

Comportamento espectral de espécies arbóreas de indivíduos das famílias Fabaceae e Myrtaceae, presentes no Jardim Botânico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

 <https://doi.org/10.56238/sevned2024.004-015>

Roberta Aparecida Fantinel
Doutora - UFSM

Renato Giovani Chaves de Sá
Técnico em Geoprocessamento - UFSM

Ana Caroline Paim Benedetti
Doutora - UFSM

Natália Melos Duarte
Especialista em Geomática

Claire Delfini Viana Cardoso
Doutora - UFSM

Vinícius Henrique Fernandes
Tecnólogo em Geoprocessamento - UFSM

RESUMO

O trabalho teve como objetivo analisar o comportamento espectral de indivíduos de seis espécies presentes no Jardim Botânico da Universidade Federal de Santa Maria. Os indivíduos foram escolhidos de forma aleatória, levando em consideração três espécies pertencentes às famílias Myrtaceae e três espécies pertencentes à família Fabaceae. As folhas selecionadas por meio da diagnose visual eram verdes e saudáveis, sem a presença de sintomas de praga ou doença na face adaxial ou abaxial da folha. O comportamento espectral das folhas foi registrado com o sensor Espectrorradiômetro modelo FieldSpec® HandHeld, que atua no intervalo entre os comprimentos de onda de 325nm a 1075nm do espectro eletromagnético. No aplicativo SAMS foram gerados os gráficos do fator de reflectância (ρ) em função do comprimento de onda (nm) para cada espécie. As diferenças entre os comportamentos espectrais das espécies foram testadas por meio da análise de variância (ANOVA) e do teste de Tukey, utilizando o software R. Observou-se que *Psidium guajava* e *Eugenia involucrata* diferem entre si quanto às médias de reflectância em todas as bandas espectrais do visível. As espécies *Acacia sellowiana* e *Psidium guajava* diferem entre si nas bandas azul, vermelho e infravermelho próximo. Para as demais comparações não foram encontradas diferenças significativas. Para os indivíduos da família Fabaceae, a espécie *Libidibia ferrea* diferiu-se das espécies *Senna multijuga* e *Cassia leptophylla* nas três bandas do espectro visível. A *Libidibia ferrea* diferenciou-se da *Cassia leptophylla* no espectro infravermelho próximo. O espectrorradiômetro mostrou-se eficiente na análise e identificação das diferenças entre as espécies das famílias Myrtaceae e Fabaceae.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Fator de Reflectância, Espectrorradiômetro.

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento do Sensoriamento Remoto, tem-se ampliado a possibilidade da quantificação de pigmentos fotossintéticos individuais contidos na vegetação, proporcionado em outros estudos o auxílio na determinação do estado fisiológico da vegetação (identificação de estresse), discriminação de espécies diferentes (monitoramento das características fenológicas), estimativa de produtividade (absorção de radiação fotossinteticamente ativa) (FERRI et al., 2001).

Estudos mais aprofundados sobre o comportamento espectral da vegetação nas mais diversas paisagens requerem a aquisição de dados pontuais, e nesse contexto, a espectrorradiometria é plenamente utilizada, tendo em vista que a mesma possibilita a detecção da resposta espectral por meio do contato direto com o alvo, sem a interferência dos fatores externos e ambientais (SCHRODER et al., 2015). Ainda de acordo com Santos et al. (2017), a espectrorradiometria visa a análise das propriedades radiométricas de um determinado material através da espectroscopia de reflectância, técnica avançada dentro do Sensoriamento Remoto que registra o fluxo de radiação eletromagnética refletida pelos materiais.

Para Ponzoni e Shimabukuru (2010), a vegetação fotossinteticamente ativa possui comportamentos distintos em diferentes regiões do espectro eletromagnético com relação à sua resposta espectral: na região do visível possui uma baixa reflectância, em função da absorção da radiação incidente realizada pela clorofila e pelos carotenóides da planta, enquanto que na região do infravermelho próximo é caracterizado por uma alta reflectância em virtude da estrutura celular da folha. Ressalta-se ainda, que tais condições podem ser alteradas quando submetida a situações de estresse, influenciando a reflectância foliar em nas regiões do espectro eletromagnético mencionadas acima (LIPPERT et al., 2015).

Considera-se, portanto, a hipótese de que a reflectância difere-se ao longo do espectro eletromagnético, variando de acordo com as características morfológicas e fisiológicas do material vegetativo, e nesse intuito, o presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento espectral, em diferentes bandas do espectro eletromagnético, de indivíduos de seis espécies que fazem parte das famílias Myrtaceae e Fabaceae presentes no Jardim Botânico da Universidade Federal de Santa Maria.

