

XXIII Workshop de Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite

Juiz de Fora, MG – 21 de fevereiro de 2019

Fenotipagem de Alto Rendimento em Capim-elefante: Perspectivas de Uso de Índices de Vegetação Obtidos de Bandas Espectrais do Visível na Seleção de Genótipos Superiores¹

Jessica Costa de Oliveira², João Romero do Amaral Santos de Carvalho Rocha³, Milena Mendes da Silva⁴, Walter Coelho Pereira de Magalhães Júnior⁵, Ricardo Guimarães Andrade⁶, Juarez Campolina Machado⁷

¹Agradecimento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – Fapemig

²Graduanda em Sistemas de Informação – IF Sudeste MG – Campus Juiz de Fora. Bolsista da Fapemig. e-mail: jessikacostajf@gmail.com

³Doutorando em Genética e Melhoramento – UFV/Viçosa. e-mail: joaoascrocha@gmail.com

⁴Graduanda em Engenharia Mecatrônica – IF Sudeste MG – Campus Juiz de Fora. Estagiária da Embrapa Gado de Leite. e-mail: milena.mecatronica@gmail.com

⁵Analista da Embrapa Gado de Leite. e-mail: walter.magalhaes@embrapa.br

⁶Pesquisador da Embrapa Gado de Leite. e-mail: ricardo.andrade@embrapa.br

⁷Orientador. Pesquisador da Embrapa Gado de Leite. e-mail: juarez.machado@embrapa.br

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo avaliar as perspectivas de utilização da fenotipagem de alto rendimento, por meio dos índices VARI (*visible atmospherically resistant index*) e GLI (*green leaf index*), na seleção de genótipos superiores de capim-elefante. Os experimentos foram conduzidos no Campo Experimental da Embrapa Gado de Leite em Coronel Pacheco-MG, no delineamento de blocos casualizados, com três repetições. Em seguida, foram realizadas análises de correlação de Pearson dos índices VARI e GLI com as características fenotípicas tradicionais. As correlações entre os índices VARI e GLI e as características relacionadas à fenotipagem tradicional apresentam valores de magnitude intermediária, com destaque para o índice GLI que associa boa precisão experimental, sendo promissor para utilização como ferramenta na fenotipagem em larga escala do capim-elefante. Os índices VARI e GLI sofrem impacto da pigmentação na eficiência e na acurácia dos resultados, sobretudo, quando estão presentes genótipos de coloração arroxeadada. O aprimoramento das técnicas de fenotipagem (com uso de GNSS de alta precisão, câmera NIR, etc.) poderá superar as limitações apresentadas pelos índices, e será foco no desenvolvimento dos trabalhos futuros.

Palavras-chave: *Cenchrus purpureus*, bioenergia, fenômica, melhoramento genético

High-Throughput Phenotype in Elephantgrass: Perspectives of Using Vegetation Indices Generated From Spectral Bands of the Visible to Select Superior Genotypes

Abstract: The objective of the present study was to evaluate the perspectives of high-throughput phenotyping in elephantgrass using VARI (*visible atmospherically resistant index*) and GLI (*green leaf index*) in the selection of promising genotypes. The experiments were carried out at the Experimental Field of Embrapa Gado de Leite in Coronel Pacheco, Minas Gerais, in a randomized block design, with three replications. Then, the Pearson phenotypic correlation of the VARI and GLI indices with the phenotypic characteristics were obtained. The correlations between the VARI and GLI indexes and characteristics related to traditional phenotyping shows intermediate magnitude values especially for GLI index, which associates a good experimental precision. The GLI index is promising for using in elephantgrass high-throughput phenotyping. The VARI and GLI indexes are affected by the pigmentation in the efficiency and accuracy of the results, mainly on genotypes with purplish coloration. The improvement of phenotyping techniques (using high precision GNSS, NIR camera, etc.) may overcome the limitations presented by the indices and will be the focus on development of future work.

Keywords: *Cenchrus purpureus*, bioenergy, phenomic, genetic breeding

XXIII Workshop de Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite

Juiz de Fora, MG – 21 de fevereiro de 2019

INTRODUÇÃO

Com o avanço das ferramentas genômicas e biotecnológicas, e a infinidade de dados gerados por estas ciências, a obtenção de fenótipos qualificados para o melhoramento tem se tornado limitante para ampliação de ganhos genéticos futuros. Neste sentido, o uso da fenotipagem de alto rendimento com a mensuração rápida e precisa de grande quantidade de indivíduos é uma oportunidade para o sucesso dos programas de melhoramento (Araus & Cairns, 2014).

No melhoramento vegetal, a obtenção de fenótipos qualificados pode ser realizada pela utilização de imagens a partir de câmeras de alta resolução capazes de avaliar caracteres morfofisiológicos e agrônômicos de centenas ou milhares de plantas em curto intervalo de tempo e com baixa exigência de mão de obra (Gebremedhin et al., 2019).

