

Índices de vegetação na diferenciação de conteúdo relativo de água em clones do gênero *Eucalyptus*

Bruna Mariani Polez¹
Peterson Ricardo Fiorio¹
Ana Paula Barbosa Gady¹
Hugo Tameirão Seixas¹
Taila Fernanda Strabeli¹

¹Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” –
USP/ESALQ
Caixa Postal 9 – 13418-900 – Piracicaba – SP, Brasil
{bruna.polez, fiorio, anap.barbosa, hugo.seixas, tailastrabeli}@usp.br

Abstract: Eucalyptus cultivation is gaining increasing prominence in the national market; due to this, it is increasingly necessary to study the behavior of species of the genus *Eucalyptus* spp. under conditions of thermal and water stress. One tool for this is remote sensing, especially spectroradiometry. Using the RWC (Relative Water Content) and eight Vegetation Indices, this study was carried out to estimate the water content of *Eucalyptus* leaves at the experimental site of the Cooperative Program on Tolerance of Clonal Eucalyptus to Thermal Water Stresses in Piracicaba - SP, in the Areão Experimental Farm. With the calculation of CRA the result was that the clone with the highest value was *E. urophylla* X *E. tereticornes*, above 86%. Through a Simple Linear Correlation analysis, at 5% significance and discriminant analysis, it was obtained that only the *E. dunnii* clone correlated with six of the eight vegetation indexes used and CRA; Moreover, after performing the T-test with 28 crosses, 15 pairs of clones were also differentiated in relation to their CRA. The best index to be used is the MSI (Mouinsture Stress Index). However, many studies regarding anatomy and leaf architecture should be performed to understand these behaviors.

Palavras-chave: Remote sensing, spectroradiometry, Sensoriamento remoto, espectrorradiometria

1. Introdução

Segundo dados da IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores (2015); o Brasil possui 7,8 milhões de hectares de floresta plantada de *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., entre outras espécies comerciais. Totalizando 69 milhões de reais em receita bruta, o que representa 9% do PIB (produto interno bruto) brasileiro.

Devido a esta representatividade no mercado econômico brasileiro e apresentando diversos setores em que o gênero *Eucalyptus* se inclui, faz-se necessário cada vez mais estudos com este gênero e melhorias na sua implantação e desenvolvimento, principalmente relacionado ao estresse hídrico, térmico e comportamento dos materiais genéticos em diferentes sítios.

Um dos programas que iniciaram estudos a respeito destes temas foi o Programa Cooperativo sobre Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídrico e Térmico (TECHS), cujo principal objetivo é analisar o comportamento ecofisiológico de 18 clones possuindo os materiais genéticos em uso atualmente no Brasil, distribuídos em 36 sítios experimentais por todo o território nacional com diversas características climáticas, para estabelecer uma relação entre o estresse hídrico, térmico, fitossanidades e produtividade; tão intrínsecos a eucaliptocultura.

Em cada uma dessas áreas experimentais foram implantados clones com características peculiares, divididos em “clones tropicais de regiões mais úmidas, clones tropicais de regiões mais secas, clones de regiões subtropicais mais frias e clones intermediários e mais plásticos” (STAPE *et al*, 2014); assim classificados pela sua distribuição geográfica através da Classificação Climática de Köppen.

Unindo-se a esta intenção faz-se necessário a estimação do conteúdo de água nas folhas, especialmente pelo CRA (Conteúdo Relativo de Água), um parâmetro universal utilizado para avaliar a quantidade em porcentagem (%) de água na planta, correlacionando a assimilação de gás carbônico (CO₂) (TSNOVE *et al*, 2014) e a tolerância do indivíduo vegetal analisado à seca (ARNDT *et al*, 2015). Este parâmetro quantifica a proporção de água e matéria seca na folha. (DATT, 1999, RANJAN *et al*, 2015).