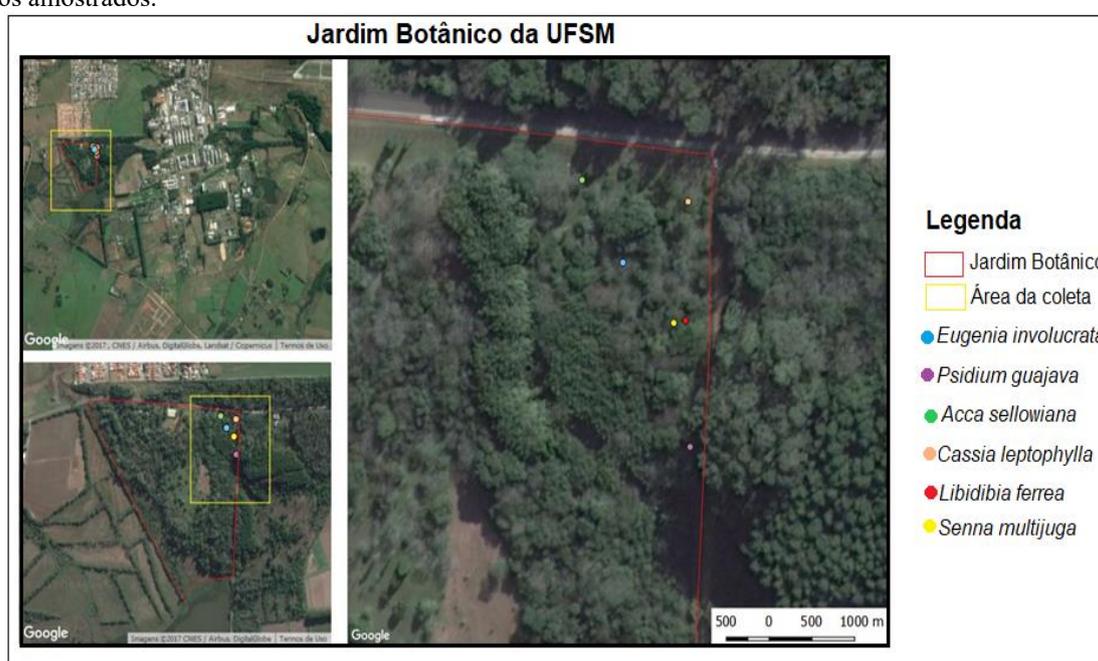
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A coleta do material foi realizada no dia 17 de outubro de 2017, entre às 14h e 15h; nesse período, a temperatura era de aproximadamente 28°C e a umidade relativa do ar era de 50%, segundo o INMET (2017). Foram coletadas cinco folhas, sendo escolhidas por meio da diagnose visual, sendo elas verdes e saudáveis, sem a presença de sintomas de praga ou doença na face adaxial ou abaxial.

A escolha dos indivíduos ocorreu de forma aleatória no Jardim Botânico da UFSM, levando-se apenas em consideração a representatividade de três espécies das duas diferentes famílias, sendo assim selecionadas seis espécies florestais, dentre elas: *Acca sellowiana* (O.Berg) Burret (goiaba-da-serra), *Eugenia involucrata* (D. C.) (cerejeira), *Psidium guajava* (L.) (goiaba comum), pertencentes à família Myrtaceae e as espécies *Cassia leptophylla* (Vogel) (falso-barbatimão), *Senna multijuga* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby (pau-cigarra) e *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz (pau-ferro) da família Fabaceae. A Figura 1 apresenta a localização do Jardim Botânico dentro do campus da UFSM bem como a distribuição aleatória dos indivíduos escolhidos para a retirada do material vegetativo.

Figura 1 - Localização do Jardim Botânico da no campus da Universidade Federal de Santa Maria – RS e distribuição dos indivíduos amostrados.



O comportamento espectral das folhas foi registrado com o sensor espectralradiômetro modelo FieldSpec® HandHeld 2™, que efetua leituras do fator de reflectância (ρ) entre os comprimentos de onda entre 325nm e 1075nm, ou seja, opera desde a região do visível até a do infravermelho próximo do espectro eletromagnético, com resolução espectral de 10nm.

Para realizar as leituras no espectralradiômetro, as folhas foram posicionadas com a face adaxial para o interior da esfera integradora do equipamento. Foram tomadas três leituras amostrais para cada uma das cinco folhas retiradas do indivíduo, totalizando 15 leituras por espécie. Foram contabilizadas, portanto, 45 leituras amostrais para cada uma das famílias.