Estas ferramentas vêm sendo desenvolvidas e utilizadas, e com o avanço tecnológico, têm se tornado cada vez mais acessíveis. Entretanto, no contexto do melhoramento genético de forrageiras, e, sobretudo no caso do capim-elefante, onde as avaliações são comumente realizadas a campo, além de rapidez, torna-se necessário obter resolução espacial e temporal para identificação de diferenças sutis entre genótipos que se encontram em um ambiente sujeito a ruídos (Araus & Cairns, 2014), aliado ao fato de que pouco se evoluiu na utilização de técnicas em larga escala na fenotipagem da espécie (Gebremedhin et al., 2019).

Portanto, ainda existe potencial para desenvolvimento metodológico com perspectivas de viabilizar a utilização de índices específicos na fenotipagem de alto rendimento do capim-elefante. Dentre os índices que podem ser empregados, destacam-se o VARI (*visible atmospherically resistant index*) e o GLI (*green leaf index*). O VARI monitora o índice de área foliar das culturas em estágio avançado, enquanto, o GLI avalia a cobertura do dossel. Ambos os índices têm sido utilizados na fenotipagem de espécies vegetais (Louhaichi et al., 2001; Gitelson et al., 2002), mas não foram encontrados relatos na literatura da utilização em espécies forrageiras tropicais, como é o caso do capim-elefante.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as perspectivas de uso dos índices VARI e GLI como ferramenta na fenotipagem de alto rendimento para seleção de genótipos promissores de capim-elefante.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Campo Experimental da Embrapa Gado de Leite em Coronel Pacheco-MG, no delineamento de blocos casualizados com três repetições, no qual foram avaliados 22 genótipos de capim-elefante (acessos do banco de germoplasma, clones e populações do programa de melhoramento da Embrapa).

Em relação à fenotipagem de alto rendimento, os genótipos foram avaliados por imagens obtidas por meio de câmeras equipadas com sensores RGB a bordo de plataforma VANT (Li, Zhang & Huang, 2014) que permitiram a avaliação dos índices GLI e VARI, conforme as seguintes expressões: $GLI = (2 \cdot R_g - R_r - R_b) / (2 \cdot R_g + R_r + R_b)$ (Louhaichi et al., 2001) e $VARI = (R_g - R_r) / (R_g + R_r - R_b)$ (Gitelson et al., 2002), em que: R_r , R_g e R_b referem-se a refletância do dossel nas faixas ou bandas espectrais do vermelho, verde e azul, respectivamente.

Em relação à fenotipagem tradicional, os genótipos foram avaliados considerando as características: produção de biomassa verde (PVT) e seca (PST), altura da planta (ALT), vigor fenotípico (VIG) e porcentagem de matéria-seca (%MS). A partir destes dados, foram realizadas análises de correlação de Pearson dos índices GLI e VARI com as características fenotípicas tradicionais.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* ASReml (Gilmour et al., 2015). Foram ajustados modelos espaciais de tendência para o resíduo utilizando o procedimento REML/BLUP (*Restricted Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction*) para todas as características, conforme o seguinte modelo: $Y = Xb + Zg + \epsilon$, em que: y é o vetor de dados fenotípicos arranjados em linhas e colunas, b é o vetor de média geral (considerado como fixo) com a matriz de incidência X , g é o vetor de efeitos fixo de genótipos com matriz de incidência Z . ϵ é um vetor de erro aleatório espacialmente dependente nas colunas e linhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

XXIII Workshop de Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite

Juiz de Fora, MG – 21 de fevereiro de 2019

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) para pelo menos um contraste entre as médias de genótipos, para todas as variáveis (Tabela 1), indicando que existe diferença entre os genótipos de capim-elefante para as características fenotípicas tradicionais, conforme comumente observado na espécie (Rocha et al., 2017). Da mesma forma, infere-se que existe diferenças entre os genótipos para os índices GLI e VARI, com perspectivas de utilização da fenotipagem de alto rendimento na identificação de genótipos superiores de capim-elefante.

Em relação às características relacionadas à fenotipagem tradicional, para ALT destacaram-se os genótipos BAGCE 6, BAGCE 1 e BAGCE 91 com os mais altos valores, diferindo estatisticamente dos genótipos BAGCE 66, PCEA, BAGCE 3 e BAGCE 51 sendo estes os mais baixos. Para a característica VIG, os genótipos BAGCE 91, BRS Canará e Cameroon obtiveram as maiores notas e diferiram estatisticamente de PCEA, BAGCE 50 e BAGCE 59 que apresentam as menores notas. Para a característica %MS, destacaram-se os genótipos BAGCE 1, BAGCE 66 e BAGCE 59 com os maiores percentuais, diferindo estatisticamente de BAGCE 60, BAGCE 57 e BAGCE 91 que apresentam os menores valores percentuais. Para as características PVT e PST, os genótipos BAGCE 91 e BAGCE 94 apresentaram os maiores valores e diferiram estatisticamente dos genótipos BAGCE 59 e BAGCE 50.

