

Monitoramento do ciclo de videiras pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada obtido de imagens Landsat 8 no município de Veranópolis – RS, Brasil

Pâmela Aude Pithan^{1,4}
Amanda Heemann Junges²
André Rodrigo Farias³
Rafael Anzanello²
Rosemary Hoff⁴

¹ Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Santa Maria - RS, Brasil
pamela.pithan@colaborador.embrapa.br

² Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Fepagro Serra
Caixa Postal 44 - 95330-000 – Veranópolis - RS, Brasil
{amanda-junges, rafael-anzanello}@fepagro.rs.gov.br

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Gestão Territorial
Av. Soldado Passarinho, nº 303, Fazenda Chapadão CEP:13070-115 - Campinas/SP - Brasil
andre.farias@embrapa.br

⁴ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Uva e Vinho
Rua Livramento, 515 –CEP. 95700-000 - Bento Gonçalves – RS - Brasil
rose.hoff@embrapa.br

Abstract. In Rio Grande do Sul State (Brazil), viticulture is the main agricultural activity in Serra Gaucha region, Brazilian's major wine producer. Viticulture is an important activity in Veranópolis City, developed by family farmers. In vineyards management, the crop needs to be monitored. The data sets from remote sensing can be used to describe vegetation behavior and relationship between radiometric and biophysical parameters of plant. These relationships have been established through vegetation indices, such as Normalized Difference Vegetation Index - NDVI. The objective of this study was monitoring the cycle of grapevines Chardonnay, Cabernet Sauvignon, Merlot and Pinotage, in different types of trellis system, through temporal NDVI profiles from Landsat8 images. The vineyards were georeferenced using a GPS precision receiver and Landsat-8 images from November 2013 to September 2014 were obtained to NDVI generated. The temporal NDVI/Landsat profiles were with average index for each vineyard in period. The SIG was done in ArcGIS 10 version and the digital image processing was performed in ENVI 5.1 version. Temporal NDVI/Landsat profiles, allowing to identify temporal accumulation of green biomass of vines in different trellis system .. The results showed that temporal and spatial resolution of Landsat-8 were suitable to monitoring cycle of vineyards in Serra Gaucha region.

Palavras-chave: image processing, viticulture, NDVI, processamento de imagens, viticultura, IVDN.

1. Introdução

No Rio Grande do Sul, a viticultura é a principal atividade agrícola desenvolvida nos municípios localizados na Encosta Superior da Serra do Nordeste, região conhecida como Serra Gaúcha, mais importante pólo vitivinícola brasileiro onde está localizada 82% da área cultivada com videiras no Estado (Protas e Camargo, 2011). No município de Veranópolis, localizado na Serra Gaúcha e distante 40 km de Bento Gonçalves, a vitivinicultura é uma atividade econômica importante, viabilizando cerca de 316 pequenas propriedades rurais (Mello et al. 2012). No município, o vinho contribuiu para a conquista do título de capital brasileira da longevidade, além de ser, juntamente com a gastronomia, promotor do turismo local (Rizzon et al. 2008).

Dada relevância social e econômica da atividade vitivinícola para região, diversas ações de pesquisa e extensão têm sido empreendidas a fim de promover o desenvolvimento e qualificação da produção da uva e do vinho. Entre uma vasta gama de linhas de atuação, destacam-se os estudos que empregam ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no intuito de subsidiar qualitativamente a produção agrícola, sobretudo no que se refere ao estabelecimento de técnicas para monitoramento do ciclo de videiras e estabelecimento de relações acerca de práticas de manejo, condições meteorológicas e estado nutricional e fitossanitário das plantas.