Os valores referentes ao fator de reflectância (ρ) foram processados nos softwares ASD ViewSpec Pro versão 4.05, Microsoft Office Excel 2010, *Spectral Analysis and Management System* (SAMS) versão 3.2 e R x 64 versão 3.4.2. Para gerar as curvas do fator de reflectância e posterior análise do comportamento espectral dos indivíduos, considerou-se os valores referentes aos

comprimentos de onda entre 400nm a 1075nm (espectros visíveis até o infravermelho próximo), sendo eliminados os valores registrados na região do espectro ultravioleta (entre 325nm a 400nm).

A tabulação dos dados foi organizada de modo a representar as diferentes bandas espectrais, tendo-se adaptado de Jensen (2009), os intervalos de comprimento de onda: azul (400 a 500nm), verde (500 a 600nm), vermelho (600 a 700nm) e infravermelho próximo (IVP), com intervalo (700 a 1075nm).

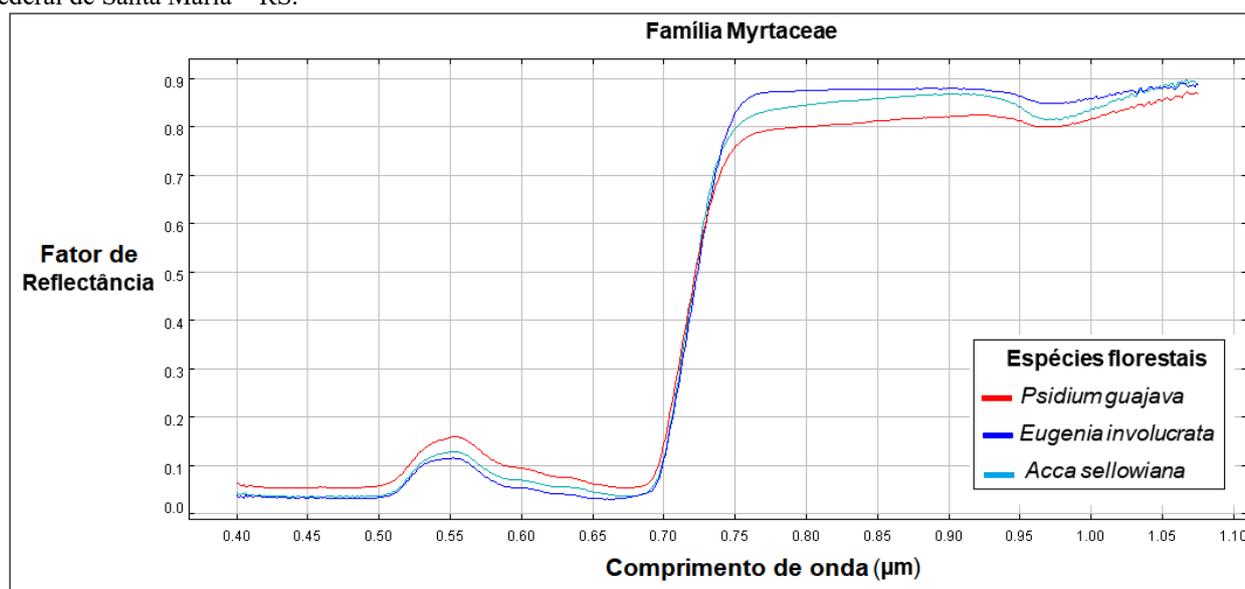
No aplicativo *Spectral Analysis and Management System* (SAMS) foram gerados os gráficos do fator de reflectância (ρ) em função do comprimento de onda (nm) para cada espécie, com a finalidade de visualizar diferenças espectrais entre as espécies de uma mesma família. Posteriormente, no software R, foi testada a hipótese da existência de diferenças no fator de reflectância das espécies de uma mesma família, nas diferentes bandas espectrais (azul, verde, vermelho e IVP). Para tal, recorreu-se à análise de variância (ANOVA) e ao Teste Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*) a 5% de probabilidade para as comparações múltiplas das médias de reflectância em cada banda.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMPORTAMENTO ESPECTRAL DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA MYRTACEAE

O comportamento espectral demonstrado na Figura 2 caracteriza-se pela resposta típica da vegetação verde sadia, porém revela algumas particularidades, provavelmente atribuídas à espécie e suas características morfológicas e fisiológicas próprias.