Além disso, outras ciências podem ser usadas para a quantificação da água; a abrangida neste trabalho é o Sensoriamento Remoto através da obtenção das leituras espectrais das folhas dos clones de *Eucalyptus* spp. e Índices de Vegetação. Datt (1999) e Ranjan *et al* (2015) em seus trabalhos verificaram que existe uma forte correlação entre o CRA e a reflectância em folhas de *Eucalyptus* spp. Os índices utilizados por eles são: $(R_{850}-R_{2218}) / (R_{850}-R_{1928})$, $(R_{850}-R_{1788}) / (R_{850}-R_{1928})$, MSI e NDII.

Com este propósito, o presente trabalho tem por objetivo reavaliar o desempenho de alguns índices de vegetação para a quantificação da água nas folhas de *Eucalyptus* spp., para verificar se estes se aplicam a mesma área e indivíduos após aproximadamente dois anos de coleta e análise espectral dos materiais.

2. Metodologia de Trabalho

Os materiais coletados para a realização deste trabalho estão localizados na Fazenda Experimental Areão em Piracicaba - SP, pertencente a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, cujas coordenadas de latitude e longitude são: 22° 41’ 07” S e 47° 38’ 38” W, respectivamente. A área experimental é um dos sítios que compõe o Programa Cooperativo de Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídrico, Térmico e Biótico (TECHS), nela estão implantados 18 diferentes clones, porém neste estudo utilizaram-se apenas oito clones; devido às alturas das árvores serem superiores a extensão que o podão podia se desdobrar. Os clones utilizados são descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Clones coletados com a característica climática e espécies que o compõe.

Característica	Espécie (híbrido = "mãe x pai")
Plástico	<i>Eucalyptus saligna</i>
Plástico	<i>Eucalyptus urophylla</i> X <i>Eucalyptus grandis</i>
Plástico	<i>Eucalyptus urophylla</i> X sp
Plástico	<i>Eucalyptus grandis</i> X <i>Eucalyptus camaldulensis</i>
Tropical	<i>Eucalyptus urophylla</i>
Tropical	<i>Eucalyptus urophylla</i> X <i>Eucalyptus tereticornis</i>
Subtropical	<i>Eucalyptus dunnii</i>
Subtropical	<i>Eucalyptus urophylla</i> X <i>Eucalyptus globulus</i>

Na semana do dia 5 ao dia 12 de Setembro de 2016, havia chovido 10,8mm no dia 5 e 6,4mm no dia 6. A umidade relativa média nestes sete dias foi de 70,25%, com temperaturas máximas médias de 28,35°C, mínimas médias de 13,8°C e média de 21,1°C. (Estação Meteorológica – ESALQ/USP)

No dia 08 de Setembro de 2016, dez folhas de cada clone foram coletadas no sítio experimental pela manhã, aproximadamente às nove horas com o auxílio do podão; posteriormente foram armazenadas em sacos plástico identificados por clone, e condicionados em caixa térmica com gelo. Em seguida, foram levadas até o Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo – ESALQ/USP.

No Laboratório de Geoprocessamento, foram realizadas as leituras espectrais das 80 folhas com o auxílio do espectroradiômetro ASD FieldSpec® 3, que abrange os comprimentos de onda de 350 a 2500 nanômetros, acoplado ao acessório LeafClip, especializado em análise de vegetação; fazendo-se três leituras por folha com a parte adaxial do limbo voltada ao sensor; estas sendo distribuídas por todo o limbo foliar, uma mais próxima à parte superior, outra à parte inferior e outra ao centro da folha; evitando-se a leitura da nervura principal. Ao início do procedimento, e a cada 30 leituras, o aparelho era novamente calibrado com a placa branca padrão que acompanha o LeafClip.

Logo após, as 80 folhas foram pesadas em uma balança com precisão de quatro casas decimais. Imediatamente a este estágio, as amostras foram colocadas em uma bandeja com água limpa e mantidas plenamente imersas, onde permaneceram por 24 horas.

Passadas as 24 horas, as amostras totalmente túrgidas foram novamente pesadas com o auxílio de uma balança com precisão de quatro casas decimais e as folhas foram secas em estufa à 65°C, durante o período de 72 horas.

