



Correlações e análise de trilha em capim-elefante para fins energéticos

Bruna R. S. Menezes¹, Rogério F. Daher¹, Geraldo de A. Gravina¹, Antônio T. do Amaral Júnior¹,
André V. Oliveira¹, Larissa S. A. Schneider¹, Veronica B. Silva¹

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. E-mail: brunarafamenezes@hotmail.com; rogdaher@uenf.br; gravina@uenf.br; amaraljr@uenf.br; andre_biol2@yahoo.com.br; larissaathayde@yahoo.com.br; verabritros@hotmail.com

RESUMO

Por sua elevada produção de matéria seca, o capim-elefante tem sido utilizado como fonte de energia renovável. A seleção para a melhoria de características pode influenciar na produção de matéria seca, razão por que se torna necessário o estudo da correlação entre essas características. Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar os coeficientes de correlação e os desdobramentos das correlações genotípicas em efeitos diretos e indiretos das variáveis, como altura das plantas, diâmetro do colmo, número de perfilhos e largura da lâmina foliar na produção de matéria seca em clones de capim-elefante. O experimento foi conduzido em Campos dos Goytacazes-RJ, utilizando-se quarenta genótipos de capim-elefante. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com duas repetições. Nos dois cortes avaliados as características de altura da planta, diâmetro do colmo e largura da lâmina foliar apresentaram correlação genotípica positiva e significativa, com a produção de matéria seca. A altura da planta foi a que mais influenciou, direta e positivamente, a produção de matéria seca durante o segundo corte. Já no terceiro corte isto ocorreu para as características diâmetro do colmo e número de perfilhos.

Palavras-chave: biomassa, melhoramento de plantas, *Pennisetum purpureum*

Correlations and path analysis in elephant grass for energy

ABSTRACT

The elephant grass for its high dry matter production has been used as a source of renewable energy. The selection for the improvement of traits could influence the production of dry matter and therefore it is necessary to study the correlation between these traits. The objectives of this study were to evaluate the correlation coefficients and display genotype correlations into direct and indirect effects of variables such as plant height, stem diameter, number of tillers and leaf blade width in dry matter production in clones of elephant grass. The experiment was conducted in Campos dos Goytacazes-RJ, using forty genotypes of elephant grass. The design was a randomized block with two replications. Evaluated in two cuts, plant height, stem diameter and width of the leaf blade showed positive and significant genotypic correlation with dry matter production. Plant height was the most directly and positively influenced the dry matter production during the second cut. In the third section, it occurred to the characteristics stem diameter and number of tillers.

Key words: biomass, plant breeding, *Pennisetum purpureum*

Introdução

Os combustíveis fósseis representam 80% da produção de energia mundial. Fontes renováveis de energia, alternativas do ponto de vista ambiental, como a solar, eólica, geotérmicas e pequenas centrais hidrelétricas representam 10% dessa produção. Os outros 10% se originam da biomassa podendo atingir até o final do século XXI a 20% de toda a energia produzida pela humanidade (Goldemberg, 2009). A biomassa pode ser de origem vegetal ou animal, sendo que nos vegetais é produzida a partir da fotossíntese. As plantas são capazes, via fotossíntese, de transformar gás carbônico (CO_2) e água (H_2O) em hidratos de carbono (CH_2O_n), liberando oxigênio (O_2). Durante a queima da biomassa a energia contida nos hidratos de carbono é liberada, produzindo CO_2 (Pacheco, 2006).

O capim-elefante, *Pennisetum purpureum* Schum. Tem, como centro de origem e variabilidade genética, uma extensa área da África Ocidental (Ferreira & Pereira, 2005). É uma espécie altamente eficiente na fixação de CO_2 atmosférico, podendo produzir mais de 60 Mg ha^{-1} por ano (Morais et al., 2009). Possui a vantagem de seu crescimento vegetativo ser rápido permitindo vários cortes ao ano (Gonçalves et al., 2012). De acordo com Paterlini et al. (2013) aos 40 dias após o plantio o capim-elefante já apresenta boas propriedades para uso energético, como o baixo teor de cinzas e altos teores de carbono e hidrogênio. Além de que possuem bactérias diazotróficas e promotoras de crescimento, que colonizam diferentes tecidos (Videira et al., 2012); obtém, então, até 70% do nitrogênio através da fixação biológica reduzindo os custos com adubação (Morais et al., 2012).

