

**ESPECTRORRADIOMETRIA NA REGIÃO DO VISÍVEL E DO INFRAVERMELHO
PRÓXIMO EM POVOAMENTO DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**

SPECTRORADIOMETRY IN THE VISIBLE AND NEAR INFRARED
REGION ON A STAND OF *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

Catize Brandelero¹ Elias Fernando Berra² Kátia Simone Backes³
Rudiney Soares Pereira⁴ Eleandro Jose Brun⁵

RESUMO

Leituras de reflectância em folhas de árvores de bordadura e de interior de um povoamento florestal de *Eucalyptus grandis*, no município de São Pedro das Missões - RS, foram analisadas nas regiões do espectro eletromagnético visível e do infravermelho próximo, utilizando-se espectrorradiometria. A área foi dividida em duas partes: bordadura e centro do povoamento. Para a coleta de material, a copa das árvores foi dividida em três partes (superior, média e inferior), de forma a diferenciar as posições de coleta de folhas, em cada uma das áreas. Foram amostradas três árvores em cada área, totalizando seis árvores, sendo que para cada árvore foram coletadas 60 folhas isoladas, 20 em cada posição. As leituras de reflectância foram realizadas através do espectrorradiômetro FieldSpec[®]3 e os resultados finais foram segmentados nas bandas espectrais do visível e do infravermelho próximo. A análise estatística valeu-se do teste Tukey HSD, para comparação das médias da região do visível, que de acordo com a ANOVA apresentaram diferenças significativas. Conclui-se que as classes indicadas de coleta de folhas para análise espectrorradiométrica na região do visível são preferencialmente a 5 (árvore de centro, leitura na parte mediana) e a 3 (árvore de bordadura, leitura parte superior).

Palavras-chave: folhas isoladas; comportamento espectral; reflectância.

ABSTRACT

Reflectance readings in border and inner tree leaves in a *Eucalyptus grandis* stand, in São Pedro das Missões, Rio Grande do Sul state, were analyzed in the regions of the visible electromagnetic spectrum and the nearby infrared, by using spectrum radiometry. The area was divided in two parts: border and center stands. In order to collect the material, the crown was divided in three parts (superior, medium and inferior), so that it would be possible to differentiate the positions of leaf collections in each area. Three trees were sampled in each area, adding up to six trees, for each tree, 60 isolated leaves were collected, 20 in each position. The reflectance readings were carried out through FieldSpec[®]3 spectrum radiometer and the final results were segmented in the visible and nearby infrared spectral bands. The statistical analysis was made on the basis of several tests, among them Tukey HSD test, in order to compare the averages of the visible region, which, according to ANOVA, present significant differences. It is concluded that the collecting indicating class of leaves for the spectrum radiometric analysis in the visible region are preferably the 5 one (tree in the center, reading in the medium part) and #3 one (border tree, reading superior part).

Keywords: isolated leaves; spectral behavior; reflectance.

1. Engenheira Florestal, MSc., Doutoranda do em Programa de Pós-graduação Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista CAPES. catizebrandelero@gmail.com
2. Estudante, Curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). eliasberra@yahoo.com.br.
3. Engenheira Florestal, Mestranda do em Programa de Pós-graduação Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista CAPES. katiassimoneb@yahoo.com.br
4. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). rudiney@smail.ufsm.br
5. Engenheiro Florestal, Dr. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, CEP 85660-000, Dois Vizinhos (PR). eleandrobrun@utfpr.edu.br

Recebido para publicação em 3/04/2009 e aceito em 10/01/2011

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 70% da superfície terrestre é recoberta com vegetação, sendo este um dos componentes mais importantes dos ecossistemas. Os cientistas têm empenhado significativos esforços para desenvolver sensores e algoritmos de processamento visual e digital de imagens para extrair importantes informações biofísicas da vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto, segundo Jensen (2009).

O sensoriamento remoto está fundamentado na interação da energia eletromagnética (REM) com a matéria que constitui os objetos (ARCO et al., 2003). Esta energia é o meio através do qual os dados dos objetos são transmitidos ao sensor, transformando-se por meio de sua frequência, intensidade e polarização, em informações (ROCHA, 2000).

