

## Obtenção de Feições Espectrais de Vinhedos no Sul do Brasil a partir de imagens ASTER

Patrícia Rodrigues da Silva<sup>1</sup>  
Jorge Ricardo Ducati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPSRM  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
Av. Bento Gonçalves 9500, Agronomia  
Cx. P. 15044, CEP 91501-970, tel. 55 51 3316 6221  
Porto Alegre – RS – Brasil  
[patricia.rodrigues@ufrgs.br](mailto:patricia.rodrigues@ufrgs.br)  
[ducati@if.ufrgs.br](mailto:ducati@if.ufrgs.br)

**Abstract.** The observation of Earth by satellites has demonstrated the feasibility of establishing differences between plant species, from their spectral features. The reflectance spectrum of vine plants follows this trend however, identification at grape variety level is still to be investigated. This was presently addressed, using satellite multi-spectral images of two terroirs at Rio Grande do Sul State, Brazil. Spectral informations for 13 grape varieties were extracted from images collected by the ASTER sensor. Field, radiometric measurements provided additional spectra. For one terroir, with vines in rows, 9-points spectra were constructed, each being the average of three plots of a given variety. These spectra are either polynomials, or sets of normalized intensities for the 9 bands. The other terroir, 500 km apart, has smaller plots in the traditional pergola style. It is concluded that middle resolution satellite images (pixel 15-30m), specially at infrared, are a valuable tool for surface measurements and grape variety identification, leading to multiple applications, including precision viticulture.

**Palavras chave:** remote sensing; ASTER images; images classification; radiometry; vineyard monitoring.

### 1. Introdução

A observação da terra a partir do espaço abriu novas possibilidades de conhecimento em vários campos de pesquisa, as aplicações em agricultura são um dos melhores exemplos. Imagens multi-espectrais de média resolução tem sido utilizadas no monitoramento de plantações, pois graças às técnicas de classificação é possível estudar as feições espectrais que caracterizam diferentes espécies de plantas. As plantações em grande escala, como soja e arroz por exemplo, são facilmente distinguidas de outras vegetações levando à possibilidade de quantificação de área e estimativa de safra (Fontana et al. 2000). Cultivos intensivos, como os vinhedos, em geral são em pequenas áreas, e tem recebido menos atenção, visto que seu tamanho corresponde a alguns pixels nas imagens digitais, levando a possíveis confusões quando técnicas de classificação são aplicadas. Entretanto a aplicação do sensoriamento remoto em pomares pode produzir resultados extremamente úteis em termos de identificação de espécies ou variedades, monitoramento da saúde das plantas e de área plantada bem como estimativa de safras. Essa dificuldade foi parcialmente resolvida quando uma nova geração de sensores de alta resolução espacial e espectral entrou em operação. Estes dois parâmetros aliados ao baixo (ou nulo) custo fazem das imagens do sensor ASTER uma ferramenta preferencial para a aplicação de dados de satélite ao estudo de pequenas culturas.

A aplicação de imagens de satélite tem sido útil à agricultura de precisão, como documentado por Bramley (1999). Entretanto mesmo para gerenciamento em pequena escala e com pouca sofisticação, é necessária geração de conhecimento, como por exemplo, a classificação dos

vinhedos e sua capacidade de distinguir as diferentes variedades de uva, também influência dos terroirs e diferentes práticas agrícolas na assinatura espectral dos vinhedos. Estas questões já foram encaminhadas, por exemplo, em Hall et al. (2002) e Hall et al. (2003), em nível de campo, por Luz e Fonseca (2003) em seu estudo sobre assinaturas espectrais de diversas variedades de uva. Agora, explorando as potencialidades do sensor ASTER, estas questões podem ser novamente investigadas.