Apesar da alta capacidade de produção de matéria seca, a maior parte dos programas de melhoramento do capim-elefante está direcionada ao seu uso, como forrageira. O Brasil possui 90 milhões de hectares passíveis de ser incorporados, de maneira sustentável, ao processo produtivo (Peres et al., 2005). Aliadas ao fato do capim-elefante possuir exigências favoráveis às condições climáticas do Brasil (temperatura, precipitação e altitude), as extensas áreas existentes no país poderiam ser destinadas ao cultivo da espécie em que se pode, com o melhoramento vegetal, definir os genótipos mais adaptados de acordo com cada região (Araújo et al., 2008).

No melhoramento de plantas entender as associações entre as características é importante, pois possibilita melhorar os genótipos não em caracteres isolados e, sim, para vários caracteres simultaneamente. A análise de trilha possibilita, ao pesquisador, entender as associações entre caracteres e decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, através de uma variável principal e as variáveis explicativas (Kurek et al., 2001). Através dessa análise é possível saber se o melhoramento de uma característica pode favorecer alterações em outras, positivas ou negativas (Vencovsky & Barriga, 1992).

Com isto, os objetivos deste trabalho consistiram em avaliar os coeficientes de correlação fenotípicos, genotípicos e ambientais e os desdobramentos das correlações genotípicas em efeitos diretos e indiretos, das variáveis, como altura das plantas, diâmetro do colmo, número de perfilhos por metro linear e largura da lâmina foliar (variáveis independentes

explicativas) na produção de matéria seca (variável dependente principal) de clones de capim-elefante em dois cortes realizados nas condições edafoclimáticas do norte do Estado do Rio de Janeiro-RJ, verificando a possibilidade de se obter ganhos por meio da seleção direta e indireta, para a produção de matéria seca.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Campos dos Goytacazes, RJ, situado a $-21^\circ 45' 15''$ de latitude, $-41^\circ 19' 28''$ de longitude e entre 13 de altitude. O solo foi classificado como Argissolo distrófico (Embrapa, 2006). Realizou-se o plantio em março de 2008 utilizando-se plantas inteiras, dispostas pé com ponta, em fileiras duplas, em sulcos de 10 cm de profundidade, acompanhados da seguinte adubação: 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Super Fosfato Simples) no sulco de plantio e 25 kg ha^{-1} de N (Sulfato de Amônio) e 25 kg ha^{-1} de K_2O (Cloreto de Potássio) nas linhas, cinquenta dias após as mudas terem sido plantadas. Noventa dias após o plantio foi realizado o corte de uniformização quando foram aplicados novamente nas linhas 25 kg ha^{-1} de N e 25 kg ha^{-1} de K_2O utilizando-se as mesmas fontes já citadas. A precipitação foi 553 e 542 mm durante o período de crescimento das plantas do segundo e do terceiro cortes, respectivamente.

Os tratamentos constaram de quarenta genótipos de capim-elefante provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Capim-Elefante (BAG-CE) da Embrapa Gado de Leite, localizado em Coronel Pacheco, Minas Gerais, MG. Os quarenta genótipos de capim-elefante utilizados foram: Elefante da Colômbia; Mercker; Três Rios; Mercker Santa Rita; Pusa Napier N 2; Gigante de Pinda; Napier N 2; Mercker S. E. A.; Taiwan A-148; Porto Rico 534-B; Albano; Híbrido Gigante Colômbia; Pusa Gigante Napier; Costa Rica; Cubano Pinda; Mercker Pinda; Mercker Pinda México; Mercker 86 México; Taiwan A-144; Napier S.E.A.; Taiwan A-143; Elefante de Pinda; Mineiro; Mole de Volta Grande; Napier; Teresópolis; Taiwan A-46; Duro de Volta Grande; Mercker Comum Pinda; Cameroon - Piracicaba; Taiwan A-121; P241 Piracicaba; IAC-Campinas; Elefante Cachoeira Itapemirim; Roxo; Guaçu/I.Z.2; Cuba-116; King Grass; Roxo Botucatu e Vruckwona Africano. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com duas repetições, em parcelas de 4,5 m² compostas por uma linha de 3,0 m e espaçamento de 1,5 m entre linhas. Durante o corte foram considerados 1,5 m em cada parcela para avaliação e 0,75 m de cada lado da linha como bordadura, totalizando uma área útil de 2,25 m².