Em sensoriamento remoto a forma mais comum para se categorizar a REM, ao longo do espectro eletromagnético, é através do comprimento de onda. O espectro visível (luz) é o conjunto de radiações eletromagnéticas que podem ser detectados pelo sistema visual humano (SISMANOGLU et al., 2003). A banda espectral do visível (VIS) representa um intervalo entre 400 nm e 700 nm, seguida pelo infravermelho próximo (*infrared* - IR), que chega até 1.000 nm (KUMAR, 1972; GATES, 1965).

Conforme Sanches et al. (2003), em estudos de vegetação, a aplicação de técnicas para o estudo da interação da energia eletromagnética com os alvos terrestres é de grande relevância, pois a partir dos dados gerados, é possível obter informações sobre a distribuição dos diferentes tipos de vegetação, estrutura do dossel, condições de estresse, entre outros.

Em cada faixa do espectro eletromagnético a radiação eletromagnética interage com a vegetação de maneira diferenciada, sendo que no comportamento espectral da vegetação, as folhas são as que mais contribuem para a reflexão ser detectada pelos sensores. O comportamento espectral de uma folha é diferente quando comparado com o comportamento de uma floresta, devido à influência do solo, alterações da vegetação, fatores externos como a iluminação e meteorológicos (LILLESAND e KIEFER, 1994; SILVA e PONZONI, 1995).

Segundo Gates et al. (1965) são três os principais mecanismos que influenciam a quantidade de energia eletromagnética refletida

pelas folhas: pigmentos, estrutura celular e a água contida nas células. Gausmann (1974) comenta que, além desses três mecanismos, existem outros fatores que afetam a energia refletida pelas folhas, como maturação ou idade da folha, posição nodal e condição de iluminação (folhas expostas ao sol e folhas constantemente à sombra).

Os registros do comportamento espectral dos alvos podem ser obtidos em três níveis (laboratório/campo, aeronave e orbital). Os dados obtidos fora do laboratório sofrem influências de fatores do meio que alteram a sua resposta espectral, devendo considerar-se a altura e a posição do sensor em relação ao alvo, o ângulo de incidência solar, a presença de vapor de água na atmosfera, entre outros (NOVO, 2002; MOREIRA, 2001; SANCHES et al., 2003).

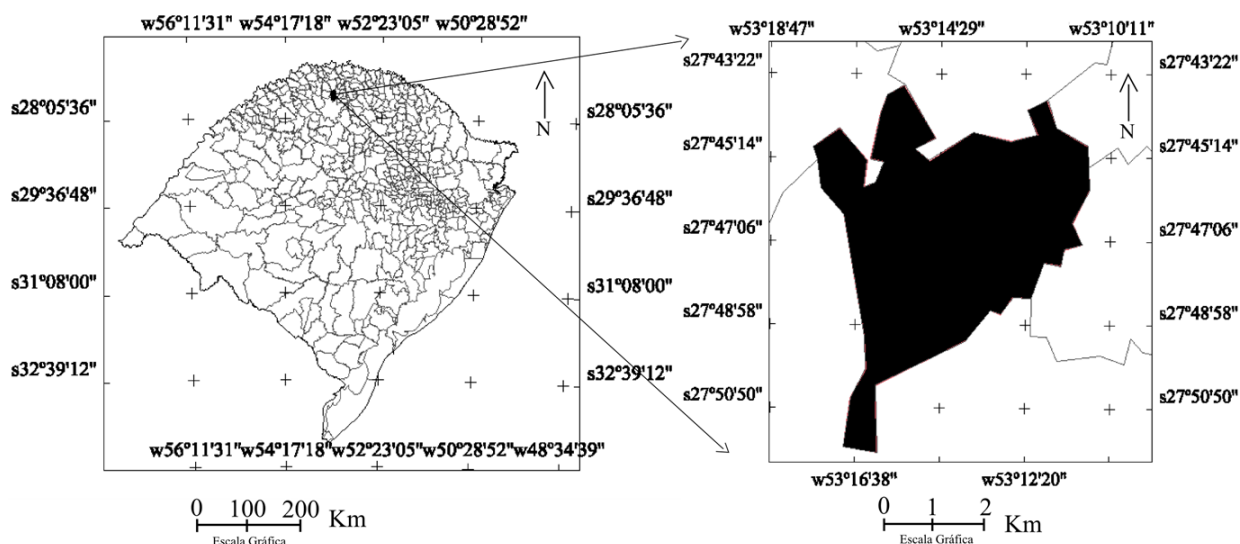
Devido a estas alterações, o material vegetativo de *Eucalyptus grandis* tratado neste estudo foi analisado em laboratório, através do aparelho espectrorradiômetro, modelo FieldSpec®3 Pro, que possibilita medir a irradiação e radiância solar, sendo um aparelho para uso no campo e em laboratório. Apresenta um FOV (campo de visada) de 25° e opera na faixa de 350 a 2.500 nm do espectro eletromagnético e capacidade de coletar até 10 espectros por segundo. A unidade detectora (denominada pistola de mão) está conectada ao instrumento por um cabo de fibra óptica de 1,2 m de comprimento e possui três sensores: uma malha de fotodiodo de 512 elementos e dois sensores resfriados termoeletricamente (fotodiodos InGaAs) (ASDI, 2008).

