

Separação espectral de alvos do dossel florestal a partir das bandas de uma câmera portátil com bandas Azul, Verde & IVP

Julia Valentim Tavares¹
Bruce Walker Nelson¹
Dalton de Morisson Valeriano²

¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA
Caixa Postal 69060-001 – Manaus – AM, Brasil
tavares.juliav@gmail.com
bnelsonbr@gmail.com

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
dalton@dsr.inpe.br

Abstract. This study examines the usefulness of a portable camera for monitoring the seasonal leaf phenology of a Central Amazon forest canopy as seen in oblique downward view from a tower. A Canon model SD780i was modified to provide Blue, Green and Near-Infrared bands, but the latter is centered on the red-edge of a typical green leaf spectrum (670-770 nm), not on the plateau of high NIR reflectance. Despite a less-than-ideal spectral position, the nominal NIR band contributed useful information for unambiguous separation of two classes of bare wood from three classes of live green leaves. Dead dry leaves, however, were not completely separated from live leaves, even in three-band space. The NIR band also contributed to the unambiguous separation of recently flushed new green leaves from older leaves. This is useful for detecting seasonal greening up. Spectral separation was examined in two-band scatter plots and by Linear Discriminant Analysis of all band combinations, associated with a leave-one-out jackknife validation.

Palavras-chave: Amazon forest, leaf phenology, greenup, spectral separation.

1. Introdução

As propriedades espectrais de uma folha são função de sua composição química, morfologia e estrutura interna, podendo variar de acordo com a maturidade e espécie (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). A Figura 1 mostra parte da curva espectral de uma folha verde sadia. Na faixa do visível a reflectância é baixa, devido à absorção causada pelos pigmentos, com um pequeno aumento na faixa do verde. Já na região do infravermelho próximo, de 720 nm a 1100 nm, a reflectância é alta devido à interferência da estrutura celular. (Ponzoni e Shimabukuro, 2007).

Os CCDs (*Charge-Coupled Device*) de câmeras convencionais são sensíveis à faixa infravermelha próxima (IVP), mas esta parte do espectro é normalmente filtrada, deixando passar apenas as faixas do visível azul, verde e vermelha, carregadas nos respectivos canais B, G & R da fotografia colorida. A empresa MaxMax (<http://www.maxmax.com>) oferece câmeras modificadas com bandas azul, verde e IVP. A banda IVP é carregada no canal R da fotografia colorida. Um modelo Canon SD780i modificado foi obtido desta empresa para testar sua capacidade de discriminar folhas de galhos no dossel superior para um estudo de sazonalidade da fenologia foliar na Amazônia Central. A banda IVP utilizada pela câmera, contudo, está localizada na borda entre região espectral vermelha e IVP (670-770 nm). Com isso, não engloba o platô de reflectância da curva espectral típica de uma folha verde sadia (Figura 1).

