed with the commercial varieties, in a partial diallel scheme and the progenitors and F<sub>2</sub> generations were analyzed for general combining capacity (CGC) and specific combining capacity (CEC), regarding the traits soluble carbohydrates (CSO), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), crude protein (PB), ether extract (EE) and dry matter yield (PMS). The progenitors UFVPTN 3005, A7002 and Tucunaré showed greater success potential, for increase of the soluble carbohydrates content (CSO). UFVPTA 182, Tucunaré, Luziânia and UFVS2003 are the most suitable, when high protein content (PB) is thought. For increase in the PMS, the progenitor Sambaíba presented higher potential. For reduction of neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA), the progenitors UFVPTA 182 and A7002 are more suitable and; for ether extract (EE), UFVPTA 182, UFV16 and Tucunaré. When it is thought to obtain larger selection gains for most of the appraised characteristics, the progenitors UFVPTA 182, Sambaíba, Tucunaré and Luziânia are the most promising to be used in an breeding program looking forward to soybean silage production.

## INTRODUÇÃO

A primeira menção sobre soja nos Estados Unidos data de 1804. Desde então, diversos experimentos foram conduzidos com soja naquele país. A partir de 1880, a soja adquiriu importância nos Estados Unidos como planta forrageira e, em 1920, a área destinada à produção de grãos era de 76 mil ha e a destinada à produção de forragem chegava a 300 mil ha (Shuster, s.d.). Em 1940, no auge do seu cultivo como forrageira, foram cultivados, nesse país, cerca de dois milhões de hectares com tal propósito (Embrapa Soja, 2004).

Para que a soja possa ser amplamente utilizada para produção de forragem, faz-se necessário que novas variedades sejam melhoradas para esse fim específico, portando características desejáveis como elevada produtividade de matéria seca, alto teor protéico, alto teor de carboidratos solúveis, baixo teor de fibras, resistência às principais doenças etc.

Nos Estados Unidos, variedades vêm sendo desenvolvidas especificamente para a produção de forragem, como é o caso das variedades Donegal (Devine e Hatley, 1998) Derry (Devine, Hatley e Starter, 1998a) e Tyrone (Devine, Hatley e Starter, 1998b), que sobrepujaram variedades comerciais desenvolvidas para produção de grãos e adaptadas às condições locais em 66, 23 e 8%, respectivamente, em produtividade de matéria seca.

A escolha de progenitores a serem utilizados em um programa de melhoramento é uma etapa crucial. Dentre os métodos utilizados para tal fim, a análise dialélica é uma alternativa bastante viável, visto que permite avaliar os progenitores e suas combinações híbridas e proporciona informações sobre a concentração de genes favoráveis, efeito gênico predominante, grau de dominância etc. Todavia, as limitações proporcionadas pelo estudo de um grande número de progenitores e suas combinações híbridas fizeram com que surgisse uma série de alternativas ao processo de análise dialélica de sistemas completo e de meia tabela (Cruz e Regazzi, 2004). Vencovsky e Barriga (1992) mencionam haver situações em que a prioridade é o cruzamento de um conjunto de materiais com um ou mais

testadores e este tipo de esquema de cruzamentos pode ser encarado como um dialélico parcial ou como um delineamento genético fatorial e, também, permite avaliar as capacidades geral e específica de combinação.

Dessa forma, objetivou-se avaliar, por meio de análise dialélica parcial, 11 variedades e duas linhagens de soja, a fim de se selecionar progenitores para uso em programas de melhoramento visando à produção de silagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, no Campo Experimental “Professor Diogo Alves de Mello”, situado a 20° 45' 20" S e 42° 52' 53" O, altitude de 650 m.

Os materiais genéticos utilizados como progenitores foram duas linhagens previamente selecionadas para alto teor de proteína nos grãos (grupo I): UFVPTA 182 e UFVPTN 3005 e 11 variedades comerciais: A 7002, Luziania, Msoy 8001, Msoy 8400, Msoy 8914, Sambaíba, Tucunaré, UFV 16, UFVS 2001, UFVS 2003 e UFVTN 104.

Os progenitores foram avaliados quanto à capacidade de combinação. Para isso, foram realizados cruzamentos em esquema dialélico parcial entre os progenitores dos grupos I e II. A partir dos híbridos  $F_1$  dos cruzamentos das variedades comerciais com as linhagens teste, foram obtidas sementes das linhas  $F_2$ , as quais foram utilizadas no experimento.