Dessa forma, esse trabalho teve o objetivo de analisar a reflectância das folhas de árvores de bordadura e árvores do interior de um povoamento florestal de *Eucalyptus grandis* em três posições de coleta na copa (inferior, mediana e superior), nas regiões do espectro visível e do infravermelho próximo utilizando o espectrorradiômetro FieldSpec®3.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de pesquisa

O município de São Pedro das Missões, RS, pertence ao Conselho Regional do Desenvolvimento (COREDE) Missões. Com uma área de 83,1 km², tem sua economia baseada na produção agropecuária. As coordenadas métricas (UTM) da área de estudo são 22J0281993 e 6926276, com uma altitude média de 455 metros (Figura 1).



Fonte: Modificado de IBGE (2009).

FIGURA 1: Mapa de localização do município de São Pedro das Missões, RS. Brasil.

FIGURE 1: Location map of São Pedro das Missões township, Rio Grande do Sul state, Brazil.

O clima regional classifica-se como Cfa, subtropical úmido, com a ocorrência de invernos frios com geadas e verões com temperatura máxima de 38°C (MORENO, 1961). A temperatura média anual é de 19,2°C, com amplitude térmica de cerca de 10°C. A média das máximas fica em torno de 31°C e a das mínimas entre 0°C e 10,5°C, tendo sido já registradas mínimas absolutas em torno de -2°C. A precipitação média anual é de 1.700 mm, bem distribuída ao longo do ano.

O solo, segundo Streck et al. (2002), é classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico, pertencendo à Unidade de Mapeamento Erechim. Os Latossolos são solos bem drenados, normalmente profundos a muito profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bw-C. Em alguns casos, podem apresentar inclusões de Neossolos litólicos. Por serem solos muito intemperizados, têm predomínio de caulinita e óxidos de ferro, o que lhes confere uma baixa CTC, acentuada acidez, uma baixa reserva de nutrientes e toxidez por alumínio para as plantas.

A vegetação natural é formada pela Floresta Ombrófila Mista, em diversos estágios de regeneração, com o predomínio de espécies como *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Nectandra megapotamica*, *Cupania vernalis*, *Sebastiania commersoniana*, *Luehea divaricata*, *Dicksonia sellowiana*, *Ocotea puberula*, *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Cryptocarya aschersoniana*,

Campomanesia xanthocarpa, *Ilex brevicuspis*, *Nectandra lanceolata*, *Allophylus edulis*, *Machaerium paraguariense*, *Myrocarpus frondosus* e *Prunus myrtifolia*.

Para a realização do trabalho, foi selecionado um povoamento de *Eucalyptus grandis*, localizado no município de São Pedro das Missões, RS, em uma pequena propriedade rural do interior do município, com idade de 7 meses.

O referido povoamento foi implantado no mês de setembro de 2006, em espaçamento de 3 m x 2 m, com mudas produzidas em tubetes com sementes provenientes de pomar de sementes clonal IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). O solo da área foi corrigido em relação à acidez e à fertilidade em 2003, com a aplicação de 5,0 Mg ha⁻¹ de calcário e 4,0 Mg ha⁻¹ de adubo orgânico composto por cama de aviário. Três meses após o plantio das mudas, foi realizada adubação composta por NPK 02-20-30 na quantidade de 150 g por planta.

Materiais

Para a realização dos trabalhos de campo, foi utilizado o espectrorradiômetro FieldSpec®3; unidade detectora–pistola; cabo de fibra óptica; esfera integradora Modelo RST 3ZC; placa de referência (Spectralon); computador *notebook* IBM ThinkPad (unidade controladora do espectrorradiômetro); baterias e interface espectrorradiômetro-computador com *wireless*.

