

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA
AGR9006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

**Laura Pigatto Schaparini
00219310**

***“Sensoriamento Remoto como Apoio à Tomada de Decisão na
Viticultura”***

PORTO ALEGRE, Setembro de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA

“Sensoriamento Remoto como Apoio à Tomada de Decisão na Viticultura”

Laura Pigatto Schaparini

00219310

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Dr^a Geóloga Rosemary Hoff

Orientador Acadêmico do Estágio: Dr^a Eng. Agrônoma Denise Cybis Fontana

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Alberto Vasconcellos Inda Junior(Departamento de Solos)

Profa. Beatriz Maria Fedrizzi (Departamento de Horticultura e Silvicultura)

Profa. Carine Simioni(Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia)

Prof. Fábio Kessler Dal Soglio (Departamento de Fitossanidade)

Profa. Mari Lourdes Bernardi(Departamento de Zootecnia)

Prof. Samuel Cordeiro Vitor Martins(Departamento de Plantas de Lavoura)

PORTO ALEGRE, Setembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço e também dedico este trabalho de conclusão de curso a minha família, em especial a minha mãe Sonia e meu pai Lauri por todo o amor e apoio. Eles que sempre incentivaram os meus estudos e são meus exemplos de dedicação, educação e respeito. Agradeço ao meu irmão Lauri Jr. pelo companheirismo e apoio que sempre me foi dedicado.

Agradeço a minha orientadora Denise Cybis Fontana que, além do estágio, orienta-me na iniciação científica desde 2013. Sou grata por todos os ensinamentos, conselhos e por ser um exemplo como profissional e pessoa.

À Embrapa, principalmente a minha supervisora de campo Rosemary Hoff e toda equipe do Laboratório de Geoprocessamento que me acolheram e contribuíram para o desenvolvimento do estágio.

À Amanda Heemann Junges, pesquisadora da Fepagro Veranópolis-RS, agradeço pela ajuda nas atividades a campo e pelos ensinamentos durante o período de estágio. Além disso, agradeço por auxiliar nas minhas atividades com a bolsa de iniciação científica.

Aos professores, colegas, e mais que isso, amigos do departamento de Agrometeorologia, pelos ensinamentos técnicos. Em especial ao Professor Ricardo, Professor Homero, Daniele, Cristiano, Aldemir, Juliano e Lucimara.

Aos meus amigos, agradeço pelos momentos de descontração, que muitas vezes deram o fôlego necessário para continuar. Fizeram com que a caminhada desta etapa fosse mais leve e alegre.

“Se um dia tudo lhe parecer perdido, lembre-se de que você nasceu sem nada, e que tudo que conseguiu foi através de esforços e os esforços nunca se perdem, somente dignificam as pessoas.”
Charles Chaplin

RESUMO

Sensoriamento remoto é uma ferramenta muito utilizada atualmente para monitorar o crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais, auxiliando na tomada de decisão para o manejo de diferentes culturas, especialmente das que ocupam grandes áreas de cultivo e importância econômica ou ambiental. O presente estágio foi realizado na Embrapa Uva e Vinho, na cidade de Bento Gonçalves – Rio Grande do Sul. No período, foram realizadas junto ao Laboratório de Geoprocessamento as atividades de processamento de imagens de satélite com diferentes métodos de correção atmosférica, extração e organização de índices de vegetação. Com os resultados obtidos foi possível concluir que perfis temporais de NDVI, obtido de imagens Landsat-8/OLI, caracterizam adequadamente a evolução temporal do índice de vegetação ao longo do ciclo de videiras, além de, caracterizar os diferentes sistemas de condução na região da Serra Gaúcha. No segmento desta pesquisa pretende-se comparar os dados obtidos com as imagens Landsat 8/OLI com os dados coletados a campo e gerar modelos agrícolas que relacionam os índices de vegetação com a produtividade da videira. Foram também realizadas atividades no campo, na área de estudo em Veranópolis - RS, onde foram coletados índices de vegetação com uso do GreenSeeker, avaliação de clorofila, análise de grau Brix, acidez titulável e área foliar. Finalmente, foram feitas avaliações de reflectância de folhas doentes no laboratório de radiometria do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da UFRGS.

