

Uso de leituras espectrais foliares como ferramenta para análise de adubação nitrogenada em pastagem

Thuane Katiúcia Moreira Barbosa ¹
Peterson Ricardo Fiorio ¹
Mitsuhiko Reinaldo Hashioka Takushi ¹
Ana Paula Barbosa Gady ¹
Miller Andrés Ruiz Sanchez ¹
Amparo Cisneros Garcia ¹
Fernando Campos Mendonça ¹

¹ Universidade de São Paulo - USP/ESALQ
Caixa Postal 9 - 13418-900 - Piracicaba - SP, Brasil
{thuane.barbosa, fiorio, mht, anap.barbosa, mruiz, amparocisneros,
fernando.mendonca}@usp.br

Abstract. Cattle raising in Brazil has a big significance worldwide, however, even presenting high production, this activity is characterized by low intensification. The performance of pastures is greatly influenced by traits in fertilization, specially of nitrogen. The use of remote sensing techniques is a potential tool for monitoring the condition of grassland, and consequently helping to improve its quality. The objective of this work is to evaluate the use of leaves reflectance measurements in laboratory condition to predict doses of nitrogen fertilization for *Panicum maximum* cv. mombaça pasture. The experiment was made in randomized block design experiment with 4 treatments (N levels: 0, 50, 100 and 150 kg/ha) and four replications was installed at the ESALQ/USP campus, located in the municipality of Piracicaba, São Paulo state, Brazil. The FieldSpec3 spectroradiometer was used to evaluate the leaf spectral response. Visual analysis over the obtained spectra showed differences at the red and NIR regions in function of the nitrogen levels. Besides that, the spectral data of the leaves was compared with nitrogen doses by discriminant analysis, in order to analyze if the different nutrient levels could be differentiated from each other. Therefore, the research indicates that the hyperspectral data was able to distinguish different levels of nitrogen on *Panicum maximum* cv. mombaça pasture by discriminant analysis.

Palavras-chave: Reflectance, nitrogen, spectroradiometer, discriminant analysis. Reflectância, nitrogênio, espectrorradiômetro, análise discriminante.

1. Introdução

A qualidade da produção animal no Brasil é resultante das pastagens e rações providas ao animal. Assim, existem estudos relacionados à qualidade desses alimentos e seus impactos sobre a nutrição animal, incluindo o seu manejo.

A área dedicada às pastagens é consideravelmente maior que as áreas com outras produções agrícolas, correspondendo aproximadamente a 160 milhões de hectares (pastagens naturais e plantadas) segundo Embrapa (2014). No entanto, há uma grande demanda por novas técnicas que possam auxiliar no manejo e qualidade destes pastos. Levando em conta que cerca de 20% dessas áreas estão degradadas, o que reforça a necessidade por melhores técnicas nestes outros 80%.

Entre os fatores importantes que influenciam a produção de pastagem está o nitrogênio, que têm papel vital na produção de biomassa em vários tipos de cultura. Porém, a sua aplicação vem sendo feita de forma desequilibrada em várias partes do país. Algumas áreas não recebem a dose suficiente para aproveitar o máximo potencial produtivo da terra, enquanto que outras recebem uma sobredose gerando desperdício de insumo.

Um dos meios para auxiliar ou solucionar tal problema pode ser através do uso de análise hiperespectral, uma das ferramentas de sensoriamento remoto (SR), que é uma técnica que consiste em incidir luz sobre uma matéria para se mensurar a porcentagem de luz refletida em vários comprimentos de onda (curva espectral com alta resolução) afim de estudar as

propriedades físico-químicas daquela matéria (CAMPBELL, 2011; MAHLEIN, 2013). A obtenção desses dados pode ser feita com sensores hiperespectrais que farão leituras na folha ou no dossel da planta.

A partir destes dados hiperespectrais, pode se aplicar várias ferramentas estatísticas para descobrir quais informações da curva espectral podem ser úteis para detectar a necessidade da planta por nitrogênio e a quantidade do mesmo, e desta forma, ajudando o produtor a obter o máximo de suas pastagens. Isto seria uma forma de pôr em prática um dos preceitos da agricultura de precisão que visa melhorar o manejo de cultivos por encontrar uma harmonia entre o uso de insumos agrícolas e a heterogeneidade espacial que a lavoura ou pastagem apresenta (MOLIN, 2010).