Em relação à fenotipagem de alto rendimento, para o índice VARI, apenas o genótipo BAGCE 9, de maior índice, diferiu estatisticamente do genótipo de menor índice BAGCE 57. Para o índice GLI, os genótipos BAGCE 60, BAGCE 91 e BAGCE 64 apresentaram os maiores índices e diferiram estatisticamente dos genótipos de menores índices BAGCE 57, BAGCE 6, BAGCE 59 e PCEA.

Quanto a precisão (CVe) das características é importante destacar que %MS foi a que apresenta o menor valor, sendo, portanto, a mais precisa dentre as características relacionadas a fenotipagem tradicional. Já para os índices utilizados, o GLI foi o mais preciso, estando dentro do valor esperado na fenotipagem de capim-elefante (ROCHA et al., 2017). Portanto, o índice GLI é o mais promissor para utilização na fenotipagem de alto rendimento em capim-elefante. Características com baixa precisão, como observado para o índice VARI conduzem a resultados inconsistentes, conseqüentemente, com menores perspectivas de utilização na fenotipagem do capim-elefante.

Tabela 1. Análise estatística para as características altura de plantas (ALT, m), vigor fenotípico (VIG, nota), porcentagem de matéria seca (%MS), peso verde total (PVT, kg.ha⁻¹), peso seco total (PVT, kg.ha⁻¹), índice de resistência visual atmosférica (VARI) e índice de folha verde (GLI).

Fonte de variação	GL	Características						
		ALT	VIG	%MS	PVT	PST	VARI	GLI
Genótipos	21	137.97***	168.24***	39.80**	83.28***	40.76**	121.67***	197.33***
Resíduo	44	0.218	0.441	0.002	120.9	10.94	0.002	0.001
CVe (%) ^a		13.07	18.68	10.48	33.52	28.20	50.50	21.04

^a CVe (%) = coeficiente de variação experimental; ***, ** significativos a 1 e 5%, respectivamente.

As correlações simples de Pearson revelaram que existem associações lineares significativas ($p < 0,05$) entre as características fenotípicas tradicionais e os índices, entretanto, os valores de correlação apresentam magnitude intermediária - VIG e GLI (0,47), PVT e GLI (0,47) e entre VIG e VARI (0,43). Estes valores associados à precisão na avaliação das características, indicam que o índice GLI é promissor para ser utilizado como ferramenta de fenotipagem em larga escala em capim-elefante (Louhaichi et al., 2001).

Cabe ressaltar, que o capim-elefante pode apresentar pigmentação natural arroxeada (devido a antocianinas) nas folhas e colmos e este pigmento pode ser um fator perturbador na determinação dos índices VARI e GLI, haja vista que os índices possuem limitações na identificação do vigor no capim roxo, possivelmente por terem por base os comprimentos de onda do visível (Louhaichi et al., 2001; Gitelson et al., 2002). No presente trabalho, o genótipo BAGCE 57 apresenta coloração arroxeada e influenciou na precisão de obtenção dos índices.

O aprimoramento das técnicas de fenotipagem (com uso de GNSS de alta precisão, câmera NIR, etc.) poderá contornar possíveis limitações apresentadas pelos índices VARI e GLI. Este será um dos objetivos a serem desenvolvidos em futuras pesquisas com uso de técnicas de fenotipagem de alto rendimento em capim-elefante.

CONCLUSÕES

XXIII Workshop de Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite

Juiz de Fora, MG – 21 de fevereiro de 2019

As correlações entre os índices VARI e GLI e as características relacionadas à fenotipagem tradicional apresentam valores de magnitude intermediária, com destaque para o índice GLI que associa boa precisão experimental.

Os índices VARI e GLI têm eficiência e acurácia dos resultados influenciados pela pigmentação, sobretudo quando estão presentes genótipos de coloração arroxeadada.

O índice GLI é promissor para ser utilizado como ferramenta na fenotipagem em larga escala em capim-elefante.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Embrapa Gado de Leite e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – Fapemig pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

GILMOUR, A. R.; GOGEL, B. J.; CULLIS, B. R.; WELHAM, S. J.; THOMPSON, R. **ASReml user guide. Release 4.0** VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK, 2015.

GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; STARK, R.; RUNDQUIST, D. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, p. 76-87, 2002.

LOUHAICHI, M.; BORMAN, M. M.; JOHNSON, D. E. Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. **Geocarto International**, v. 16, p. 65-70, 2001.

ROCHA, J. R. A. S. C.; MACHADO, J. C.; CARNEIRO, P. C. S.; et al. Bioenergetic potential and genetic diversity of elephantgrass viamorpho-agronomic and biomass quality traits. **Industrial Crops and Products**, v. 95, p.485-492, 2017.

GEBREMEDHIN, A.; BADENHORST, P. E.; WANG, J.; et al. Prospects for Measurement of Dry Matter Yield in Forage Breeding Programs Using Sensor Technologies. **Agronomy**. v. 9, p. 1-19, 2019.