Sob essa perspectiva, o monitoramento do ciclo vegetativo de videiras permite visualizar a manifestação das etapas fenológicas e a evolução da área foliar e do acúmulo de biomassa pelas plantas. A área foliar e o vigor vegetativo são determinantes da produção, do conteúdo de açúcares e do potencial enológico das uvas. Na videira, assim como na maioria das espécies frutíferas, o balanço entre a carga de frutas (dreno) e a área foliar adequadamente iluminada (fonte) influencia a quantidade e a qualidade da produção (Silva, 2009). O equilíbrio entre estes dois parâmetros pode ser considerado um critério para definição da qualidade dos vinhos (Goutouly et al. 2006). No manejo da videira, a regulação da área foliar é realizada principalmente por meio de poda verde, compreendendo práticas de desbaste, desponte e desfolha. A respeito da importância da área foliar, poucos são os métodos de monitoramento e mapeamento desta variável ao longo do ciclo produtivo da cultura (Johnson et al. 2003).

Informações coletadas por sensores remotos orbitais e de superfície têm sido empregadas em estudos acerca do comportamento da vegetação. Para isso, é necessário, primeiramente, estabelecer as relações entre os parâmetros radiométricos, contidos em produtos de sensoriamento remoto, e os parâmetros biofísicos da vegetação. Estas relações têm sido estabelecidas através de índices de vegetação. Um dos índices mais empregados em estudos acerca da vegetação é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*) proposto por Rouse et al. (1973), que relaciona a reflectância da vegetação nos comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo. O NDVI é considerado um indicador do crescimento da vegetação e do acúmulo de biomassa verde pelas plantas e, ao ser relacionado ao índice de área foliar e à radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelo dossel, pode ser empregado no monitoramento do ciclo de desenvolvimento de videiras, interpretação de padrões espaciais de índice de área foliar (IAF), infestações por pragas e moléstias, disponibilidade hídrica, características físico-químicas de frutos e qualidade de vinhos (Johnson et al. 2003). Por meio da associação com outras técnicas de análise, como a espectrorradiometria de campo o NDVI fornece relevantes subsídios à otimização do manejo da produção (Hoff et al., 2013).

Uma das formas de obtenção do NDVI é através do processamento digital de imagens de satélite que apresentam, entre outras vantagens, o fato de serem adquiridas de forma automatizada e sistemática em intervalos regulares de tempo, além de abrangerem áreas significativas da superfície terrestre. Nesse sentido, Jia et al. (2014) utilizaram imagens Landsat ETM+ para classificação digital de cobertura florestal e associaram à este dado uma série temporal de imagens NDVI/MODIS, o que possibilitou significativos aumentos na acurácia dos resultados da classificação. De forma similar, Ding et al. (2014) utilizaram série temporal de cenas NDVI/Landsat8, além de dados individuais de reflectância espectral na faixa do vermelho e infravermelho próximo, para a quantificação da dinâmica da heterogeneidade espacial de terras agrícolas.

Zhu & Liu (2014) utilizaram série temporal de NDVI/Landsat para estimativa da biomassa em áreas de florestas. Os resultados indicaram que a utilização de série temporal NDVI promoveu um aumento na acurácia da estimativa em comparação com a utilização de uma única cena NDVI. Zheng et al. (2014) associaram série temporal de NDVI/Landsat com a ferramenta de classificação de imagens SVM (*Support Vector Machine*) para determinação de nove classes de áreas de cultivo irrigada na região do Arizona (EUA). A classificação apresentou acurácia maior do que 86%, demonstrando o potencial de utilização de série temporal NDVI/Landsat para monitoramento de cultivos agrícolas.

Entre as opções atuais de imagens orbitais para obtenção do NDVI, as cenas do satélite Landsat 8 apresentam significativo potencial considerando a moderada resolução espacial (30 metros) associada à uma resolução temporal de 16 dias e resolução radiométrica de 12 bits, elementos que permitem a adequada caracterização do ciclo de culturas perenes como a videira, especialmente em regiões como a Serra Gaúcha, caracterizada por pequenas propriedades familiares.