Figura 2 - Resposta espectral de três indivíduos da família Myrtaceae, presentes no Jardim Botânico da Universidade Federal de Santa Maria – RS.



No espectro visível (bandas azul, verde e vermelha) observam-se, para as três espécies, a baixa energia refletida (em torno de 5% da radiação incidente) entre 400 e 500nm e entre 600 e 700nm; em

consequência da maior absorvância de energia nesta região. Tipicamente, entre 500 e 600nm, verifica-se que mais de 10% da energia está sendo refletida. Os pigmentos foliares fotossintetizantes, tais como a clorofila e os carotenóides são os responsáveis pela quantidade de energia absorvida ou refletida pela folha nesta região do espectro eletromagnético. Conforme Sims e Gamon (2002) esses pigmentos foliares fotossintetizantes exercem grande influência no comportamento espectral foliar nestas regiões, ocorrendo assim, uma elevada correlação entre concentração de pigmentos clorofilianos e a absorção da energia pelas folhas.

A *Psidium guajava* apresentou maior fator de reflectância no espectro visível, sobretudo na região do verde (entre 500 e 600nm), se comparada às demais espécies analisadas da mesma família. Estudos realizados por Käfer et al. (2016), encontraram elevada reflectância na região do verde para as espécies de *Psidium cattleianum*, *Eugenia uniflora* e *Eugenia involucrata*, também pertencentes à família Myrtaceae. No espectro visível, provavelmente devido a menor presença de pigmentos fotossintetizantes em relação às demais.

Eugenia involucrata (cerejeira) foi à espécie desta família que apresentou maior reflectância no IPV. Este fato provavelmente pode ser explicado devido às estruturas das células que compõem os tecidos foliares e das condições ambientais no qual a espécie está inserida. Entre 750 e 800nm, a espécie está refletindo quase 90% da radiação incidente, denotando a intensidade de sua atividade fotossintética.

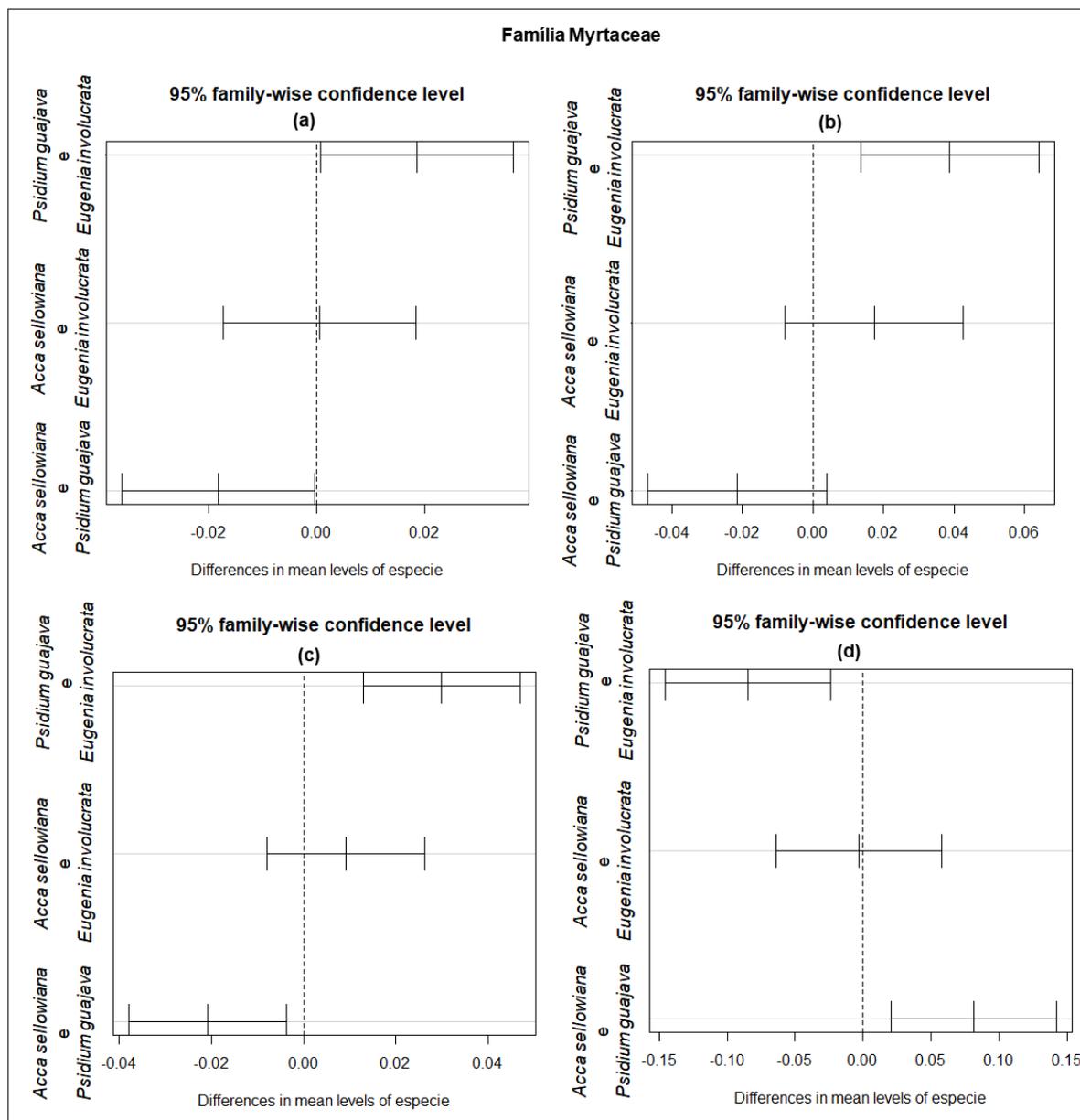
Ao aplicar a análise de variância (ANOVA) usando os valores médios de reflectância em cada banda (do visível e IVP) verificou-se a existência de diferenças significativas ao nível 5% de probabilidade. Na banda azul a ANOVA resultou em um F calculado (calc.) de $0,00876 > F$ tabelado (tab.) a (0,05). Na banda verde obteve-se $F \text{ calc.} = 0,00364 > F \text{ tab.} (0,05)$. Para o vermelho o $F \text{ calc.} = 0,00427 > F \text{ tab.} (0,05)$ e no IVP $F \text{ calc.} = 0,0263 > F \text{ tab.} (0,05)$.