No processamento das informações foram utilizados os seguintes aplicativos: RS³ 16052 1 – *software* de interface com o usuário para aquisição e armazenamento de dados; ASD ViewSpecPro Versão 4.05; Microsoft Office Excel 2003 e pacote estatístico “R” versão 2.7.2.

Metodologia de estudo

No povoamento, foi primeiramente realizado um inventário, visando caracterizar as condições dendrométricas do mesmo. Na ocasião da coleta dos dados, o povoamento encontrava-se com uma altura média de 3,9 m e um diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 3,2 cm. O diâmetro médio das copas era de 1,1 m.

De acordo com as informações obtidas no inventário e considerando que em idades jovens, árvores de eucalipto possuem praticamente toda a sua altura total tomada pela copa, foram determinadas três classes de alturas, de maneira a abranger as posições superior, mediana e inferior da copa das árvores. A área foi fragmentada em duas partes, sendo a primeira referente às árvores que circundam o povoamento florestal (bordadura) e a segunda referente à área do centro do povoamento. Foi coletado material vegetativo de seis árvores, sendo três árvores de cada fragmento.

Nas três posições de copa definidas, as folhas foram coletadas num número de 20 (vinte) folhas em cada posição, em cada árvore. Na altura superior da copa, a coleta foi realizada somente na parte central, totalizando nove amostras (60 folhas por árvore). A coleta das amostras de folhas ocorreu entre as 13h e 15h da tarde.

Após a coleta do material, cada amostra foi armazenada em saco plástico, o qual foi lacrado com fita adesiva, identificado e armazenado em caixa térmica hermeticamente fechada e imediatamente encaminhada para laboratório. As leituras de reflectância foram realizadas no Laboratório de Sensoriamento Remoto da UFSM, com o uso do espectrorradiômetro FieldSpec®3 Pro.

Para realizar a leitura das folhas de *Eucalyptus grandis* em laboratório, foi utilizado o espectrorradiômetro conectado à unidade esfera integradora (modelo RST 3ZC). Os dados coletados foram dispostos em um conjunto de arquivos contendo comprimento de onda na amplitude de 350 nm a 2.500 nm e reflectância correspondente para cada comprimento de onda.

Conforme objetivo do estudo, os dados foram segmentados em dois subconjuntos: o

primeiro contendo dados da posição da árvore no povoamento (bordadura e central), bem como das posições de coleta das folhas na copa (inferior, média e superior); e o segundo subconjunto referente às duas regiões do espectro, o visível (400 nm a 690 nm) e o infravermelho próximo (650 nm a 890 nm).

Ao final, obtiveram-se seis classes para cada fragmento do espectro: visível bordadura inferior (VBI), visível bordadura média (VBM), visível bordadura superior (VBS), visível central inferior (VCI), visível central média (VCM) e visível central superior (VCS); infravermelho bordadura inferior (IBI), infravermelho bordadura média (IBM), infravermelho bordadura superior (IBS), infravermelho central inferior (ICI), infravermelho central média (ICM) e infravermelho central superior (ICS).

Pré-processamento e tratamento estatístico

Os dados originais foram convertidos para o formato texto (.txt) através do *software* ASD ViewSpecPro Versão 4.05. No *software* Microsoft Office Excel 2003, os dados em formato .txt foram convertidos em .csv (valores separados por vírgula), para que pudessem ser processados estatisticamente no *Software* R.

A partir desses valores convertidos eliminou-se o ruído presente nas amostras, segundo metodologia empregada por Moreira (2005), que consiste em substituir o valor “ruído” da radiância do *pixel* pela média da radiância dos *pixels* das linhas superior e inferior.

Os resultados obtidos foram submetidos a diferentes testes estatísticos. O teste de Bartlett foi utilizado para testar a homogeneidade de variâncias para as amostras, ao nível de 5% de significância. Testou-se a normalidade das observações para os diferentes comprimentos de onda (espectro visível e infravermelho próximo) através do teste de Shapiro-Wilksons. A análise da variância foi aplicada para verificar as diferenças de reflectâncias médias entre as diferentes posições de leitura. Por fim, para verificar entre quais posições de leituras das reflectâncias ocorreram diferenças significativas aplicou-se o teste Tukey HSD (*Honestly Significant Differences*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira avaliação realizada consistiu em identificar a existência de diferenças entre as reflectâncias nos comprimentos de onda do espectro

considerados, segmentados nas regiões do visível e do infravermelho próximo, observando-se as classes de coleta das folhas nas árvores.