O objetivo deste trabalho foi monitorar o ciclo de videiras (*Vitis vinifera*) em diferentes sistemas de condução na Serra Gaúcha-RS por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) obtido de imagens Landsat8/OLI.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo está localizada no município de Veranópolis-RS, região da Encosta Superior da Serra do Nordeste (Serra Gaúcha), (Figura 1) e correspondeu a vinhedos comerciais de uvas viníferas conduzidas em diferentes sistemas de condução: lira, latada e espaldeira. As cultivares avaliadas foram ‘Chardonnay’ (uva vinífera branca), ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Merlot’ e ‘Pinotage’ (uvas viníferas tintas, Figura 1).

O sistema de condução latada, também chamado pérgola, é o mais utilizado na Serra Gaúcha, representando 67,25% da área cultivada com cultivares viníferas. Os demais sistemas de condução utilizados são espaldeira (27,67%) e lira ou “Y” (4,48%) (Mello et al. 2012).

No monitoramento do ciclo de videiras foram utilizadas imagens do satélite Landsat-8 captadas pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI) com resolução espacial de 30 metros. A aquisição das imagens é realizada gratuitamente através do mecanismo de pesquisa Earth Explorer do *U.S.G.S. – United States of Geological Survey*. A primeira etapa do processamento foi averiguar, nos registros das imagens Landsat-8, a ausência de nuvens sobre a área de estudo. Para isto foi utilizada a banda de garantia de qualidade (Banda QA) que apresenta informações sobre a presença de nuvens, água e neve, (USGS, 2014).

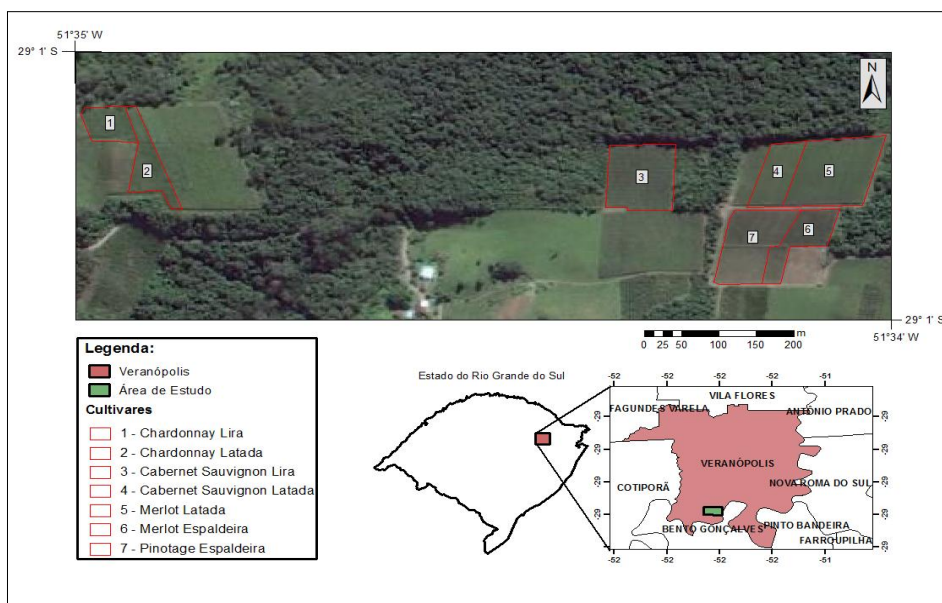


Figura 1. Localização do município de Veranópolis - RS e imagem Google Earth com a identificação dos vinhedos da área de estudo.

Para a região de estudo foram obtidas nove imagens: 18/11/2013, 04/12/2013, 20/12/2013, 21/01/2014, 06/02/2014, 29/05/2014, 16/07/2014, 17/08/2014, 25/09/2014. As cenas abrangeram diferentes etapas do ciclo da videira (crescimento vegetativo e dormência). O processamento digital das imagens foi realizado no software ENVI 5.1 (ITT, 2014). A correção atmosférica das imagens, aplicada por meio da ferramenta QUAC (*QUick Atmospheric Correction*), módulo de correção atmosférica que utiliza as informações contidas na cena. A correção atmosférica foi feita com a intenção de minimizar os efeitos atmosféricos na radiância das cenas, visto que a atmosfera, por causa dos fenômenos de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética, afeta a radiância refletida pela superfície que é captada pelo sensor (Sanchez et al. 2011).