## 2. Materiais e Métodos

A principal região vitícola do Brasil está localizada no estado do Rio grande do Sul, entre as latitudes 29° e 32°sul. Tradicionalmente a produção de vinhos está associada à imigração italiana na Conhecida Serra Gaúcha. Novos terroirs vêm sendo explorados em áreas no sul do estado, incluindo a região da Campanha próxima a fronteira com o Uruguai. Estes dois terroirs distantes entre si 500km são completamente diferentes. Na Serra gaúcha as altitudes são próximas dos 600m, o solo é composto por basalto, o terreno é bastante acidentado, a umidade pode ser alta e os gradientes de temperatura são significativos. Na região da Campanha as altitudes são próximas de 200m, o solo é arenoso, o terreno é plano, conhecido como Pampa, a umidade é baixa e os gradientes de temperatura são pequenos. Enquanto na Serra o cultivo de videiras é tradicionalmente em propriedades familiares pequenas (1 a 5 hectares), freqüentemente em latada, na Campanha é possível a instalação de vinhedos grandes com centenas de hectares de extensão cultivados em espaldeira. Vinhos provenientes destes terroirs são obviamente diferentes. Imagens ASTER (Abrams et al. 2002) fornecem informação espectral dos alvos em radiância, em 9 bandas cobrindo as faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio (0.52 $\mu$ m – 2.43 $\mu$ m). A resolução espacial das bandas 1, 2 e 3N (subsistema VNIR; a banda 3B não foi utilizada neste estudo) é 15m, sendo 30m nas outras seis bandas (subsistema SWIR). Dados da região da Campanha são provenientes de uma imagem ASTER L1B coletada no dia 1° de dezembro de 2004. Na imagem foram aplicados georreferenciamento e a conversão dos valores de radiância para reflectância mediante correção de absorção atmosférica (Anderson et al. 2003). Neste terroir foi realizada uma expedição aos vinhedos da Vinícola Almadén situada no distrito de Palomas próximo a Santana do Livramento (30° 53' S, 55° 32' W). Nesta expedição foram obtidas coordenadas geográficas, com o auxílio de um GPS de navegação, para 39 regiões com cultivo de 13 variedades diferentes (Cabernet Sauvignon, Merlot, Trebiano, Tannat, Sauvignon Blanc, Sémillon, Gewurztraminer, Chardonnay, Pinotage, Riesling Italiano, Riesling Renano, Chenin Blanc, Napa Gamay) cultivados em espaldeira e com áreas variando entre 4 e 9 hectares.

Os dados para a região da Serra são provenientes de uma imagem ASTER L1A, coletada no dia 24 de novembro de 2004. Medidas radiométricas de campo foram realizadas a fim de testar a hipótese de que as características espectrais in-situ podem ser reconhecidas nas imagens de satélite dos vinhedos. Na área da Vinícola Miolo próxima a Bento Gonçalves (29° 10' S, 51° 31' W) foi utilizado um radiômetro LI-1800 (0.3 $\mu$ m – 1.1 $\mu$ m), para medir o espectro de reflectância das folhas de quatro grupos de 10 plantas cada um, da variedade Cabernet Sauvignon cultivadas em espaldeira ( em 07 de janeiro de 2005). Também foram feitas medidas de reflectância para o dossel destas mesmas plantas (em 17 de fevereiro de 2005). Observando que ambas as medidas foram realizadas em campo. Finalmente coordenadas geográficas com GPS diferencial, foram obtidas para vinhedos cultivados em latada (em 09 de novembro de 2005), em áreas de aproximadamente dois hectares; as coordenadas dos vinhedos de Cabernet Sauvignon e Pinot Noir foram obtidas em área da