Durante o período de estágio, foi possível interagir com profissionais de diversas formações e ter uma noção do papel do Engenheiro Agrônomo compondo um grupo em uma instituição de pesquisa como a Embrapa. Ficou evidente a importância do diálogo entre as várias áreas de conhecimento que constituem um ecossistema, para que os aspectos importantes como, fenologia da videira, comportamento espectral das plantas, funcionamento das imagens de satélite entre outros, sejam estudados, avaliados e interpretados corretamente.

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Fatores que afetam a reflectância foliar e as possíveis aplicações na agricultura.....	12
2. Análise estatística do NDVI.....	22

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Reflectância (ρ) espectral característica de uma folha vegetal sadia, para o intervalo de comprimento de onda (λ) entre -3 e 2,5 μm	12
2. Localização da cidade de Veranópolis e caracterização dos polígonos da área estudada.....	17
3. GreenSeeker posicionado acima do dossel das videiras para obtenção do NDVI.....	19
4. GreenSeeker posicionado na entrelinha para obtenção do NDVI da vegetação.....	19
5. Análises de laboratório das uvas.....	20
6. Folhas amostradas para análise no espectrorradiômetro.....	21
7. Espectrorradiômetro.....	21
8. Perfil temporal de NDVI Landsat/8-OLI de vinhedos da cultivar Cabernet Sauvignon com correções atmosféricas pelo método QUAC e 6S.....	22
9. Perfis temporais de NDVI Landsat/8-OLI para diferentes cultivares de videira.....	23
10. Perfis temporais de NDVI Landsat/8-OLI para videiras conduzidas em sistema latada, lira e espaldeira.....	24
11. Perfis temporais de NDVI Landsat/8-OLI de vinhedos das cultivares Merlot e Cabernet Sauvignon conduzidos em latada, lira e espaldeira.....	25

SUMÁRIO

	Página
1. Introdução	8
2. Caracterização da instituição de realização do trabalho	9
2.1. Histórico da concedente.....	9
2.2. Missão, visão e valores da concedente.....	10
2.2.1. Missão.....	10
2.2.2. Visão.....	10
2.2.3. Valores.....	10
3. Referencial teórico do assunto principal	11
3.1. Sensoriamento remoto.....	11
3.2. Sensoriamento remoto da vegetação.....	11
3.3. Imagens de satélites - Landsat 8.....	13
3.3.1. Correções atmosféricas em imagens de satélite.....	13
3.3.2. Índices de vegetação – NDVI.....	14
3.3.3. Índices de vegetação na agricultura.....	16
4. Atividades realizadas	16
4.1. Área de estudo.....	16
4.2. Imagens Landsat e processamentos.....	18
4.3. Coleta de dados medidos a campo.....	18
4.4. Análises de planta em laboratório.....	20
4.5. Avaliação de folhas de videira com espectroradiômetro.....	20
4.6. Outras atividades.....	21
5. Discussão.....	21
5.1. Análise da correção atmosférica.....	21
5.2. Diferenciação entre sistemas de condução e cultivares.....	22
6. Considerações finais	25
Referências bibliográficas	27

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.

Monitorar o crescimento e desenvolvimento dos vinhedos pode servir de subsídio à tomada de decisão no setor vitivinícola. O sensoriamento remoto disponibiliza muitas ferramentas que podem ser utilizadas na agricultura neste contexto. Entre elas, salientam-se os índices de vegetação, em especial o NDVI (do inglês Normalized Difference Vegetation Index). O NDVI relaciona a reflectância da vegetação nos comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo e é considerado um eficiente indicador de acúmulo de biomassa verde pelas plantas. Em vinhedos, estudos vêm demonstrando que o NDVI pode ser empregado na interpretação de padrões espaciais de índice de área foliar, infestações por pragas e moléstias, disponibilidade hídrica, características físico-químicas de frutos e outros parâmetros de qualidade dos vinhedos.

