



Revista Brasileira de Cartografia (2010) N° 63/4, p. 545-553
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

DETECÇÃO DA PROPAGAÇÃO URBANA DA ERVA-DE-PASSARINHO (*LORANTHACEAE SP*) UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

*Detection of the Urban Propagation of the Mistletoe (*Loranthaceae sp*) using Remote Sensing Techniques*

**João Batista Tavares Júnior^{1, 3}, Daniel Rodrigues dos Santos¹,
Flavio Jorge Ponzoni², Quintino Dalmolin¹ & Alzir Felipe Buffara Antunes¹**

¹Universidade Federal do Paraná - UFPR

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas

joaotavaresjunior@yahoo.com.br, danielsantos@ufpr.br, qdalmolin@ufpr.br, felipe@ufpr.br

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR

Avenida dos Astronautas, 1758 – CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP, Brasil
flavio@dsr.inpe.br

**³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais –
IFSULDEMINAS**

Campus Inconfidentes – Setor de Agrimensura e Cartografia

Praça Tiradentes nº 416, Centro. Inconfidentes, MG, Brasil

Recebido em 01 de Fevereiro de 2011/ Aceito em 22 de Abril de 2011

Received on February 01, 2011/ Accepted on April 22, 2011

RESUMO

A detecção da ocorrência da *erva-de-passarinho* em árvores no meio urbano é relevante devido a vários fatores e a transtornos que ela pode causar. Dentre eles, destaca-se o sufocamento e a conseqüente morte da espécie arbórea hospedeira, descaracterizando o padrão de arborização urbana, além de possíveis acidentes provocados pela sua queda. Atualmente, a detecção é realizada através de observações in-loco com anotações em planilhas ou mapas para posteriores providências. O objetivo deste trabalho foi de avaliar se há diferenças espectrais significativas entre a resposta espectral das folhas da erva-de-passarinho em relação às folhas do seu hospedeiro, de tal forma que seja possível a realização da detecção a partir de técnicas de sensoriamento remoto. Um espectrômetro SPECTRON SE-590 (350 - 1100nm) acoplado a uma esfera integradora, foi utilizado para gerar os fatores de reflectância de 150 folhas de quatro espécies de erva-de-passarinho e de três espécies arbóreas hospedeiras. Testes estatísticos mostraram que a combinação dos fatores de reflectância nas faixas do azul, do verde, do vermelho e do infravermelho próximo geram

diferenças significativas e que permitem que técnicas de Sensoriamento Remoto sejam utilizadas para detectar a ocorrência e o monitoramento da propagação da erva-de-passarinho, tornando o trabalho de detecção nos indivíduos arbóreos mais eficiente em termos de custos e de prazos.

Palavras-chave: Reflectância, Sensores, Caracterização Espectral.

ABSTRACT

The relevance of the detection of the mistletoe in urban trees can be explained by several aspects and by the upheavals that it can caused, such as the stifle and the consequent death of the hostess tree species depriving of characteristics the standard of urban arborization, besides possible accidents caused by the fall of the tree. Thus, the detection is carried out through comments in-leases with notations in spread sheets or maps for posterior steps. The objective of this work was to evaluate if it has significant spectral differences between the spectral reply of leafs of the mistletoe in relation leafs of its host, in such a way that they allow the accomplishment of the detection with the techniques of Remote Sensing. A spectrometer SPECTRON SE-590 (350 – 1200 nm) attached at an integrating sphere was used to obtain the reflectance factors of 150 leafs of four species of mistletoe and of three species host tree. Statistical tests had showed that the combination of the reflectance factors in the blue, green, red and near infrared bands had resulted in significant differences, indicating that it would be possible applying Remote Sensing techniques in the detection the occurrence and monitoring the propagation of mistletoe.

Keywords: Reflectance, Sensor, Spectral Characterization.

1. INTRODUÇÃO

Uma árvore afetada por erva-de-passarinho, além de perda de vigor, tem o funcionamento prejudicado de seus tecidos lenhosos, ficando com maior predisposição ao ataque de insetos e de doenças (HARRIS (1992) apud LEAL *et al.* (2006)), aumentando os riscos de acidentes por quedas. Por se propagar com facilidade, a erva-de-passarinho pode comprometer também todo um trabalho de arborização (ROTTA, 2001), o que justifica o seu monitoramento (LEAL *et al.*, 2006).