Com os dados de massa obtidos calculou-se o CRA, segundo a Equação 1, proposta por Turner (1981), Nogueira *et al* (2001), Pacheco *et al* (2011) e Fernandes *et al* (2015) com o subsídio do Excel®.

$$CRA (\%) = \frac{PF - PS}{(PT - PS)} * 100 \quad (1)$$

Onde,

PF = Peso Fresco (g)

PS = Peso Seco (g)

PT = Peso Túrgido (g)

Em relação à análise estatística, com as curvas espectrais obtidas realizou-se a média das três leituras por folha de cada clone, selecionou-se as curvas do intervalo de 450 a 2400 nanômetros excluindo-se, dessa forma, os ruídos. E os comprimentos de onda 1000 e 1800 nanômetros também foram eliminados, pois estes referem-se à mudança de sensor no aparelho e interferiam na análise.

Depois, baseando-se na dissertação de Strabelli (2016), calculou-se os Índices de Vegetação com os comprimentos de onda obtidos de cada amostra. Foram utilizados oito índices, cujas equações para a sua obtenção e os respectivos comprimentos de onda (λ_n) explorados para isso são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Índices de vegetação utilizados, seus respectivos comprimentos de onda e equações.

Índice	Equação
Water Index (WI)	$\lambda_{900} / \lambda_{970}$
Moisture Stress Index (MSI)	$\lambda_{1650} / \lambda_{820}$
Normalized Difference Water Index (NDWI)	$(\lambda_{860} - \lambda_{1240}) / (\lambda_{860} + \lambda_{1240})$
Normalized Difference Infrared Index (NDII)	$(\lambda_{819} - \lambda_{1600}) / (\lambda_{819} + \lambda_{1600})$
Simple Ratio 701/820 (SR _{701/820})	$\lambda_{701} / \lambda_{820}$
Simple Ratio 1300 / 1450 (SR _{1300/1450})	$\lambda_{1300} / \lambda_{1450}$
$(R_{850} - R_{2218}) / (R_{850} - R_{1928})$	$(\lambda_{850} - \lambda_{2218}) / (\lambda_{850} - \lambda_{1928})$
$(R_{850} - R_{1788}) / (R_{850} - R_{1928})$	$(\lambda_{850} - \lambda_{1788}) / (\lambda_{850} - \lambda_{1928})$

Com os valores obtidos realizou-se a análise de Correlação Linear Simples entre o CRA e os Índices de Vegetação calculados, considerando-se as 80 folhas amostradas. Após isso, aplicou-se o Teste T para verificar a significância estatística das correlações conseguidas entre clones. O Teste T foi resolvido com um nível de significância de 5%. Foram usados 70% dos dados para a análise de correlação e 30% para a sua validação, a precisão dos resultados foi avaliada pelo Coeficiente de Determinação (R^2).

3. Resultados e Discussão

Paula *et al* (2011) encontraram valores aproximados a 90% para CRA em clones de *Eucalyptus* spp. e com isso conseguiram selecionar progênies, segregando caracteres biométricos e fisiológicos relacionados à deficiência hídrica. Da mesma forma, os valores obtidos neste trabalho se aproximaram de 90%. O CRA calculado para cada clone é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de Conteúdo Relativo de Água (CRA %) calculado por clone.

Característica	Espécie	CRA (%)
Plástico	<i>E. saligna</i>	86,0131
Plástico	<i>E. urophylla</i> X <i>E. grandis</i>	84,0563
Plástico	<i>E. urophylla</i> X sp	83,5217
Plástico	<i>E. grandis</i> X <i>E. camaldulensis</i>	85,2531
Tropical	<i>E. urophylla</i>	84,3386
Tropical	<i>E. urophylla</i> X <i>E. tereticornis</i>	86,6581
Subtropical	<i>E. dunnii</i>	86,6328
Subtropical	<i>E. urophylla</i> X <i>E. globulus</i>	86,2013