Os índices de vegetação podem ser obtidos a partir imagens oriundas de sensores orbitais. Por serem adquiridas de forma automatizada e sistemática, em intervalos regulares de tempo, as imagens orbitais possibilitam a interpretação simultânea de padrões espacializados da vegetação. Para as atividades realizadas no estágio, foram utilizadas as imagens do satélite Landsat/8, sensor OLI (do inglês, Operacional Land Imager), as quais apresentam resolução espacial de 30 metros e temporal de 16 dias, permitindo a adequada caracterização de culturas perenes como a videira. A área de estudo correspondeu a 16 vinhedos (área média de 0,7 hectares) localizados em propriedade situada no município de Veranópolis, na região da Encosta Superior da Serra do Nordeste (Serra Gaúcha). Os vinhedos analisados são de cultivares de Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Chardonnay, Tannat, Merlot, Pinotage Bordo e Couderc, conduzidos em sistema latada, lira e espaldeira.

O estágio foi realizado na Embrapa Uva e Vinho na cidade de Bento Gonçalves - RS, Brasil, no período do dia 04/01/2016 a 26/02/2016 totalizando 300 horas. As atividades realizadas durante o período do estágio tiveram como objetivo verificar a possibilidade de uso do sensoriamento remoto na viticultura, através de índices de vegetação, aplicando diferentes métodos de correção atmosférica, para caracterizar o ciclo da videira e diferenciar os sistemas de condução e tipos de cultivares. Além disso, foi objetivo acompanhar as atividades de coleta de dados a campo, com diferentes métodos e equipamentos, e também presenciar algumas das atividades realizadas em uma instituição de pesquisa.

2. CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) foi criada em 26 de abril de 1973 e é vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Desde a sua criação, a empresa tem como desafio: desenvolver, em conjunto com parceiros do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), e abrangendo todos os biomas do país, um modelo de agricultura e pecuária tropical genuinamente brasileiro, superando as barreiras que limitavam a produção de alimentos, fibras e energia no Brasil (EMBRAPA, 2016).

O estágio foi realizado na Embrapa Uva e Vinho, uma das 46 Unidades Decentralizadas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A unidade foi criada em 26 de agosto de 1975 no município de Bento Gonçalves (RS), onde está localizada a sede do centro de pesquisa. Além da sede, a Unidade possui duas Estações Experimentais: a Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado (EFCT), em Vacaria (RS) e a Estação de Viticultura Tropical (EVT), em Jales (SP). A unidade desenvolve ações de pesquisa com uva, vinho, maçã e outras frutíferas de clima temperado. Seu quadro técnico é composto por 166 colaboradores, sendo 41 pesquisadores, 29 analistas, 35 técnicos e 61 assistentes (EMBRAPA - CNPUV, 2016).

2.1 Histórico da Concedente

A história da EMBRAPA Uva e Vinho iniciou antes mesmo da Criação da Embrapa Sede, em Brasília no ano de 1972. Em 1941 foi construída Estação de Enologia de Bento Gonçalves e em 1942 iniciou suas atividades. O Presidente da República na época, Getúlio Vargas, autorizou o Ministério da Agricultura a liberar verbas destinadas à organização inicial dos vinhedos de estudo e dos viveiros de multiplicação, em área desapropriada para a instalação de uma Chácara Municipal. Mais tarde, em 1944, a Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves fez a doação desta área para o Governo Federal para a instalação da Estação de Enologia. Esta base física inicial foi ampliada entre 1944 e 1946 formando assim, a atual área da Embrapa Uva e Vinho que conta com cerca de 100 hectares (EMBRAPA – CNPUV, 2016).

2.2 Missão, Visão e valores da concedente

2.2.1 Missão

Valorizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da vitivinicultura e da fruticultura de clima temperado, em benefício da sociedade brasileira (EMBRAPA – CNPUV, 2016).

2.2.2 Visão

Ser um centro de excelência mundial na geração de conhecimento, tecnologia e inovação para viticultura, enologia e fruticultura de clima temperado (EMBRAPA – CNPUV, 2016).