Realizaram-se três cortes com intervalo de dez meses, cuja variável dependente principal ou básica produção de matéria seca (PMS), em Mg ha^{-1} , foi obtida na conversão da produção de matéria verde pela porcentagem de matéria seca. Com vista à obtenção da porcentagem de matéria seca (%MS) retirou-se um perfilho (folhas e colmo) para secagem em estufa a 65 °C, por 72 h até peso constante (ASA - amostra secada ao ar). O material seco foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e acondicionado em frasco de plástico. Em seguida, as amostras foram novamente postas para secar em estufa a 105 °C, por 12 h (ASE - amostra secada em estufa). Logo

após foi estimada a %MS a partir do produto entre a ASA e a ASE. As variáveis independentes explicativas foram altura das plantas (ALT), medida do solo até a curvatura da última folha completamente expandida, expressa em m; diâmetro do colmo (DC), expresso em cm, tomado a uma altura de 10 cm do solo, por meio de um paquímetro; número de perfilhos por metro linear (NP) e largura da lâmina foliar (LL), na primeira folha inteira expandida, expressa em cm.

Realizou-se o diagnóstico de multicolinearidade envolvendo as cinco variáveis. Os resultados da análise de trilha foram interpretados conforme indicado por Singh & Chaudary (1979) em que: i) coeficientes de correlação e altos efeitos diretos (coeficientes de trilha) altos indicam que essas variáveis independentes explicam grande parte da variação da variável básica e que ii) coeficientes de correlação positivos (ou negativos) mas com efeito direto de sinal diferente ou negligenciável, as variáveis com maiores efeitos indiretos devem ser consideradas simultaneamente, para explicar a variação da variável básica. Todas as análises estatísticas foram realizadas com uso do programa computacional Genes (Cruz, 2006).

Resultados e Discussão

Ocorreu efeito significativo no nível de 1% de probabilidade para as características número de perfilhos por metro linear (NP), diâmetro do colmo (DC), largura da lâmina foliar (LL) e produção de matéria seca (PMS) nos segundo e terceiro cortes (Tabela 1). Constatou-se exceção para a característica altura da planta (ALT), que apresentou significância de 5% no segundo corte porém em nível de 1% no terceiro corte, como as demais características. Esses resultados evidenciam a presença de variabilidade entre os quarenta genótipos avaliados, condição importante para a exploração dos dados pela análise de trilha (Borges et al., 2011).

A correlação genotípica entre as características ALT e LL não foi significativa no segundo corte. Para os demais pares de características, a correlação genotípica foi significativa a 1% de probabilidade (Tabela 2). As correlações significativas indicam a possibilidade de seleção indireta de características importantes pelo uso de características morfológicas de fácil mensuração (Oliveira et al., 2010), ou seja, com base nesses resultados pode-se selecionar, indiretamente, plantas com maiores ALT, DC e LL quando se deseja maior PMS, como no caso do capim-elefante, destinado à produção de energia.

A correlação genotípica entre as características NP e DC foi significativa e negativa, tanto no segundo (Tabela 2) quanto no terceiro corte (Tabela 3), isto é, os genótipos que

Tabela 2. Estimativa dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e ambiental (r_A) entre cinco caracteres avaliados no segundo corte, em quarenta genótipos de capim-elefante (Campos dos Goytacazes, RJ, 2010)

	r	ALT ¹	NP ²	DC ³	LL ⁴
PMS ⁵	F	0,3414	0,2037	0,1954	0,1878
	G	0,4391*	-0,0384 ^{ns}	0,3194*	0,3661*
	A	0,2295	0,5886	-0,0673	-0,1810
ALT	F		0,3448	-0,0872	-0,3274
	G		0,6552*	-0,1327 ^{ns}	0,2193 ^{ns}
	A		-0,0788	-0,0089	0,0593
NP	F			-0,4217	-0,3274
	G			-0,5593*	-0,4820*
	A			-0,0648	0,0616
DC	F				0,6180
	G				0,7354*
	A				0,1783

* - Significativamente diferente de zero a 1% de probabilidade ($P < 0,01$); ns - não significativo ($P > 0,05$) pelo teste t (GL = 78), aplicado somente às correlações genotípicas.