Atualmente a identificação da erva-de-passarinho é realizada por meio de visitas a campo ou por comunicados de transeuntes ou de moradores, o que dificulta a realização dos trabalhos preventivos e a adoção de meios (ferramentas) que permitam efetuar-lo com mais facilidade e eficiência.

Considerando que existem diferenças morfológicas e fisiológicas entre as espécies de erva-de-passarinho e das demais espécies hospedeiras, é oportuno considerar que estas diferenças possam se manifestar no campo espectral, sendo possível então cogitar a possibilidade de aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em sua identificação e monitoramento.

O Sensoriamento Remoto permite caracterizar espectralmente a vegetação e essa caracterização inclui a coleta de dados radiométricos de uma folha isoladamente ou do dossel como um todo (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Mediante o emprego de esfera integradora, a

reflectância das folhas isoladas é estimada através do Fator de Reflectância Direcional-Hemisférico (FRDH), enquanto que a reflectância espectral de dosséis é estimada através do Fator de Reflectância Bidirecional (FRB), implicando no uso de sensores colocados em suportes ou plataformas posicionadas alguns metros acima dos dosséis, ou em aeronaves ou satélites (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar se há diferenças significativas entre valores de FRDH de folhas isoladas da erva-de-passarinho em relação à reflectância espectral de folhas isoladas do seu hospedeiro, visando efetuar seu monitoramento.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo e identificação botânica

A área estudada (Figura 1) situa-se no campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, e possui 3,07 ha. Nesta área foram identificadas 4 (quatro) espécies de erva-de-passarinho e dentre as espécies arbóreas ali existentes, 3 (três) apresentaram um maior índice de contaminação pela erva-de-passarinho.

Para a identificação botânica, amostras coletadas (galhos com folha, flor e/ou frutos) foram enviadas ao Departamento de Botânica do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná. As espécies identificadas foram: **Erva-de-passarinho: TA - *Tripodanthus acudifolius* (R &**

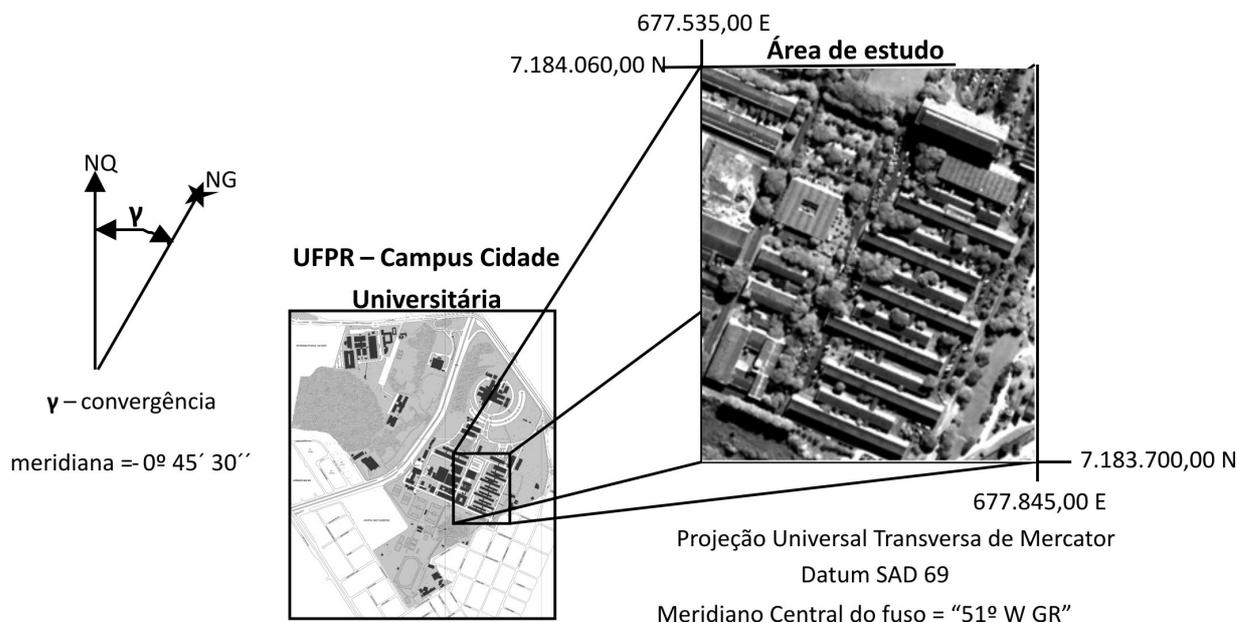


Fig. 1 - Área de estudo - Campus Centro Politécnico da cidade universitária.