Com a finalidade de verificar quais espécies diferem-se quanto ao comportamento espectral em cada banda, procedeu-se o teste de Tukey HSD. A Figura 3 demonstra entre quais espécies florestais ocorreram as diferenças significativas detectadas na ANOVA.

Dentre os indivíduos da família Myrtaceae observou-se que as espécies *Psidium guajava* e *Eugenia involucrata* diferem entre si quanto às médias de reflectância em todas as bandas do visível. As espécies *Acca sellowiana* e *Psidium guajava* diferem entre si nas bandas azul, vermelho e infravermelho próximo. Para as demais comparações não foram encontradas diferenças significativas. Essas diferenças entre as espécies podem estar ligadas as suas diferentes formas foliares, tamanho do mesófilo, no qual possui comportamento diferente na absorção, transmissão e reflexão das ondas do espectro eletromagnético, além disso, as folhas são constituídas de uma estrutura fibrosa de matéria orgânica, dentro da qual há pigmentos, células contendo água e ar (COURA et al., 2005). Deste modo,

cada um destes elementos: pigmentos, estrutura fisiológica e conteúdo de água possuem efeito nas propriedades de reflectância, absorvância e transmitância da folha verde (CURRAN, 1986).

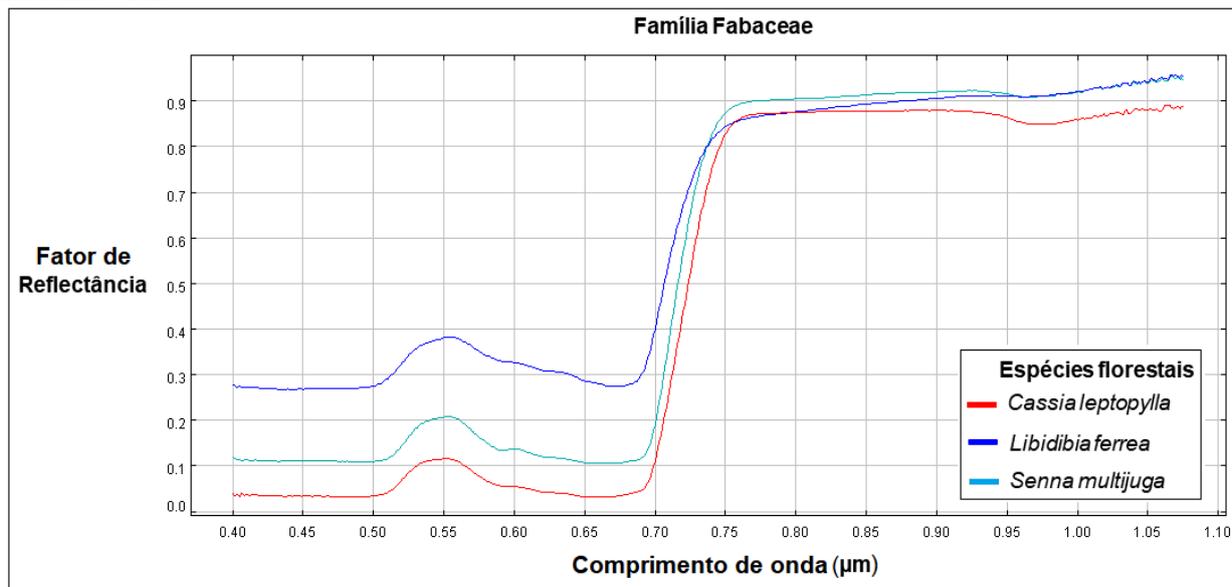
Figura 3 - Plotagem do teste Tukey HSD para a comparação das médias de reflectância nas bandas azul (a), verde (b), vermelha (c) e IVP (d) entre as espécies da família Myrtaceae.



