

Imagens Landsat 8/OLI para caracterização da evolução temporal de índices de vegetação em vinhedos conduzidos nos sistemas latada e espaldeira na região da Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brasil

Laura Pigatto Schaparini¹
Denise Cybis Fontana¹
Amanda Heemann Junges²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia
CEP 91540-000 - Porto Alegre - RS, Brasil.
laura_pigatto@yahoo.com.br, dfontana@ufrgs.br

² Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), Centro de Pesquisa Carlos Gayer.
CEP 95330-000 – Veranópolis - RS, Brasil
amanda-junges@fepagro.rs.gov.br

Abstract. The aim of this study was to monitor grapevines cycle through temporal profiles of vegetation indices from Landsat 8/OLI images and to identify the differences in two canopy training systems. For this, NDVI and EVI images from Landsat 8/OLI images were used, July 2013 to May 2016 from two 'Merlot' vineyards located in the Serra Gaúcha region, Rio Grande do Sul, Brazil. In the vineyards, the training system were horizontal (Geneva double curtain) and vertical (bilateral cordon). NDVI and EVI means were used in temporal vegetation indices profiles by training systems. The results indicated that the temporal NDVI and EVI profiles from Landsat-8/OLI images correctly characterized the vinegrapes cycle (vegetative development and dormancy stages) in the study region. There are differences between temporal NDVI and EVI profiles according to the training system: bilateral cordon had lower vegetation indices due to comparative less vine vigour and the contribution from the vegetation existing between vineyards rows (grasses and weeds). The average EVI values in the vine cycle (October to May) discriminated the training systems. The results indicated that temporal NDVI and EVI profiles from Landsat 8/OLI images can be used in grapevine cycle monitoring and training systems Geneva double curtain and bilateral cordon identification in the Serra Gaucha region.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, *Vitis vinifera*, Merlot,

1. Introdução

Índices de vegetação, ao serem relacionados ao acúmulo de biomassa verde pelas plantas, podem ser empregados no monitoramento da superfície por meio da caracterização dos padrões de resposta de diferentes tipos de cobertura vegetal. No Rio Grande do Sul, a caracterização do crescimento e desenvolvimento da vegetação por perfis temporais de índices de vegetação, obtido por sensores orbitais ou de superfície, tem sido amplamente empregada no monitoramento do Bioma Pampa (Kuplich et al., 2013, Wagner et al., 2013; Junges et al., 2016) e de culturas agrícolas produtoras de grãos (Bredemeier et al., 2013, Pires et al., 2014, Junges e Fontana, 2011; Klering et al., 2007; Fontana et al., 2015). No entanto, seu emprego no contexto da fruticultura ainda é incipiente no Estado e no País. 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 polo vitivinícola brasileiro. Na região, 32.952 ha são destinados ao cultivo de uvas, o que corresponde a 80% da área de vinhedos do Estado (Mello, 2012). Para cultura da videira, estudos demonstraram que o NDVI permite a interpretação de padrões espaciais de índice de área foliar, infestações por pragas e moléstias, disponibilidade hídrica, características físico-químicas de frutos e qualidade de vinhos (Drissi et al., 2009; Johnson et al., 2003).

A maior parte dos trabalhos que demonstraram a potencialidade de emprego do NDVI na caracterização do vigor vegetativo tem sido desenvolvida em vinhedos conduzidos em sistema

espaldeira, o mais utilizado nas principais regiões vitivinícolas do mundo e caracterizado pela condução vertical do dossel vegetativo (Miele e Mandelli, 2003). No entanto, na região da Serra Gaúcha, os sistemas tradicionalmente empregados na condução de vinhedos são aqueles caracterizados pela condução horizontal do dossel vegetativo, tais como latada e lira. No Estado, 67,3% da área de vinhedos é conduzida em sistema latada e 27,7% em sistema espaldeira. Portanto, esta é uma peculiaridade importante do sistema produtivo de uvas na Serra Gaúcha e estudos que permitam maior entendimento da influência desta prática de manejo na resposta espectral dos vinhedos são necessários.