A obtenção da série temporal NDVI/Landsat foi realizada para cada uma das cenas adquiridas por meio da razão entre bandas (Equação 1):

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V}$$

Onde:

ρ_{IVP} = Reflectância na faixa do infravermelho próximo – Banda 5 (0,845 - 0,885 μm);

ρ_V = Reflectância na faixa do vermelho – Banda 4 (0,630 a 0,680 μm).

Por fim, foram elaborados, no software Excel, perfis temporais de NDVI com os valores médios do índice de vegetação para cada um dos vinhedos avaliados, em cada uma das datas coletadas.

3. Resultados e Discussão

Os resultados indicaram que, na safra analisada, os valores de NDVI/Landsat variaram entre 0,63 (Cabernet Sauvignon, latada) e 0,94 (Cabernet Sauvignon, latada) (Tabela 1). Os maiores valores de NDVI ocorreram nos sistemas de condução latada e lira ao longo do desenvolvimento vegetativo das videiras, especialmente de novembro a janeiro. Neste período, nos sistemas lira e latada, onde a condução das plantas é

horizontal, ocorre o máximo índice de área foliar e acúmulo de biomassa verde pelas plantas, bem como a cobertura da área imageada pelo dossel vegetativo. Nos perfis temporais de ‘Merlot’ e ‘Pinotage’, conduzidos em sistema espaldeira, os maiores valores de NDVI (0,88 e 0,87, respectivamente) ocorreram em janeiro de 2014 (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) obtido de imagens Landsat 8 nas etapas do ciclo de videiras ‘Chardonnay’, ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Merlot’ e ‘Pinotage’ conduzidos em sistema latada, lira e espaldeira em Veranópolis-RS.

NDVI médio								
Etapa do ciclo	Data	Chardonnay		Cabernet Sauvignon		Merlot	Pinotage	
		Latada	Lira	Latada	Lira	Latada	Espaldeira	Espaldeira
Des.vegetativo	18/11/13	0,92	0,93	0,94	0,92	0,93	0,80	0,84
Des.vegetativo	04/12/13	0,89	0,91	0,92	0,90	0,91	0,76	0,80
Des.vegetativo	20/12/13	0,90	0,90	0,92	0,91	0,91	0,81	0,83
Des.vegetativo	21/01/14	0,92	0,92	0,93	0,92	0,93	0,87	0,88
Des.vegetativo	06/02/14	0,83	0,82	0,84	0,83	0,84	0,77	0,78
Pós-colheita	29/05/14	0,83	0,82	0,84	0,83	0,84	0,77	0,78
Dormência	16/07/14	0,74	0,71	0,63	0,70	0,70	0,73	0,73
Dormência	17/08/14	0,73	0,70	0,68	0,69	0,73	0,73	0,72
Des.vegetativo	25/09/14	0,89	0,91	0,84	0,83	0,85	0,86	0,87
Máximo	-	0,92	0,93	0,94	0,92	0,93	0,87	0,88
Mínimo	-	0,73	0,70	0,63	0,69	0,70	0,73	0,72
Média	-	0,83	0,82	0,79	0,81	0,82	0,80	0,80

Nos perfis temporais de NDVI/Landsat (Figura 2), o índice permaneceu próximo a 0,90 até o final do mês de janeiro, quando foi observada ligeira diminuição nos valores do índice (0,80). É importante lembrar que, na região de estudo, em janeiro e fevereiro concentra-se a colheita das uvas. A ligeira queda nos valores de NDVI pode ser associada à colheita das uvas brancas (Chardonnay), realizada na área de estudo em final de janeiro de 2014, com conseqüente início da senescência e perda de folhas, bem como à poda verde realizada nas uvas tintas (Cabernet, Merlot e Pinotage). A poda verde consiste na retirada de folhas da planta com intuito de promover maior aeração e insolação no dossel vegetativo, de modo a criar condições mais adequadas à formação dos cachos, em termos de sanidade, coloração e acúmulo de açúcares.

