

USO DE IMAGEM DIGITAL PARA ESTIMAR O TEOR FOLIAR DE NITROGÊNIO EM CACAUEIROS

Tayla de Almeida Silva¹, José Olimpio de Souza Júnior², Marcelo Schramm Mielke³, Cesar Oswaldo Arévalo Hernández⁴

¹Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16, Salobrinho, 45662-900, Bahia, Brasil, tylasilva@ymail.com. ²Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16, Salobrinho, 45662-900, Bahia, Brasil, olimpio@uesc.br. ³Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Departamento Ciências Biológicas, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16, Salobrinho, 45662-900, Bahia, Brasil, msmielke@uesc.br. ⁴Instituto de Cultivos Tropicales, Tarapoto, Peru, cesar.arevaloh@gmail.com

A reflectância das folhas pode ser uma alternativa para estimar a teor de nitrogênio (N) na planta, devido à relação entre o teor de clorofila e o de N no tecido foliar. O uso da imagem digital para avaliar o teor de N foliar vem sendo testado para algumas culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso da imagem digital para predizer o status nutricional de N em cacaueiros. Foram selecionadas 20 propriedades rurais no Sul da Bahia, que possuem lavoura cacauera em sistema agrossilvicultural e sem irrigação. Dentre as propriedades rurais que foram selecionadas, 10 estavam em zona úmida (ZU) e 10 em zona úmida a subúmida, denominada aqui apenas de zona subúmida (ZSU). Os materiais genéticos selecionados para trabalho foram os clones PH16, CCN51 e PS1319. Em cada propriedade, foram selecionadas quatro plantas de cada clone e quatro folhas diagnosticas foram amostradas por planta. As folhas foram escaneadas para obtenção de imagens digitais, nas quais, com auxílio do software Image J, foram determinados os valores red (R), green (G) e blue (B). O teor de N foliar também foi determinado. Nas condições deste estudo, não houve boas correlações entre componentes RGB e o teor foliar de N em cacaueiro cultivados em sistemas agrossilvicultural no Sul da Bahia, sugerindo que, para estas condições, o método da análise de imagem digital possui baixa capacidade preditiva do teor de N foliar.

Palavras-chave: Diagnóstico nutricional, *Theobroma cacao*, pigmentos fotossintéticos, índices RGB.

Use of digital image to estimate the nitrogen content in cacaueros leafs. The reflectance of the sheets can be an alternative for estimating the nitrogen content (N) in the plant, due to the relation between the content of chlorophyll and N in leaf tissue. The use of digital imaging to assess the leaf N content has been tested for some crops. The objective of this study was to evaluate the use of digital imaging to predict the nutritional status of N in cocoa. 20 rural properties were selected in the south of Bahia, where can be found cocoa plantation in agroforestry system and without irrigation. Among the rural properties selected, 10 were in humid zone (ZU) and 10 in the sub-humid and humid, called here only sub-humid zone (ZSU). The selected genetic material to work are the PH16, CCN51 and PS1319 clones. In each property, four plants of each clone were selected and four diagnostic leaves were sampled per plant. The leaves were scanned to obtain digital images, in which, with the help of Image J software, the red (R), green (G) and blue (B) values were determined. Leaf N content was also determined. In our study, there was no good correlations between components RGB and leaf nitrogen content in cocoa grown in agroforestry systems in southern Bahia; suggesting that, for these conditions, the method of digital image analysis has low predictive ability of the leaf N content.

Key words: Nutritional diagnosis, *Theobroma cacao*, photosynthetic pigments, RGB index.

Introdução

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes que desperta mais interesse por parte de produtores e pesquisadores em todo o mundo. Por ser um dos elementos mais requeridos pelas plantas, devido à sua relevância na produção de novas células e tecidos (Santos et al., 2016), o teor deste nutriente, interfere diretamente no crescimento, desenvolvimento e produção. Nesse contexto, o custo relativamente elevado dos fertilizantes nitrogenados, o tipo de fertilizante e a sub ou superfertilização, podem afetar significativamente a produção agrícola (Porto et al., 2014).

A dinâmica do N no solo é muito complexa e diferenciada em relação aos outros nutrientes. Esse nutriente possui grande mobilidade no solo, sofre inúmeras transformações mediadas por microrganismos, possui alta movimentação em profundidade, transforma-se em formas gasosas e se perde por volatilização, e tem baixo efeito residual (Aguiar; Silva, 2005). Com isso, parte expressiva do N introduzido no sistema de produção agrícola é frequentemente perdida. Schröder (2000), citado por Sena Junior et al. (2007), afirma que o N deve ser utilizado com cuidado para maximizar o retorno econômico, reduzir a susceptibilidade da cultura a pragas e doenças, melhorar a qualidade da cultura, poupar energia e proteger o meio ambiente.

Buscando otimizar a tomada de decisão em relação à recomendação de adubação nitrogenada há incentivos a pesquisas visando o estudo de métodos alternativos para avaliar o estado nutricional de N em plantas, de forma rápida e com menos custo para o produtor. O clorofilômetro é um aparelho portátil que permite a avaliação indireta do teor de N nas plantas, diretamente no campo. Contudo, o equipamento ainda é de difícil aquisição por produtores pelo alto custo e pela baixa disponibilidade no mercado brasileiro (Felisberto et al., 2016).