3.2 COMPORTAMENTO ESPECTRAL DOS INDIVÍDUOS DA FAMÍLIA FABACEAE

A análise visual do comportamento espectral dos indivíduos da família Fabaceae, demonstrado na Figura 4, igualmente revela algumas especificidades das espécies *Cassia leptophylla* (falso-barbatimão), *Senna multijuga* (pau-cigarra) e *Libidibia ferrea* (pau-ferro).

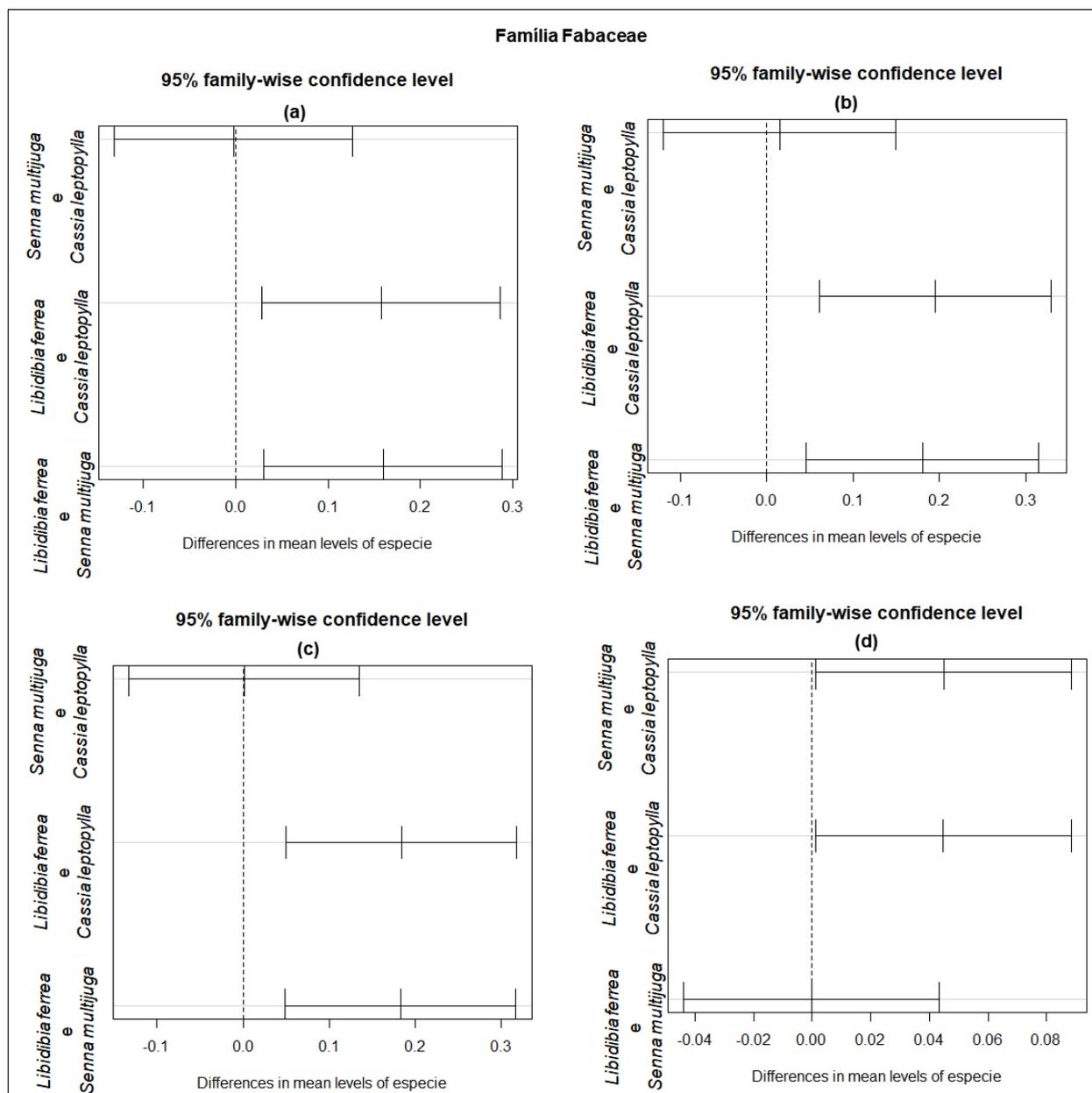
Figura 4 - Resposta espectral de indivíduos da família Fabaceae, presentes no Jardim Botânico da Universidade Federal de Santa Maria – RS.