De fevereiro até maio os perfis temporais de NDVI/Landsat indicaram permanência dos valores em torno de 0,83, refletindo a manutenção de área foliar após a colheita. Essa manutenção das folhas é uma etapa importante no ciclo de culturas perenes. De acordo com Giovaninni (2005), o adequado desenvolvimento da videira está associado à manutenção das folhas em pós-colheita (outono) para realização de fotossíntese e acúmulo de reservas para safra seguinte.

A partir de maio, os valores de NDVI/Landsat decresceram atingindo os menores valores em julho e agosto de 2014, quando, na região de estudo, videiras e demais frutíferas de clima temperado, como pessegueiros, macieiras e pereiras, estão em período de dormência. A dormência é uma etapa fisiológica do ciclo das frutíferas caracterizada pela supressão do crescimento vegetativo. Dada a ausência de área foliar

aparente, menores valores de NDVI/Landsat neste período foram considerados coerentes com o ciclo das videiras.

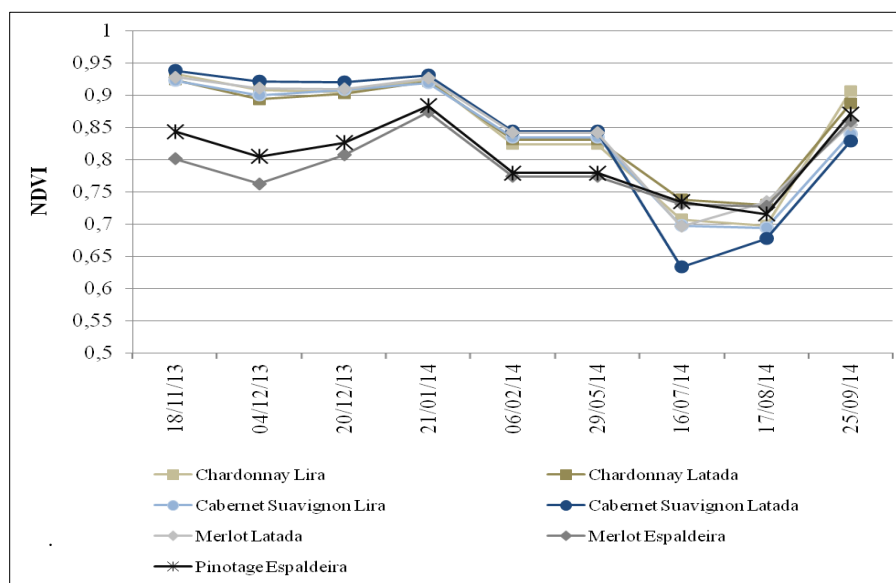


Figura 2. Perfil temporal de NDVI/Landsat em vinhedos ‘Chardonnay’, ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Merlot’ e ‘Pinotage’ conduzidos em sistema latada, lira e espaldeira em Veranópolis-RS.

O fato dos mais baixos valores de NDVI nos perfis serem próximos de 0,6 indicou a presença de biomassa verde na área de estudo no período de outono-inverno, esse resultado foi atribuído à cobertura do solo pela vegetação espontânea no período de dormência da videira. Em setembro de 2014 foi possível identificar o início da brotação das videiras na área de estudo para safra 2014/2015, representado pelo novo incremento nos valores de NDVI. Nesta imagem, maiores valores de NDVI (0,91 e 0,89 para lira e latada, respectivamente) ocorreram nos vinhedos da cultivar ‘Chardonnay’, refletindo adequadamente o ciclo precoce das cultivares produtoras de uvas brancas, comparativamente às tintas ‘Merlot’ e ‘Cabernet Sauvignon’. As diferenças nos valores de NDVI no início do ciclo para as cultivares em estudo pode ser decorrente das distintas necessidades de acúmulo de frio da planta para superação da dormência e indução de brotação. Enquanto que a cultivar ‘Chardonnay’ necessita em torno de 150 horas de frio, a necessidade das cultivares ‘Merlot’ e ‘Cabernet’ é de 300 e 450 horas de frio, respectivamente. Os perfis temporais de NDVI/Landsat foram semelhantes em termos de valores de NDVI e a evolução temporal do mesmo na comparação entre cultivares. Acredita-se que, para uma eventual diferenciação da evolução temporal do índice de vegetação NDVI entre cultivares produtoras de uvas brancas (Chardonnay) e tintas (Cabernet, Merlot e Pinotage), um maior número de imagens referentes ao início da brotação das cultivares sejam necessárias.