Cada parcela experimental dos progenitores foi constituída de quatro fileiras de 3 m, distantes entre si em 0,5 m, tendo sido plantadas, em cada fileira, 40 sementes. Duas das quatro fileiras perfizeram a unidade amostral. Cada parcela das linhagens  $F_2$  foi constituída de uma fileira de 2 m, distante entre si em 0,5 m, com 25 sementes  $m^{-1}$ . Neste caso, a unidade amostral equivaleu à parcela.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com três repetições.

Realizou-se análise química do solo, por meio da qual constatou-se a não necessidade de correção de acidez (anexo II).

As sementes foram tratadas com fungicida thiabendazole, micronutrientes Co e Mo, além de inoculante turfoso da bactéria *Bradyrhizobium japonicum*, seguindo-se as recomendações de dosagens especificadas pelos respectivos fabricantes.

O plantio foi efetuado em 20/11/2004. Como adubação, foram aplicados, no plantio, 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-16 e, aos 35 dias, cobertura com 83 kg ha<sup>-1</sup> KCl e adubação foliar com cobalto e molibdênio nas dosagens de 6g de cobalto e 30g de molibdênio ha<sup>-1</sup>. Para controle de plantas daninhas, efetuou-se dessecação prévia, com roundup (glyphosate), a 4 litros do produto comercial ha<sup>-1</sup> e aos 40 e 47 dias do plantio, foram aplicados, respectivamente, os herbicidas flex (fomesafen) na dosagem de 0,25 kg ha<sup>-1</sup> i.a. e fusilade (fluazifop-p-butyl) a 0,19 kg ha<sup>-1</sup> i.a. Foram realizadas duas aplicações de fungicida tebuconazole, uma no estágio R2 e a outra no R3, ambas na dosagem de 100 g ha<sup>-1</sup> i.a. Durante o desenvolvimento da cultura, efetuaram-se os tratos culturais necessários e, no quinto dia após o plantio, irrigação suplementar, por aspersão convencional.

A colheita das plantas se deu por meio de corte, com facão, a 5 cm do solo, à medida que estas atingiam o estágio R6 da escala de Fehr e Caviness (1977). Em seguida, procedeu-se à pesagem do material de cada parcela e à picagem, em ensiladeira estacionária, de modo a obter um tamanho médio de partículas, de 0,8 cm. Nesta ocasião, foi colhida uma amostra de 700g do material picado, referente a cada parcela e levada à estufa de ventilação forçada, onde permaneceu por 72 horas, a 65 °C, para realização da pré-secagem, segundo Silva e Queiroz (2002). Em seguida, realizou-se a moagem desse material, em moinho tipo Wiley, munido de peneira de malha de 1mm.

Nas amostras moídas, foram realizadas determinações da matéria seca definitiva (105°C), carboidratos solúveis (CSO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), segundo procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002). As análises foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa.



A análise dialélica parcial foi realizada conforme a metodologia adaptada por Geraldi e Miranda Filho (1988) do modelo dialélico de Griffin (1956), descrito por Cruz e Regazzi (2004), conforme os modelos seguintes:

Para as combinações híbridas:

$$Y_{ij} = \mathbf{m} + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + \bar{\mathbf{e}}_{ij}.$$

Para os progenitores do grupo I:

$$Y_{i0} = \mathbf{m} + d_1 + 2g_i + s_{i0} + \bar{\mathbf{e}}_{i0}$$

e Para os progenitores do grupo II:

$$Y_{0j} = \mathbf{m} + d_2 + 2g'_j + s_{0j} + \bar{\mathbf{e}}_{0j}$$

onde:

$Y_{ij}$  = média do cruzamento envolvendo o i-ésimo progenitor do grupo 1 e o j-ésimo progenitor do grupo 2;

$Y_{i0}$  = média do i-ésimo progenitor do grupo 1 ( $i = 0, 1, \dots, p$ );

$Y_{0j}$  = média do j-ésimo progenitor do grupo 2 ( $j = 0, 1, \dots, q$ );

$\mu$  = média geral do dialelo;

$d_1, d_2$  = contrastes envolvendo médias dos grupos 1 e 2 e a média geral;

$g_i$  = efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo progenitor do grupo 1;

$g'_j$  = efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo progenitor do grupo 2;

$s_{ij}$  = efeito da capacidade específica de combinação;

$\bar{\mathbf{e}}_{ij}$  = erro experimental médio.

As análises estatísticas e dialélicas foram realizadas no programa Genes (Cruz, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontram-se as médias das linhas segregantes – gerações  $F_2$  - e progenitores utilizados no experimento. As diferenças entre as médias do material genético utilizado foram significativas a 1% de probabilidade, pelo teste F, para todas as características avaliadas.