¹ALT - Altura média das plantas; ²NP - Número de perfilhos por metro linear; ³DC - Diâmetro médio do colmo; ⁴LL - Largura da lâmina foliar; ⁵PMS - Produção de matéria seca.

produziram maior NP tenderam a apresentar menor diâmetro do colmo e vice-versa, devido à competição por luz e água, ou seja, plantios mais densos (maior perfilhamento) resultam em plantas maiores, com menor PMS e DC. Resultado semelhante foi observado por Daher et al. (2000). Neste estudo, os autores verificaram, ao avaliar dezessete genótipos de capim-elefante utilizando análise multivariada, que os genótipos de maiores DC e menor NP foram considerados pertencentes ao mesmo grupo heterótico. Em relação à correlação ambiental encontrada no segundo corte, o maior valor (0,5886) foi verificado entre as características PMS e NP (Tabela 2).

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e ambiental (r_A) entre cinco caracteres avaliados no terceiro corte em quarenta genótipos de capim-elefante (Campos dos Goytacazes, RJ, 2011)

	r	ALT ¹	NP ²	DC ³	LL ⁴
PMS ⁵	F	0,4685	0,4015	0,4207	0,2632
	G	0,6128*	0,3984*	0,5259*	0,2902*
	A	0,1514	0,4297	-0,0507	0,1364
ALT	F		0,1745	0,2296	0,1876
	G		0,2606**	0,2242**	0,2506**
	A		-0,0642	0,2748	0,0336
NP	F			-0,3050	-0,2865
	G			-0,3779*	-0,3547*
	A			0,1178	0,1407
DC	F				0,5529
	G				0,6280*
	A				0,1517

* - Significativamente diferente de zero a 1% de probabilidade ($P < 0,01$); ** - Significativamente diferente de zero a 5% de probabilidade ($P < 0,05$); ns - não significativo ($P > 0,05$) pelo teste t (GL = 78) aplicado somente às correlações genotípicas.

¹ALT - Altura média das plantas; ²NP - Número de perfilhos por metro linear; ³DC - Diâmetro médio do colmo; ⁴LL - Largura da lâmina foliar; ⁵PMS - Produção de matéria seca.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os cinco caracteres avaliados nos segundo e terceiro cortes em quarenta genótipos de capim-elefante (Campos dos Goytacazes, RJ, 2010/2011)

	ALT ¹ (m)		NP ²		DC ³ (cm)		LL ⁴ (cm)		PMS ⁵ (Mg ha ⁻¹)	
	2º corte	3º corte	2º corte	3º corte	2º corte	3º corte	2º corte	3º corte	2º corte	3º corte
QM _{gen} ⁶	0,0890	0,0740	81,9976	187,7191	0,1414	1,5876	0,9245	7,2212	58,7551	196,4968
QM _{res} ⁷	0,0439	0,0294	28,2767	23,9159	0,0283	0,2652	0,2038	1,0707	25,3674	38,8631
Prob (%)	1,51	0,24	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00
Média geral	3,12	2,70	23,07	32,31	1,40	1,73	3,77	3,95	19,50	36,96
CV (%) ⁸	6,73	6,34	23,05	15,14	12,02	9,41	11,97	8,27	25,84	16,86

¹ALT - Altura média das plantas; ²NP - Número de perfilhos por metro linear; ³DC - Diâmetro médio do colmo; ⁴LL - Largura da lâmina foliar; ⁵PMS - Produção de matéria seca; ⁶QM_{gen} - quadrado médio dos genótipos; ⁷QM_{res} - quadrado médio do resíduo; ⁸CV - coeficiente de variação.

Quanto ao terceiro corte (Tabela 3) observa-se que a maior correlação ambiental encontrada foi de 0,4297 para as mesmas características do segundo corte, PMS e NP. A correlação ambiental entre as características ALT e NP e PMS e DC foi negativa. Para ambos os pares de características, a correlação genética foi positiva e significativa, ou seja, aumentando a ALT aumenta-se, também, o NP e se aumentando o DC, tem-se maior PMS, que é o objetivo principal do presente estudo, maior produção de biomassa energética.