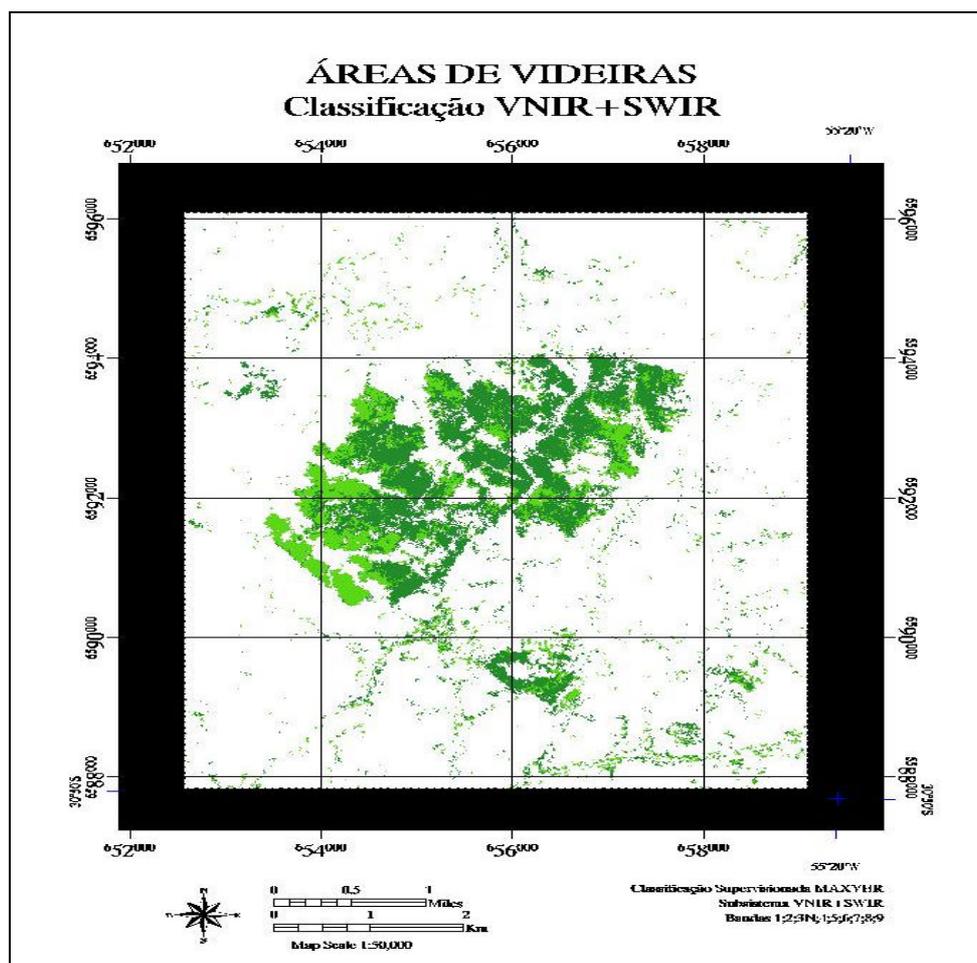
Vinícola Larentis, e os vinhedos de Merlot e Tannat em área pertencente a Vinícola Don Laurindo ambas próximas à cidade de Bento Gonçalves.

### 3. Resultados e Discussão

Estudos preliminares na imagem da região da Campanha incluíram a aplicação do método supervisionado de classificação *Máxima Verossimilhança Gaussiana*, para testar a viabilidade de separar os vinhedos de outras classes existentes na cena. Todas as 9 bandas foram usadas. As bandas de 30m foram reamostradas para 15m. Os resultados da classificação foram testados pelos métodos usuais (matriz de confusão, índice Kappa), proporcionando uma medida de confiança para a verificação de que as áreas de vinhedos foram bem identificadas, apresentando pouca confusão com outras classes (solo exposto, banhado, água, florestas nativas e exóticas, campo). A matriz de confusão que fornece informações sobre a qualidade da classificação é mostrada na tabela 1. É interessante notar que existe uma separação significativa entre as variedades de uva vermelhas e brancas; a razão para este comportamento pode ser devido à contribuição da resposta espectral dos cachos, visto que, o cultivo na região é realizado com o sistema de condução espaldeira. Esta questão, ainda não está bem clara e merece mais estudos. Na figura 1, observamos o mapa de videiras da região derivado da classificação.

Tabela 1. Matriz de confusão derivada da classificação MAXVER nas 9 bandas, valores em %.