No entanto, dado o contexto, o objetivo deste trabalho será investigar se os dados hiperespectrais obtidos das folhas da forrageira *Panicum maximum* cv. Mombaça com o sensor hiperespectral FieldSpec 3 (ASD Inc., Boulder, Colorado, EUA) podem ser usados para distinguir folhas sob diferentes tratamentos de nitrogênio - o fator que será focado neste estudo - com o auxílio de algumas ferramentas estatísticas.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área experimental

A área utilizada para o experimento está situada na área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba/SP; a qual tem sua localização ilustrada na Figura 1 abaixo.

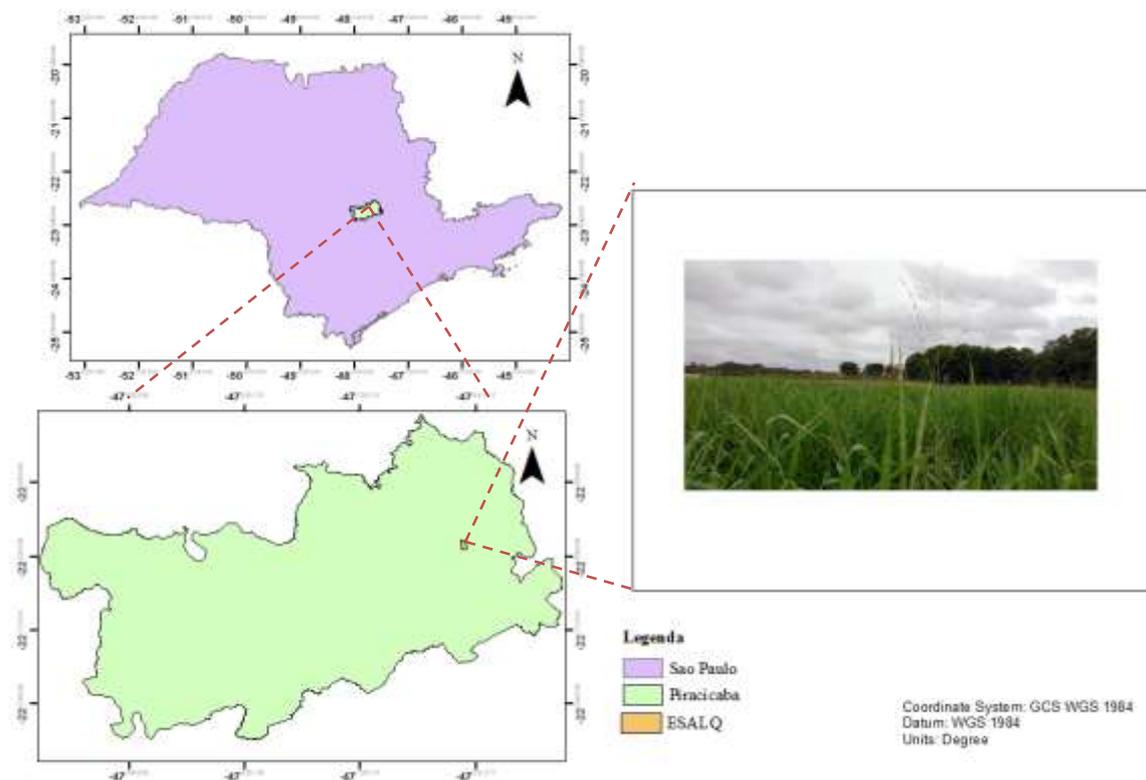


Figura 1. Ilustração e localização da área de estudo em relação ao município de Piracicaba e ao estado de São Paulo.

A área em estudo possui solo Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 2006), e o clima da região é do tipo subtropical úmido (Cwa), mesotérmico de inverno seco, com precipitação média anual de 1280mm e temperatura média anual de 20°C (SILVA et al., 2010).

A planta forrageira foi utilizada nesse experimento foi a *Panicum maximum* cv. Mombaça, a qual foi semeada manualmente numa área de aproximadamente 200m² em 01 de fevereiro de 2016. Amostras de solo da área foram analisadas pelo Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, e os resultados não mostraram variações espaciais significativas considerando-se assim, a área do experimento como homogênea.