Consolidado este entendimento, o monitoramento do crescimento e desenvolvimento dos vinhedos, através de atributos espectrais pode servir de subsídio à tomada de decisão no setor vitivinícola. Frequentemente, índices como o NDVI (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (do inglês *Enhanced Vegetation Index*) têm sido utilizados com esta finalidade. Proposto por Rouse et al. (1973), o NDVI relaciona a reflectância da vegetação nos comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo e é considerado um indicador do acúmulo de biomassa verde pelas plantas. O EVI é um NDVI melhorado, contendo um fator de ajuste para solos, que permite um melhor desempenho no monitoramento da vegetação para regiões de alta biomassa (Jensen, J. R, 2011), bem como a introdução da banda do azul para reduzir a interferência atmosférica.

O trabalho teve como objetivo monitorar o dossel vegetativo de vinhedos por meio de perfis temporais de índice de vegetação (NDVI e EVI), obtidos de imagens Landsat 8/OLI, e identificar as diferenças associadas aos sistemas de condução latada e espaldeira.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo correspondeu a dois vinhedos da cultivar Merlot, localizados em propriedade familiar situada no município de Veranópolis, na região da Encosta Superior da Serra do Nordeste, conhecida como Serra Gaúcha (Figura 1). O clima na região é de tipo Cfb (Köppen, 1948), com precipitação pluvial anual de 1.683 mm e temperatura média de 17,2°C, variando entre 12,7°C (julho) e 21,8°C (janeiro). A área de estudo faz parte da Formação Serra Geral, sendo composta por basaltos, riolitos e ridacitos, formados por vulcanismo mesozoico classificado como bimodal, representado por composição básica e ácida (Nardy et al., 2002). O relevo local apresenta-se desde suave ondulado até montanhoso, a geomorfologia é na forma de patamares intensamente dissecados e fragmentados com vales encaixados (Falcade & Mandelli, 1999).

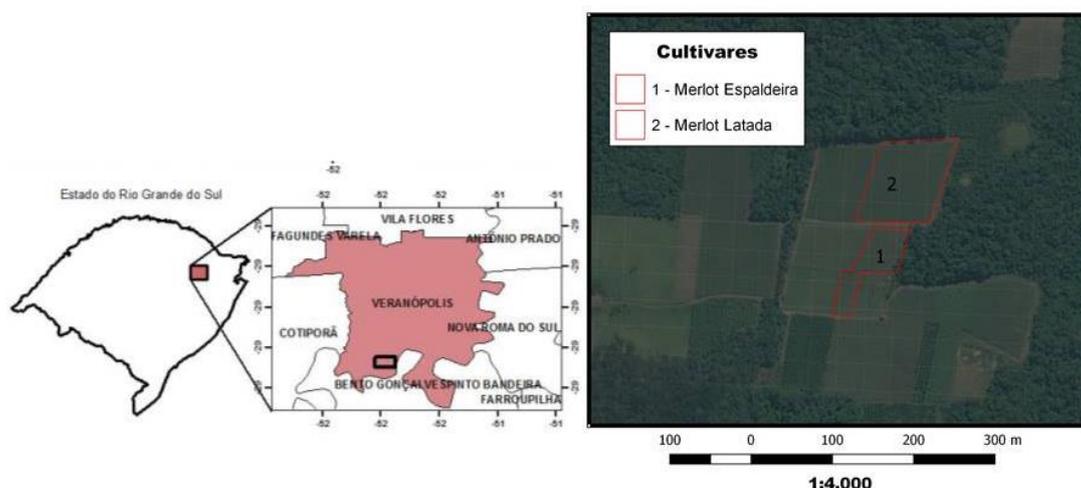


Figura 1. Localização do município de Veranópolis no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, e dos vinhedos da cultivar Merlot em sistemas horizontal (latada) e vertical (espaldeira) de condução do dossel vegetativo.