Os clones que resultaram em maiores quantidades de CRA foram: *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus tereticornis* (Tropical), *Eucalyptus dunnii* (Subtropical), *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus globulus* (Subtropical), *Eucalyptus saligna* (Plástico). Estes apresentaram o conteúdo relativo de água superior à 86%. Isto acontece pelo fato de apresentarem as características de Subtropicais e Plástico, pois, desta forma, o ambiente não é propício à perda de água através da evapotranspiração, no caso da região subtropical. Para o clone plástico, isto ocorre pela sua capacidade de adaptação à diversidade climática e consequentemente estresse hídrico ou térmico em diversos locais. No caso do clone Tropical que possui um CRA maior do que 86%, a explicação se dá pelo fato das espécies das quais resulta serem nativas de áreas mais amenas em relação aos estresses climáticos da Austrália, isto é, regiões mais úmidas.

Estatisticamente, com a análise de Correlação Linear Simples, o único clone que apresentou uma correlação forte em seis dos oito índices de vegetação analisados foi o *Eucalyptus dunnii* (Subtropical), como pode ser observado na Tabela 4, na qual os valores positivos e negativos de correlação estão destacados em negrito.

Tabela 4. Análise de Correlação dos clones por índice de vegetação e CRA.

Clone	Índices de Vegetação							
	WI	MSI	NDWI	NDII	SR	SR	(R ₈₅₀ -R ₂₂₁₈)	(R ₈₅₀ -R ₁₇₈₈)
					"701/820"	"1300/1450"	(R ₈₅₀ -R ₁₉₂₈)	(R ₈₅₀ -R ₁₉₂₈)
<i>E. saligna</i>	0.2524	-0.2700	0.2810	0.2424	0.3145	0.1354	0.3555	0.3490
<i>E. urophylla</i> X <i>E. grandis</i>	-0.3740	0.5065	-0.5093	-0.4687	-0.1096	-0.4249	-0.5300	-0.4253
<i>E. urophylla</i> X sp	-0.3403	0.4303	-0.4113	-0.3892	-0.5362	-0.3943	-0.5243	-0.4954
<i>E. grandis</i> X <i>E. camaldulensis</i>	-0.0524	0.0023	-0.0592	0.0140	-0.3423	0.1100	-0.0014	-0.0489
<i>E. urophylla</i>	-0.4136	0.6050	-0.4665	-0.5845	-0.2120	-0.4160	-0.5774	-0.5001
<i>E. urophylla</i> X <i>E. tereticornis</i>	-0.3779	0.6312	-0.5033	-0.6497	-0.1065	-0.6066	-0.6515	-0.5839
<i>E. dunnii</i>	-0.7657	0.7544	-0.6877	-0.7537	-0.1327	-0.7620	-0.8116	-0.7946
<i>E. urophylla</i> X <i>E. globulus</i>	0.4340	-0.4450	0.5929	0.4179	0.6163	0.4464	0.4604	0.3908

Essa diferença de sinais significa que, quando a correlação é positiva, as variáveis se movem juntas e é mais forte quanto mais próxima de um; quando é negativa as variáveis movem-se em direções opostas e quanto mais próxima de menos um, mais forte a correlação. Isto quer dizer que, duas variáveis perfeitamente correlacionadas positivamente movem-se em proporção na mesma direção, enquanto dois conjuntos perfeitamente correlacionados negativamente movem-se em proporção em direções opostas.

Assim, considerando-se os módulos dos valores obtidos pela Análise de Correlação Linear Simples de todos os clones é possível apontar o índice MSI e $(R_{850}-R_{2218}) / (R_{850}-R_{1928})$ como os que obtiveram maiores números, demonstrando maior representatividade.

Os parâmetros para a determinação de nível de correlação se baseiam na Tabela 5, de Silvia e Shimakura, 2006.

Tabela 5. Parâmetros de interpretação do nível de correlação.