Pav.) Tiegh; **SU** - *Struthanthus uraguensis* (H & A); **SV** - *Struthanthus vulgaris* Mart.; e **SA** - *Struthanthus* sp; **Hospedeiras (árvores): AJ** - *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. (alfeneiro-do-japão), **MA** - *Michelia champaca* L. (Magnóliara) e **TT** - *Tipuana tipo* (Vell.) Mor.

2.2 Medidas e avaliação dos dados espectrais

A coleta e as medidas radiométricas das folhas foram realizadas no período das 07:00 às 10:00 horas. A coleta das folhas foi fundamentada em um critério subjetivo baseado no processo de senescência (KERBAUY, 2004) e no trabalho de Souza *et al.* (1996), procurando contemplar folhas em diferentes etapas de desenvolvimento; foram coletadas 50 folhas de porções referentes ao final do galho junto à bainha (“maduras”), 50 folhas na sua porção intermediária (“intermediárias”) e 50 folhas na sua parte inicial, mais jovem (“jovens”). Para realizar as medidas utilizou-se uma esfera integradora LICOR 1800, acoplada a um espectrorradiômetro SPECTRON SE-590, o qual mede a radiância refletida pela folha iluminada por uma fonte de luz halógena e de uma placa de referência posicionada no interior da esfera na faixa de 350 à 1100nm com uma resolução espectral de 8 nm (STEFFEN, 1996).

As radiâncias espectrais das folhas e da placa de referência, R_f e R_p , respectivamente, foram obtidas pela equação 1.

$$R = \frac{\Phi_i}{\pi A_S} * \frac{\rho}{1 - \rho(1 - f)} \quad (1)$$

em que: R é a radiância, Φ_i é o fluxo de radiação incidente, π é o ângulo sólido total projetado da superfície da esfera integradora, A é a área iluminada, f é a relação entre a soma das áreas das aberturas da estrutura e a área total ($f = [(A_i + A_c) / A_S]$) e ρ é a refletância (BERTAN e IANO, 2007).

Os valores do Fator de Reflectância Direcional Hemisférico (FRDH) foram obtidos pela razão entre R_f e R_p , equação 2.

$$FRDH = \frac{R_f}{R_p} \quad (2)$$

O programa computacional denominado ESPECTRO, desenvolvido no Laboratório de Radiometria do INPE foi utilizado para realizar os cálculos (STEFFEN *et al.*, 1993).

Com os FRDH das folhas das espécies estudadas, geraram-se gráficos para avaliar visualmente a existência de diferença na resposta espectral entre as folhas “jovens”, “intermediárias” e “maduras”. As análises estatísticas, a priori, foram realizadas baseando-se no trabalho de Sousa *et al.* (1996), em quatro faixas das regiões do espectro eletromagnético, sendo estas: Faixa 1 - de 450 a 520nm (Azul); Faixa 2 - de 520 a 600nm (Verde);

Faixa 3 - de 630 a 690nm (Vermelho) e Faixa 4 - de 760 a 900nm (Infravermelho).

O delineamento estatístico utilizado incluiu cinco etapas para cada banda espectral individual: Na **1ª Etapa**, os vetores do FRDH foram organizados de acordo com suas respectivas bandas espectrais e os três conjuntos de folhas foram agrupados obtendo um novo vetor com 150 amostras. Na **2ª Etapa** realizou-se o cálculo do valor médio, variância e desvio padrão de cada vetor. Com estes valores foram gerados gráficos para uma pré-análise dos dados. Na **3ª Etapa**, após verificar a normalidade da distribuição dos dados empregando o teste de Kolmogorov-Smirnoff, seguiu-se a análise de variância conjunta, com o objetivo de identificar possíveis diferenças significativas entre os FRDHs. Para isso, seguiu-se o preconizado pelos trabalhos de: Pinto (2000), Carriello *et al.* (2003) e Sousa *et al.* (1996), aplicando-se o teste F de Snedecor (ANOVA) em um nível de significância de 5%. Na **4ª Etapa**, quando os resultados obtidos pelo teste F não foram significativos, ou seja, quando as variâncias foram iguais, considerou-se que todas as médias dos valores de FRDH também eram iguais. Na **5ª Etapa**, quando os resultados obtidos pelo teste F foram significativos (variância significativa), aplicou-se o teste estatístico de Tukey, descrito por Gomes (1990), também em um nível de significância de 5 %, com o objetivo de identificar quais espécies possuem FRDH significativamente diferentes entre si.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise e delineamento estatístico dos FRDH