Os coeficientes de variação podem ser classificados como baixos a médios, conforme a classificação apresentada por Pimentel Gomes (1984), para experimentos agrícolas. O autor os denomina baixos, quando menores que 10%; médios, quando entre 10% e 20%; altos, quando entre 20% e 30%; e muito altos, se maiores que 30%.

Os valores encontrados para as médias estão na amplitude esperada, de acordo com resultados obtidos por outros autores (Munoz *et al.*, 1983; Herbert *et al.*, 1984; Hintz *et al.*, 1992; Hintz *et al.*, 1994; Coffey *et al.*, 1995).

Na Tabela 2, encontra-se o resumo da análise de variância de um dialelo parcial, para seis características inerentes à produção de silagem de soja. Os tratamentos - médias de progenitores ou gerações  $F_2$  - diferiram estatisticamente ( $P < 0,01$ ), pelo teste F, quanto a todos os caracteres avaliados.

Conforme pode ser visto na Tabela 2, os dois grupos de progenitores diferiram entre si ( $P < 0,05$  ou  $P < 0,01$ ), pelo teste F, quanto a todos os caracteres, exceto teor de carboidratos solúveis (CSO). O grupo I, composto por duas linhas de alto teor protéico na semente, não apresentou diferença significativa para a capacidade geral de combinação (CGC) de produção de matéria seca (PMS). Assim, não houve diferença estatística quando os progenitores do grupo II foram cruzados com uma ou outra linhagem do I, quanto a esta característica, de modo que ao se visar o aumento de PMS, qualquer uma das duas linhagens pode ser utilizada. Para as demais características, as CGC dos progenitores do grupo I foram estatisticamente diferentes, evidenciando que estes apresentam freqüências de alelos favoráveis distintas para as mesmas.

Tabela 1- Significância, diferença mínima significativa (DMS), coeficiente de variação (CV%) e média para as características<sup>++</sup> CSO, PB, EE, FDN, FDA, PMS obtidas na avaliação de 22 linhas segregantes e respectivos progenitores

Cód, <sup>+</sup>	(G I)	(G II)	MS	PB	CSO	FDN	FDA	EE	PMS
			(%)	(% da MS)					
1-1	UFVPTA 182	A 7002	30,06	20,41	6,82	49,59	31,42	6,34	12,99
1-2	UFVPTA 182	Luziânia	27,45	20,55	5,88	51,01	29,51	5,29	8,09
1-3	UFVPTA 182	Msoy 8001	28,47	20,48	7,34	54,46	37,76	6,10	8,14
1-4	UFVPTA 182	Msoy 8400	27,85	20,42	6,53	52,38	36,04	4,49	10,77
1-5	UFVPTA 182	Msoy 8914	28,55	21,07	6,02	49,22	28,89	5,11	12,89
1-6	UFVPTA 182	Sambaíba	26,81	20,39	6,91	52,68	32,70	4,12	13,13
1-7	UFVPTA 182	Tucunaré	28,56	21,49	6,87	49,87	32,72	6,32	8,85
1-8	UFVPTA 182	UFV16	28,48	19,74	8,01	52,15	36,19	5,61	7,67
1-9	UFVPTA 182	UFVS 2001	27,41	21,05	4,83	50,84	30,06	5,14	8,86
1-10	UFVPTA 182	UFVS 2003	27,18	21,18	6,08	49,20	30,45	5,29	11,13
1-11	UFVPTA 182	UFVTN104	26,76	21,84	5,91	52,33	37,75	5,59	9,47
2-1	UFVPTN 3005	A 7002	26,03	19,47	8,56	55,28	40,14	4,68	7,87
2-2	UFVPTN 3005	Luziânia	29,18	23,36	7,29	54,58	33,81	4,84	9,83
2-3	UFVPTN 3005	Msoy 8001	26,16	19,22	8,05	54,56	36,95	5,02	10,93
2-4	UFVPTN 3005	Msoy 8400	27,57	20,42	6,89	52,65	36,18	5,00	11,93
2-5	UFVPTN 3005	Msoy 8914	27,82	19,69	5,97	52,99	29,19	4,09	12,04
2-6	UFVPTN 3005	Sambaíba	30,00	20,85	6,34	53,52	36,72	3,78	10,08
2-7	UFVPTN 3005	Tucunaré	28,78	20,60	7,40	49,93	26,80	4,57	11,31
2-8	UFVPTN 3005	UFV16	29,14	19,46	6,40	57,16	41,68	5,60	8,64
2-9	UFVPTN 3005	UFVS 2001	27,41	20,27	6,92	55,61	41,39	5,90	8,84
2-10	UFVPTN 3005	UFVS 2003	26,30	22,09	6,94	50,45	28,59	4,57	11,73
2-11	UFVPTN 3005	UFVTN104	25,74	21,16	6,75	52,09	29,82	3,76	11,11
1	UFVPTA 182		24,22	22,86	6,28	50,19	33,31	5,29	7,83
2	UFVPTN 3005		24,94	19,48	9,69	55,87	40,60	3,08	9,03
1	A 7002		28,06	19,83	8,00	55,35	39,31	6,14	7,63
2	Luziânia		25,26	20,46	7,23	53,14	37,51	5,23	7,39
3	Msoy 8001		22,31	19,88	6,79	49,86	35,68	7,30	5,78
4	Msoy 8400		26,35	20,12	8,26	53,00	36,81	4,82	7,54
5	Msoy 8914		25,20	21,19	7,88	52,89	37,68	4,44	7,32
6	Sambaíba		21,77	19,37	6,40	56,99	43,01	4,77	9,47
7	Tucunaré		24,31	22,13	8,07	57,25	38,97	4,67	5,38
8	UFV 16		29,11	18,04	5,87	51,38	38,26	8,65	5,80
9	UFVS 2001		25,50	20,54	6,68	56,29	41,22	5,96	6,76
10	UFVS 2003		22,40	20,70	6,03	55,97	40,12	5,60	6,08
11	UFVTN 104		23,81	20,47	6,49	53,67	38,75	4,48	7,66
DMS(Tukey 5%)			4,31	3,52	3,46	9,15	13,47	2,39	4,32
CV (%)			4,95	5,25	15,30	5,29	11,59	14,13	14,47