Valor de p (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação Bem Fraca
0,20 a 0,39	Correlação Fraca
0,40 a 0,69	Correlação Moderada
0,70 a 0,89	Correlação Forte
0,90 a 1,00	Correlação Bem Forte

Validando as correlações obtidas, os Coeficientes de Determinação (R²) alcançados são expressos na Figura 1.

Analisando os Coeficientes de Determinação (R²) pode-se perceber que o clone de *Eucalyptus dunnii* nos seis índices de vegetação em que houve uma correlação com o CRA abrangeu valores de 0,5681; no caso do NDII e 0,6586 para o $(R_{850}-R_{2218}) / (R_{850}-R_{1928})$, menor e maior valor, respectivamente. O *Normalized Difference Infrared Index* (NDII) relaciona-se com os comprimentos de onda de 819 e 1600 nanômetros, ondas que fazem parte das faixas Infravermelho Próximo (700 a 1300nm) e Infravermelho Médio (1300 a 6000nm), nesta ordem. Assim como o índice $(R_{850}-R_{2218}) / (R_{850}-R_{1928})$, cujos comprimentos de onda de 850, 1928 e 2218 nanômetros, também fazem parte destas faixas do espectro eletromagnético.

A faixa do Infravermelho Próximo se caracteriza pela maior interação, isto é, maior reflectância das folhas, devido à baixa absorção e médio espalhamento resultante da Radiação Eletromagnética (REM) com o mesófilo. (ABREU & COUTINHO, 2014). Já a região do Infravermelho Médio é o estrato no qual a água é absorvida, por este motivo, na maioria das vezes a resposta espectral neste intervalo é menor. A reflectância nestes dois segmentos do

espectro eletromagnético pode ser afetada pelas condições ambientais e pelo aumento ou pela diminuição dos espaços intracelulares.

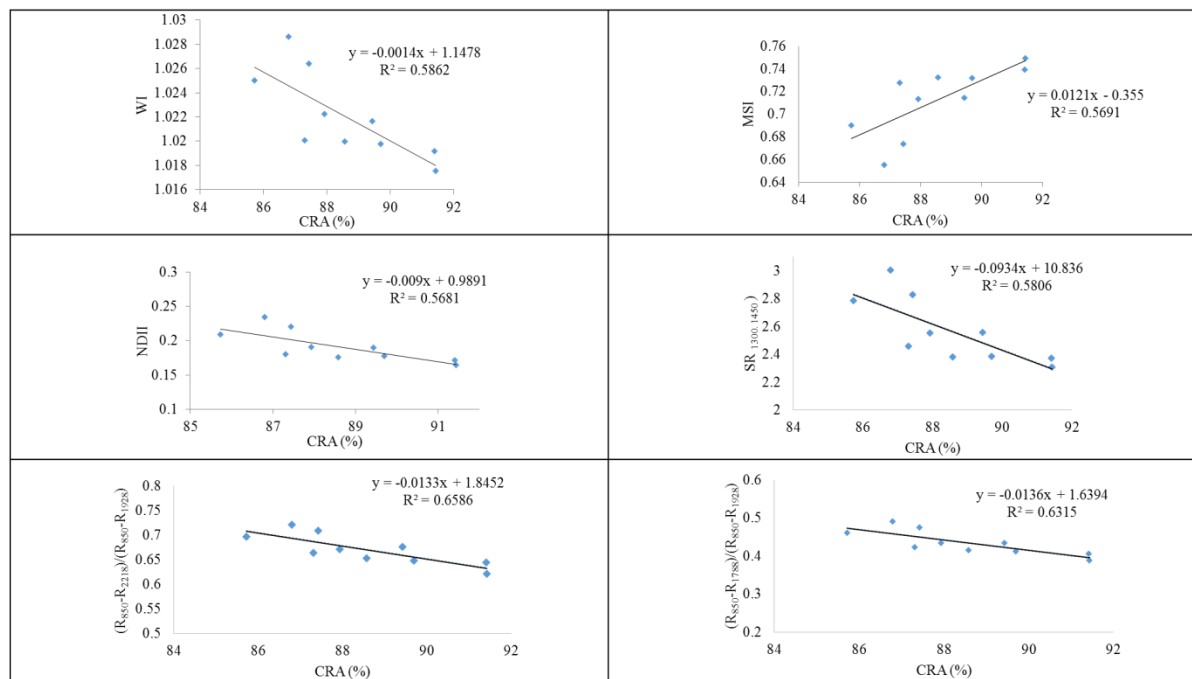


Figura 1. Conteúdo Relativo de Água (%) versus Índices de vegetação do clone *Eucalyptus dunnii* (Subtropical), com as equações ajustadas.