Com o FRDH individualizado, foram gerados gráficos, efetuando a plotagem do ϵ (comprimento de onda) pelo FRDH dos três conjuntos de folhas (jovens - F. Jov., intermediárias - F. Intr. e maduras - F. Mad.) coletadas de cada espécie. Os gráficos obtidos podem ser observados na Figura 2.

Ao analisar os gráficos apresentados na Figura 2, observou-se que:

Todas as espécies aqui consideradas, apresentaram diferenças entre os valores de FRDH provenientes de folhas em diferentes idades ou estágios de desenvolvimento em pelo menos um trecho do espectro estudado;

Os gráficos referentes aos valores de FRDH das espécies que apresentaram maiores diferenças espectrais entre as folhas “jovens”, “intermediárias” e “maduras” são as representados na Figura 2b (*Ligustrum lucidum* W.T. Aiton.), 2d (*Struthanthus vulgaris* Mart.) e 2e (*Struthanthus uraguensis* (H & A)). Essas diferenças ocorreram tanto na região do espectro do visível quanto na do infravermelho próximo. Porém, as folhas maduras da *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. e da *Struthanthus vulgaris* Mart. apresentaram diferenças na região compreendida entre 500 a 700 nm, que inclui a região do verde e do vermelho. Ao analisar os grupos de folhas da *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. e da *Struthanthus vulgaris* Mart., observou-se que as folhas maduras apresentaram coloração mais amarelada, o que indicou a possibilidade dessas estarem em processo de senescência (RAVEN, 2007);

Já a *Struthanthus uraguensis* (H & A) (Figura 2e) apresentou maior diferença na região entre 740 – 900 nm, região correspondente à faixa do infravermelho próximo, indicando que pode haver diferenças entre as estruturas celulares das folhas “jovens”, “intermediárias” e “maduras” (GATES, 1965).

A seguir, calculou-se o valor médio e o desvio padrão dos valores de FRDH das 150 repetições correspondentes ao valor central das faixas espectrais para cada espécie estudada. Os valores obtidos foram representados em gráficos (Figura 3), que permitiram a identificação das espécies que possuíam valores de FRDH com maior probabilidade de se diferirem estatisticamente uns dos outros.

A partir da análise dos gráficos da Figura 3, gerou-se a tabela 1, na qual os quadros em cinza representam as espécies cujos FRDH apresentam maior probabilidade de diferirem estatisticamente. Nessa tabela, observa-se que: na faixa do azul, somente 2 (duas) combinações possuem probabilidade de serem estatisticamente separáveis, na faixa do verde são 12 (doze), na faixa do vermelho foram 9 (nove) e na faixa do infravermelho próximo, 16 (dezesseis) combinações.

Confirmada a normalidade da distribuição dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnoff, para realizar a análise de variância conjunta, aplicou-se o teste F de Snedecor (mais conhecido por ANOVA) em um nível de significância de 5%,