Os tratamentos de nitrogênio foram implementados a partir do segundo corte realizado no dia 05/09/2016, a partir do qual instituiu-se um período fixo de corte já que a pesquisa necessitaria da diferenciação fisiológica da cultura em cada um dos tratamentos. Em conjunto a isso, a irrigação foi feita por aspersores já instalados na área, e com umidade controlada com um sensor do tipo sonda DIVINER 2000TM, que evitaram estresse na planta por falta ou excesso de água.

2.2 Coleta dos dados

A coleta de dados foi realizada no fim do segundo ciclo da cultura, onde utilizou-se a sequência de etapas demonstrada na Figura 2, as quais foram:

1. Identificação da folha indicadora, a qual é a folha mais nova totalmente desenvolvida com presença da lígula, como mostrado nas setas vermelhas.
2. Coleta de oito folhas para cada parcela e acondicionamento delas em sacos plásticos.
3. Transporte das amostras foliares com isolamento térmico, do campo para o laboratório, a fim de manter a turgidez das folhas.
4. Destaque da nervura central da folha para que esse não influenciasse na leitura espectral de cada lado da folha da mombaça.
5. Aquisição dos dados hiperespectrais por meio do espectrorradiômetro *FieldSpec3* da ASD, com o uso do software RS³ da mesma empresa. O espectrorradiômetro compreende comprimentos de onda de 325 a 2500nm, abrangendo assim as regiões do visível e infravermelho. As leituras de cada folha foram feitas com auxílio do acessório *leaf clip da ASD*, o qual cria uma câmara no ponto de leitura da folha, isolando-a de fontes de energia externa para que o sensor trabalhe apenas com a sua própria luz, garantindo a qualidade dos dados. A cada 16 leituras de folhas foi-se feito otimização e calibração a partir do *spectralon* já existente no acessório *leaf clip*. Para cada tratamento, obteve-se 123 curvas espectrais.
6. A curva espectral foi adquirida em formato *asd* e elas foram exportadas em formato *txt* utilizando o *software ViewSpec Pro* da ASD.

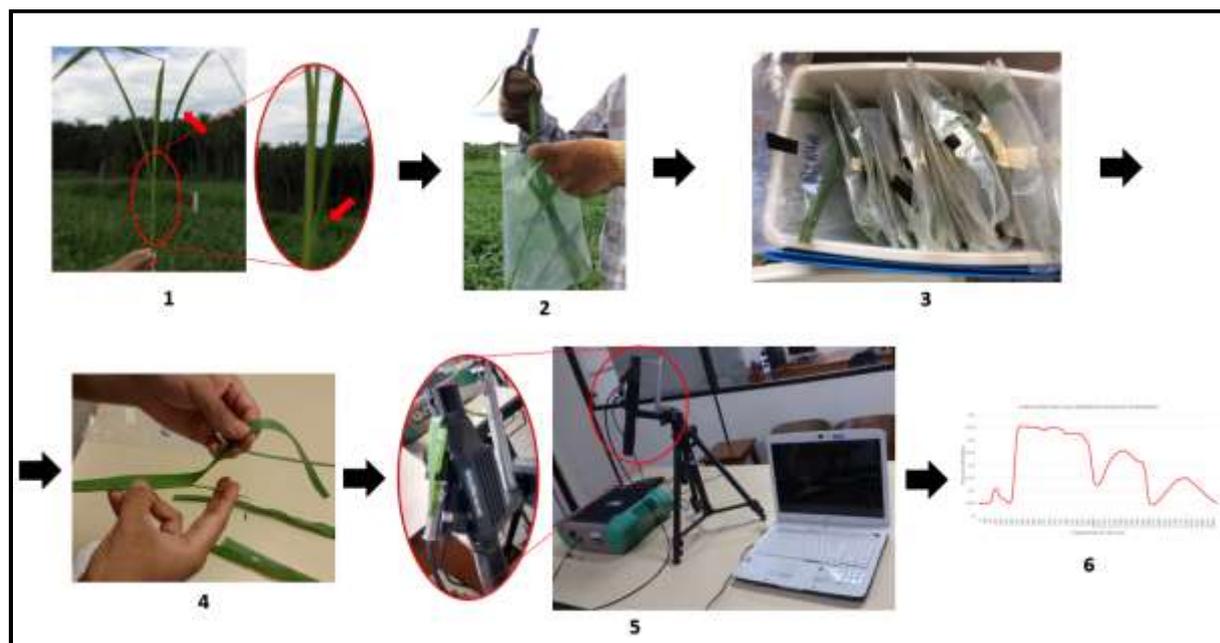


Figura 2. Passos da metodologia empregada para coleta dos dados.