O Coeficiente de Determinação (R²) foi maior com o índice $(R_{850}-R_{2218}) / (R_{850}-R_{1928})$, pois, os comprimentos de onda do Infravermelho Médio são os maiores utilizados nos cálculos, tendo maior peso nos coeficientes encontrados. Isso também se dá pela boa adaptação do clone ao sítio experimental. Sua procedência é da região nordeste de New South Wales e sudeste de Queensland, Austrália; caracterizado pelo clima quente e úmido, assim como Piracicaba, evidenciando a adaptação deste material genético à região e sua maior resposta espectral. Podendo haver também relação com a anatomia das folhas, que são lanceoladas, isto é, em forma de lança, com comprimento de 10-20cm; sendo longas e finas, o que caracteriza uma menor área foliar, e com isso, menor área de evapotranspiração, ou seja, menor perda de água, o que também evidencia maior resposta espectral nestas bandas.

Por fim, o Teste T, ao nível de 5% de significância obteve cinco agrupamentos, nos quais os clones *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus camaldulensis* (Plástico) e *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus globulus* (Subtropical) separaram-se totalmente dos outros, como demonstra a Tabela 6.

Tabela 6. Agrupamentos obtidos pelo Teste T aplicado para os oito clones avaliados, com as respectivas médias.

Fator	Média	Agrupamento
<i>Eucalyptus grandis</i> X <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	91.8953	a
<i>Eucalyptus urophylla</i> X <i>Eucalyptus tereticornis</i>	89.2212	ab
<i>Eucalyptus dunnii</i>	88.5766	ab
<i>Eucalyptus urophylla</i> X sp	87.4045	bc
<i>Eucalyptus urophylla</i>	85.9918	bc
<i>Eucalyptus urophylla</i> X <i>Eucalyptus grandis</i>	83.9623	cd

<i>Eucalyptus saligna</i>	83.8565	cd
<i>Eucalyptus urophylla</i> X <i>Eucalyptus globulus</i>	80.3957	d

Isto ocorreu pelo fato de as espécies *E. camaldulensis* e *E. globulus*, que compõe esses clones serem de dois extremos morfoclimáticos; a primeira é de clima quente e seco, adaptável ao subúmido e semiárido, enquanto a segunda é de clima frio e úmido.

Em relação a diferenciação entre clones, o resultado é apresentado na Figura 2.