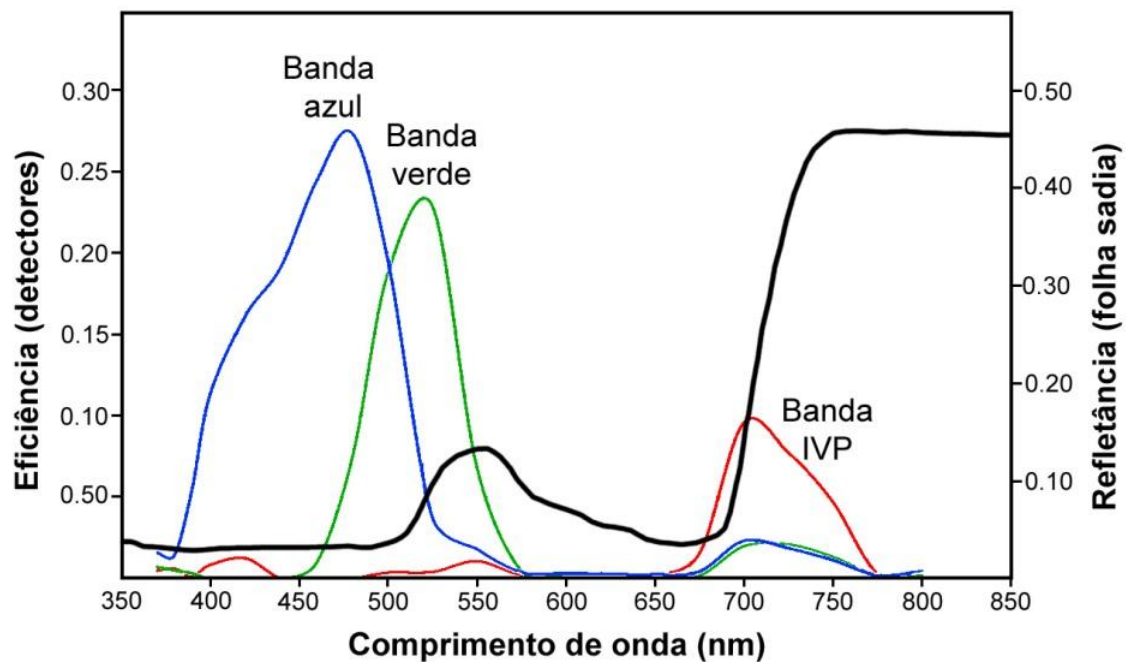


Figura 1. Posições das três bandas da câmera modificada. A banda IVP está centrada na borda vermelha da curva espectral de uma folha verde sadia (linha preta). Fonte: www.maxmax.com

Em uma primeira análise visual, aparentemente a banda IVP desta câmera não contribuiu para a separação espectral das folhas vivas do material vegetal não fotossintetizante (NPV) como galhos e folhas secas. A imagem desta banda em tons de cinza (Figura 2e) se apresenta de forma quase homogênea, com pouca variação no brilho dos objetos e pouca distinção entre NPV de folhas vivas. Nas bandas azul e verde as folhas vivas aparecem melhor discriminadas de madeira clara. No entanto, em ambas, as folhas vivas não são discriminadas de madeira escura. Nesse sentido, buscamos inferir se há contribuição da banda IVP encontrada na câmera modificada, para a separação espectral de folhas saudias e NPV.

2. Material e Métodos

Duas fotografias concomitantes foram tiradas de um dossel florestal, com o mesmo ângulo, uma com a câmera modificada com as bandas B-G-IVP e a outra com câmera tradicional com bandas B-G-R. A foto convencional foi utilizada para identificação visual dos alvos amostrados nas três bandas da foto B-G-IVP. A aquisição das duas fotografias foi realizada com iluminação difusa e sol atrás do fotógrafo.

Folhas saudáveis foram divididas visualmente em três categorias com base em cores na imagem RGB convencional: folhas jovens com cor verde-clara, folhas maduras verde-escuras e uma classe de idade intermediária. (A associação entre tons de verde e idade das folhas foi baseada em monitoramento do mesmo dossel em outro estudo ainda em curso.) O grupo de NPV foi dividido em mais três categorias: folhas mortas, madeira clara e madeira escura. Dentro de cada uma destas seis classes foram selecionadas 30 janelas totalizando 180 amostras, todas tomadas de porções iluminadas da imagem. Cada amostra foi uma janela de 7x7 pixels, sendo aproveitado o brilho médio da janela em cada banda.

Utilizando a Análise Linear Discriminante (ADL), a separabilidade espectral foi comparada em combinações de classes de objeto par a par, testando todas as combinações de uma, duas e três bandas espectrais presentes na câmera modificada. Há dois indicadores de separabilidade espectral entre as classes de objetos. Primeiro o valor de F (Tabela 1), que pode ser comparado apenas entre combinações utilizando o mesmo número de bandas. O

segundo indicador é mais facilmente interpretado, sendo a porcentagem de acerto em validação *jackknife* (Tabela 2).