Para o espectro visível foram obtidos os valores de maior variância para o VBS (visível bordadura superior) igual a 0,000176496, e de menor variância para o VBI (visível bordadura inferior) igual a 0,000069104.

Para a região do infravermelho próximo foram encontrados os valores de maior variância para IBM – infravermelho bordadura média (árvores da bordadura do povoamento, posição média) igual a 0,02892003, e a menor variância para ICI - infravermelho central inferior (árvores de centro de povoamento, posição inferior) igual a 0,0274389.

Foi aplicado o Teste F para comparação entre a maior e a menor variância encontradas na avaliação anterior. Para a região do visível, compararam-se os extremos de variância, VBS e VBI, e obteve-se o p-valor calculado igual a 2,5541, com 290 graus de liberdade (referentes à faixa do espectro do visível, de 400 nm a 690 nm) e um p-valor tabelado de 4,663⁻¹⁵. Quando o p-valor for menor que o nível de significância, ou seja, 0,05, as médias diferem entre si pela análise de variância (RÉ, 2009).

O resultado mostrou que houve diferença significativa entre as variâncias. Alternativamente, foi usado o Teste de Bartlett, onde foram obtidos os valores de: p-valor calculado de 27.436,48, com 6 graus de liberdade e p-valor tabelado <2,2⁻¹⁶. O resultado indicou que as variâncias são homogêneas.

O Teste F para comparação das duas variâncias extremas para o infravermelho, IBM contra ICI, resultou em um p-valor calculado de 1,0483, com 240 graus de liberdade (referentes à faixa do espectro do infravermelho, de 650 nm a 890 nm), e um p-valor tabelado de 0,7151, o qual é maior que 0,05. O resultado mostrou que não houve diferença significativa entre as variâncias. Para o Teste de Bartlett, obteve-se um p-valor calculado de 14.087,03, com 6 graus de liberdade e um p-valor calculado <2,2⁻¹⁶, indicando que as variâncias são homogêneas.

O Teste de normalidade Shapiro-Wilks permitiu verificar se as observações nas diferentes amostras (posições de medida da refletância nas árvores de bordadura e de centro do povoamento) seguiam uma distribuição normal. Aceitou-se a normalidade das observações, pois $W > p$ -valor em todas as observações, tanto no espectro visível quanto no infravermelho próximo.

Por fim, submeteram-se as observações a uma análise de variância (ANOVA). Considerou-se a refletância como dependente do fator classe de coleta de folhas para a análise. Na Tabela 1, são apresentados os resultados da ANOVA para a faixa do visível.

Os dados da Tabela 1 mostraram que as diferenças entre as médias são altamente significativas. No espectro do visível, concluiu-se que houve diferença significativa entre as refletâncias médias nas seis classes de coleta de folhas, como é ilustrado na Figura 2.

Segundo Ponzoni & Shimabukuro (2007), na região do visível as folhas têm uma baixa refletância (menos de 10%), devido aos pigmentos existentes nas folhas dominarem a refletância. Os pigmentos predominantes absorvem radiação na região azul (próximo a 445 nm), mas somente a clorofila absorve na região do vermelho (670 nm). A maioria das plantas é moderadamente transparente na região do verde (540 nm).

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da ANOVA para a faixa do infravermelho próximo.

Nos dados da Tabela 2 fica demonstrado que as diferenças entre as médias não foram significativas. Dessa forma, para a região do infravermelho não houve diferença entre as refletâncias médias nas seis classes de coleta consideradas, o que significa que a coleta de folhas pode ser realizada em qualquer posição (inferior, mediana ou superior) da copa, tanto no interior quanto na bordadura do povoamento.

Ponzoni & Shimabukuro (2007) comentam que na região do infravermelho próximo ocorre pequena absorção da radiação e considerável espalhamento interno da radiação na folha. A absorção da água é geralmente baixa nessa região, enquanto que a refletância é quase constante, como é visualizado na Figura 3.

TABELA 1: Resultados da análise de variância para a região do visível.

TABLE 1: Variation analysis results for the visible region.