Para todos os pares de características, as correlações genéticas foram significativas porém nas correlações entre a ALT e as características NP, DC e LL, a significância detectada foi a nível de 5% de probabilidade (Tabela 3). A maior correlação genética (0,6280) foi encontrada para o par de características DC e LL. Este mesmo par de características apresentou a maior correlação fenotípica (0,5529) e baixa correlação ambiental (0,1517), ou seja, a seleção através dos maiores DC visando ao aumento da LL poderia ter maiores ganhos de seleção. Resultado semelhante foi obtido para o mesmo par de características no segundo corte (Tabela 2). Nesse a correlação fenotípica foi de 0,6180 e a genotípica de 0,7354, enquanto que a correlação residual foi de 0,1583. Ressalta-se que as características DC e LL apresentaram correlações genéticas positivas e significativas com a PMS em ambos os cortes.

A correlação genotípica entre as características DC e a LL foi positiva e significativa, isto é, ao selecionar genótipos com maior DC serão selecionados, embora indiretamente, genótipos com maior LL. Tanto o DC quanto a LL apresentaram correlação positiva e significativa com a PMS (Tabela 3). Segundo Mello et al. (2002) é possível selecionar clones de capim-elefante por meio do DC, objetivando maior PMS. Aproximadamente 72% da biomassa do capim-elefante correspondem ao colmo que possui alto teor de fibra, lignina e outros componentes importantes para uma boa qualidade de biomassa para energia (Flores et al., 2012).

As características ALT, DC e LL nos dois cortes avaliados foram significativa e positivamente correlacionadas genotipicamente, com a PMS (Tabelas 2 e 3). Ao selecionar genótipos de maiores ALT, DC e LL, se selecionam, diretamente, clones para maior produção de matéria seca. Esses resultados corroboram com os encontrados por Zhang et al. (2010) ao correlacionar características morfológicas com a PMS em capim-elefante.

Segundo Toebe & Cargnelutti Filho (2013) quanto menor o grau de multicolinearidade maior é o coeficiente de determinação e menor o efeito da variável residual e, com isto, maior poder preditivo da análise de trilha. O modelo explicativo adotado foi mais eficiente em expressar a relação causa e efeito entre as variáveis explicativas e a PMS no terceiro corte, pois o coeficiente de determinação (R^2) e o efeito da variável residual no terceiro corte foram de 0,7724 e 0,4770 enquanto no segundo corte foram de 0,5066 e 0,7024, respectivamente (Tabela 4). Esses resultados podem ser explicados pela maior desuniformidade encontrada nos primeiros cortes de avaliação, a qual é diminuída com o decorrer do estabelecimento da cultura no campo. No entanto, em ambos os cortes considerados foram observadas multicolinearidades fracas, o que possibilitou a realização da análise de trilha tradicional.

Tabela 4. Análise de trilha: desdobramento das correlações genotípicas em componentes de efeito direto e indireto envolvendo a variável dependente principal PMS (produção de matéria seca, em $Mg\ ha^{-1}$) e as variáveis independentes explicativas ALT, NP, DC e LL avaliados em dois cortes em quarenta genótipos de capim-elefante (Campos dos Goytacazes, RJ, 2010/2011)

Variável	Número do corte	
	2º	3º
ALT ¹		
Efeito direto sobre PMS ⁵	1,3622	0,3163
Efeito indireto do NP	-0,6757	0,1478
Efeito indireto do DC	-0,0692	0,1520
Efeito indireto da LL	-0,1782	-0,0034
TOTAL	0,4391	0,6128
NP ²		
Efeito direto sobre PMS	-1,0313	0,5673
Efeito indireto da ALT	0,8925	0,0824
Efeito indireto do DC	-0,2915	-0,2561
Efeito indireto da LL	0,3918	0,0048
TOTAL	-0,0384	0,3984
DC ³		
Efeito direto sobre PMS	0,5211	0,6778
Efeito indireto da ALT	0,5768	-0,2144
Efeito indireto do NP	-0,1807	0,0710
Efeito indireto da LL	-0,5978	-0,0085
TOTAL	0,3194	0,5259
LL ⁴		
Efeito direto sobre PMS	-0,8130	-0,0135
Efeito indireto da ALT	0,4971	-0,2012
Efeito indireto do NP	0,2987	0,0793
Efeito indireto da DC	0,3833	0,4257
TOTAL	0,3661	0,2902
Coefficiente de determinação (R^2)	0,5066	0,7724
Efeito da variável residual	0,7024	0,4770

¹ALT - Altura média das plantas; ²NP - Número de perfilhos por metro linear; ³DC - Diâmetro médio do colmo; ⁴LL - Largura da lâmina foliar; ⁵PMS - Produção de matéria seca.