A escolha da cultivar Merlot para este estudo se deu pois, dentre as cultivares viníferas (*Vitis vinifera*) destinadas à elaboração de vinhos finos tintos, Merlot é a segunda mais cultivada no Rio Grande do Sul, representando 13,5% da área e 13% da produção, precedida apenas pela cultivar Cabernet Sauvignon (20% da área e 15% da produção) (Mello, 2012).

Foram analisados vinhedos conduzidos em dois sistemas, latada (horizontal) e espaladeira (vertical) representados na Figura 2. No sistema de condução latada as videiras são alinhadas em fileiras e a zona de produção da uva situa-se a aproximadamente 1,80 m do solo. Este sistema proporciona o desenvolvimento de videiras vigorosas, que podem armazenar maior quantidade de material de reserva permitindo uma área do dossel extensa, elevado número de cachos e alta produtividade. O sistema é de fácil adaptação à topografia de regiões montanhosas, como a Serra Gaúcha. Quanto ao sistema de condução do tipo espaladeira, é um dos mais utilizados pelos viticultores nos principais regiões vitivinícolas do mundo (Miele, A. 2003). No Rio Grande do Sul, é adotado especialmente nas regiões Campanha e Serra do Sudeste e por algumas vinícolas na região da Serra Gaúcha. As videiras conduzidas em espaladeira têm dossel vertical.



Figura 2. Imagens ilustrativas do ciclo de videiras em sistema vertical (espaladeira) e horizontal (latada) de condução do dossel na região da Serra Gaúcha. Veranópolis, 2016.

Nesse trabalho, para caracterização do crescimento e desenvolvimento das plantas nos vinhedos analisados, foram utilizadas imagens de NDVI e EVI provenientes do satélite Landsat/8, sensor OLI, órbita/ponto 221/081, de julho de 2013 a maio de 2016 (safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016). Estas imagens foram adquiridas no endereço eletrônico do USGS (*United States Geological Survey*) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). A USGS permite que os usuários adquiram produtos com a interferência atmosférica já corrigida pelo método 6S.

Os vetores referentes aos vinhedos da cultivar Merlot foram sobrepostos às imagens e extraídos, de cada imagem Landsat, os valores mínimos, máximos e médios de NDVI e EVI utilizando o Software ENVI 4.3. Os valores médios foram empregados na caracterização da evolução temporal dos valores dos índices por sistema de condução e elaboração de gráficos do tipo “*simples erros bars*” no programa Sigma Plot. A média dos índices de vegetação nos ciclos vegetativos (de outubro a maio) foi empregada na identificação de diferenças entre os sistemas de condução pelo teste-t.

3. Resultados e Discussão

Os valores de NDVI, assim como os de EVI, foram maiores durante o ciclo vegetativo das videiras e menores durante o período de repouso hibernar ou dormência (Figura 3). O ciclo vegetativo inicia na brotação e vai até a queda das folhas e é nesse período que ocorre a

formação e maturação dos frutos (Figura 2) O período de repouso hibernar corresponde ao período entre dois ciclos vegetativos (Pedro Júnior et al. 1993). Foram observados, nas três safras avaliadas, que os maiores valores de NDVI (até 0,91) e EVI (até 0,85) ocorreram da brotação (agosto/setembro), até março, no período de pós-colheita em que as folhas ainda permaneceram verdes. Nos meses de junho, julho e agosto (outono-inverno) os menores valores de NDVI e EVI estiveram associados ao crescimento da vegetação espontânea nas linhas e entrelinhas dos vinhedos, que tem maior acúmulo de biomassa em comparação a videira, que se encontra em dormência. O padrão encontrado para o NDVI e EVI foi, portanto, coerente com a evolução temporal do acúmulo de biomassa verde ao longo dos ciclos vegetativos de videiras na região de estudo, os quais alternados por períodos de repouso hibernar, o que também foi verificado por Pithan et al. (2015) e Schaparini et al. (2016).