A *Libidibia ferrea* destaca-se das demais espécies devido à reflectância de aproximadamente 40% da energia na banda verde (entre 500 a 600nm). Tal resposta pode estar associada às diferenças no teor de clorofila em relação às outras espécies, o qual tende a produzir grandes diferenças na reflectância e na transmitância das folhas (GITELSON et al., 2005). Além disso, o que pode ter contribuído nessa diferenciação da espécie pau-ferro das demais é a morfologia das suas folhas (pinadas ou bipinadas), uma vez que o comportamento espectral de uma folha se dá em função da composição, morfologia e estrutura interna (Ponzoni et al., 2012). Como pode se observar, na faixa do IVP (entre 700 e 1100nm, ocorre um decréscimo na reflectância da *Cassia leptophylla*. A variação do valor da reflectância, na região espectral do IVP para Guyot et al. (1989), é proporcional ao número de camadas e tamanho das células, bem como a orientação das paredes da folha.

A ANOVA demonstrou que as médias de reflectância em cada banda espectral foram diferentes entre as espécies. Na banda azul obteve-se um $F_{\text{calc.}} = 0,0254 > F_{\text{tab.}} (0,05)$, na banda verde o $F_{\text{calc.}} = 0,00526 > F_{\text{tab.}} (0,05)$. No vermelho $F_{\text{calc.}} = 0,00161 > F_{\text{tab.}} (0,05)$ e no IVP $F_{\text{calc.}} = 0,00433 > F_{\text{tab.}} (0,05)$. Posteriormente o teste Tukey comparou as espécies duas a duas para indicar quais diferiram entre si quanto ao valor médio de reflectância em cada banda (Figura 5).

Figura 5 - Plotagem do teste Tukey HSD para a comparação das médias de reflectância nas bandas azul (a), verde (b), vermelha (c) e IVP (d) entre as espécies da família Fabaceae.



Dentre os indivíduos da família Fabaceae, a espécie *Libidibia ferrea* diferiu-se das espécies *Senna multijuga* e *Cassia leptophylla* nas três bandas do espectro visível. A *Libidibia ferrea* também se diferenciou da *Cassia leptophylla* no espectro infravermelho próximo. Do mesmo modo, *Senna multijuga* e *Cassia leptophylla* apresentaram diferenças significativas nesta faixa, como mostram os intervalos isentos de zero na Figura 6. Este fato da *Libidibia ferrea* se diferir das demais espécies podem estar relacionado com o nível de iluminação, número de folhas (compostas, com 4-6 pares de folíolos) e a rugosidade do dossel, fatores esses que são influenciadores da resposta espectral (CARVALHO, 2010; FARIAS, 2015).



4 CONCLUSÃO

As espécies analisadas das famílias Myrtaceae e Fabaceae, presentes no Jardim Botânico da UFSM, apresentaram diferenças relevantes nas respostas espectrais. A *Psidium guajava* apresentou maior fator de reflectância no espectro visível, enquanto a *Eugenia involucrata* apresentou maior reflectância no IPV. As espécies *Acca sellowiana* e *Psidium guajava* apresentaram diferenças entre si nas bandas do visível e infravermelho próximo (IVP). Quanto às espécies pertencentes à família Fabaceae, a *Libidibia ferrea* destacou-se das demais devido à reflectância de energia na banda verde, à medida que na faixa do IVP ocorreu um decréscimo da espécie *Cassia leptophylla* quando comparada com *Libidibia ferrea* e *Senna multijuga*.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, PAULO ERNANI RAMALHO. *Espécies arbóreas brasileiras. Coleção espécies Arbóreas*, v. 4 Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 644 p. 2010.