<sup>+</sup> Números referentes, respectivamente, aos progenitores do grupo I e II, à frente. Os números únicos referem-se aos progenitores, <sup>++</sup> MS = matéria seca, PB = proteína bruta, CSO= carboidratos solúveis, FDN= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido, EE= extrato etéreo, e PMS= produtividade de matéria seca,

No grupo II, composto por 11 variedades, apenas não houve diferença significativa para as CGC das variáveis FDN e FDA (Tabela 2). A significância da CGC indica, segundo Cruz *et al.* (2004), viabilidade de seleção de progenitores com maior concentração de genes que apresentem efeito predominantemente aditivo, ou

Tabela 2- Resumo da análise de variância das gerações F<sub>2</sub> resultantes do cruzamento dialélico entre progenitores de dois grupos, quanto a seis características<sup>++</sup> inerentes à produção de plantas de soja para silagem

FV	gl	Quadrados médios					
		CSO	PB	FDN	FDA	EE	PMS
Tratamentos	(34)	2,750**	3,359**	17,846**	59,185**	3,241**	14,185**
Grupos	1	0,101 <sup>ns</sup>	6,477*	46,534*	305,920**	13,650**	139,948**
CGC Grupo I	1	17,134**	7,692*	132,753**	104,797*	14,462**	2,213 <sup>ns</sup>
CGC Grupo II	10	2,520*	5,083**	7,457 <sup>ns</sup>	28,530 <sup>ns</sup>	5,932**	9,233**
CEC IxII	22	2,322*	2,237*	16,042*	59,831**	1,034*	11,263**
Residuo	68	1,123	1,165	7,852	17,035	0,538	1,750

<sup>++</sup>CSO= carboidratos solúveis, PB = proteína bruta, FDN= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido e EE= extrato etéreo; PMS= produtividade de matéria seca. \*\*\*,<sup>ns</sup>:significativo a 5 e 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

seja, situação favorável à seleção. Vencovsky e Barriga (1992) mencionam que a significância da CGC implica que pelo menos uma das variedades difere das demais (dentro do grupo ao qual pertence) no que tange à concentração de genes favoráveis à característica em avaliação, independente do tipo de dominância desses genes ou alelos.

Quanto às capacidades específicas de combinação (CEC), na Tabela 2, pode-se verificar que houve diferença significativa entre os cruzamentos, para todas as características ( $P < 0,05$  ou  $P < 0,01$ ), indicando a presença de dominância e complementação entre as mesmas (Vencovsky e Barriga, 1992). No caso de espécies autógamas, a exploração da complementaridade dependerá da capacidade de análise do programa de melhoramento, visto que, dependendo da quantidade de genes que controlam o caráter em questão, poderá tornar-se extremamente difícil encontrar o indivíduo homocigoto sobre o qual recairão todos os genes favoráveis à expressão de determinado fenótipo.