Conforme esperado, os valores de NDVI foram superiores aos de EVI (Figura 3) e apresentaram tendência de saturação durante o ciclo. A saturação pode ser observada pela ocorrência de sucessivas datas com valores altos e similares de NDVI, o que é comumente observado neste índice em dosséis vegetativos com alta biomassa (Jensen, J. R., 2011). Já os perfis de EVI evidenciaram com mais detalhes as variações de biomassa verde durante o ciclo vegetativo das videiras (Figura 3), podendo ser interpretado como uma maior sensibilidade deste índice em detectar as variações de biomassa em condições de alta densidade. Tais variações de biomassa, representadas nos perfis temporais pelos incrementos e decréscimos de EVI durante o ciclo vegetativo, podem ser associadas à fenologia do vinhedo, bem como às práticas de manejo implementadas, como as podas verdes realizadas durante o ciclo vegetativo para diminuir a área foliar e aumentar a incidência de radiação solar, favorecendo a qualidade da uva.

Na comparação entre sistemas de condução, verificou-se que os valores dos índices de vegetação no sistema latada (Figura 3, Tabela 1), foram maiores do que os observados no sistema espaldeira. Para as três safras avaliadas, o EVI distinguiu os sistemas de condução, mas para o NDVI somente no ciclo 2013/14 houve diferenças significativas. As diferenças observadas entre sistemas podem estar associadas a três fatores. Primeiro, o menor vigor vegetativo das plantas quando conduzidas em sistema espaldeira. Em sistemas horizontais de condução do dossel vegetativo (latada), a área disponível para o crescimento e desenvolvimento dos ramos é maior e, com isso, o número de ramos produtivos e a carga de gemas são superiores aos de dosséis verticais (espaldeira). Para condições de cultivo da região de estudo, a carga de gemas recomendada situa-se entre 120 e 140 mil gemas ha⁻¹ no sistema latada e entre 65 e 80 mil gemas ha⁻¹ para o sistema espaldeira (Miele, 2003).

Segundo, o fato de que o valor do índice refere-se à média da reflectancia de todos os alvos presentes na área imageada, sendo que imagens Landsat possuem resolução espacial de 30m. No caso do sistema espaldeira, o valor do índice de vegetação corresponde à vegetação presente na área, ou seja, às videiras, mas também às contribuições da vegetação que cresce espontaneamente nas entrelinhas ou do solo descoberto (Figura 2). Terceiro também, deve ser considerada as possíveis contribuições do elemento sombra, decorrentes de uma complexa geometria de iluminação e reflexão de um dossel vertical em um terreno de relevo montanhoso. Todos estes fatores tendem a causar decréscimo nos valores dos índices no sistema espaldeira (Figura 3). No caso do sistema latada, o desenvolvimento horizontal e o fechamento do dossel vegetativo no ciclo vegetativo da videira fazem com que o valor do pixel seja referente apenas às folhas da videira, o que resulta em índices maiores.

Tabela 1. Médias de NDVI e EVI nos ciclos vegetativos de 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016 em vinhedos da cultivar Merlot em sistemas horizontal (latada) e vertical (espaldeira) de condução. Veranópolis, Rio Grande do Sul.

Ciclo vegetativo	NDVI		EVI	
	Latada	Espaldeira	Latada	Espaldeira
2013/2014	0,86 a	0,75 b	0,75 a	0,6 b
2014/2015	0,82 ns	0,78 ns	0,65 a	0,56 b
2015/2016	0,82 ns	0,78 ns	0,52 a	0,46 b
Média	0,83	0,77	0,64	0,54

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo t-teste ($p < 0,05$)