	Banhado	Água	Solo Exposto	Campos	Florestas	Uva Branca	Uva tinta
Banhado	52,38	6,02	0,00	0,00	5,63	0,00	0,00
Água	3,81	66,27	0,00	0,00	2,12	0,00	0,00
Solo Exposto	1,43	1,20	100,00	0,00	0,00	0,84	0,00
Campos	0,95	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Florestas	39,05	26,51	0,00	0,00	91,90	0,00	0,00
Uva Branca	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	91,53	15,00
Uva tinta	1,43	0,00	0,00	0,00	0,35	7,63	85,00
Total	100	100	100	100	100	100	100
Acurácia Total	92,0347%						
Índice Kappa	0,8902						



**Figura 1.** Mapa das Videiras na região da Campanha, gerado a partir da classificação MAXVER para as 9 bandas. As áreas de videiras estão apresentadas em verde.

Há uma questão relativa à mistura espectral entre as assinaturas espectrais das videiras e da grama. De fato todas os vinhedos na propriedade que estudamos, apresentam videiras cultivadas em espaldeira, e o solo entre as fileiras, permanece coberto por grama nativa. A distância entre as fileiras é aproximadamente constante ao longo das regiões cultivadas, assim como a densidade de vinhedos. Não foi possível encontrar um campo aberto próximo, que apresentasse as mesmas características da grama encontrada entre as fileiras, e que permitisse a aplicação de técnicas de pixel mistura. Por esta razão, a informação espectral referente à grama é pouca, uma condição que será tratada neste trabalho como sendo um ruído branco agindo de forma uniforme em toda a informação espectral derivada dos vinhedos da Campanha. Com relação às videiras, 39 regiões de vinhedos foram estudadas no sítio da Campanha, cobrindo 13 variedades diferentes de uva, 3 regiões por variedade. Para cada região, um conjunto de 9 pontos define um espectro, onde cada ponto é o valor da reflectância em uma dada banda, expresso em unidades de contagem. Este valor não é absoluto, mas depende de condições locais e instantâneas que podem variar de uma região para outra vizinha. Operações envolvendo os três espectros de uma mesma variedade, só foram realizadas após a aplicação de um procedimento de normalização dos espectros, uma condição atendida quando todos os espectros são transformados de forma a ter o mesmo valor de integral. Isto é feito tomando um dos três espectros como referência, e multiplicando os outros dois por um fator que vem da divisão da integral de referência pelo valor das outras integrais individuais calculadas. Depois de normalizar todos os espectros para que tenham níveis de informação semelhantes, os espectros médios para as variedades foram determinados

calculando os valores médios de reflectância para cada banda. O último passo é verificar se o espectro final de cada variedade é característico. A figura 2 mostra os espectros para as 13 variedades estudadas na região da Campanha. É possível observar que em geral cada variedade possui seu espectro característico. É interessante lembrar que cada espectro é derivado da observação de três diferentes regiões cobrindo 200 pixels de 15m de resolução cada um. Este resultado está em concordância com as medidas radiométricas de campo realizadas por Luz e Fonseca (2003) para diversas variedades de viníferas. A figura 3 mostra esta informação espectral de outra perspectiva, incluindo o desvio padrão de cada banda para cada uma das variedades. Estas figuras indicam que o espectro tende ao longo dos valores de comprimento de onda, a ser consistentemente diferente tanto em termos da magnitude da reflectância, quanto em termos de variação na sua forma. Desta forma, a separação entre tintas e brancas, como sugerido na tabela 1, não é clara; isto pode ocorrer devido ao fato de a ferramenta de classificação aplicada ser bem mais complexa, extraindo informações que não foram reveladas nos espectros. No terroir da Serra Gaúcha, medidas radiométricas de campo foram realizadas em folhas de Cabernet Sauvignon produzindo os espectros mostrados na figura 4. Mesmo sendo o alcance espectral limitado quando comparado ao domínio de comprimento de onda que o ASTER cobre, em geral observa-se uma concordância entre o comportamento dos pontos em ambos. Entretanto a radiometria de campo dos dosséis, apresentou resultados muito diferentes (figura 5). Estes espectros apresentam feições características dos solos, sugerindo uma contaminação nas medidas possivelmente produzida pela luz proveniente da superfície, apontando para a necessidade de uma nova coleta de dados para os dosséis. Dados da imagem ASTER referente ao terroir Serra Gaúcha, apresentou algumas dificuldades, desde que regiões de cultivo de videira no sistema de latada, tendem a ser pequenos e, portanto representam poucos pixels na imagem. Os espectros das variedades Cabernet Sauvignon, Merlot, Tannat e Pinot Noir, do terroir na Serra Gaúcha são apresentados na figura 6. Ao lado apresentamos os espectros das mesmas variedades provenientes do terroir na Campanha (figura 7). Observamos que há uma diferença significativa entre as magnitudes de radiação entre as variedades dos dois terroirs, sendo as variações na forma dos espectros não tão significativas. Na figura 6 ainda é possível observar a diferença entre a curva espectral do solo em relação à curva espectral das 4 variedades apresentadas.