Foram verificadas diferenças entre perfis temporais de NDVI/Landsat de videiras manejadas sob distintos sistemas de condução. Nesse sentido, os perfis temporais de vinhedos conduzidos em latada e lira foram semelhantes entre si, porém distintos dos perfis de vinhedos em espaldeira. Os perfis temporais de NDVI de vinhedos em latada e lira apresentaram, comparativamente, maiores valores de NDVI ao longo do ciclo. Esse resultado decorre do fato de que, no sistema de condução latada o dossel vegetativo é conduzido de forma horizontal com auxílio de arames (Miele e Mandelli, 2003). Ao

longo do ciclo da videira, o dossel vegetativo cobre a superfície imageada, de maneira que há menor influência da cobertura vegetal espontânea existente nas entrelinhas nos valores de NDVI, especialmente a partir do mês de novembro, como indicam os resultados apresentados.

A espaldeira, por sua vez, é um sistema de condução do tipo cerca, no qual o dossel é mantido verticalmente ao solo. Neste trabalho, os menores valores de NDVI ao longo do ciclo, verificados nos perfis temporais de vinhedos em espaldeira, foram associados ao fato de que, neste sistema, há menor biomassa verde relativa à videira. A condução da videira em espaldeira prioriza a qualidade em detrimento da quantidade de uva, com uma menor relação folha/fruto por planta. É importante salientar que, neste caso, mesmo no máximo desenvolvimento vegetativo da videira, ao contrário da latada, não há cobertura total da área imageada pelo dossel vegetativo, dada a disposição das plantas em cerca. Assim, os valores de NDVI podem ter sido influenciados pela biomassa verde da vegetação espontânea existente na entrelinha dos vinhedos em espaldeira. Bombassaro (2011) também salientou a importância da quantificação da porcentagem de área de sombra em vinhedos conduzidos no sistema espaldeira para melhor entendimento do comportamento espectral de vinhedos ao longo do ciclo fenológico.

4. Conclusões

A elaboração de uma série temporal NDVI/Landsat8 permitiu o adequado monitoramento do ciclo vegetativo da videira, caracterizando os diferentes estágios fenológicos por meio de respostas espectrais diferenciadas e traduzidas no índice NDVI. As características das cenas, notadamente resolução espacial e temporal, bem como a utilização de série temporal de imagens foram fundamentais na identificação de padrões de comportamento das cultivares de uva nos sistemas de condução analisados.

Estudos futuros serão desenvolvidos buscando identificar mudanças no comportamento de vinhedos de grupos diferentes de uva – brancas e tintas -, além da diferenciação entre cultivares de mesmo grupo. A compreensão desse comportamento pode auxiliar de forma significativa em inferências acerca do estado nutricional e fitossanitário das plantas, subsidiando tecnicamente o processo de manejo da produção agrícola.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ, à FEPAGRO e à EMBRAPA.

Referências bibliográficas

Bombassaro, M. G. **Classificação e efeitos de sombreamento em videiras determinados a partir de imagens ASTER**. 2011. 102 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Porto Alegre. 2011.