A magnitude dos quadrados médios das CGC e CEC expressa a variabilidade dos efeitos gênicos aditivos e não aditivos, respectivamente. Na Tabela 2, pode-se verificar que para as características CSO, PB e EE os quadrados médios das CGC dos grupos I e II foram maiores que os das CEC, indicando a maior variabilidade dos efeitos gênicos aditivos. Para FDN e FDA, apenas no grupo I, a variabilidade da CGC foi maior que da CEC. Para produção de matéria seca, maior variabilidade foi observada para os genes cujos efeitos são predominantemente não aditivos, o que pode tornar ineficiente o processo de seleção.

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) proporcionam informações sobre a concentração de genes predominantemente

aditivos em seus efeitos e têm sido úteis na seleção de progenitores a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional (Cruz *et al.*, 2004).

Quanto ao teor de proteína bruta, foi constatado valor médio de 20%, com base na matéria seca. Os materiais com maior estimativa de genes cujos efeitos são predominantemente aditivos - maior  $\hat{g}_i$  - quanto ao teor protéico foram: a linhagem UFVPTA 182, no grupo I e as variedades Tucunaré, UFVS2003 e Luziânia, no grupo II (Tabela 3).

Com relação ao teor de carboidratos solúveis, as maiores estimativas da capacidade geral de combinação foram observadas para a variedade UFVPTN 3005, no grupo I e A7002, no grupo II, sendo que a Tucunaré também apresentou elevada CGC para a presente característica, o que pode ser verificado na Tabela 3. Para produção de silagem de qualidade, elevado teor de carboidratos solúveis é desejado, visto que são substratos para as bactérias formadoras do ácido láctico, principal produto da fermentação destas bactérias. O aumento na produção deste ácido promove a redução do pH, das concentrações de ácido butírico e de nitrogênio amoniacal (Langston *et al.*, 1962).

Elevados teores de FDN e FDA indicam potencial de redução do consumo e da digestibilidade da forragem, respectivamente. Dessa forma, menor magnitude de CGC, para FDN e FDA é almejada. No grupo I, esta menor magnitude foi observada para a linhagem UFVPTA 182. No grupo II, não houve diferença significativa quanto às CGC destas frações fibrosas (Tabela 3).

Os materiais selecionados com maiores estimativas de CGC ( $\hat{g}_i$ ), para teor de extrato etéreo foram a linhagem UFVPTA 182 e a variedade UFV16, nos grupos I e II, respectivamente; suas magnitudes podem ser vistas na Tabela 3. A soja normalmente apresenta alto conteúdo deste constituinte, registrando-se valores de até 10% (Muñoz *et al.*, 1983). Assim, embora se esteja selecionando materiais com teores mais elevados de EE, deve-se atentar para o fato de que a inclusão de mais de 5% de extrato etéreo na matéria seca total da dieta de bovinos pode reduzir a digestão da fibra e limitar o consumo de matéria seca. Além disso, o alto conteúdo deste nutriente pode inibir as bactérias na massa ensilada, resultando em silagem de má qualidade.

Tabela 3- Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) para seis caracteres inerentes à produção de silagem <sup>++</sup>

Progenitor	PB	CSO	FDN	FDA	EE	PMS
UFVPTA 182	0,29	-0,44	-1,21	-1,08	0,40	-0,16
UFVPTN 3005	-0,29	0,44	1,21	1,08	-0,40	0,16
A 7002	-0,39	0,62	0,41	0,80	0,32	0,26
Luziânia	0,49	0,00	-0,20	-1,18	-0,13	-0,30
Msoy 8001	-0,40	0,22	-0,73	0,11	0,72	-0,65
Msoy 8400	-0,13	0,38	-0,35	0,07	-0,38	0,54
Msoy 8914	0,21	0,02	-0,85	-1,99	-0,55	0,84
Sambaíba	-0,32	-0,27	1,18	1,67	-0,66	1,27
Tucunaré	0,74	0,46	0,20	-1,32	-0,19	-0,60
UFV 16	-1,10	-0,25	-0,17	1,50	1,19	-1,11
UFVS 2001	0,09	-0,42	0,99	1,42	0,26	-0,55
UFVS 2003	0,47	-0,43	-0,25	-1,02	-0,06	0,08
UFVTN 104	0,34	-0,33	-0,22	-0,06	-0,51	0,23

<sup>++</sup> PB = proteína bruta, CSO= carboidratos solúveis, FDN= fibras em detergente neutro, FDA= fibras em detergente ácido, EE= extrato etéreo e PMS= produtividade de matéria seca.

A elevada produção de matéria seca é de extrema importância, pois poderá aumentar, por conseguinte, a produtividade dos demais caracteres, ainda que suas concentrações sejam reduzidas. Na Tabela 3, pode-se verificar que no grupo I a CGC para PMS não foi estatisticamente diferente; enquanto no grupo II, o progenitor Sambaíba se sobressaiu.