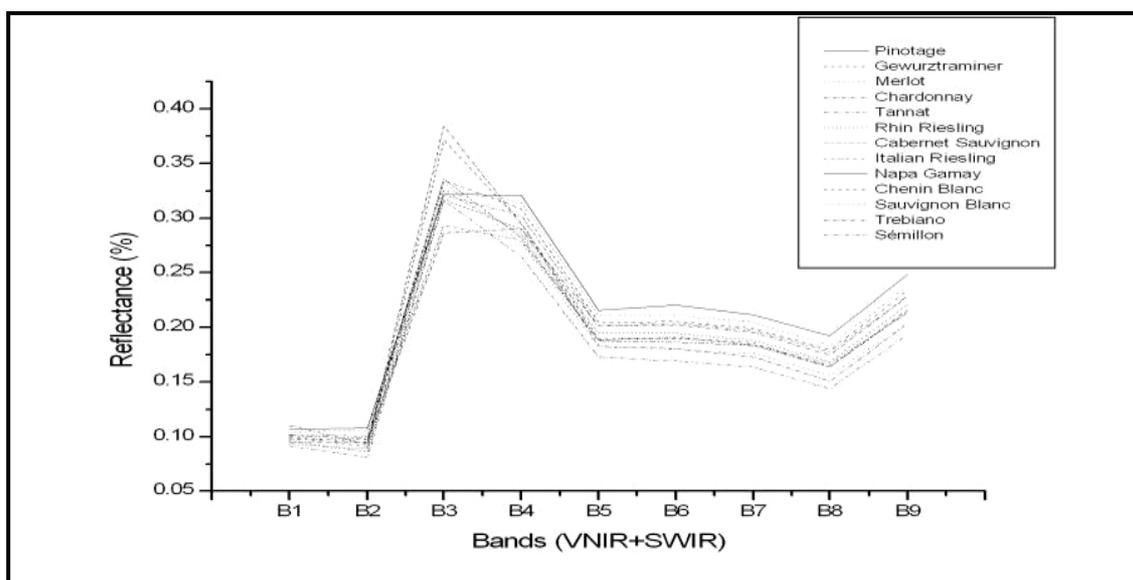


Figura 2. Espectros para 13 variedades, terroir da Campanha.