Coeficiente de Variação	GL	SQ	QM	p-valor calc	Pr (>F)
Região do Visível	5	0,011152	0,002230	20,85	<2,2 ^{-16***}
Erro	1740	0,186127	0,000107		

Significativo a 0***; 0.001**; 0.01 *, 0.05, 0.1, 1

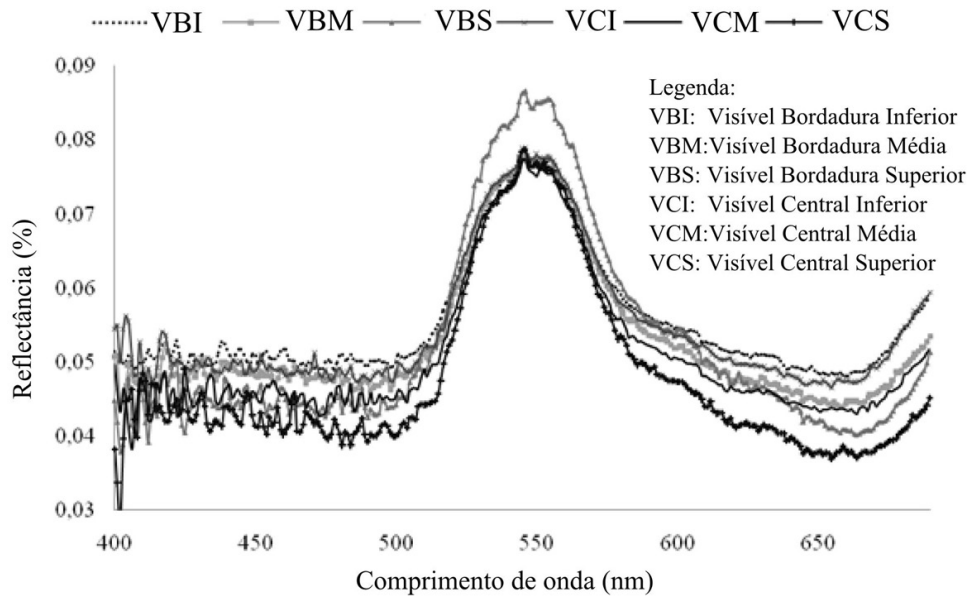


FIGURA 2: Curva espectral da região do visível para as seis classes de coleta de folhas de *Eucalyptus grandis*.

FIGURE 2: Spectral curve of the visible region to the six collecting class of leaves of *Eucalyptus grandis*.

TABELA 2: Resultados da análise de variância para a região do infravermelho próximo.

TABLE 2: Variation analysis results for the near infrared region.

Coefficiente de Variação	GL	SQ	QM	p-valor calc	Pr (>F)
Região do IV Próximo	5	0,027	0,005	0,1944	0,9647
Erro	1440	40,166	0,028		

Significativo a 0***; 0.001**; 0.01 *, 0.05, 0.1, 1

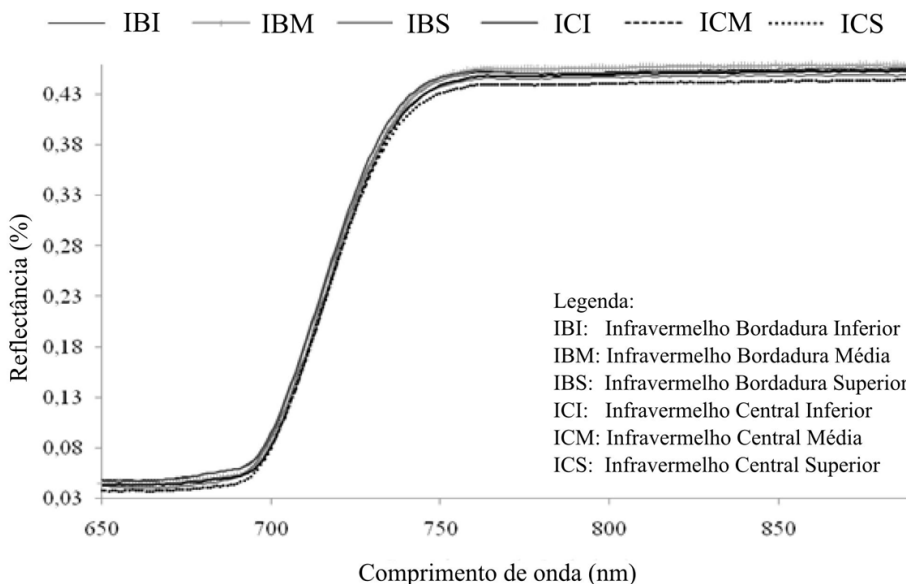


FIGURA 3: Curva espectral da região do infravermelho próximo para as seis classes de coleta de folhas de *Eucalyptus grandis*.