A análise dos efeitos gênicos não-aditivos permite observar o desvio de um híbrido em relação ao que seria esperado com base na CGC de seus progenitores (Cruz *et al.*, 2004). Ainda segundo esses autores, interessam ao melhorista as combinações híbridas com estimativas da capacidade específica de combinação mais favorável, que envolvam pelo menos um dos progenitores que tenha apresentado o mais favorável efeito da CGC. Contudo, no melhoramento de espécies autógamas o interesse prioritário é no efeito aditivo dos genes, visto que os desvios devido à dominância tendem a ser minimizados à medida que se avançam gerações de autofecundação. Na Tabela 4, estão as estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação para seis caracteres inerentes à produção de silagem de soja.

Considerando os cruzamentos e, ou, progenitores com estimativas mais favoráveis de CEC (Tabela 4), em que pelo menos um dos progenitores disponha de CGC de alta magnitude (Tabela 3), identificaram-se os cruzamentos mais favoráveis: visando-se ao aumento do teor de proteína bruta, os cruzamentos de UFVPTN 3005

Tabela 4- Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$  ou  $\hat{s}_{ij}$ ) para seis caracteres inerentes à produção de silagem de soja<sup>++</sup>

Código	Progenitores		PB	CSO	FDN	FDA	EE	PMS
	Grupo I	Grupo II						
1	UFVPTA 182		1,13	0,16	1,15	0,12	-3,62	3,75
2	UFVPTN 3005		-1,08	1,82	1,97	-0,49	-3,06	6,73
1	A 7002		0,37	-0,13	0,65	-0,17	-0,49	-0,18
2	Luziânia		-0,77	0,35	-0,32	-0,17	0,41	1,97
3	Msoy 8001		0,44	-0,53	-2,57	0,18	-0,51	-2,44
4	Msoy 8400		0,14	0,61	-0,19	-0,10	-1,13	-1,23
5	Msoy 8914		0,53	0,96	0,72	-0,13	-1,95	3,77
6	Sambaíba		-0,24	0,05	0,75	0,41	-0,66	1,77
7	Tucunaré		0,39	0,26	2,97	-0,62	-1,01	3,72
8	UFV 16		0,00	-0,52	-2,15	0,60	0,42	-2,63
9	UFVS 2001		0,12	0,64	0,44	-0,24	0,28	0,49
10	UFVS 2003		-0,48	0,00	2,60	0,03	-1,67	4,27
11	UFVTN 104		-0,46	0,28	0,24	-0,17	-0,39	0,96
1x1	UFVPTA 182	A 7002	-0,19	-0,31	-2,28	0,60	3,20	-3,10
1x2	UFVPTA 182	Luziânia	-0,93	-0,62	-0,25	0,00	-1,13	-3,04
1x3	UFVPTA 182	Msoy 8001	-0,10	0,61	3,73	-0,04	-0,73	3,92
1x4	UFVPTA 182	Msoy 8400	-0,44	-0,35	1,27	-0,56	0,71	2,24
1x5	UFVPTA 182	Msoy 8914	-0,13	-0,50	-1,39	0,24	2,53	-2,84
1x6	UFVPTA 182	Sambaíba	-0,28	0,67	0,04	-0,65	2,34	-2,70
1x7	UFVPTA 182	Tucunaré	-0,24	-0,09	-1,79	1,09	-0,07	0,31
1x8	UFVPTA 182	UFV16	-0,15	1,76	0,86	-1,00	-0,75	0,96
1x9	UFVPTA 182	UFVS 2001	-0,03	-1,25	-1,60	-0,54	-0,11	-5,08
1x10	UFVPTA 182	UFVS 2003	-0,27	0,01	-2,01	-0,08	1,53	-2,26
1x11	UFVPTA 182	UFVTN104	0,50	-0,26	1,10	0,68	-0,28	4,08
2x1	UFVPTN 3005	A 7002	-0,54	0,56	0,98	-0,26	-2,23	3,45
2x2	UFVPTN 3005	Luziânia	2,46	-0,09	0,90	0,35	0,30	-0,90
2x3	UFVPTN 3005	Msoy 8001	-0,78	0,46	1,40	-0,33	1,74	0,96
2x4	UFVPTN 3005	Msoy 8400	0,15	-0,87	-0,89	0,76	1,55	0,22
2x5	UFVPTN 3005	Msoy 8914	-0,92	-1,43	-0,04	0,02	1,36	-4,70
2x6	UFVPTN 3005	Sambaíba	0,77	-0,77	-1,55	-0,18	-1,02	-0,84
2x7	UFVPTN 3005	Tucunaré	-0,55	-0,43	-4,16	0,14	2,08	-7,76
2x8	UFVPTN 3005	UFV16	0,16	-0,73	3,44	-0,21	-0,09	4,30
2x9	UFVPTN 3005	UFVS 2001	-0,22	-0,03	0,73	1,01	-0,45	4,09
2x10	UFVPTN 3005	UFVS 2003	1,22	-0,01	-3,19	0,01	1,81	-6,28
2x11	UFVPTN 3005	UFVTN104	0,41	-0,30	-1,58	-0,35	1,05	-6,00