Ding, Y.; Zhao, K.; Zheng, X.; Jiang, T.; Temporal dynamics of spatial heterogeneity over cropland quantified by time-series NDVI, near infrared and red reflectance of Landsat 8 OLI imagery. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, n.30, p

ENVI. **Módulo de correção atmosférica**. Disponível em: <<http://www.envi.com.br/index.php/modulos/acm/>>. Acesso em: 24.out. 2014.

Giovannini, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. Porto Alegre: Renascença, 2005. 368p.

Goutouly, J.P., Drissi, R., Forget, D., Gaudillère, J.P. Characterization of vine vigour by ground based NDVI measurements. In: International Terroir Congress, 6., 2006, Bordeaux (France). **Proceedings...ENITA**: Bordeaux, 2006. p. 237-242.

Hoff, R. ; Ducati, J. R. ; Farias, A. R. ; Bombassaro, M. G. ; Villaro, J. M. R. ; Moral, J. G. ; Modena, R. C. C. ; Almeida, C. A. M. . Caracterização de vinhedos pela aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e espectrorradiometria na Região da Metade Sul, RS, Brasil. In: XIV Congresso Latinoamericano de Viticultura Y Enología, 2013, Tarija. Memoria XIV Congresso Latinoamericano de Viticultura Y Enología. Tarija: Fautapo, 2013. v. 1. p. 99-102.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24.out. 2014.

ITT **Visual Information Solutions**. 2014 (ITT VIS). Disponível: <<http://www.ittvis.com/>>. Acesso em: 24.out. 2014.

Jia, K.; Liang, S.; Zhang, L.; Wei, X.; Yao, Y.; Xie, X;. Forest cover classification using Landsat ETM+ data and time series MODIS NDVI data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, n.33, p.32-38, 2014.

Johnson, L.; Roczen, D.; Youkhana, S.; Neemani, R. R.; Bosch, D. F. Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, n.38, p. 33–44, 2003.

Mello, R. M. L.; Machado, E. C.; Silva, R. M. S. Dados Cadastrais da Viticultura do Rio Grande do Sul: 2008 a 2012. Disponível em: <<http://www.cnpv.embrapa.br/pesquisa/cadastro/cds/2008-2012/dados/home.html>>. Acesso em: 20.out.2014.

Miele, A.; Mandelli, F. Uvas Viníferas para Processamento em Regiões de Clima Temperado, Sistema de Produção, 4. Embrapa Uva e Vinho, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/conducao.htm>>. Acesso em: 20.out.2014.

Protas, J.F.S.; Camargo, U.A. Vitivinicultura brasileira: panorama setorial de 2010. Brasília: SEBRAE, Bento Gonçalves: IBRAVIN: Embrapa Uva e Vinho, 2011.110 p.

Rizzon, L. A.; Bragagnolo, D.; Bizzani, E. Características analíticas dos vinhos de Veranópolis, RS. In: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 12., 2008, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008, p. 164

Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In Earth Resources Technology Satellite Symposium, 3, 1973 Washington. **Proceedings**... Washington: NASA, 1973, p.309-317.

Sanches, I.; Andrade, R.; Quartaroli, C.; Rodrigues, C. Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat 5 – TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 30.,2011, Curitiba. Anais... São José dos campos INPE, 2011. Artigos, p.7564. On-line. Disponível em: <<http://dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1555.pdf>>. Acesso em: 24.out.2014.

Silva, L.C., Rufato, L., Kretzschmar, A.A., Marcon filho, J.L. Raleio de cachos em vinhedos de altitude e qualidade do vinho da cultivar Syrah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.148-154, 2009.

United States of Geological Survey (USGS). Banda de Avaliação da Qualidade (QA). Disponível em: <<http://landsat.usgs.gov/L8QualityAssessmentBand.php>>. Acesso em: 24.out.2014.

United States of Geological Survey (USGS). Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 24.out.2014.

Zheng, B.; Myint, S.W.; Thenkabail, P.S.; Aggarwal, R.M.; A support vector machine to identify irrigated crop types using time-series Landsat NDVI data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, n.34, p.103-112, 2014.

Zhu, X. & Liu, D.; Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. 2014.