COURA, SAMUEL MARTINS DA COSTA; PIROMAL, RODRIGO ALEXANDRE SBRAVATTI; CANAVESI, VANESSA; GOMES, MURILO NOVAES; QUIRINO, VALQUIRIA FERRAZ, PONZONI, FLÁVIO JORGE. Comparação das características espectrais das espécies *Ligustrum japonicum* Thunb. e *Cassia macranthera* DC. *Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, INPE, p. 1477-1484. 2005.

CURRAN, PAUL. *Principles of remote sensing*. New York, USA, 282 p. 1986.

FARIA, RAIZA MONIZ. *Classificação temporal de imagens Landsat 8 para o monitoramento das mudanças do uso da terra*. Monografia Graduação em Geografia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais – MG, 52 p. 2015.

FERRI, CLOTILDE PINHEIRO; FORMAGGIO, ANTONIO ROBERTO; SCHIAVINATO, MARLENE. Avaliação de índices de pigmentos fotossintéticos na estimativa da concentração de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenóides nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura da soja (*Glycine max* [L], Merrill). *Anais... X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz do Iguaçu, INPE, p. 71-78. 2001.

GITELSON, ANATOLY; VIÑA, ANDRÉS; CIGANDA, VERÓNICA; RUNDQUIST, DONALD; ARKEBAUER, TIMOTHY. *Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops*. *Geophysical Research Letters*, v. 32, n. 8, 2005.

GUYOT, GÉRARD; DOMINIQUE GUYON; JACQUES RIOM. Factors affecting the spectral response of forest canopies: a review. *Geocarto International*, v. 4, n. 3, p. 3-18, 1989.

INMET. *Instituto Nacional de Meteorologia*
<http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTgwMw>. Acesso em: 17 de abr. de 2018.

JENSEN, JOHN. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres*. Tradução de J. C. N. Epiphânio. São José dos Campos, SP: Parênteses, 598 p. 2009.

KÄFER, PÂMELA SUÉLEN, REX, FRANCIEL EDUARDO; SANTOS, MARCOS.; SEBEM, ELÓDIO. 2016. Caracterização espectral e NDVI de espécies florestais das famílias Fabaceae, Myrtaceae, Rutaceae e Salicaceae. *Enciclopédia Biosfera*, 13 (23): 262.

LIPPERT, DIOGO BELMONTE; BENEDETTI, ANA CAROLINE PAIM; MUNIZ, MARLOVE FATIMA BRIÃ.; PEREIRA, RUDINEY SOARES; BIERNASKI, CARLOS ALBERTO JUNIOR; FINKENAUER, ELDER; BERRA, ELIAS FERNANDO. Comportamento espectral de folhas de *Eucalyptus globulus* (Labill.) atacadas por *Mycosphaerella* spp. nas regiões do visível e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético. *Ciência Florestal*, v. 13, n. 23, p. 262-275, 2016.

PONZONI, FLÁVIO JORGE; SHIMABUKURO, YOSIO EDEMIR. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São Jose dos Campos: Parêntese, 127 p. 2010.



PONZONI, FLÁVIO JORGE; SHIMABUKURO, YOSIO EDEMIR; KUPLICH, TATIANA MORA. 2012. *Sensoriamento Remoto da vegetação*. São José dos Campos, SP, Oficina de Textos, 2ª edição, 176 p.

SANTOS, JONATHAS JESUS DOS; CHAVES, JOSELISA MARIA; SOUZA, DEORGIA TAYANE MENDES DE; ROCHA, WASHINGTON DE JESUS SANT'ANNA DA FRANCA; SANTOS, SARAH MOURA BATISTA DOS. Análise do comportamento espectral das espécies vegetais Algaroba e Catingueira em ambiente semiárido: um estudo em Curaçá-BA. In: *Anais... XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, INPE, 5492-5498 p. 2017.

SIMS, DANIEL; GAMON, JOHN. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, v. 81, n. 2-3, p. 337-354, 2002.

SCHRODER, THOMAS; PEREIRA, RUDINEY SOARES; ZIMMERMANN, ANNA PAULA LORA; REDIN, CRISTINA; MACHADO, LEONARDO MORTARI; FLECK, MARCIANE DANNIELA; ROCHA, NAJILA SOUZA DA. Influência de métodos de coleta de dados espectrorradiométricos sob índices de vegetação em eucalipto. *Revista Eletrônica de Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 690-701, 2015.