O N tem grande importância como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (Malavolta, 2006). A intensidade da cor verde da folha pode ser alternativa para estimar o teor de N na planta, devido à essa relação entre o teor de clorofila e o teor de N foliar (Sant'ana et al., 2010; Mercado-Luna et al.,

2010). A manipulação das imagens digitais, por meio de programas editores de imagem, fornece índices que expressam a cor verde da planta, que pode ter boa correlação com o teor de N na folha (Backes et al., 2010; Lima et al., 2012).

De acordo com Godinho et al. (2008), as imagens formadas nas telas dos computadores, normalmente, utilizam o sistema RGB para a definição de cores. Neste sistema, cada tom de cor é definido por três canais: R (vermelho), G (verde) e B (azul), cada canal possui valores que variam de 0 a 255, permitindo uma combinação de 2563 tonalidades em cada pixel, refletindo cores diferentes de acordo com a combinação desses três canais. Partindo do princípio de que a deficiência de N leva à redução na intensidade da coloração verde das folhas, estas medidas podem ser utilizadas para monitorar o teor deste nutriente presente nas plantas.

Ainda são poucos os trabalhos que fazem uso da imagem digital para auxílio na diagnose nutricional em cacaueiros. O uso da imagem digital para avaliar o teor de N em plantas vem sendo testado para algumas culturas como algodão, forrageiras, eucalipto, entre outras. Para essas culturas, tem-se obtido correlações positivas com teores foliares de N (Backes et al., 2010; Rossato et al., 2012; Rocha et al., 2013), no entanto, para que os índices obtidos por este método sejam utilizados de forma correta eles precisam estar calibrados de acordo com a cultura que será estudada.

Na cacaicultura, até o momento, não há estudos relacionados ao emprego desse método de análise. Diante desse contexto, a realização desse estudo teve como objetivo avaliar o uso de imagens digitais para predizer o teor de N foliar em cacaueiros.

Material e Métodos

Foram selecionadas 20 propriedades rurais no sul da Bahia, em 16 municípios (Tabela 1), que possuem lavoura cacauícola em sistema agrossilvicultural e sem irrigação. Dentre as propriedades rurais que foram selecionadas, 10 estavam em zona úmida (ZU) e 10 em zona úmida a subúmida, denominada neste texto apenas de zona subúmida (ZSU) (SEI, 2015). A ZU não possui estação seca definida e se enquadra em sete tipos climáticos segundo Thornthwaite: B4rA', B3rA', B2rA', B2rB', B1rA', B1r'A' e B1wA' (SEI, 2015).

Tabela 1 - Municípios e número de propriedades, por zona climática do sul da Bahia, onde este trabalho foi desenvolvido

Zona climática úmida (ZU)	Zona climática subúmida (ZSU)		
Município	Nº de propriedades	Município	Nº de propriedades
Uruçuca	1	Ipiaú	3
Teolândia	1	Itagibá	2
Itamarí	1	Ibirataia	2
Piraí do Norte	1	Barra do Rocha	1
Ibirapitanga	1	Itagi	1
Gandu	1	Gongogi	1
Wenceslau Guimaraes	1		
Ubatã	1		
Uma	1		
Ilhéus	1		

A ZSU possui um a dois meses de seca e se enquadra em quatro tipos climáticos: C2d A', C2d' A', C2d B' e C2w A' (SEI, 2015).

Os materiais genéticos selecionados para este trabalho foram os clones PH16, CCN51 e PS1319, por serem clones bastante difundidos na região, além de serem clones com boa produtividade e tolerância à vassoura de bruxa (Mandarino e Gomes, 2009). Em cada propriedade foram selecionadas quatro plantas de cada clone, com idade superior a cinco anos, em situações edáficas e topográficas distintas, buscando-se atingir maior variedade de solo possível. No período de janeiro a maio de 2015 foram coletadas quatro folhas sadias por planta (total de 48 folhas por propriedade), uma em cada quadrante, na meia altura da copa da planta (terceira folha a partir do ápice de um ramo recém amadurecido, sem lançamentos) (Souza Júnior, 2012).

Devido ao tamanho das folhas do cacaueiro, foi necessário cortá-las transversalmente em três partes para que fosse compatível ao tamanho do scanner, sendo o ápice e a base descartados e a porção da central, face adaxial, escaneada em no máximo oito horas após a coleta, utilizando o scanner de mesa HP scanjet 2400. O método de análise de imagens obtidas por scanner de mesa é considerado mais preciso, sendo utilizado como referência por vários autores (Lopes et al., 2007; Cunha et al., 2010; Lucena et al., 2011).