2.3 Delineamento e estatística

O delineamento do experimento foi de blocos ao acaso e os tratamentos que foram aplicados estão descritos conforme a Tabela 1, sendo que a cada tratamento aplicou-se quatro repetições.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos experimentais.

Nomenclatura	Descrição
N0	Dose controle – 0kg/ha
N50	Dose baixa – 50kg/ha
N100	Dose recomendada – 100kg/ha
N150	Sobredose – 150g/ha

Um pré-processamento foi utilizado nas curvas, a fim de que fosse retirado ruídos nas extremidades das curvas espectrais, os quais são provocados por interferência da umidade do ambiente (ABDEL-RAHMAN et al., 2013 apud BARROS, 2016). Após o pré-processamento as curvas foram avaliadas no ambiente R (versão 3.2.2) por análise discriminante, a qual propõe o agrupamento de dados a partir da identificação variáveis que os distinguem (PESTANA, 2005). A semelhança entre os grupos foi testada com o uso do centroide de cada um, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Na Figura 3 observa-se a curva espectral média das folhas da mombaça para cada dose de nitrogênio. É perceptível que todas as curvas apresentaram comportamento semelhante e com presença de regiões espectrais bem definidas para vegetação, como a região de alta absorção no visível, principalmente pela presença de pigmentos como a clorofila (BARROS, 2016); o patamar de alta reflectância na região do infravermelho próximo (700-1300nm) por não apresentar elementos de absorção intensa e por ser influenciado por discontinuidades estruturais da folha (PEÑUELAS E FILELLA, 1998); além das bandas de água bastante definidas por volta dos comprimentos de onda 1450 e 1950 nm (demonstrado pelas setas da Figura 3).

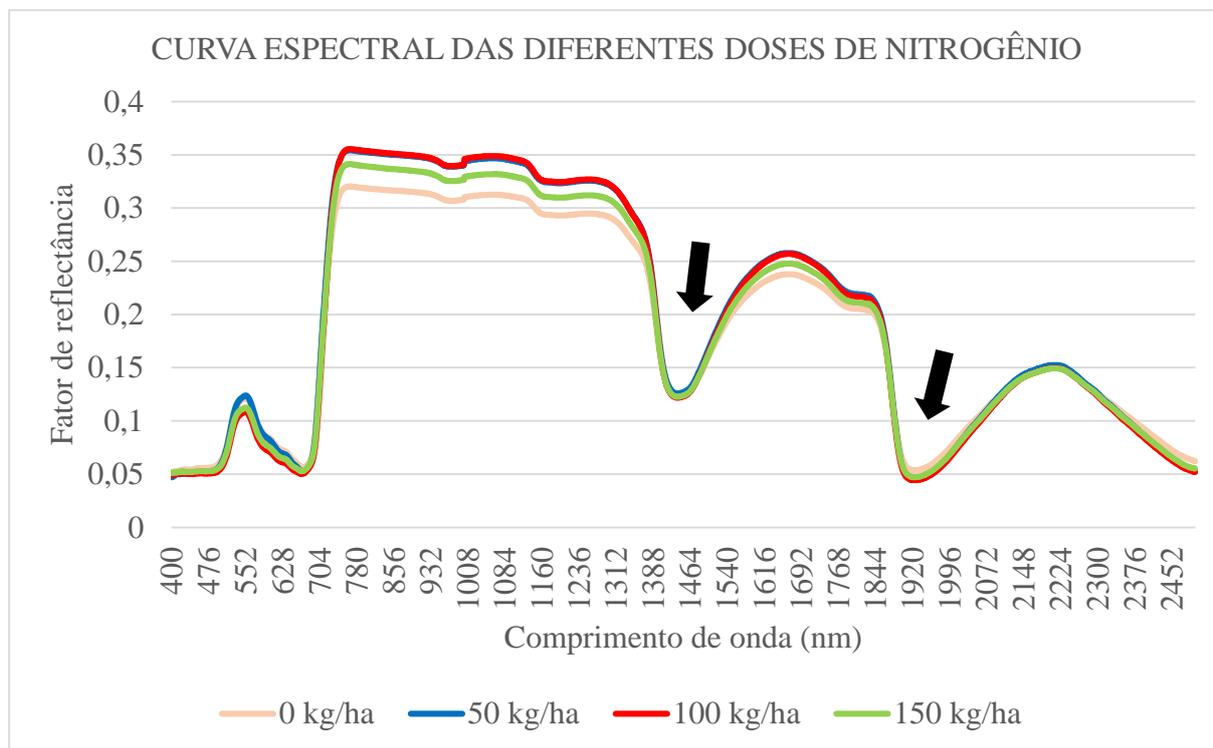


Figura 3. Resposta espectral das folhas de mombaça em cada tratamento de nitrogênio.