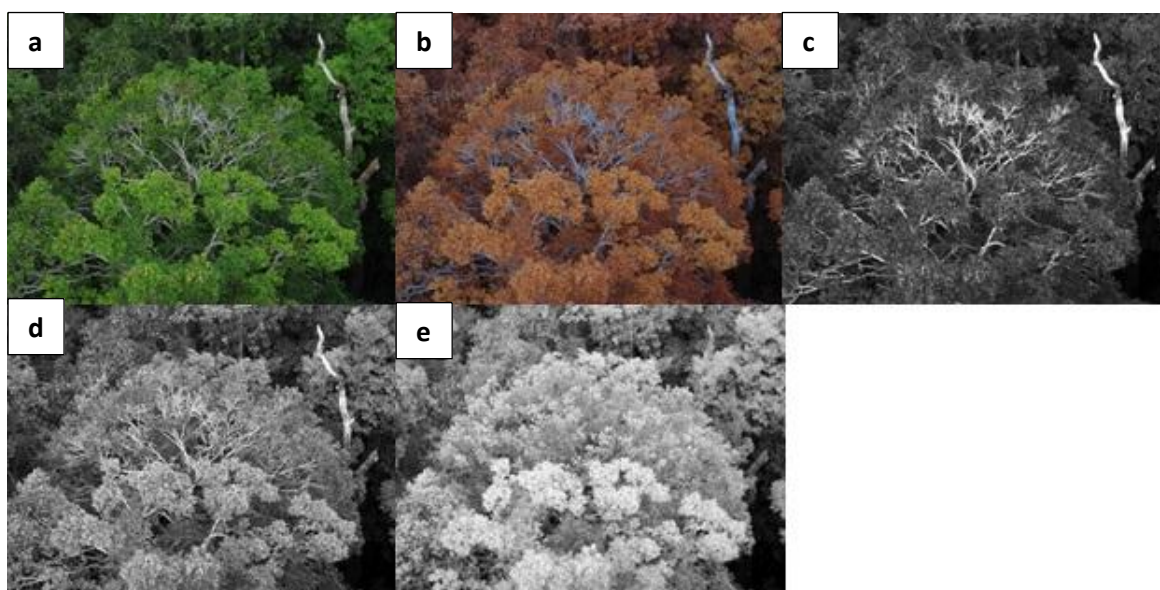


Figura 2. Imagens do dossel florestal trabalhado; a: composição colorida com bandas de uma câmera convencional com regiões espectrais vermelho, verde e azul, respectivamente inseridas nos canais RGB; b: composição colorida com bandas da câmera Canon modificada, com regiões espectrais infravermelho próximo (IVP), verde e azul, respectivamente inseridas nos canais RGB; Imagens monocromáticas das bandas da câmera modificada: c, d, e, respectivamente, banda azul, banda verde, banda infravermelho próximo.

3. Resultados e Discussão

As Figuras 3, 4 e 5 ilustram a separação dos seis alvos em espaços de duas bandas. O grande grupo NPV está representado por símbolos vazios e o grande grupo de folhas vivas por símbolos preenchidos. Estes gráficos, junto com as duas tabelas, apontam os seguintes resultados mais salientes para o monitoramento de fenologia foliar com uma câmera montada em torre na Amazônia Central:

- Nenhuma banda sozinha separa o grande grupo NPV do grande grupo de folhas vivas;
- Nenhuma banda sozinha separa os dois tipos de madeira (escura e clara) das folhas vivas;
- Os dois tipos de madeira (escura e clara) são mais bem separadas das folhas vivas quando se inclui a banda IVP, seja ela combinada com a banda Verde, seja com a banda Azul;
- A inclusão da banda IVP também melhora a discriminação de folhas jovens verde-claras das outras folhas vivas;
- Folhas secas constituem a parte de NPV que mais se confunde com folhas vivas; são mais bem separadas das folhas vivas pela combinação Azul e Verde;
- No espaço das três bandas, foi possível separar todos os seis tipos de alvos entre si em nove comparações das seis classes par a par, com exceção de folhas secas que tiveram pequena confusão com folhas vivas escuras (Tabela 2, última coluna).