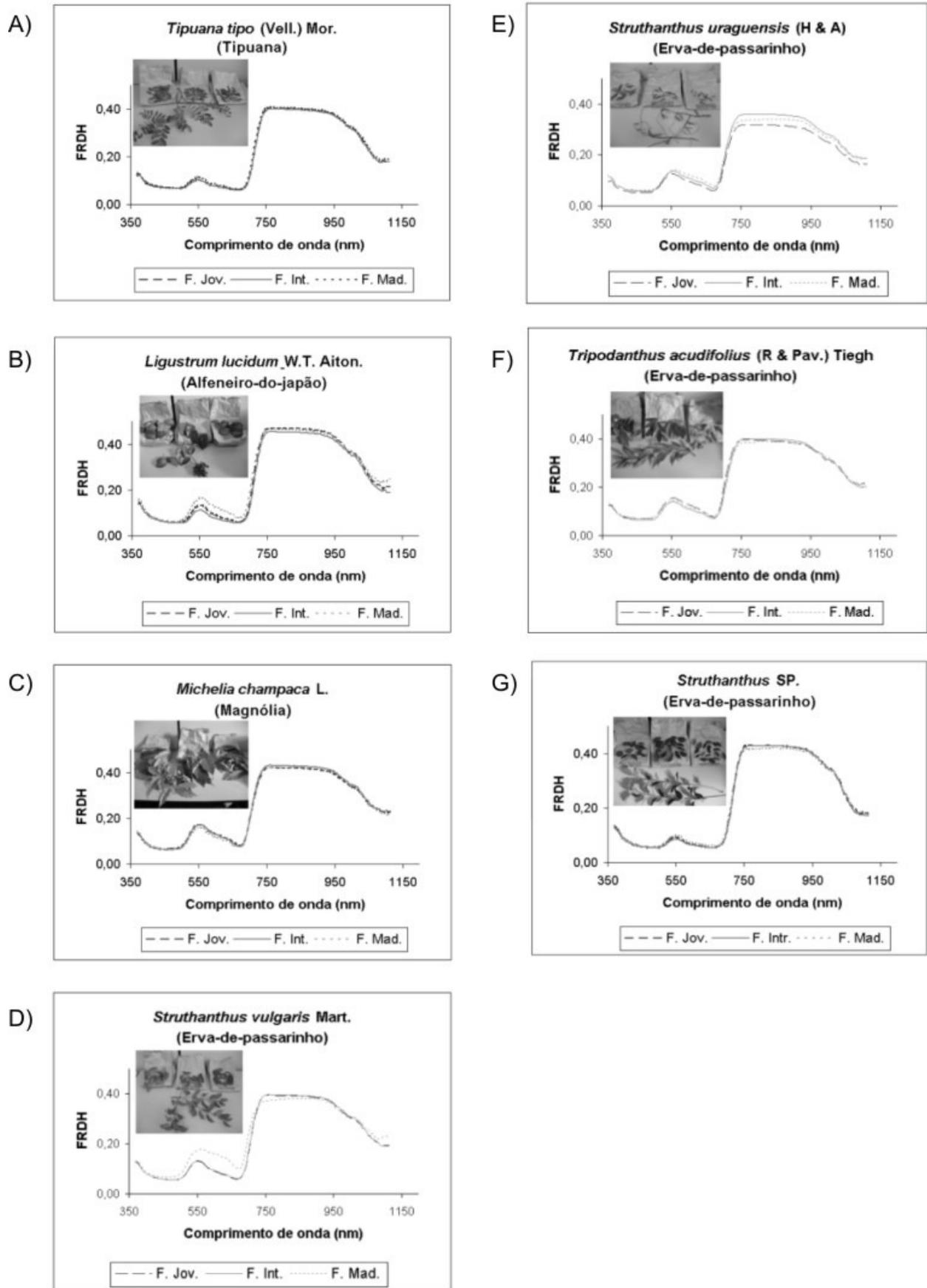


Fig. 2 - Gráfico representando o FRDH das folhas “jovens”, “intermediárias” e “maduras”.

Tabela 1: FRDH com maior probabilidade de se diferirem estatisticamente um dos outros.

	TT				AJ				MA				SV				SU				TA				SA							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
TT																																
AJ																																
M																																
SV																																
SU																																
TA																																

Onde: (1) Faixa 1; (2) Faixa 2 ; (3) Faixa 3; (4) Faixa 4 e os quadros em cinza são as espécies com FRDH estatisticamente diferente.

Tabela 2 - Resultados do teste F de SNEDECOR (ANOVA).