As imagens digitais foram salvas no formato TIFF (100 dpi) – esse formato e resolução permitem que uma ou várias folhas sejam analisadas uma única vez num único arquivo – e posteriormente as mesmas

foram analisadas no software Image J, que permite quantificar o valor médio das cores presentes na imagem. Com auxílio do referido software, obteve-se a área do fragmento foliar e, em duas áreas delimitadas por um retângulo de 8,84 por 0,91 cm (delimitação necessária para utilização do software), localizadas na porção central dos lados opostos da nervura central, determinaram-se os valores red (R), green (G) e blue (B), os quais correspondem as quantidades de radiação de luz vermelha, verde e azul refletidas pela imagem. A partir destes índices, médias das duas leituras por folha e de quatro folhas por planta, calculou-se os valores RGB sugeridos por diferentes autores e resumidas no trabalho de Riccardi et al. (2014): R, G, B, (R-B)/(R+B), G/(R+G+B), R/(R+G+B), G/R, R+G+B, R-B, R+B e R+G.

Os quatro fragmentos foliares de cada planta constituíram a amostra composta que foi seca, pesada e moída, sendo o teor foliar de N determinado por digestão, destilação e titulação (Silva, 2009). Determinou-se também a massa foliar específica (MFE: g cm⁻³), obtida pela divisão da massa seca pela área do fragmento foliar.

Fez-se análise de correlação linear simples de Pearson, a 1 % e 5 % de significância pelo teste t; e posteriormente análise de regressão simples e múltipla a 5 % de probabilidade, sendo os modelos de regressão semelhantes, por região e clone, comparados entre si pelo intervalo de confiança dos coeficientes da regressão. Para isso, foi utilizado o software estatístico R.

Resultados e Discussão

De modo geral, as correlações obtidas entre os componentes RGB e os teores de N foram superiores na ZU quando comparadas com a ZSU (Tabela 2), principalmente para os clones PH16 e CCN51, sendo a maioria dessas correlações negativas para todos os clones, indicando que as variáveis analisadas são inversamente proporcionais. Silva (2014) observou que um menor teor de clorofila, consequentemente menor teor de N, faz com que as espécies vegetais apresentem uma menor absorção da radiação luminosa na região do espectro entre 500 e 650 nm, já que este nutriente compõe a molécula de clorofila, pigmento que funciona como fotorreceptor da luz visível responsável pela fotossíntese. Por ter uma menor absorção nesses

Tabela 2 - Correlação linear de Pearson entre os teores foliares de N e componentes RGB, para três clones de cacaueiros, em duas zonas climáticas, do sul da Bahia: zona úmida (ZU) e zona subúmida (ZSU)

PH16		PS1319		CCN51		Todos os clones			
	ZU	ZSU	ZU	ZSU	ZU	ZSU	ZU	ZSU	ZU+ZSU
R	-0,45**	-0,23ns	-0,17ns	0,01 ns	-0,67**	-0,14ns	-0,39**	-0,13ns	-0,25**
G	-0,46**	-0,12ns	-0,16ns	0,23ns	-0,58**	-0,02ns	-0,38**	0,00 ns	-0,17**
B	-0,20ns	-0,04ns	-0,12ns	-0,15ns	-0,44**	0,03ns	-0,20*	-0,02ns	-0,07ns
R + G	-0,46*	-0,16ns	-0,17ns	0,14ns	-0,63**	-0,07ns	-0,39**	-0,05ns	-0,21**
R + B	-0,36*	-0,42**	-0,16ns	-0,11ns	-0,61**	-0,20ns	-0,33ns	-0,23**	-0,19**
R + G + B	-0,41**	-0,24ns	-0,16ns	0,12ns	-0,61**	-0,08ns	-0,36**	-0,08ns	-0,19**
R - B	-0,43**	-0,11ns	-0,15ns	0,06ns	-0,56**	-0,10ns	-0,37**	-0,07ns	-0,23**
G/R	0,13ns	0,30*	0,11ns	0,50**	0,37**	0,48**	0,16ns	0,40**	0,24**
R/(R + G + B)	-0,29*	-0,18ns	-0,11ns	-0,13ns	-0,47**	-0,23ns	-0,27**	-0,19*	-0,25**
G/(R + G + B)	-0,19ns	0,03ns	0,03ns	0,34*	0,00 ns	0,06ns	-0,10ns	0,10ns	0,02ns
(R - B)/(R + B)	-0,16ns	-0,07ns	-0,08ns	0,09ns	-0,36*	-0,09ns	-0,14ns	-0,05ns	-0,07ns

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste t.

ns – não significativo.

comprimentos de onda há, consequentemente, uma maior reflectância, dessa forma são obtidos maiores valores de RGB, visto que eles são medidos baseados na reflectância da folha.

Em sua maioria, as correlações entre os componentes RGB e o teor de N foliar foram baixas e, em muitos casos, não significativas. As melhores correlações foram observadas para os clones PH16 e CCN51 na ZSU. Para o clone PS1319, independente da região climática, quase todas as correlações foram não significativas. Os componentes que obtiveram melhores correlações com os teores de N foram: R, G, R+G, R+B, R-B e R+G+B, mas apesar destes coeficientes de correlações serem significativos, os mesmos são considerados baixos, mostrando uma baixa capacidade preditiva do teor foliar de N em cacaueiros pelo método em questão.