FIGURE 3: Spectral curve of the nearby infrared region for the six collecting class of leaves of *Eucalyptus grandis*.

Segundo Gausmann et al.(1969) e Peterson e Running (1989) citados por Jensen (2009), a alta reflectância difusa da energia do infravermelho próximo é devida ao espalhamento interno causado pelas interfaces paredes celulares/ar de dentro da folha. Nesta região espectral existe uma banda de absorção causada pelo vapor d'água localizada em 920-980 nm, conseqüentemente, a região espectral ótima para o sensoriamento remoto no infravermelho próximo é indicada como sendo em 740-900 nm (TUCKER, 1978 citado por JENSEN, 2009),

Para verificar entre quais posições de coleta há diferença de leitura nas reflectâncias para a região do visível, procedeu-se um teste de comparação de médias, Tukey HDS, com significância de 95%.

O modelo para comparação de médias levou em consideração a reflectância em função da classe, de acordo com o que segue: Classe 1 – árvore de bordadura, leitura parte inferior; Classe 2 – árvore de bordadura, leitura parte mediana; Classe 3 – árvore de bordadura, leitura parte superior; Classe 4 – árvore de centro, leitura parte inferior; Classe 5 – árvore de centro, leitura parte mediana; Classe 6 – árvore de centro, leitura parte superior.

Foram comparados 15 cruzamentos, sendo que destes, 8 mostraram diferenças significativas ao nível de 5% de confiança (conforme Figura 4).

Em ordem decrescente de contribuição para as diferenças significativas ao nível de 5% ($p < 0,05$) os seguintes pares de classes: 5-6; 3-6; 2-6; 4-6; 1-6; 4-5; 1-5 e 1-3 contribuíram para as diferenças detectadas pela ANOVA.

Os resultados pareados indicam a primeira posição em preferência da segunda. Assim, ao se coletar o material foliar para análise de reflectância na região do visível, por ordem de significância, deve-se primar pela coleta na Classe 5 (árvore de centro, leitura na parte mediana) em vez da Classe 6 (árvore de centro, leitura na parte superior).

Ao observar o primeiro par, 5-6, verificou-se que os mesmos pertencem à árvore de centro, variando apenas a posição de coleta das folhas (média e superior). Já para o segundo par, 3-6, a posição de coleta de folhas manteve-se a mesma (média), variando a localização da árvore no povoamento (bordadura e centro). No terceiro par, 2-6, não houve vínculo nas combinações, variando assim, tanto a localização da árvore quanto a posição de coleta das folhas.

Salienta-se que o presente estudo foi realizado em um povoamento jovem cujas copas ainda não ocupavam todo espaço a elas destinado, portanto, sem entrelaçamento. Dessa forma, todos os estratos (posições inferior, média e superior) recebiam luz em proporções muito semelhantes.