Espécie	Faixa 1		Faixa 2		Faixa 3		Faixa 4		
	Média	Variância	Média	Variância	Média	Variância	Média	Variância	
TT	0,0699	0,000071	0,0950	0,000206	0,0658	0,000100	0,4004	0,000474	
AJ	0,0625	0,000059	0,1172	0,001410	0,0730	0,000951	0,4598	0,000340	
MA	0,0724	0,000410	0,1483	0,003951	0,0920	0,001701	0,4225	0,000438	
SV	0,0666	0,000086	0,1308	0,000926	0,0867	0,000922	0,3887	0,000328	
SU	0,0622	0,000092	0,1201	0,000494	0,0820	0,000362	0,3380	0,002225	
TA	0,0741	0,000070	0,1334	0,000808	0,0892	0,000325	0,3928	0,000553	
SA	0,0574	0,000015	0,0812	0,000142	0,0610	0,000035	0,4237	0,000351	
gl	EG	6		6		6		6	
	DG	1043		1043		1043		1043	
CV	16,13%		28,54%		31,92%		6,43%		
F _{calculado}	48,13		70,79		34,89		318,12		
F _{Tabelado, 5%}	2,10		2,10		2,10		2,10		

Onde: (F) F de Snedecor; (CV) Coeficiente de variação; (gl – EG) graus de liberdade entre grupo; (gl – DG) graus de liberdade dentro dos grupos.

conforme metodologia proposta. Os valores encontrados estão apresentados na Tabela 2.

Observa-se na Tabela 2 que ambos os testes apresentaram valores calculados maiores que os tabelados ($F_{\text{tabelado},5\%} = 2,10$), portanto, existiu diferença significativa entre os tratamentos ao nível de significância de 5%, indicando que há espécies que eram espectralmente diferentes umas das outras em cada uma das faixas espectrais consideradas. Então, aplicou-se o teste de Tukey, em um nível de significância de 5%, para identificar quais espécies

diferem significativamente entre si. Os resultados foram expressos na Tabela 3.

Analisando a Tabela 3, constatou-se que:

O FRDH da *Tipuana tipo* (Vell.) Mor. é estatisticamente igual ao FRDH da: *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. na faixa do vermelho; *Michelia champaca* L. na faixa do Azul; *Struthanthus vulgaris* Mart. na faixa do Azul e da *Tripodanthus acudifolius* (R & Pav.) Tiegh na faixa do Infravermelho próximo.

O FRDH do *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. é estatisticamente igual ao FRDH da:

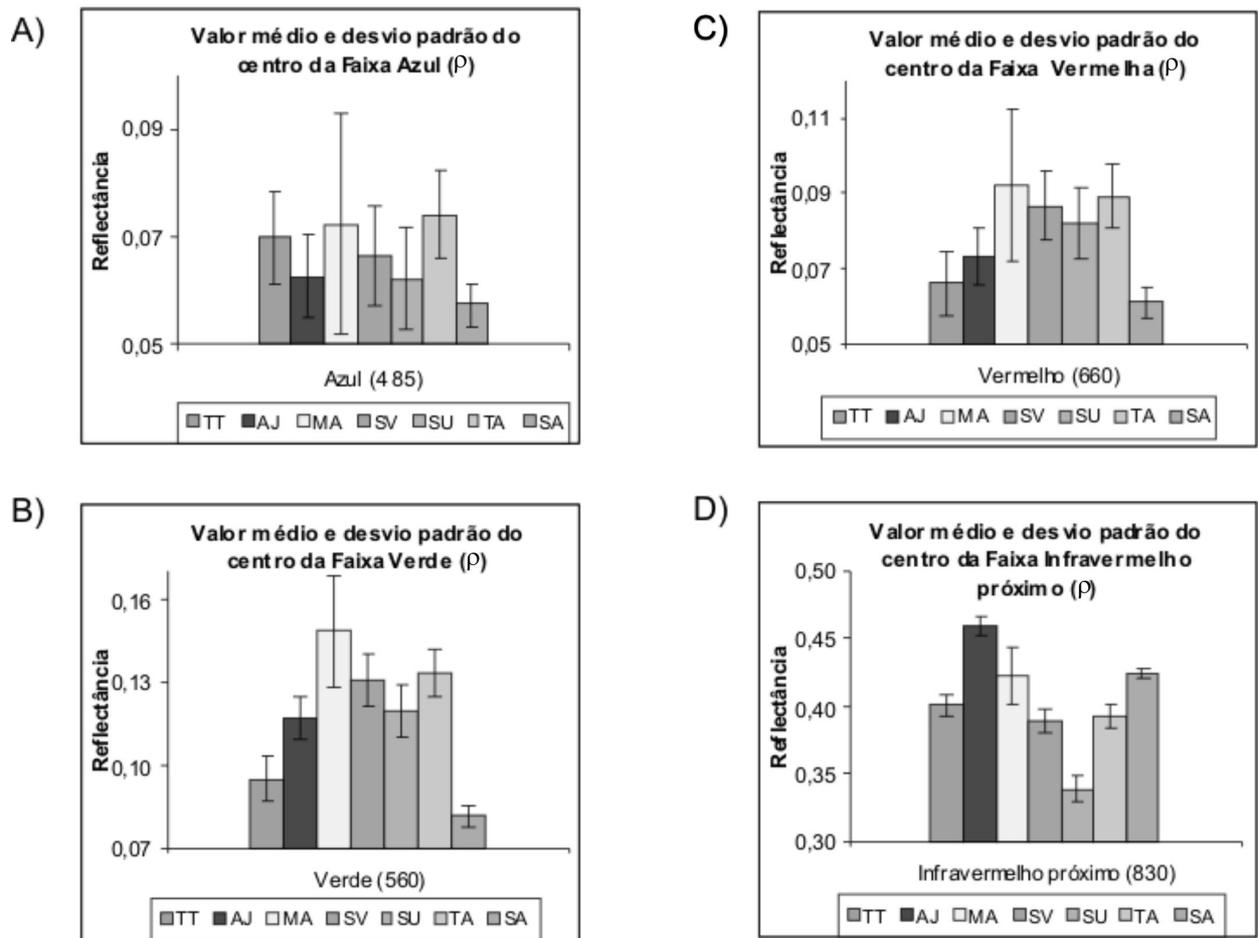


Fig. 3 - Valor médio e desvio padrão do FRDH das faixas azul (3a), verde (3b), vermelho (3c) e infravermelho (3d) das espécies estudadas.

Tabela 3 - Resultados do teste de Tukey ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) para os valores de FRDH, nas faixas 1, 2, 3 e 4.

	TT				AJ				MA				SV				SU				TA				SA			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TT					■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
AJ									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
MA													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SV																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SU																					■	■	■	■	■	■	■	■
TA																					■	■	■	■	■	■	■	■

Orde: (1) Faixa 1; (2) Faixa 2 ; (3) Faixa 3; (4) Faixa 4 e os quadros coloridos são as espécies com FRDH estatisticamente diferente.

Struthanthus uraguensis (H & A) na faixa do Azul e do Verde.

O FRDH da *Michelia champaca* L. é estatisticamente igual ao FRDH da: *Struthanthus vulgaris* Mart. na faixa do Vermelho; *Tripodanthus acudifolius* (R & Pav.) Tiegh na faixa do Azul e Vermelho;

O FRDH da *Struthanthus vulgaris* Mart é estatisticamente igual ao FRDH da: *Struthanthus uraguensis* (H & A) na faixa do Verde e Vermelho; *Tripodanthus acudifolius* (R & Pav.) Tiegh na faixa do Verde, Vermelho e Infravermelho próximo; e

Que os resultados mostraram que existem diferenças significativas entre os FRDH de folhas isoladas das espécies estudadas. Estas diferenças foram observadas tanto entre as espécies da mesma família, quanto entre famílias distintas, sendo possível separá-las espectralmente.

5. CONCLUSÕES

Pela análise dos resultados, pode-se concluir que existem diferenças significativas entre os FRDH de folhas isoladas tanto de espécies pertencentes à mesma família, quanto entre os FRDH de folhas isoladas de espécie de famílias distintas, sendo possível separá-las espectralmente.

Os resultados obtidos em laboratório indicam que é possível detectar a erva-de-passarinho em seu hospedeiro empregando técnicas de Sensoriamento Remoto.

Devido ao fato da erva-de-passarinho na sua fase inicial ocupar uma pequena área da copa, sua detecção seria realizada com mais eficiência utilizando imagens com alta resolução espacial e espectral.

Apesar do desenvolvimento dos sensores orbitais multiespectral e hiperespectral na última década, ainda não há sensores orbitais que forneçam imagens com alta resolução espectral e espacial. Por outro lado, no âmbito dos sensores aerotransportados, tem-se, por exemplo, o sensor hiperespectral aerotransportado CASI-1500 o qual é capaz de gerar imagens com alta resolução espacial (até 25cm) e alta resolução espectral - 288 faixas espectrais nas regiões do visível e infravermelho próximo (ITERS, 2010 e LONGHITANO *et al.*, 2009).