Uma análise mais detalhada da região do vermelho está demonstrada na Figura 4 a seguir, a qual mostra principalmente a inversão das doses de 0kg/ha e de 100kg/ha no início para o fim da região, enquanto que a menor dose tem maior reflectância no início e a menor resposta no fim dessa região; sendo que o contrário acontece com o tratamento de dose mais adequada. Esse comportamento foi análogo ao de Schlemmer et al. (2013) para o milho, onde a reflectância no *red edge* foi maior para as amostras que continham maior concentração de nitrogênio e de clorofila; e para Daughtry et al. (2000) que observou que as folhas com menor conteúdo de clorofila apresentaram as maiores reflectâncias no visível e menores no infravermelho próximo. Já o comportamento da dose de 150kg/ha, a qual não possui repostas espectrais superiores aos da dose de 100kg/ha, pode ser explicada pelos fatores mencionados por Martins et al. (2011), o qual explica que a deficiência de nitrogênio compromete o crescimento e desenvolvimento das plantas, porém os sintomas de excesso ou deficiência de um nutriente são semelhantes.

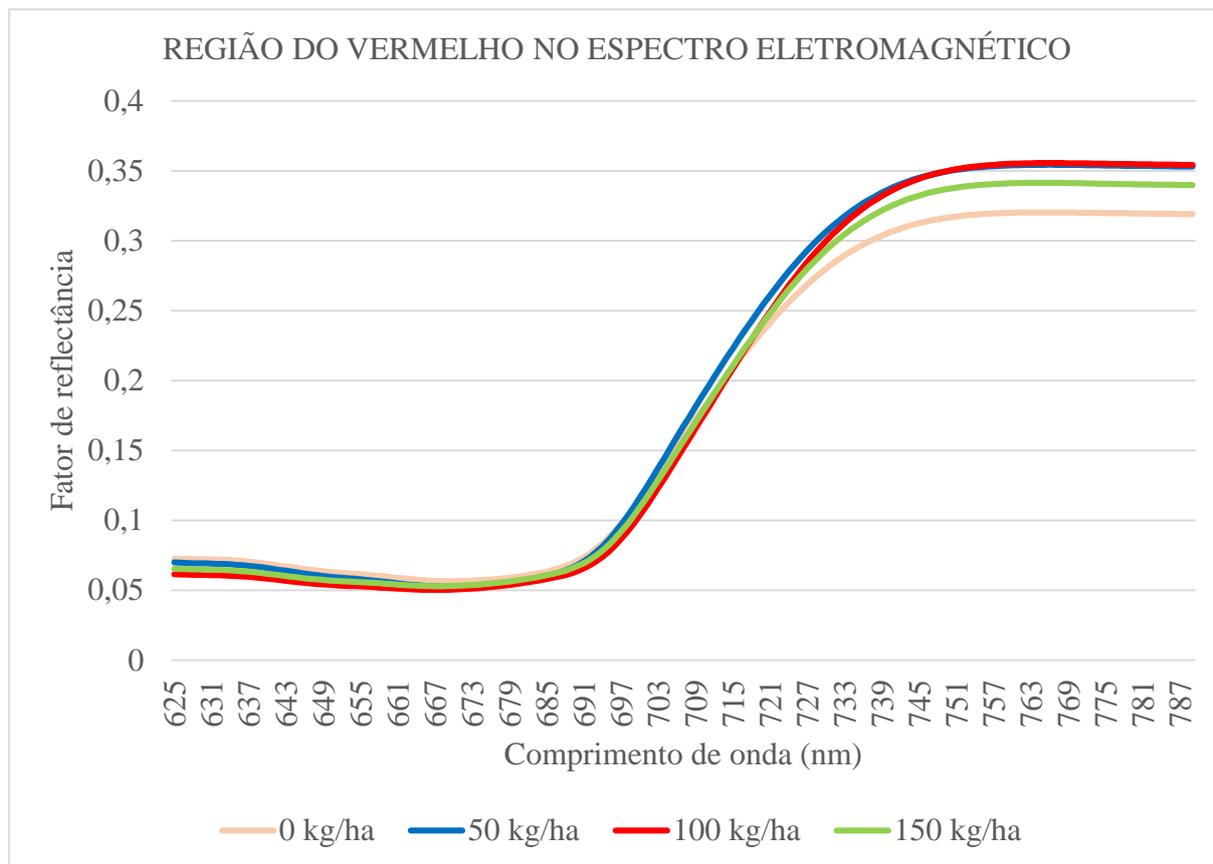


Figura 4. Resposta espectral de cada tratamento na região do vermelho.

Na Figura 5 abaixo, apresenta-se o resultado da análise de discriminantes das doses de nitrogênio, onde a função discriminante 1 explica 43,3% da variabilidade dos dados e a segunda explica 32%. A partir desse gráfico, observa-se que a dose de 0kg/ha se diferiu fortemente das demais e que essas também formaram agrupamentos bastante independentes; mostrando que as curvas espectrais das parcelas de cada tratamento conseguiram representar as diferenças de nutrição entre elas e a semelhança dentro de cada tratamento.

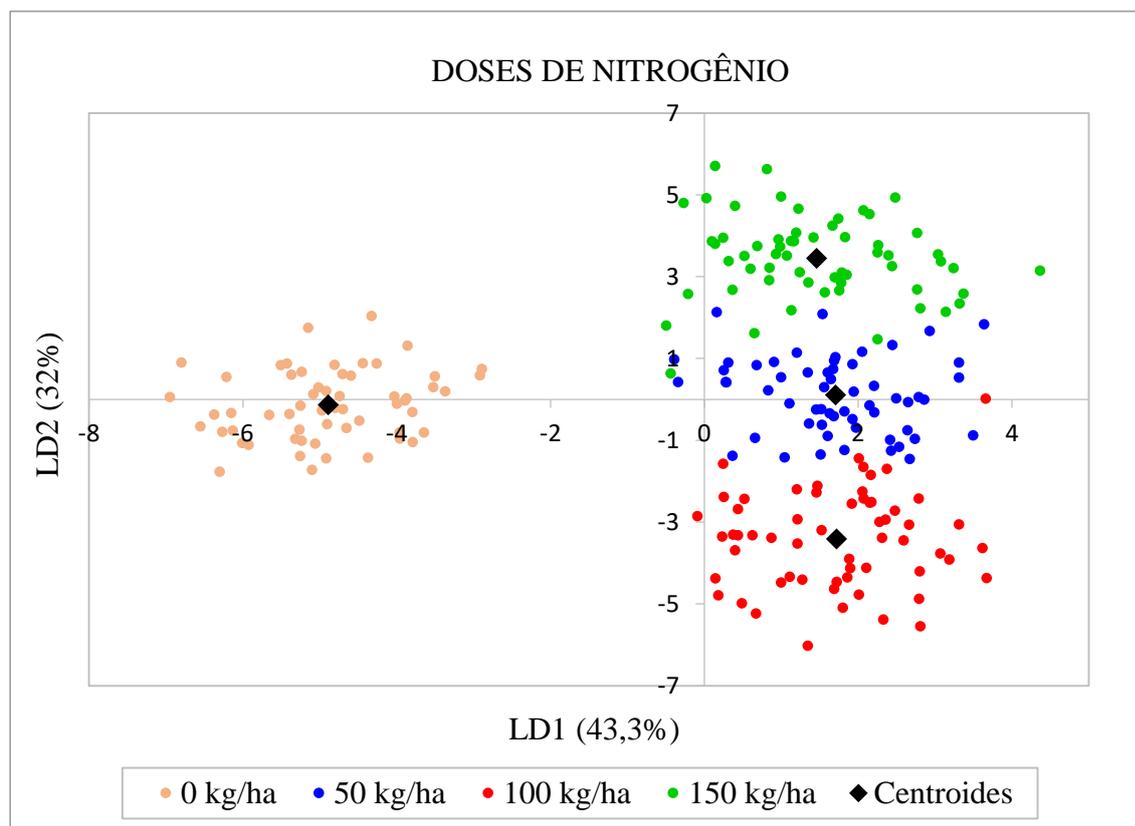


Figura 5. Análise discriminante das quatro doses de nitrogênio no cultivo de Mombaça.