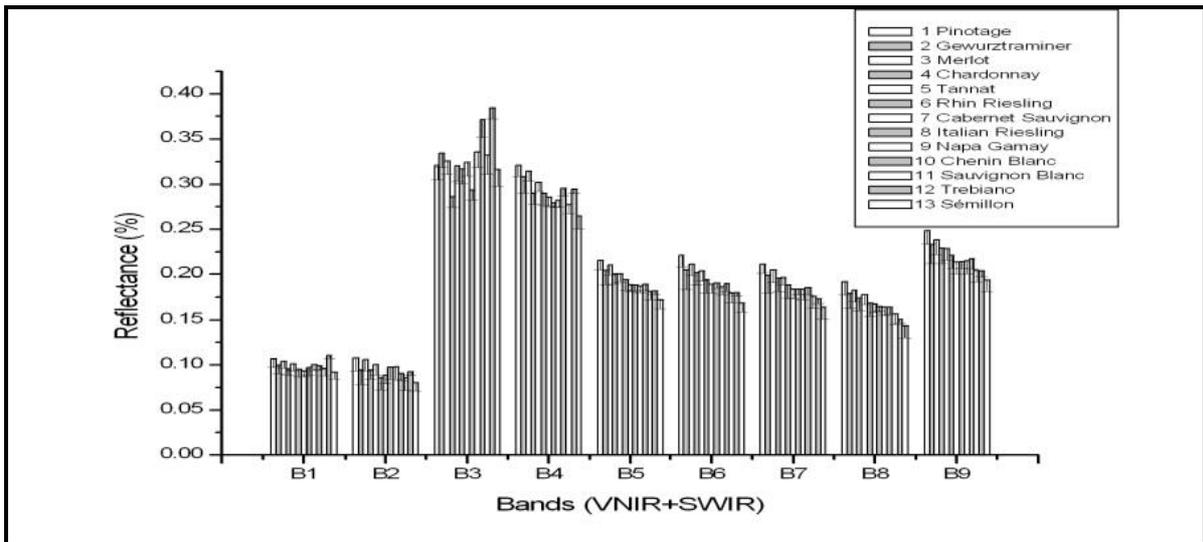


Figura 3. Espectros para 13 variedades, terroir Campanha, sob outra perspectiva.

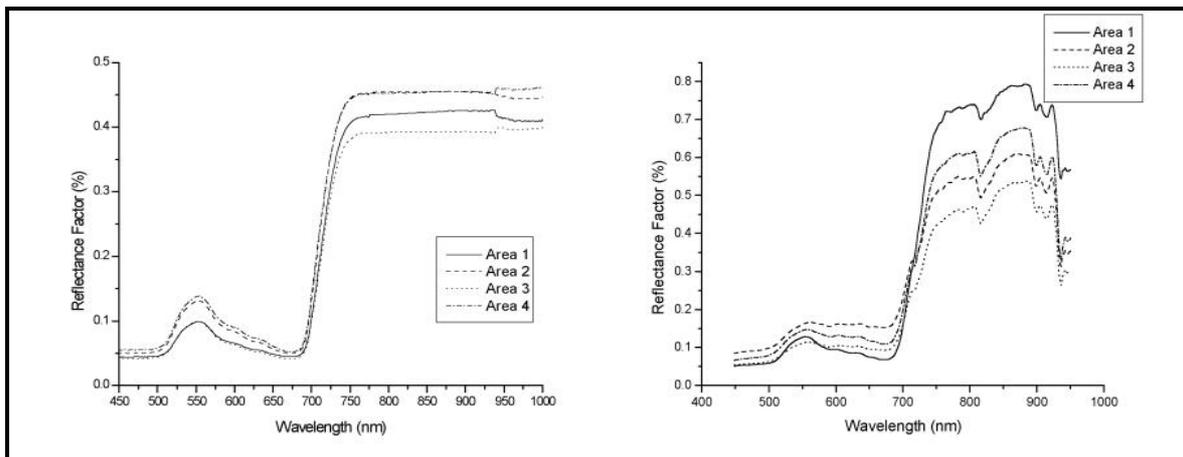


Figura 4 e 5. Espectros de refletância das folhas e dossel, variedade Cabernet Sauvignon terroir Serra Gaúcha.