O modelo de regressão selecionado para o relacionamento do teor de N pelos componentes RGB para os clones PH16 e CCN51 na ZU foi o linear. Ao analisar o intervalo de confiança do intercepto (β_0) e do coeficiente angular (β_1) dos modelos de cada componente, verificou-se sobreposição dos mesmos, indicando que podem ser expressos como um único modelo de acordo com o índice analisado. Os mesmos, porém, apesar de significativos, apresentam baixa capacidade preditiva, visto que os coeficientes de correlações são baixos (Figura 1A, 2A, 3A, 4A, 5A e 6A).

As Figuras 1B, 2B, 3B, 4B, 5B e 6B evidenciam que não houve relação ($\bar{Y} = 22,4$) entre o teor de N e os componentes RGB para todos os clones na ZSU e para o clone PS1319 na ZU ($H_0: \beta_0 = 0$, rejeitou-se H_0), ou seja, a análise da imagem digital não foi capaz de predizer teores de N foliar na situação apresentada.

Fatores como diferença de sombreamento das plantas e época de amostragem podem ser determinantes no resultado obtido. Em relação à diferença de sombreamento, um fator a ser observado é a correlação entre os índices RGB e as características morfológicas foliares, que podem mudar devido à variação da incidência de luz entre plantas, por serem cultivadas em um sistema agrossilvicultural, existindo algumas plantas muito sombreadas e outras cultivadas praticamente a pleno sol. A amostragem variou de janeiro a maio, ou seja, do início do verão a meados do outono, havendo diferença na incidência luminosa entre essas estações, e essa incidência pode ter tido influência no teor de N foliar (Santana; Igue, 1979) e de clorofila (Engel; Poggiani, 1991).

A diferença de precipitação entre as zonas também podem ter exercido influência no resultado (SEI, 2015). De acordo com estudos realizados por Souza et al. (2002) com lima ácida ‘Tahiti’ o estresse hídrico pode ter efeito na radiação interceptada e refletida pela planta, que é a base para obtenção dos

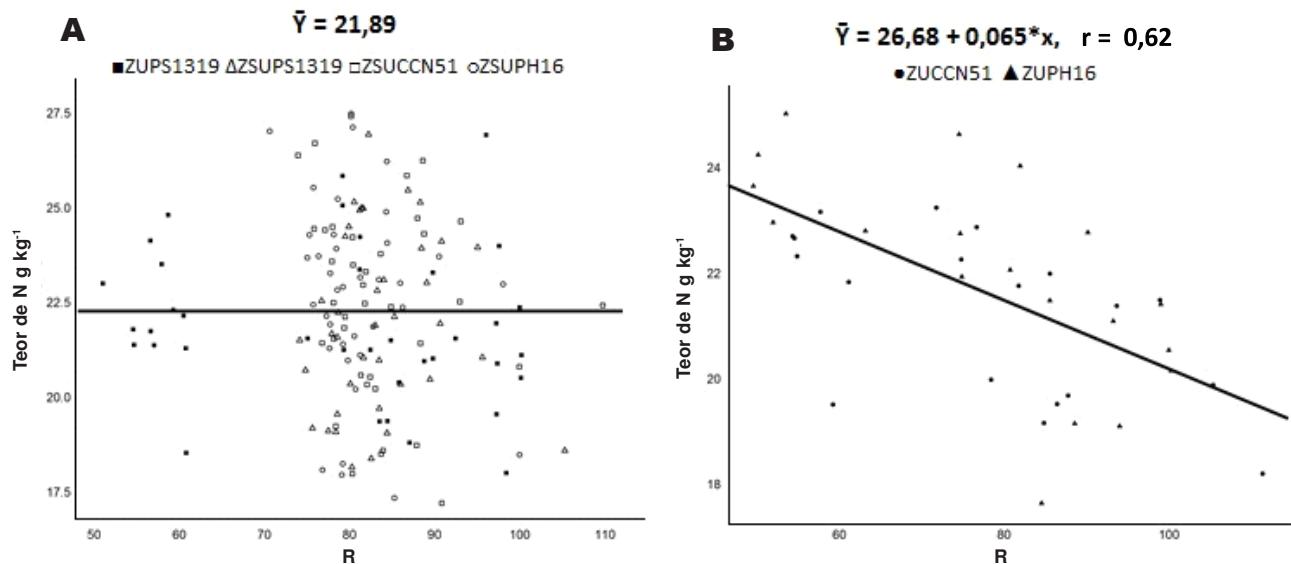


Figura 1 - Relação entre o componente R e o teor de N nas ZU, ZSU e entre clones. * Significativo a 5 % de probabilidade.