No segundo corte a ALT foi a que mais influenciou, direta e positivamente, a PMS dos genótipos de capim-elefante. O NP também influenciou diretamente a característica PMS, mas negativamente. Esses resultados podem, em parte, ser explicados pela correlação genotípica (0,6552) existente entre as características ALT e NP (Tabela 2). Em referência aos efeitos indiretos no segundo corte, a ALT influenciou positivamente, via NP, a característica PMS (Tabela 4), ou seja, quando se deseja o aumento da PMS, como no caso do capim elefante para a produção de biomassa energética, pode-se selecionar plantas de maiores NP, pois ocorrerá aumento da ALT e com isto, maior PMS. Segundo Cruz & Carneiro (2012), a seleção indireta pode resultar em progressos genéticos mais rápidos do que a seleção direta.

O efeito direto da LL sobre a PMS foi negativo no segundo corte enquanto os efeitos indiretos das demais características (via LL) foram positivos, embora não tenham sido altos. Os resultados da análise de trilha mostram que quanto mais larga é a folha menor será a PMS em capim-elefante (Tabela 4). Indiretamente quanto maior a ALT, o DC e o NP, menor será a LL e assim maiores valores de PMS serão obtidos. Segundo Araújo et al. (2011) genótipos de capim-elefante com maior porte possuem maior proporção de colmos colhidos e maior acúmulo de matéria seca.

No terceiro corte as características que mais influenciaram, direta e positivamente, a PMS, foram o DC e o NP (Tabela 4). Pode-se observar que ocorreu efeito inverso entre cortes para a característica NP. Enquanto no segundo corte o efeito

foi direto e positivo no terceiro foi direto e negativo. Resultado semelhante foi encontrado por Daher et al. (2004) que, avaliando dois cortes de capim-elefante (quarto e o sétimo corte) verificaram que o NP apresentava efeito direto sobre a PMS, porém no quarto corte o efeito foi positivo e no sétimo, negativo, resultado que pode ser explicado pelo número de cortes realizados. Verifica-se tendência nos primeiros cortes do NP ter efeito direto e positivo sobre a característica PMS.

Conclusões

Pode-se obter maior PMS em genótipos de capim elefante selecionando-se diretamente plantas com maiores ALT e DC

Ao selecionar plantas de maiores NP, poderá ocorrer aumento da ALT e, com isto, indiretamente maior PMS.

Deve-se levar em consideração, durante a seleção, o intervalo entre cortes e o período anual de permanência no campo, ou seja, condições ambientais predominantes durante cada estágio de desenvolvimento das plantas.