A análise individual de cada uma das funções discriminantes feito pelo teste de Tukey a 5% com os centroides de cada dose encontra-se na Tabela 2 abaixo. A partir dela, pode-se confirmar a distinção da dose 0kg/ha pela equação 1; e que os tratamentos 50, 100 e 150kg/ha também se diferem entre si pela equação discriminante 2. Mostrando assim, que a discriminação dos tratamentos foi bastante eficiente por esse método estatístico.

Tabela 2. Resultado do teste de Tukey para os centróides dos tratamentos para a equação discriminante 1 (LD1) e 2 (LD2). Médias que apresentam letras iguais nas colunas não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamento	Média dos centroides	
	LD1	LD2
0 kg/ha	-4.8872 a	-0.1359 a
50 kg/ha	1.7068 b	0.1023 a
100 kg/ha	1.7201 b	-3.4160 b
150 kg/ha	1.4603 b	3.4496 c

4. Conclusões

A pastagem, cultura agrícola importante no cenário da agricultura brasileira, necessita de estudos para a melhoria de seu desempenho, como a adubação nitrogenada. O uso das curvas espectrais mostrou-se como uma ferramenta útil para a análise de diferentes doses de nitrogênio em pastagem, visto que os tratamentos empregados foram diferenciados e apresentaram comportamentos coerentes aos da literatura.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de estudo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e FAPESP pela doação dos equipamentos utilizados na pesquisa.

Referências Bibliográficas

Barros, P. P. S. **Dados hiperspectrais de dossel e sua correlação com nitrogênio aplicado a cultura da cana-de-açúcar**. 2016. 132p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2016.

Barros, P. P. S. **Dados hiperspectrais de dossel e sua correlação com nitrogênio aplicado a cultura da cana-de-açúcar**. 2016. 132p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2016 apud Abdel-Rahman, E.M.; Ahmed, F.B.; Ismail, R. Random forest regression and spectral band selection for estimating sugarcane leaf nitrogen concentration using EO-1 Hyperion hyperspectral data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 2, p. 712-728, 2013.

Campbell, J. B.; Wynne, R. H. **Introduction to Remote Sensing**. 5. ed. New York: The Guilford Press, 2011. 667 p.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Brasília: **EMBRAPA**, 2006. 306p.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **EMBRAPA**, 2014. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102203/1/DOC-402.pdf>> Acesso em: 01/11/2016

Mahlein, A. K.; Rumpf, T.; Welke, P.; Dehne, H. W.; Plümer, L.; Steiner, U.; Oerke, E. C. Development of spectral indices for detecting and identifying plant diseases. **Remote Sensing of Environment**, v. 128, p. 21–30, 2013.

Molin, J. P., Frasson, F. R., Amaral, L. R., Povh, F. P., Salvi, J. V. Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, p.1345-1349, 2010.

Pestana, M.H.; GAGEIRO, J.N. **Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS**. 4 ed. Lisboa: Silabo, 2005. 690p.

Schlemmer, M.; Gitelson, A.; Schepersa, J.; Ferguson, R.; Peng, Y.; Shanahana, J.; Rundquist, D. Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leaf and canopy levels. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 25, n. 1, p. 47-54, 2013.

Silva, L. F.; Lima, A. M. L. P.; Silva Filho, Demóstenes Ferreira; Couto, H. T. Z. Intercepção da chuva por duas espécies arbóreas em áreas verdes urbanas. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 547-555, 2010.

Peñuelas, J.; Filella, I. Visible and near infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. **Trends in plant science**, v. 3, n. 4, p. 151-156, 1998.

Daughtry, C. S. T.; Walthall, C. L.; Kim, M. S.; Colstoun E. B.; McMurtrey J. E. Estimating Corn Leaf Chlorophyll Concentration from Leaf and Canopy Reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v. 74, n. 2, p. 229-239, 2000.

Martins, J. P. R.; Santos, B. R; Barbosa, S; Máximo, W. P. F.; Beijo, L. A.; Paiva, R. Crescimento e aspectos sintomatológicos na aclimatização de ipê-roxo. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 435-442, 2011.