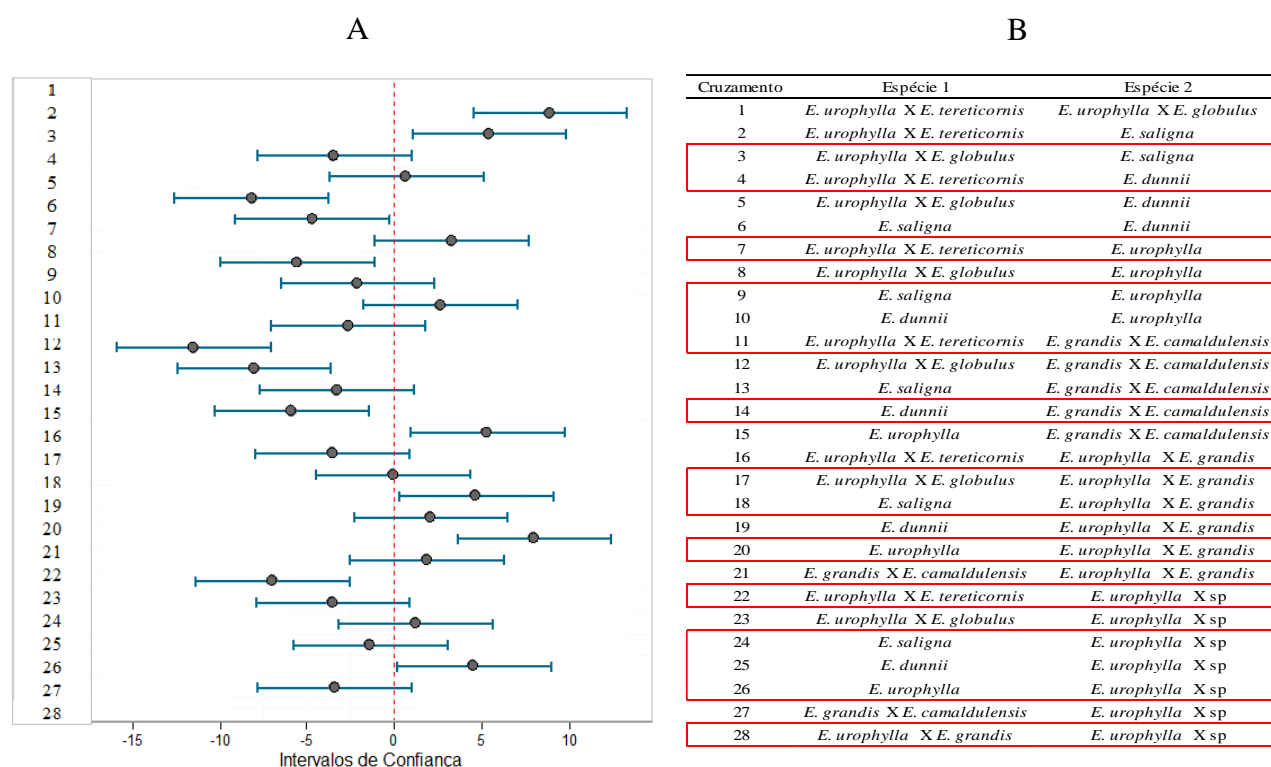


Figura 2. Gráfico dos cruzamentos realizados pelo Teste T (A) e clones utilizados em cada cruzamento (B), ressaltando-se os que se diferenciaram.

Com os valores de CRA dos oito clones, foram realizados 28 cruzamentos ao nível de 5% de significância, destes, 15 pares diferenciaram-se entre si. Foram eles: *E. urophylla* X *E. globulus* (Subtropical) e *E. saligna* (Plástico); *E. urophylla* X *E. tereticornis* (Tropical) e *E. dunnii* (Subtropical); *E. urophylla* X *E. tereticornis* (Tropical) e *E. urophylla* (Tropical); *E. saligna* (Plástico) e *E. urophylla* (Tropical); *E. dunnii* (Subtropical) e *E. urophylla* (Tropical); *E. urophylla* X *E. tereticornis* (Tropical) e *E. grandis* X *E. camaldulensis* (Plástico); *E. dunnii* (Subtropical) e *E. grandis* X *E. camaldulensis* (Plástico); *E. urophylla* X *E. globulus* (Subtropical) e *E. urophylla* X *E. grandis* (Plástico); *E. saligna* (Plástico) e *E. urophylla* X *E. grandis* (Plástico); *E. urophylla* (Tropical) e *E. urophylla* X *E. grandis* (Plástico); *E. urophylla* X *E. tereticornis* (Tropical) e *E. urophylla* X sp (Plástico); *E. saligna* (Plástico) e *E. urophylla* X sp (Plástico); *E. dunnii* (Subtropical) e *E. urophylla* X sp (Plástico); *E. urophylla* (Tropical) e *E. urophylla* X sp (Plástico); *E. urophylla* X *E. grandis* (Plástico) e *E. urophylla* X sp (Plástico).