<sup>++</sup>, CSO= carboidratos solúveis, PB = proteína bruta, FDN= fibras em detergente neutro, FDA= fibras em detergente ácido, EE= extrato etéreo e PMS= produtividade de matéria seca.

com Luziânia e com UFVS2003 (2x2 e 2x10). Para teor de carboidratos solúveis, UFVPTN 3005 x A7002 (2x1) foi o cruzamento de maior potencial. A fim de se proporcionar redução nos teores de FDN e FDA, têm-se, para FDN, os cruzamentos de UFVPTA 182 com A7002, Tucunaré e UFVS2003 (1x1, 1x7 e 1x10) e para FDA, UFVPTA 182 com A7002, Luziânia e UFVS2001 (1x1, 1x2 e 1x9); para elevação do

extrato etéreo, UFVPTA 182 x Tucunaré (1x7). Por fim, para produtividade de matéria seca, UFVPTA 182 x Sambaíba e com Msoy 8914 e UFVPTN 3005 com Tucunaré e com UFVS2003 (1x6, 1x5, 2x7 e 2x10).

Os sinais das estimativas  $\hat{s}_{ii}$  indicam a direção da dominância: quando negativos, indicam dominância unidirecional e heterose positiva. A magnitude destas estimativas indica o grau de divergência genética destes progenitores em relação à média dos demais. Na Tabela 4, pode-se verificar que a heterose não foi unidirecional para qualquer das características avaliadas, visto que não houve concordância plena, quanto aos sinais das estimativas  $\hat{s}_{ii}$ .

Ainda na Tabela 4, verifica-se que, para a característica PMS, os progenitores mais divergentes foram UFVPTA 182 e UFVPTN 3005. Quanto ao teor de PB, o progenitor UFVPTA 182 se sobressaiu. Com relação ao teor de CSO, os progenitores UFVPTN 3005 e Msoy8914 foram mais divergentes. Para FDN, o progenitor Tucunaré e para FDA, UFVPTN 3005 e UFVS2003. Por fim, para o teor EE, os progenitores mais divergentes foram UFV16 e Tucunaré.

Ao se trabalhar com várias características, torna-se difícil a seleção de um progenitor que atenda a todas elas simultaneamente. Dessa forma, diferentes estratégias podem ser adotadas, conforme o objetivo do programa, a prioridade conferida a determinadas características, a intenção de maximizar o ganho de seleção para uma delas ou de se obter ganho médio para várias simultaneamente – seleção truncada.

## CONCLUSÕES

Os progenitores UFVPTN 3005, A7002 e Tucunaré apresentam maior potencial de sucesso, para aumento do teor de carboidratos solúveis;

UFVPTA 182, Tucunaré, Luziânia e UFVS2003 são os mais indicados, visando-se alto teor protéico.

Para aumento na PMS, o progenitor Sambaíba apresentou potencial mais elevado.



Para redução de FDN e FDA, os progenitores UFVPTA 182 e A7002 são mais indicados; e para extrato etéreo, UFVPTA 182, UFV16 e Tucunaré.

Ao se pensar na obtenção de maior ganho para a maioria das características avaliadas, os progenitores UFVPTA 182, Sambaíba, Tucunaré e Luziânia apresentaram-se como os mais promissores para serem utilizados num programa de melhoramento que vise à produção de silagem de soja.