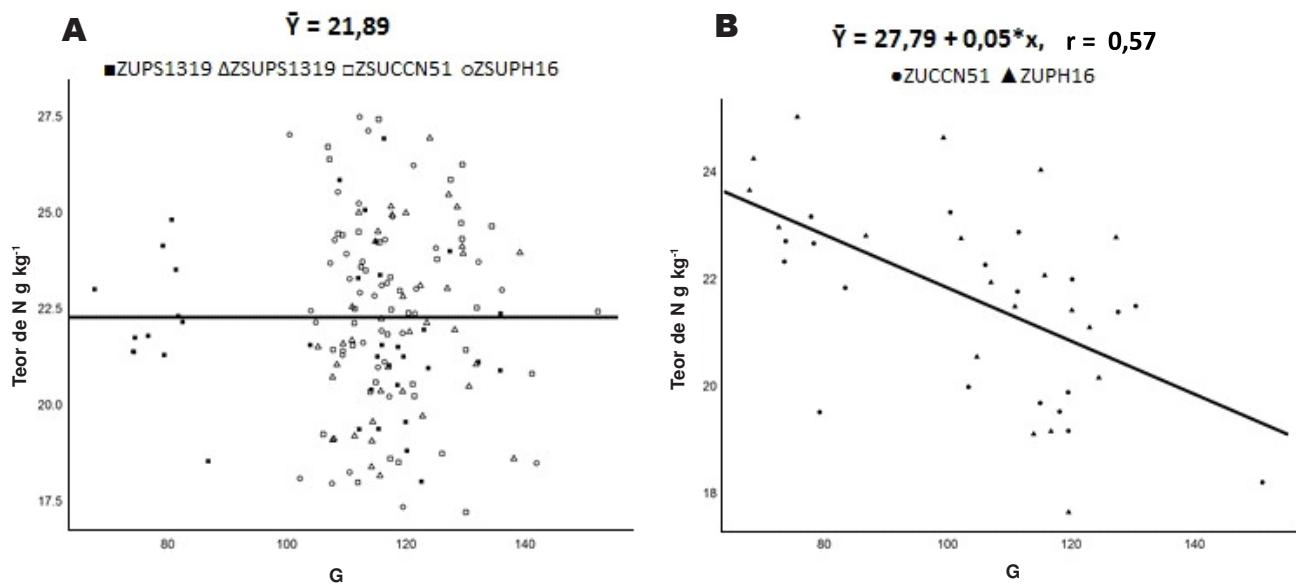


Figura 2 - Relação entre o componente G e o teor de N nas zonas úmida (ZU) e subúmida (ZSU), para os clones PH16, CCN51 e PS1319. * Significativo a 5 % de probabilidade.

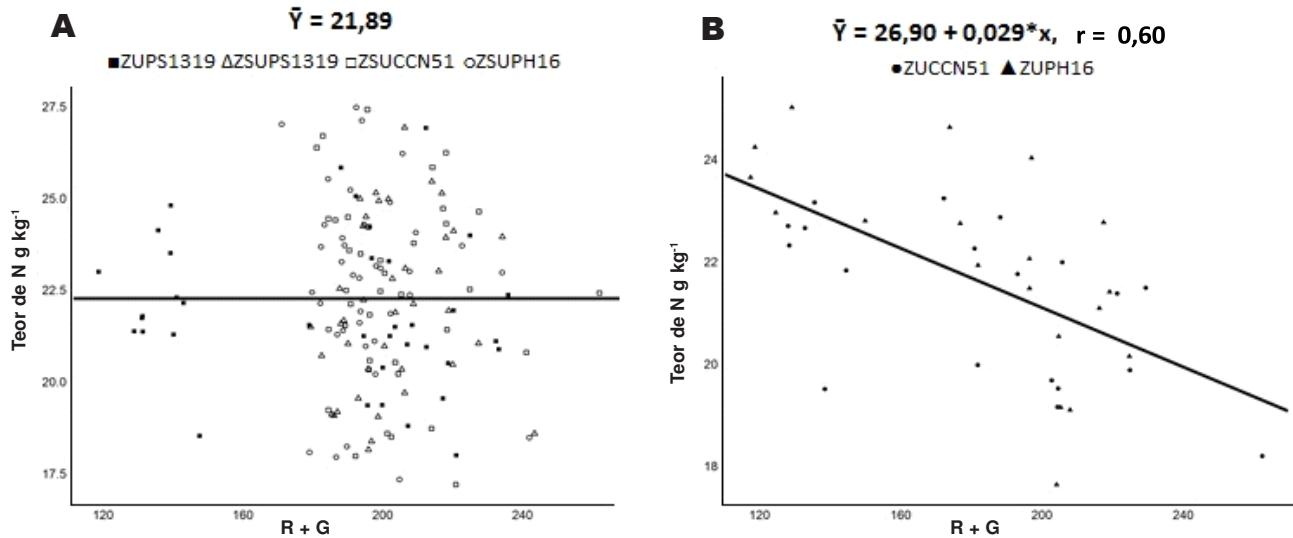


Figura 3 - Relação entre o componente R+G e o teor de N nas zonas úmida (ZU) e subúmida (ZSU), para os clones PH16, CCN51 e PS1319. * Significativo a 5 % de probabilidade.