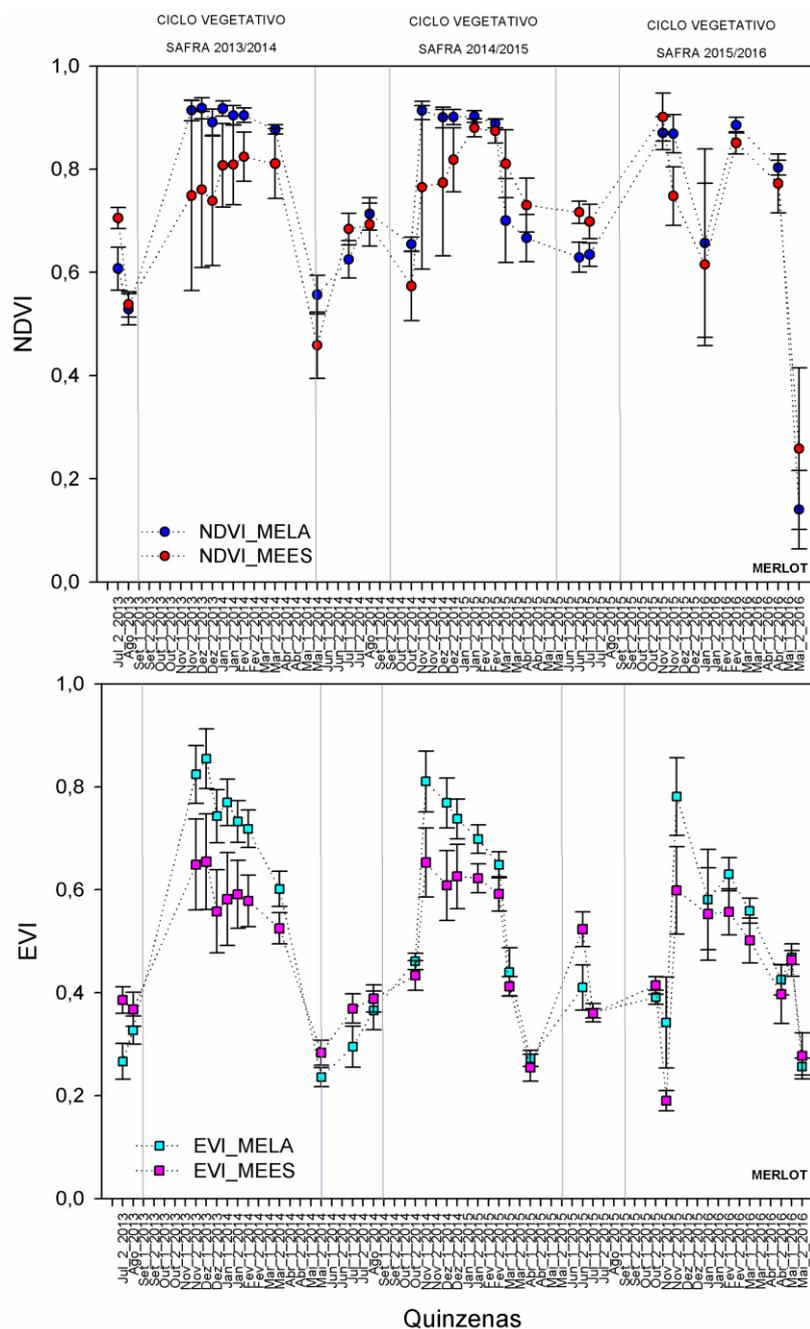


Figura 3. Perfis temporais de NDVI e EVI obtidos de vinhedos da cultivar Merlot conduzidos em sistema latada (MELA) e espaldeira (MEES) no período de 2013/14 a 2015/16. Veranópolis, Rio Grande do Sul.

4. Conclusão

Os perfis temporais de NDVI e EVI obtidos de imagens Landsat-8/OLI caracterizam adequadamente o desenvolvimento de videiras na região da Serra Gaúcha, caracterizados pela alternância entre ciclos vegetativos e períodos de repouso.

Há diferenças em perfis temporais dos índices de vegetação NDVI e EVI decorrentes do sistema de condução do vinhedo. A menor vigor vegetativa das plantas, aliada a contribuição das entrelinhas e sombras, tende a reduzir o valor dos índices nos vinhedos em sistema espaldeira, caracterizado pela condução vertical do dossel vegetativo.