## REFERÊNCIAS

- Coffey, K.P.; G.V Granade, e J.L. Moyer. 1995. Nutrient content of silages made from whole-plant soybeans. **The Professional Animal Scientist**, 11: 74-80.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A.J. e Carneiro, P. C. S. 2004. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV. 480p.
- Cruz, C.D. 2001. **Programa Genes**: versão Windows, aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV,648p.:il.
- Devine, T.E. e Hatley, E.O. 1998. Registration of 'Donegal' forage soybean. **Crop science**. v. 38: 1719-1720.
- Devine, T.E.; Hatley, E.O e Starner, D.E. 1998a. Registration of 'Derry' forage soybean. **Crop science**, 38:1719.
- Devine, T.E.; Hatley, E.O e Starner, D.E. 1998b. Registration of 'Tyrone' forage soybean. **Crop science**, 38: 1720.
- Embrapa Soja. 2004. Sistemas de produção nº 1. **Tecnologias de produção de soja da região central do Brasil..** Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm> . Acessado em 20/01/06.
- Fehr, W. R.; Caviness, C. E. 1977. **Stages of soybean development**. Special Report 80. Co-operative Extension Service, Iowa State University, Ames, Iowa,11p.
- Herbert, S. J.; Putnam, D. H.; Poos-Floyd, M. I.; Vargas, A e Creight, J. F. 1984. Forage Yield of Intercropped Corn and Soybean in Various Planting Patterns. **Agronomy journal**, 76: 507- 510.

- Hintz, R.W. e K.A. Albrecht. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. **Agronomy journal**, 86: 59–62.
- Hintz, R.W.; K.A. Albrecht, and E.S. Oplinger. 1992. Yield and chemical composition of soybean forage as affected by cultivar and management practices. **Agronomy journal**, 84: 795–798.
- Munoz, A.E., E.C. Holt, e R.W. Weaver. 1983. Yield and quality of soybean hay as influenced by stage of growth and plant density. **Agronomy journal**, 75: 147–149.
- Miyasaka, S.; Caielli, E., L.; Melotti, L. e Leite, N. 1981. Uso da soja na alimentação animal, p. 1002-1003. In: Miyasaka, S. e Medina, J. C. **A Soja no Brasil**.
- Pimentel Gomes, F. 1984. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: POTAFOS. 160p.:il.
- Silva, D.J. e Queiroz, A.C. 2002. **Análise de alimentos – métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. Viçosa: UFV. 235p. il.
- Schuster, I. (s.d). **História da soja**. <http://www.coodetec.com.br/sojasaude/historia.htm> . Acessado em 20/01/06.
- Vencovsky, R. e Barriga, P. 1992. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética. 462p.

## ANEXO I

Tabela 1- Lista de variedades utilizadas, regiões de adaptação e ciclo médio

Variedade	Regiões de Adaptação	Ciclo**	classe
A 7002	MG*	120	médio
Conquista	SP, MG, GO e MT	130	semitardio
Dm 339	MG, DF, GO, MT, TO, BA e MA	133	semitardio
Garantia	MG, GO, DF	136	semitardio
Luziânia	MG, GO e MT	124	médio
Monarca	MS, MG*	144	semitardio
Msoy 8001	SPn, GO, Mgtriang, MSn e MTs	123	médio
Msoy 8400	SPn, GO, MGtriang, MSn, MT e TOs	126	semitardio
Msoy 8914	SPn, GO, MGtriang, MS, MT, TO, PI s e MA s	135	semitardio
Msoy 9001	SPn, GO, MGtriang, MSn, MT, BA o, TO, PI s, MA s,	142	semitardio
Sambaíba	GO, DF*	120	médio
Suprema	MG*	120	médio
Tucunaré	MT*	118	médio
UFV16	MG, GO, MT	116	médio
UFV 18	MG, GO, MT, BA	144	semitardio
UFVS 2001	MG, GO, MT	120	médio
UFVS 2003	MG, GO	146	semitardio
UFVS 2005	MG, GO, MT	143	semitardio
UFVS 2011	MG*	>145	tardio
UFVTN104	MG*	>145	tardio
UFVPTA 182	-	-	-
UFVPTN 3005	-	-	-

Fontes: prospectos das variedades ou EMBRAPA SOJA, 2005.

\* entre outras regiões.

\*\* variável em função da latitude, altitude e temperatura. Com latitudes menores e temperaturas mais altas o ciclo diminui. A temperatura média é reduzida em cerca de 1 °C a cada 200 m de aumento da altitude.

## ANEXO II

Tabela 1- Resultados da análise química\* do solo do Campo Experimental Prof. Diogo Alves de Mello, em 09/11/ 2004

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB**	t	T	V	m	P-rem
(H <sub>2</sub> O)	(mg dm <sup>-3</sup> )		(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						(%)		(mg L <sup>-1</sup> )	
5,63	15,7	54	3,09	0,64	0,00	4,5	3,87	3,87	8,37	46,2	0,00	26,3

\* Extratores: P : Extrator Mehlich 1; Ca, Mg, Al: Extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7.

\*\* SB = soma de bases trocáveis; CTC (t) = capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m= índice de saturação de alumínio; P-rem = fósforo remanescente.