Literatura Citada

- Araújo, S. A. C.; Deminicis, B. B.; Campos, P. R. S. S. Melhoria genética de plantas forrageiras tropicais no Brasil. *Archivos Zootecnia*, v.57, p.61-76, 2008. <<http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/articulo.php?codigo=1684>>. 30 Ago. 2013.
- Araújo, S. A. C.; Vasquez, H. M.; Silva, J. F. C.; Lima, E. S.; Lista, F. N.; Deminicis, B. B.; Campos, P. R. S. S. Produção de matéria seca e composição bromatológica de genótipos de capim-elefante anão. *Archivos Zootecnia*, v.60, p.83-91, 2011. <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/09_11_37_10ProducaoAraujo.pdf>. 16 Abr. 2014.
- Borges, V.; Sobrinho, F. S.; Lédo, F. J. Silva; Kopp, M. M. Associação entre caracteres e análise de trilha na seleção de progênies de meios-irmãos de *Brachiaria ruziziensis*. *Revista Ceres*, v.58, n.6, p.765-772, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000600013>>.
- Cruz, C. D. Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2006. 442p.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4.ed. Viçosa: UFV, 2012. 514p.
- Daher, R. F.; Pereira, A. V.; Pereira, M. G.; Lédo, F. J. S.; Amaral Junior, A. T.; Rocabado, J. M. A.; Ferreira, C. F.; Tardin, F. D. Análise de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciência Rural*, v.34, n.5, p.1531-1535, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000500032>>.
- Daher, R. F.; Vázquez, H. M.; Pereira, A. V.; Fernandes, A. M. Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.5, p.1296-1301, 2000. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000500006>>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.
- Ferreira, R. P.; Pereira, A. V. Melhoria de forrageiras. In: Borém, A. (Ed.). Melhoria de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 2005, p.781-812.
- Flores, R.; Rilner, A. F.; Urquiaga, S.; Alves, B. J. R.; Collier, L. S.; Boddey, R. M. Yield and quality of elephant grass biomass produced in the cerrados region for bioenergy. *Engenharia Agrícola*, v.32, n.5, p.831-839, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000500003>>.
- Goldemberg, J. Biomassa e energia. *Química Nova*, v.32, n.3, p.582-587, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000300004>>.
- Gonçalves, A. C. S.; Daher, R. F.; Vieira, H. D.; Gravina, G. A.; Barbé, T. C.; Tunes, E. N. Características morfológicas de inflorescências e sementes e potencial germinativo em variedades de capim-elefante de florescimento precoce. *Natureza On line*, v.10, n.1, p.46-51, 2012. <http://www.naturezaonline.com.br/.../pdf/07_GoncalvesACSetal_046_051.pdf>. 7 Jan. 2013.
- Kurek, A. J.; Carvalho, F. I. F. D.; Assmann, I. C.; Marchioro, V. S.; Cruz, P. J. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.7, n.1, p.29-32, 2001. <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/viewFile/370/363>>. 25. Jun. 2013.
- Mello, A. C. L.; Lira, M. A.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Santos, M. V. F.; Freitas, E. V. Caracterização e seleção de clones de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.1, p.30-42, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000100004>>.
- Morais, R. F.; Quesada, D. M.; Reis, V. M.; Urquiaga, S.; Alves, B. J. R.; Boddey, R. M. Contribution of biological nitrogen fixation to Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Plant and Soil*, v.356, n.1-2, p.23-34, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1007/s11104-011-0944-2>>.
- Morais, R. F.; Souza, B. J.; Leite, J. M.; Soares, L. H. B.; Alves, J. R.; Boddey, R. M.; Urquiaga, S. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.2, p.133-144, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200004>>.
- Oliveira, E. J.; Lima, D. S.; Lucena, R. S.; Motta, T. B. N.; Dantas, J. L. L. Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.8, p.855-862, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800011>>.
- Pacheco, F. Energias Renováveis: breves conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, Salvador, n.149, p.4-11, 2006. <http://www.ieham.org/html/docs/clicks.asp?url=Conceitos_Energias...pdf>. 12 Jun. 2013.
- Paterlini, E. M.; Arantes, M. D. C.; Gonçalves, F. G.; Vidaurre, G. B.; Bauer, M. O.; Moulin, J. C. Evaluation of elephant grass for energy use. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.4, n.2, p.119-125, 2013. <<http://www.revista.uft.edu.br/index.php/JBB/article/viewFile/401/32>>. 25 Ago. 2013.

- Peres, J. R. R.; Freitas, J. R. E.; Gazzoni, D. L. Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. *Revista de Política Agrícola*, v.14, n.1, p.31-41, 2005. <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/energias/Hemeroteca/Biomassa/Biomassa_1.htm>. 13. Jan. 2013.
- Singh, R. K.; Chaudhary, B. D. *Biometrical methods in quantitative genetic analysis*. New Delhi: Kalyani Publishers, 1979. p.210-214.
- Toebe, M.; Cargnelutti Filho, A. Não normalidade multivariada e multicolinearidade na análise de trilha em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, n.5, p.466-477, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000500002>>.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.
- Videira, S. S.; Oliveira, D. M.; Morais, R. F.; Borges, W. L.; Baldani, V. L. D.; Baldani, J. I. Genetic diversity and plant growth promoting traits of diazotrophic bacteria isolated from two *Pennisetum purpureum* Schum. genotypes grown in the field. *Plant and Soil*, v.356, n.1-2, p.51-66, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1007/s11104-011-1082-6>>.
- Zhang, X.; Gu, H.; Ding, C.; Zhong, X.; Zhang, J.; Xu, N. Path coefficient and cluster analyses of yield and morphological traits in *Pennisetum purpureum*. *Tropical Grasslands*, v.44, p.95-102, 2010. <<http://wenku.baidu.com/view/fb4df5cfa1c7aa00b52acb36.html>>. 23. Abr. 2013.