Dos 15 cruzamentos que se diferenciaram dos demais, 11 pares destes são de clones com características diferentes, isto é, tropicais separando-se de subtropicais, plásticos de tropicais e plásticos de subtropicais. Entretanto, quatro pares que se diferiram possuíam características iguais, como é o caso dos seguintes: *E. urophylla* X *E. tereticornis* (Tropical) e *E. urophylla*

(Tropical); *E. saligna* (Plástico) e *E. urophylla* X *E. grandis* (Plástico); *E. saligna* (Plástico) e *E. urophylla* sp. (Plástico); *E. urophylla* X *E. grandis* (Plástico) e *E. urophylla* X sp. (Plástico).

Isso aconteceu porque ou uma das espécies que compõe o clone se diferencia das outras, como é o caso com *E. urophylla* X *E. tereticornis* e *E. urophylla*; *E. urophylla* X *E. grandis* e *E. urophylla* X sp. ou todas se diferenciam como para *E. saligna* e *E. urophylla* X *E. grandis*; *E. saligna* e *E. urophylla* sp. Contudo, a diferenciação de clones através do Teste T está relacionada com a anatomia da folha do indivíduo e sua fisiologia, sendo estas complementares ao material genético utilizado.

Alguns fatores biofísicos e estruturais podem estar associados a esta variabilidade espectral, como o índice de área foliar, o sub-bosque, a estrutura do dossel da espécie, condições da anatomia e arquitetura foliar (GOODWIN *et al.*, 2005; CANAVESI & PONZONI, 2010).

5. Conclusões

É possível diferenciar clones do gênero *Eucalyptus* utilizando-se de dados hiperespectrais e dados de CRA.

Observa-se que o índice de vegetação MSI é o mais indicado para a estimação do CRA.

Faz-se necessário um maior aprofundamento entre a relação de anatomia e arquitetura foliar e resposta espectral.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP- Processo nº 2013/22435-9), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), projeto PROSENSAP e ao projeto TECHS.

Referências Bibliográficas

- Abreu, K. M. P.; Coutinho, L. M. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índice de vegetação e métricas de paisagem. **Vértices**, v. 16, p.173-198, 2014.
- Canavesi, V.; Ponzoni, F.J. Caracterização espectral de plantios de *Eucalyptus* utilizando dados Hyperion EO-1 e SRTM. **Ambiência**, v.6, p.127-136, 2010. Edição especial.
- communities. **Australian Journal of Botany**, v.53, p.337-345, 2005. DOI: 10.1071/BT04085.
- GOODWIN, N.; TURNER, R.; MERTON, R. Classifying *Eucalyptus* forests with high spatial and spectral resolution imagery: an investigation of individual species and vegetation communities. **Australian Journal of Botany**, v.53, p.337-345, 2005. DOI: 10.1071/BT04085.
- Indicação de espécies de *Eucalyptus* spp. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.asp>>. Acesso em: 23 de Out. 2016.
- Paula, N. F.; Paula, R.C.; Borges, V. C. Comportamento de Progênies de Eucalipto sob estresse hídrico. In: Semana de Tecnologia do Curso de Biocombustíveis da Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, 4., 2011, Jaboticabal. Ciência & Tecnologia: FATEC – JB, 2011. v.3 Disponível em: <www.citec.fatecjab.edu.br/idex.php/files/article/download/111/pdf>. Acesso em: 15 de Nov.2016.
- Stape, J. L. *et al.* Fatores hídricos e as decisões de silvicultura, de melhoramento e de proteção na eucaliptocultura: o programa TECHS. In: Encontro Brasileiro de Silvicultura, 3., 2014, Campinas. Anais...Curitiba: Embrapa Florestas, 2014. p. 81-98. Disponível em: <http://www.ipef.br/techs/2014-stape_et_al-eps.pdf>. Acesso em: 22 de Out. 2016.
- Strabelli, T. F. **Resposta hiperespectral na determinação de conteúdo de água na folha em diferentes espécies do gênero *Eucalyptus* spp.** 2016. 108p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.