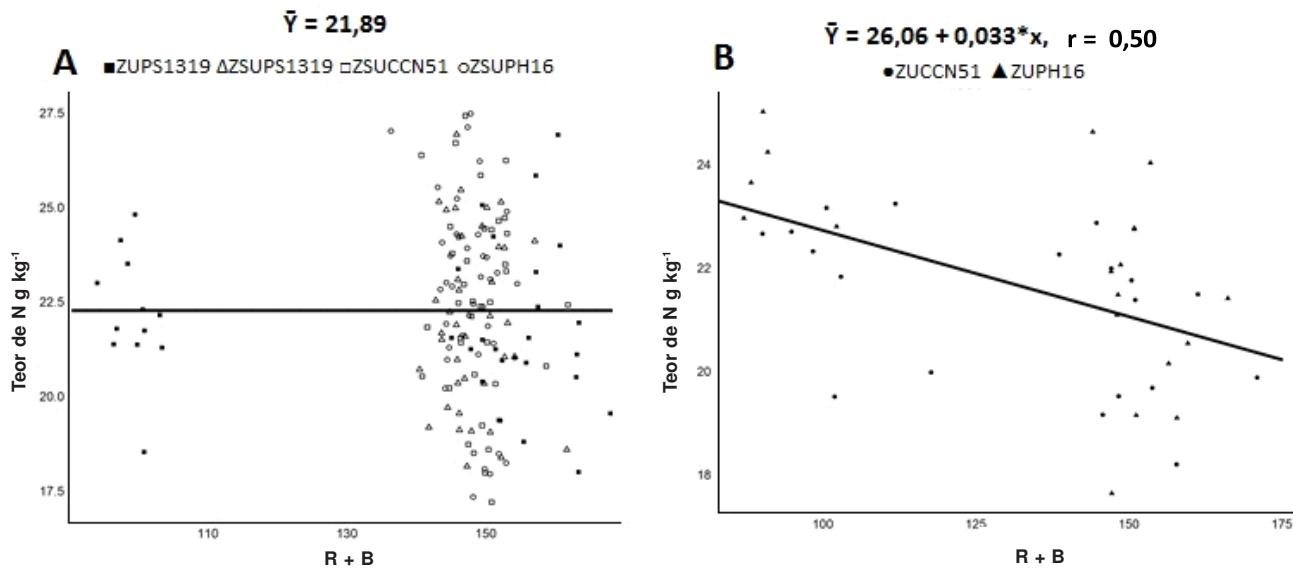


Figura 4 - Relação entre o componente R+B e o teor de N nas zonas úmida (ZU) e subúmida (ZSU), para os clones PH16, CCN51 e PS1319. * Significativo a 5 % de probabilidade.

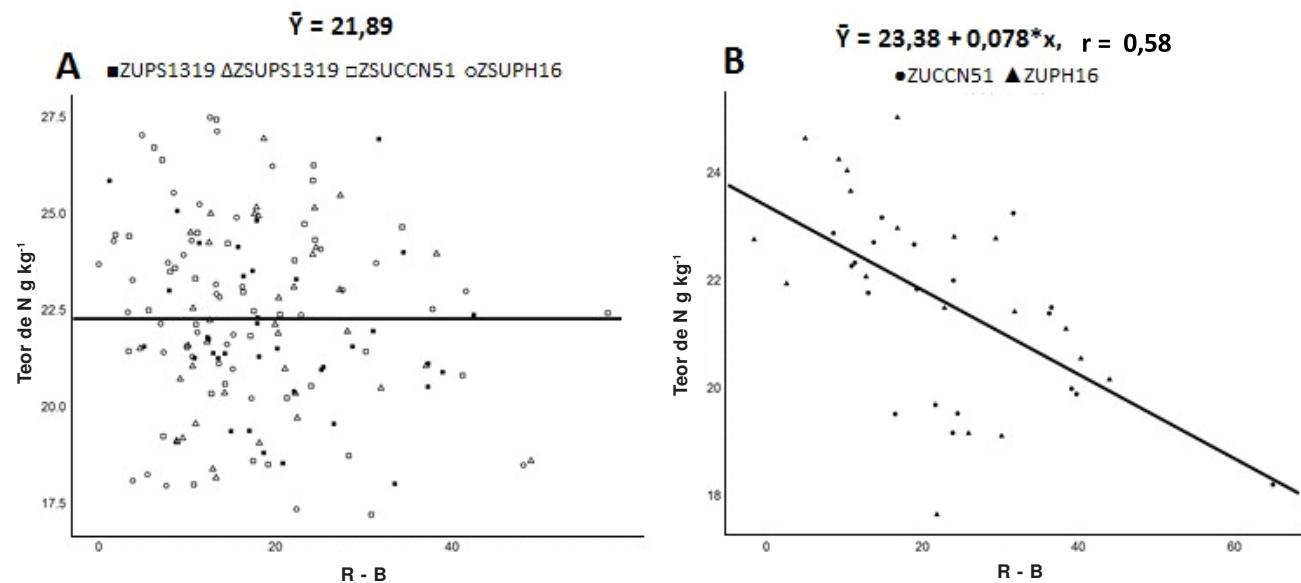


Figura 5 - Relação entre o componente R-B e o teor de N nas zonas úmida (ZU) e subúmida (ZSU), para os clones PH16, CCN51 e PS1319. * Significativo a 5 % de probabilidade.