Folhas secas são pouco abundantes no dossel superior da Amazônia Central e sua confusão com outros alvos seria uma fonte de erro menor nas estimativas de cobertura foliar total. Possivelmente este problema seria resolvido com a inclusão de uma banda vermelha, não disponível na câmera avaliada. O reconhecimento do conjunto dos dois tipos de madeira, escura e clara, é imprescindível para medir a quantidade de madeira exposta. Para isso a

contribuição da banda IVP é muito útil (item c acima). Em estudos de monitoramento sazonal, a madeira exposta é um indicador mais confiável da quantidade de folhas vivas no dossel, pois a madeira é um alvo estável. Diferente das folhas, ela não muda de cor de um mês para outro. A banda IVP também facilitou a detecção de copas que passaram por recente *flush* foliar ou *greenup* (item d acima). Foi a banda que melhor separou as folhas jovens verde-claras das folhas mais maduras. Durante a coleta das amostras, foi observada que as manchas claras de reflexão especular nas folhas confundem com áreas de madeira clara. As folhas na banda IVP não mostraram este efeito, de modo que sua inclusão deve diminuir o problema.

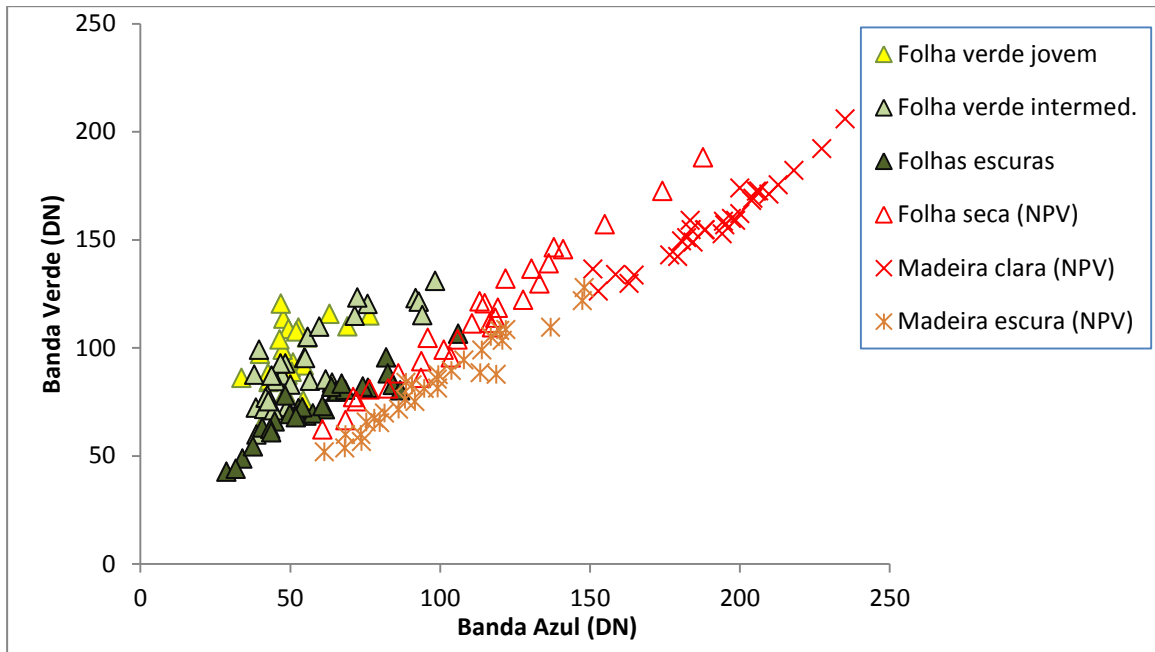


Figura 3. Gráfico de dispersão do brilho dos 30 polígonos amostrados para cada uma das seis classes nas bandas espectrais Azul e Verde.