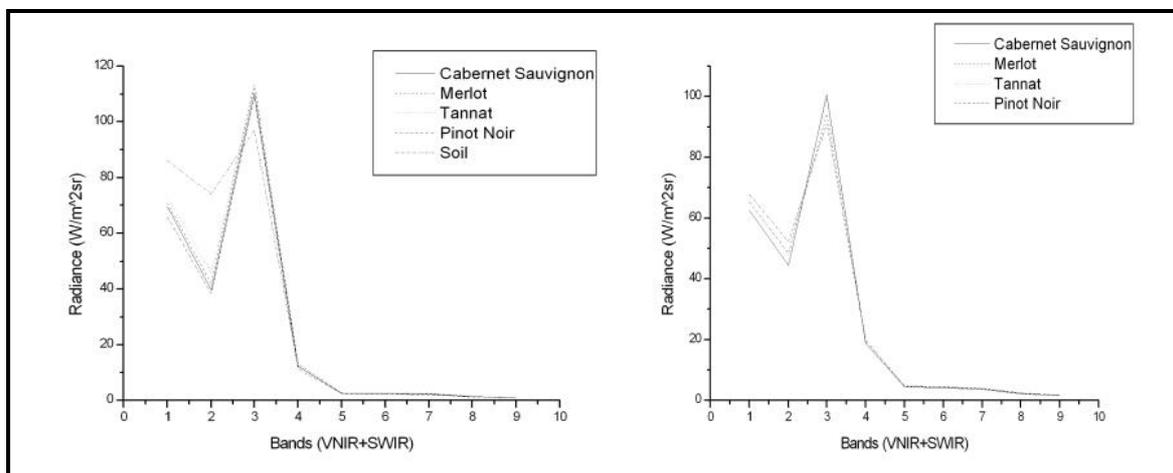


Figura 6 e 7. Espectro de variedades, à direita terroir Serra Gaúcha à esquerda terroir Campanha.

#### 4. Conclusões

Os resultados indicam fortemente que os dados ASTER contribuem de forma consistente para classificação e análise espectral de videiras. Isso é resultado da melhor (15m) resolução espacial no visível e no infravermelho, e também resultado da introdução de bandas adicionais no infravermelho que trazem um ganho (mesmo que pequeno), na resolução espectral, crucial em estudos de vegetação. A extensão dos vinhedos é freqüentemente de tamanhos críticos no que se refere à resolução espacial das imagens de satélite, e a redução no tamanho do pixel pode levar a ganhos consideráveis.

#### 5. Agradecimentos

Nós somos muito gratos à assistência dos produtores que gentilmente abriram suas propriedades para nossas expedições: Vinícola Almaden, Vinícola Miolo, Vinícola Larentis e Vinícola Don Laurindo. À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA por gentilmente terem colocado à nossa disposição seu radiômetro. As imagens ASTER foram obtidas livre de taxas via projeto JRD aprovado pela NASA, a quem somos gratos.

#### 6. Referências

##### Referências de Internet:

**Advanced Spaceborne Thermal and Reflection Radiometer (ASTER).** Disponível em: <<http://asterweb.jpl.nasa.gov/default.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2003.

Hook, M.A.S.; Ramachandran, B. **ASTER User Handbook Version 2.** Pasadena: JPL/EROS Data Center/NASA, 1999. Disponível em: <[http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03\\_data/04\\_documents/aster\\_user\\_guide\\_v2.pdf](http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/04_documents/aster_user_guide_v2.pdf)>. Acesso em: 16 set. 2005.

##### Artigo em Revista:

Anderson, G.P., Pukal, B., Alred, C.L., Jeong, L.S., Hoke, M., Chetwynd, J.H., Adler-Golden, S.M., Berk, A., Berstein, L.S., Richtsmeier, S.C., Acharya, P.K., Matthew, M.W. 1999. **FLAASH and MODTRAN 4: State-of-the-art Atmospheric Correction for Hyperspectral Data.** In: *IEEE Aerospace Conference 1999*, vol.4, p. 177-181.

Bramley, R. ; Proffitt, T. **Managing variability in viticultural production.** The Australian Grapegrower and Winemaker, July, p. 11 – 16. 1999.

Fontana, D.C., Weber, E., Ducati, J.R., Figueiredo, D.C., Berlato, M.A., Bergamaschi, H. 2000. **A Case Study of Crop Monitoring and Harvest Forecasting in Brazil.** In: *International Symposium on Remote Sensing of Environment.* Cape Town, South Africa. University of Cape Town, p. 91-94.

Hall, A.; Lamb, D. W.; Holzapfel, B.; Louis, J. **Optical remote sensing applications in viticulture – a review.** Australian Journal of Grape and Wine Research, vol. 8, p.36 – 47. 2002.

Hall, A. ; Louis, J. ; Lamb, D. **Characterising and mapping vineyard canopy using high – spatial – resolution aerial multispectral images.** Computers and Geosciences, vol 29, p. 813 – 822. 2003

Luz, N.B., Fonseca, D.L. 2003. **Viabilidade na Identificação de Variedades de Videira pelas Diferenças Observadas na Resposta Espectral das Folhas.** In: *III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas*, Curitiba, Brazil. Ed. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 1-12