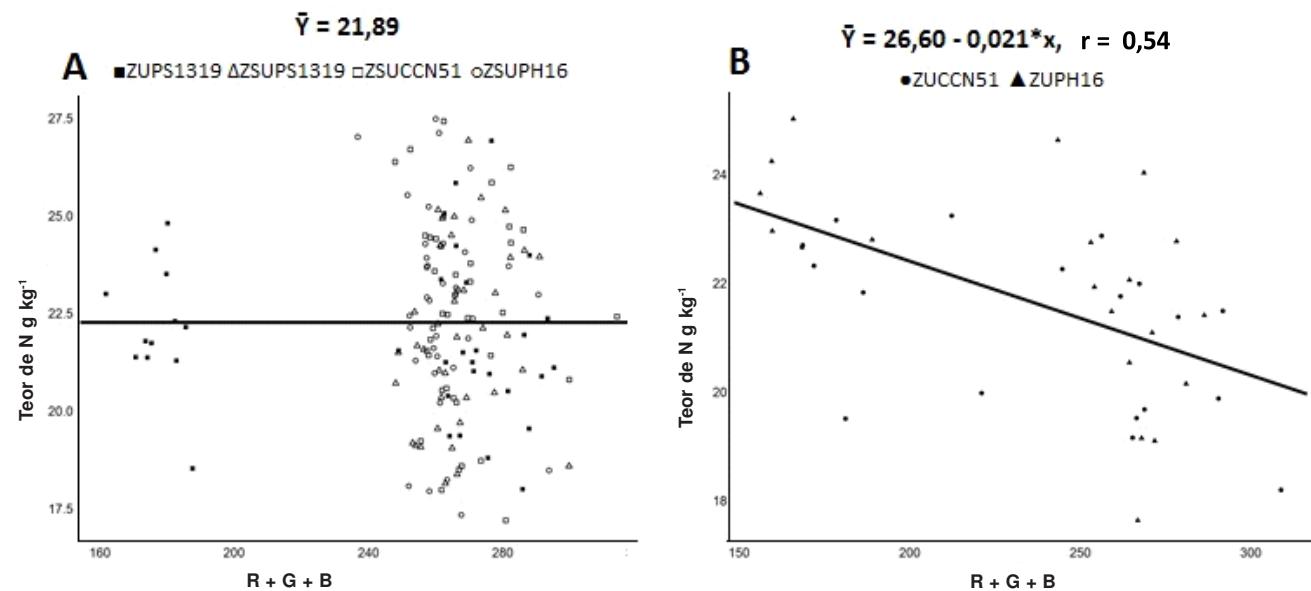


Figura 6 - Relação entre o componente R+G+B e o teor de N nas zonas úmida (ZU) e subúmida (ZSU), para os clones PH16, CCN51 e PS1319. * Significativo a 5 % de probabilidade.

índices RGB por imagem digital, nesse estudo o déficit hídrico reduziu a radiação interceptada, e aumentou a radiação refletida pelas árvores, mostrando que o fator umidade pode influenciar na utilização desse indicador do status de N na planta.

Contrariando o ocorrido neste trabalho, Vibhute e Bodhe (2013) concluíram que a análise da imagem digital pode ser útil para estimar exigências de N na produção de uvas em fase inicial, assim como eles, Lima et al. (2012) mostraram que os índices obtidos com a análise da imagem digital podem ser utilizados como ferramenta para auxiliar a recomendação da adubação nitrogenada para a cultura da grama-bermuda.

Tewari et al. (2013), ao desenvolver modelos de regressão entre vários recursos de imagem e teor de N em planta de arroz, verificaram que os valores previstos de N foram linearmente correlacionados com os índices da imagem (R^2 de até 0,95), mostrando que o teor de N pode ser estimado com sucesso usando a imagem digital.

Ao fazer a análise de regressão linear múltipla, incluindo a MFE, utilizada como indicativo da espessura da folha, pode-se observar que a mesma foi significativa para os modelos que tinham os componentes R, G e R+G, o que gerou aumento do coeficiente de correlação (Tabela 3). Contudo, este aumento foi discreto visto que passou de -0,62; -0,57 e 0,60 para -0,63; -0,59 e -0,62, respectivamente (Tabela 3), indicando que a inclusão da mesma no modelo, apesar de significativa, aumenta muito pouco a capacidade preditiva do modelo de regressão.

Tabela 3 - Equações de regressão linear múltipla, ajustadas para estimativa do teor de N foliar de cacaueiros, clones PH16, PS1319 e CCN51, em função dos componentes RGB e massa foliar específica (MFE), na zona úmida (ZU)

Variáveis	Equação de regressão	R
R	$\bar{Y} = 54,42 - 0,378^{**}R - 0,398^{**}MFE$	- 0,63
G	$\bar{Y} = 54,55 - 0,276^{**}G - 0,398^{**}MFE$	- 0,59
R + G	$\bar{Y} = 57,13 - 0,171^{**}R+G - 0,435^{**}MFE$	- 0,62

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Conclusões

- Nas condições deste estudo, não houve altas

correlações entre componentes RGB e o teor foliar de N em cacaueiro cultivados em sistemas agrossilvicultural no Sul da Bahia.

- As correlações obtidas entre os componentes RGB e os teores de N foram superiores na zona úmida, quando comparadas com a zona subúmida, principalmente para os clones PH16 e CCN51.