Com a possibilidade de detectar erva-de-passarinho em sua hospedeira e monitorar a sua propagação empregando técnicas de Sensoriamento

Remoto Hiperespectral, recomenda-se que efetue análise em condições de campo, pois as diferenças no ângulo de exposição das folhas à radiação eletromagnética e a posição do sensor interferem na resposta espectral dos objetos.

Tendo em vista a possibilidade de se utilizar da resposta espectral de folhas isoladas na identificação botânica das espécies de erva-de-passarinho, recomenda-se que efetue a caracterização espectral de outras espécies de erva-de-passarinho, uma vez que das aproximadamente 1000 espécies existentes (ROTTA, 2001), somente 4 espécies foram estudadas no presente trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela realização das medidas espectrais e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pela concessão de bolsa de Mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTAN, H. H.; IANO, Y. A Esfera Integradora como Padrão de Referência para medição de Potência Óptica no Laboratório de Calibração. **Revista Ciência e Tecnologia**, vol. 10, n. 17, 2007.

CARRIELLO, F.; MIRANDA, F. G.; PONZONI, F. J.; CARDOSO, P. A. MARTINS, S. P.. Uso da transmitância na caracterização espectral de folhas verde. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2003, INPE, p. 2451-2457.

GATES, D.M.; KEEGAN, H.J.; SCHLETER, J.C.; WEIDNER, V.R. Spectral properties of plants. **Applied optics**, vol.4, n.1, 1965.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. Ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 430p.

ITERS. **CASI-1500** – Hyperspectral Imager. 2010. Disponível em: <<http://www.itres.com/products/imagers/casi1500/>> Acesso em: junho de 2010.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Editora Guanabara Koogan S.A. – Rio de Janeiro, 2004. 451p.

LEAL, L.; BUJOKAS, W.M.; BIONDI, D. Análise da infestação de erva-de-passarinho na arborização

- de ruas de Curitiba, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 3, p. 323-330, 2006.
- LONGHITANO, G. A.; AMARAL, C. H.; ALMEIDA, T. I. R. Detecção da biodiversidade de coberturas vegetais secundárias pela resposta espectral de pigmentos e água foliar em imagens do sensor hiperespectral CASI-1500. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais**. São José dos Campos-SP: INPE, 2009. p. 1135-1142.
- NICODEMUS, F. E., RICHMOND, J. C., HSIA, J. J.. **Geometrical considerations and nomenclature for reflectance**. Washington, DC: National Bureau of Standards, US Department of Commerce. 1977. 67p. Disponível em: <<http://physics.nist.gov/Divisions/Div844/facilities/specphoto/pdf/geoConsid.pdf>> Acesso em: outubro 2008.
- PINTO, R.M.S. **Dados radiométricos (0,400 a 0,900 mm) na avaliação de efeitos da poluição atmosférica em folhas de espécies da mata atlântica em Cubatão (SP)**. 2000. 146f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Editora Parêntese 2007. 135p.
- ROTTA, E. **Erva-de-passarinho (*Loranthaceae sp*) na arborização urbana: Passeio Público de Curitiba, um estudo de caso**. 2001. 135 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2001.
- RAVEN, P.H., EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: editora Guanabara Koogan S.A., 2007. 690 p.
- SOUSA, C.L.; RIBEIRO, M.C.; PONZONI, F.J. Influência do tempo e do tipo de armazenamento na refletância de folhas de *Eucalyptus grandis* “ex-situ”. **Revista Árvore** v. 20, n. 2, p. 255-265, 1996.
- STEFFEN, C.A. Técnicas radiométricas com o SPECTRON SE-590. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador-BA. **Anais**. São José dos Campos-SP: INPE, 1996. p. 969-975.
- STEFFEN, C.A.; OLIVEIRA, J. L.; GAMA, F. F. O programa ESPECTO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba-PR. **Anais**. São José dos Campos-SP: INPE, 1993. p. 138-144.
- SCHAEPMAN-STRUB, G.; SCHAEPMAN, M. E.; PAINTER, T. H.; DANGEL, S.; MARTONCHIK, J. V. Reflectance quantities in optical remote sensing – definitions and case studies. **Remote sensing of environment**, v. 103, p. 27-42, 2006.