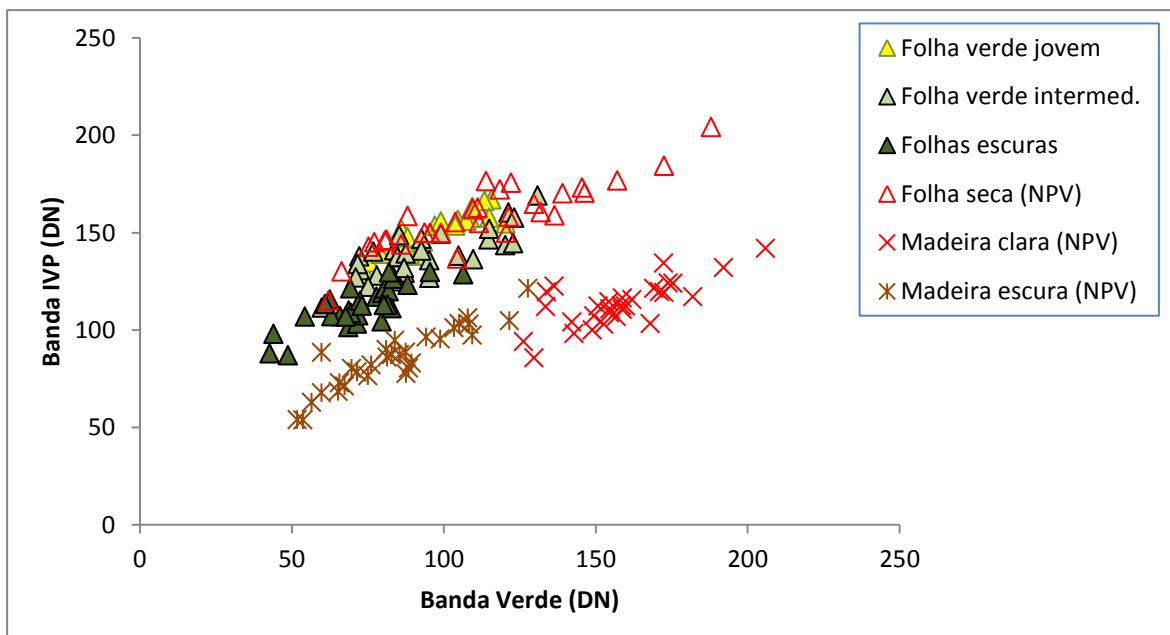


Figura 4. Gráfico de dispersão do brilho dos 30 polígonos amostrados para cada uma das seis classes nas bandas espectrais Verde e Infravermelho.