- O método da análise de imagem digital mostrou restrições para predizer o estado nutricional de N em cacaueiros.

Agradecimentos

A Fapesb pela bolsa concedida para realização desta pesquisa.

Literatura Citada

- AGUIAR, A. P. A.; SILVA, A. M. 2005. Calagem e adubação da pastagem. In: Simpósio de Forragicultura e Pastagens. Anais. Lavras, MG, UFLA. pp.177-246.
- BACKES, C. et al. 2010. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio de teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. Bragantia (Brasil) 69(3):661-668.
- CUNHA, J. L. X. L. et al. 2010. Comparação de métodos de área foliar em *Chrysobalanus icaco* L. Agropecuária Ciência no Semiárido (Brasil) 6 (3): 22-27.
- ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. 1991. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal (Brasil) 3(1):39-45.
- FELISBERTO, P. A. de C. et al. 2016. Índices de cor da folha para monitoramento nutricional de nitrogênio em plantas de pimentão. Científica (Brasil) 44(2):207-216.
- GODINHO, M. S. et al. 2008. Classificação de refrigerantes através de análise de imagens e

- análise de componentes principais (PCA). Química Nova (Brasil) 31(6):1485-1489.
- LIMA, C. P. et al. 2012. Uso de índices de reflectância das folhas para avaliar o nível de nitrogênio em grama-bermuda. Ciência Rural (Brasil) 42(9): 1568-1574.
- LOPES, S. B. et al. 2007. Estimativa da área foliar de meloeiro em estádios fenológicos por fotos digitais. Ciência Rural (Brasil) 37(4):1153-1156.
- LUCENA, R. R. M. et al. 2011. Medição de área foliar de aceroleira. Revista Caatinga (Brasil) 24 (2):40-45.
- MALAVOLTA, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba, SP, Editora Ceres. 631p.
- MANDARINO, E. P.; GOMES, A. R. S. 2009. Produtividade do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) cultivado em blocos monoclonais, no Sul da Bahia, Brasil. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n. 197. 132p.
- MERCADO-LUNA, A. et al. 2013. Nitrogen determination on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedlings by color image analysis (RGB). African Journal of Biotechnology 9 (33):5326-5332.
- PORTE, J. S. et al. 2014. Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. Scientia Plena (Brasil) 10(11):1-8.
- RICCARDI, M. et al. 2014. Non-destructive evaluation of chlorophyll content in quinoa and amaranth leaves by simple and multiple regression analysis of RGB image components. Photosynthesis Research 120(3):263-272.
- ROCHA, J. H. T. et al. 2013. Concentração de nutrientes e intensidade de cor verde em miniestacas de eucalipto. Bioscience Journal (Brasil) 29(6):1848-1856.
- ROSSATO, O. B. et al. 2012. Sensores de reflectância e fluorescência na avaliação de teores de nitrogênio, produção de biomassa e produtividade do algodoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 47(8):1133-1141.
- SANT'ANA, E. V. P. et al. 2010. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. Pesquisa Agropecuária Tropical (Brasil) 40(4):491-496.
- SANTANA, M. B. M.; IGUE, K. 1979. Composição química das folhas do cacaueiro em função da idade e da época do ano. Revista Theobroma (Brasil) 9(2):63-76.
- SANTOS, R. dos et al. 2016. Obtenção e avaliação de nutriente de nitrogênio em plantio de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L Moench). Revista Técnica Científica (Brasil) pp.1-9.
- SCHRODER, J. J. et al. 2000. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. Field Crops Research 66:151-164.
- SENA JÚNIOR, D. G. et al. 2007. Influência do solo na identificação de doses de nitrogênio em trigo utilizando classificadores multivariados com base em imagens digitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. Anais. Florianópolis, SC, INPE. pp.385-392.
- SILVA, C. S. ed. 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2º ed. Brasília, DF, EMBRAPA. 627p.
- SILVA, D. V. 2014. Métodos não destrutivos para estimativas de clorofilas como indicadores da qualidade de mudas de espécies florestais. Dissertação. Ilhéus, BA, UESC. 52p.
- SOUZA, M. J. H. de et al. 2002. Déficit hídrico e radiação interceptada e refletida pela limeira ácida "Tahiti". In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002, Foz de Iguaçu. Anais. CD Rom.
- SOUZA JÚNIOR, J.O. et al. 2012. Diagnose foliar na cultura do cacau. In: Prado, R.M. ed. Diagnose de plantas: diagnose foliar em frutíferas. pp. 443-476.
- SUPERINTENDENCIA DE ESTUDOS ECONOMICOS E SOCIAIS DA BAHIA.- SEI. 2015. Informações geoambientais. Disponível em: http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/cartogramas/pdf/carto_tip_clim.pdf Acessado em 10 de novembro de 2015.
- TEWARI, V. K. et al. 2013. Estimation of plant nitrogen content using digital image processing. CIGR Journal 15(2):78-86.

- VIBHUTE, A.; BODHE, K. 2013. Color image processing approach for nitrogen estimation of vineyard. International Journal of Agricultural Science and Research. 3(3):189-195.