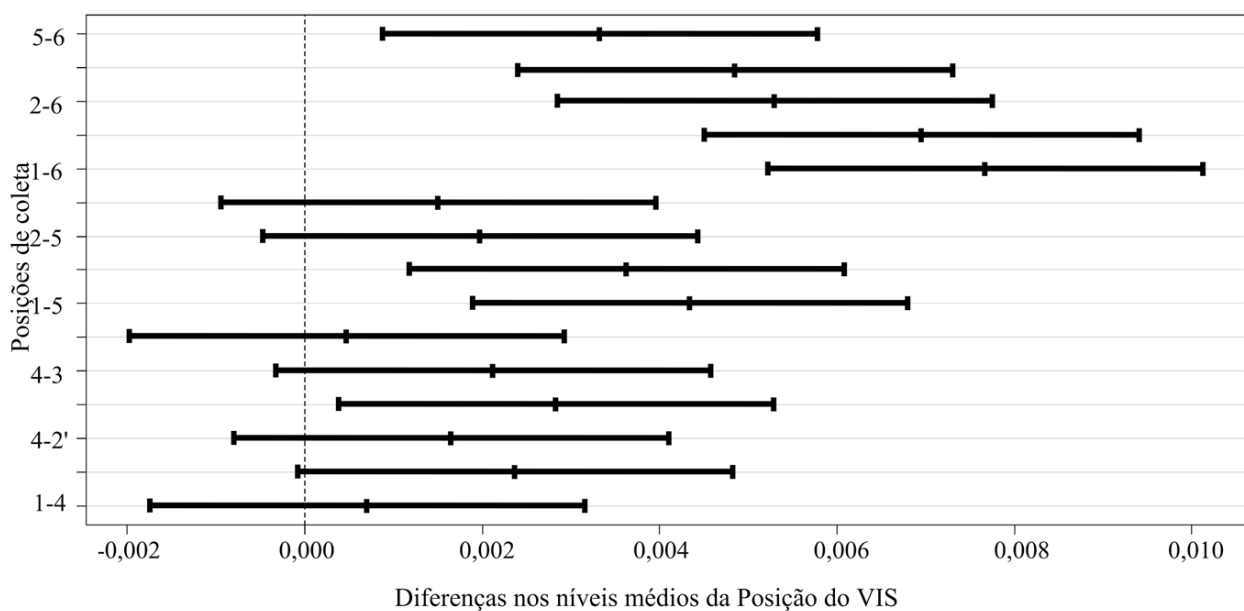


FIGURA 4: Teste de Tukey HDS para verificar entre quais posições de leituras das reflectâncias ocorrem diferenças significativas, na região do visível.

FIGURE 4: Tukey HSD Test to verify in which positions of reflectance readings there were significant differences.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que para as regiões do espectro eletromagnético analisadas, visível (400 nm a 690 nm) e infravermelho próximo (650 nm a 890 nm), existe diferença significativa entre as curvas de reflectância médias em árvores pertencentes à bordadura e árvores pertencentes ao interior do povoamento de plantios de *Eucalyptus grandis* apenas para a região do visível, nas diferentes posições de coleta.

Para a faixa do infravermelho próximo, as curvas de reflectância médias não apresentaram diferenças significativas em árvores pertencentes à bordadura e árvores pertencentes ao interior do povoamento de plantios de *Eucalyptus grandis*.

O teste de comparação de médias Tukey HSD apontou, ao nível de 5% ($p < 0,05$), os pares: 5-6; 3-6; 2-6; 4-6; 1-6; 4-5; 1-5 e 1-3 como contribuintes para as diferenças detectadas pela ANOVA. Sendo assim, as classes indicadas de coleta de folhas para análise espectrorradiométrica em indivíduos de *Eucalyptus grandis*, cujas copas ainda não se tocam, são, preferencialmente, a posição 5 (árvore de centro, leitura na parte mediana) e a posição 3 (árvore de bordadura, leitura parte superior).

AGRADECIMENTOS

À Capes, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANALYTICAL SPECTRAL DEVICES, INC. (ASDI). **FieldSpec® 3**. Disponível em: <<http://www.asdi.com/products-fs3.asp>> Acesso em 28 out. 2008.
- ARCO, E. D', et al. Estudos de reflectância de amostras de 5 tipos de solos brasileiros, em condições de laboratório. Belo Horizonte, MG, 2003. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte, Brasil. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2327 - 2334.
- GATES, D. M. et al. Spectral properties of plants. **Applied Optics**, v. 4, n. 1, p. 11-20, Jan. 1965.
- GAUSMANN, H. W. Leaf reflectance of near-infrared. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Maryland, v. 40, n. 2, p. 183-91, Feb. 1974.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em 25 ago. 2009.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.
- KUMAR, R.. **Radiation from plants-reflection and emission: A review**. Lafayette: Purdue University, 1972. 18 p.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and interpretation**. 3rd ed. New York, 1994. 750 p.
- MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001. Independente.
- MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed. atual. e ampl., Viçosa: Ed. UFV, 2005. p.320.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura. 1961. 42 p.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. São Paulo, E. Blücher, 2002. p.307.
- ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. Do Autor, 2000. 220 p.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese. 2007. 127 p.
- RÉ, D. S. **Curso Básico de Análise Estatística no Software R**. Apostila Didática. Jacareí, 2009. Não paginado.
- SANCHES, I. D. A. et al. Influência do tempo após a coleta de folhas na reflectância e Transmitância. Belo Horizonte, MG, 2003. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2605 - 2612.
- SILVA, E. L. S.; PONZONI, F. J. Comparação entre a reflectância hemisférica de folhas e a reflectância bidirecional de um dossel. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 466-478, dez. 1995.
- SISMANOGLU, B. N.; et al. O uso do espectrorradiômetro REFSPEC II-A como ferramenta útil, motivadora e auxiliar no ensino das ciências exatas e implementadora da interdisciplinaridade. Belo Horizonte, MG, 2003. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte, Brasil. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 805-812.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 126 p.