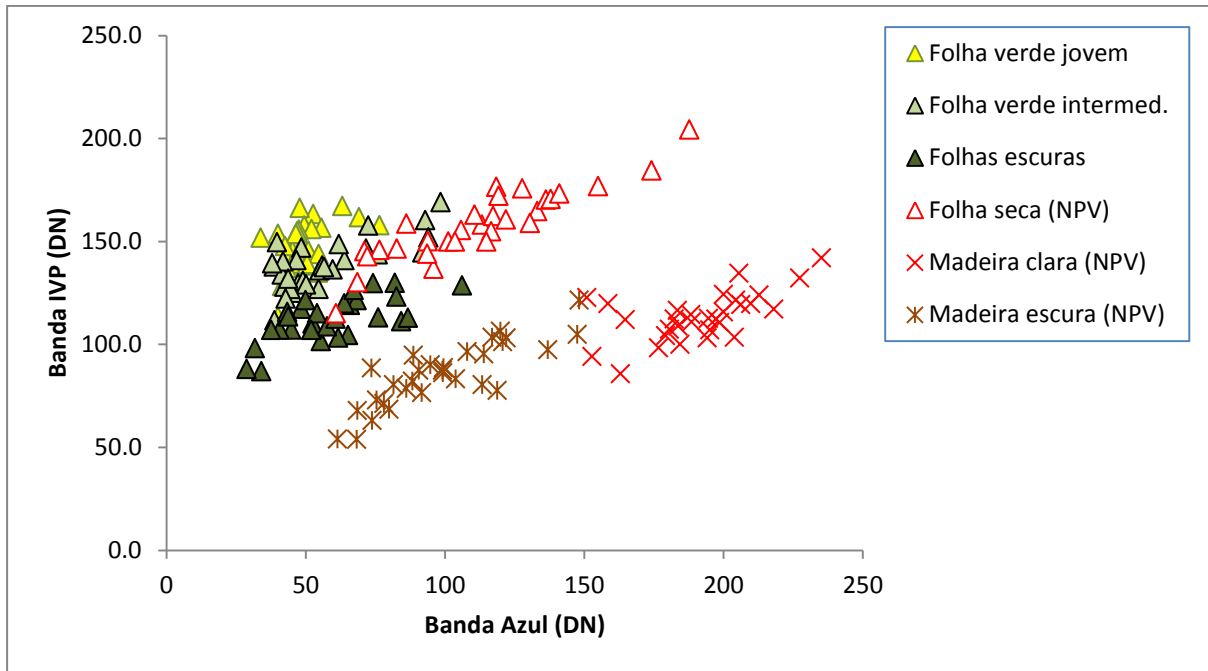


Figura 5. Gráfico de dispersão do brilho dos 30 polígonos amostrados para cada uma das seis classes nas bandas espectrais Azul e Infravermelho.

Tabela 1 Valores de F da Análise Discriminante Linear para as diferentes combinações das bandas Azul, Verde e IVP, considerando os 9 pares de alvos de vegetação verde e NPV

Combinações de bandas – Valores de F da Análise Discriminante Linear							
Pares de alvos	B	G	IVP	B-G	B-IVP	G-IVP	B-G-IVP
Folha verde jovem X folha seca (NPV)	120	9	8	234	102	5	155
Folha verde jovem X Madeira escura (NPV)	120	5	294	319	695	630	493
Folha verde jovem X Madeira clara (NPV)	1226	234	121	926	1157	847	758
Folha verde intermediária X folha seca (NPV)	74	9	25	168	46	15	110
Folha verde intermediária X Madeira escura (NPV)	61	3	216	280	618	313	415
Folha verde intermediária X Madeira clara (NPV)	724	184	66	678	935	485	640
Folha escura X folha seca (NPV)	68	43	150	49	81	103	80
Folha escura X Madeira escura (NPV)	55	6	60	144	258	221	169
Folha escura X Madeira clara (NPV)	698	417	0	447	565	480	370

Tabela 2 Acerto da validação (%) pelo método de Reamostragem Jackknife para as diferentes combinações das bandas Azul, Verde e IVP, considerando os 9 pares de alvos de vegetação verde e NPV

Acertos da validação (%)							
Pares de alvos	B	G	IVP	B-G	B-IVP	G-IVP	B-G-IVP
Folha verde jovem X folha seca (NPV)	92	65	60	100	95	63	100
Folha verde jovem X Madeira escura (NPV)	90	58	97	100	100	100	100
Folha verde jovem X Madeira clara (NPV)	100	98	92	100	100	100	100
Folha verde intermediária X folha seca (NPV)	83	67	77	100	87	78	100
Folha verde intermediária X Madeira escura (NPV)	82	57	97	100	100	100	100
Folha verde intermediária X Madeira clara (NPV)	100	97	90	100	100	100	100
Folha escura X folha seca (NPV)	85	83	97	87	95	97	97
Folha escura X Madeira escura (NPV)	80	60	85	97	100	98	100
Folha escura X Madeira clara (NPV)	100	100	48	100	100	100	100

4. Conclusões

Apesar de estar posicionada no início do espectro do Infravermelho, antes do platô de alta reflectância da vegetação sadia, a banda IVP da câmera modificada Canon SD780i contribui para a separação de alvos de vegetação viva dos alvos de NPV. Foi particularmente útil para distinguir madeira exposta e para detectar dosséis que passaram por recente *flush* foliar.

5. Referências Bibliográficas

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y.E. 2007. *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. Parêntese, São José dos Campos, Brasil. 135 pp.

Camera MaxMax NDVI. Disponível em: < <http://www.maxmax.com>>. Acesso em: 18.de Novembro.de 2012