O índice EVI demonstra maior capacidade de distinguir os sistemas de condução em comparação ao NDVI.

Os resultados demonstram, portanto, a possibilidade de uso do NDVI e EVI obtido de imagens Landsat-8-OLI no monitoramento do ciclo de videiras, bem como a identificação de sistemas de condução latada e espaldeira para a cultivar Merlot na região da Serra Gaúcha.

Referências Bibliográficas

- Drissi, R., Goutouly, J.P., Forget, D., Gaudillere, J.P. Nondestructive measurement of grapevine leaf areaby Ground Normalized Difference Vegetation Index. *Agronomy Journal*, v. 101, p.226-231, 2009.
- Falcade, I.; Mandelli, F. Vale dos Vinhedos. *Caracterização Geográfica da Região*. Caxias do Sul, EDUCS, 1999. 144p.
- Jensen, J. R. *Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres*. Tradução da 2ª edição J.C.N EPIPHANIO (org.). São José dos Campos: Parênteses Editora. 2011.
- 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
- Klering, E. V. Avaliação do uso de imagens Modis na modelagem agrometeorológica-espectral de rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. 2007. 59 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - UFRGS, Rio Grande do Sul. 2007.
- Koepfen, W. *Climatologia – Con un estudio de los climas de la tierra*. Versión directa de Pérez, P. R. H. (org.). México: Fondo de Cultura Economica, 1948. p 166-192.
- Mandelli, F.; Berlatto, M.A.; Tonietto, J.; Bergamaschi, H. 2003. Fenologia da videira na Serra Gaúcha. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.9, n. 1-2. p.129-144.
- Masek, J. G.; Vermote, E. F.; Saleous, N. E.; Wolfw, R.; Hall, F. G.; Huemmrich, K. F.; Gao, F.; Kutler, J.; Lim, T. K. A Landsat Surface Reflectance Dataset for North America, 1990-2000. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, v. 3, n.1, p.68-72, 2006.
- Mello, L.M.R., Machado, C.E., Silva, S.M.R. Dados cadastrais da viticultura do Rio Grande do Sul: 2008 a 2012. In: Mello, L.M.R., Machado, C.E. *Cadastro vitícola do Rio Grande do Sul: 2008 a 2012*. Brasília: Embrapa, 2013.1CD-ROM
- Miele, A. **Uvas americanas e híbridas para processamento em clima temperado: sistemas de condução** Embrapa Uva e Vinho: Sistema de produção, 2. 2003. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvaAmericanaHibridaClimaTemperado/poda.htm>>. Acesso em 01.nov.2016.
- Nardy, A. J. R. **Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral**. *Geociências*, São Paulo, v.21, n.1/2, 2002. 15-32p.
- Pedro Júnior, M.J., Sentelhas, P.C., Pommer, C.V. (1994) **Determinação da temperatura-base, graus-dia e índice biometeorológico para da videira 'Niagara Rosada'**. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 2:51-56

Pithan, P. A.; Junges, A. H.; Farias, A. R.; Anzanello, R.; Hoff, R. Monitoramento do ciclo de videiras pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada obtido de imagens Landsat 8 no município de Veranópolis-RS, Brasil. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2944-2951. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4AHE>>. Acesso em: 09 nov. 2016.

Rouse, J.W. et al. 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.

Schaparini, L.P., Junges, A.H., Fontana, D.C., Hoff, R. Variabilidade do padrão temporal do NDVI/Landsat na Serra Gaúcha, Brasil. In: Reunión Argentina de Agrometeorología e Reunión Latinoamericana de, XVI e VIII, 2016, Puerto Madryn. **Anais...**Rio Cuarto: Asociación Argentina de Agrometeorología, 2016. p. 69-60. Internet. ISBN 978-987-42-2098-1. Disponível em: <http://reunion2016.aada.com.ar/>. Acesso em: 09.nov.2016.