2.2.3 Valores

Os valores que balizam as práticas e os comportamentos da Embrapa e de seus integrantes, independentemente do cenário vigente, e que representam as doutrinas essenciais e duradouras da empresa são:

- **Excelência em Pesquisa e Gestão:** estimular práticas de organização e gestão orientadas para o atendimento das demandas dos clientes, e, para isso, pautar ações pelo método científico e pelo investimento no crescimento profissional, na criatividade e na inovação;
- **Responsabilidade socioambiental:** interagir permanentemente com a sociedade, na antecipação e na avaliação das consequências sociais, econômicas, culturais e ambientais da ciência e da tecnologia, e contribuir com conhecimentos e tecnologias para a redução da pobreza e das desigualdades regionais;
- **Ética:** comprometimento com a conduta ética e transparente, valorizando o ser humano com contínua prestação de contas à sociedade;
- **Respeito à diversidade e à pluralidade:** Atuar dentro dos princípios do respeito à diversidade em todos os seus aspectos, e, por isso, encorajar e promover uma perspectiva global e interdisciplinar na busca de soluções inovadoras;
- **Comprometimento:** Valorizar o comprometimento efetivo das pessoas e das equipes no exercício da Missão da empresa e na superação dos desafios científicos e tecnológicos para a geração de resultados para o público-alvo;
- **Cooperação:** Valorizar as atitudes cooperativas, a construção de alianças institucionais e a atuação em redes para compartilhar competências e ampliar a capacidade de inovação, e, para isso, manter fluxos de informação e canais de diálogo com os diversos segmentos da sociedade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO DO ASSUNTO PRINCIPAL

3.1 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre, sem a necessidade de contato direto com os mesmos. Estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida e/ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos. O sensoriamento remoto pode ser utilizado para medir e monitorar importantes características biofísicas da superfície, assim como de atividades humanas na Terra (JENSEN, 2011). Deste modo, como os elementos terrestres são os principais objetos de trabalho em um laboratório de geoprocessamento, o sensoriamento remoto é uma ferramenta de auxílio na obtenção de informações, características morfo-fisiológicas e análises de vinhedos e outras frutíferas.

A quantidade e a qualidade da energia eletromagnética refletida e/ou emitida pelos objetos terrestres resultam das interações entre a energia eletromagnética e estes objetos. Essas interações são determinadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas desses objetos e podem ser identificadas nas imagens e nos dados de sensores remotos. Portanto, a detecção da energia eletromagnética refletida e/ou emitida pelos objetos terrestres é a base de dados para todo o processo de sua identificação e avaliação das suas principais características. Logo, os sensores remotos são ferramentas importantes para a realização de inventários, de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais (MORAES, 2001).

3.2 Sensoriamentos Remoto da Vegetação

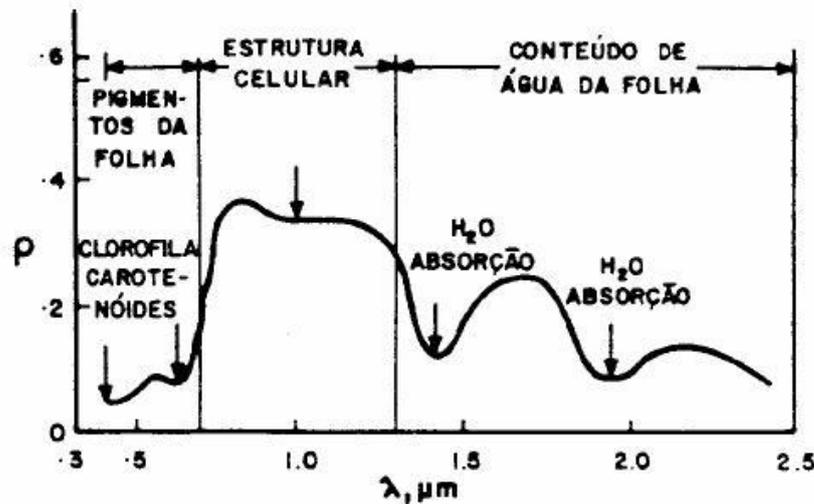
Aproximadamente 70 % da superfície terrestre é recoberta com vegetação, que é um dos mais importantes componentes dos ecossistemas. O conhecimento sobre variações de espécies e dos padrões de distribuição das comunidades vegetais, alterações dos ciclos fenológicos (crescimento), e modificações na fisiologia e na morfologia da planta provêm importantes informações sobre características climáticas, edáficas, geológicas e fisiológicas de uma área (JENSEN, 2011).

Ao longo do tempo a vegetação adaptou suas estruturas internas e externas para realização da fotossíntese. Estas estruturas e sua interação com a energia eletromagnética determinam a forma como as folhas e os dosséis vegetais aparecem espectralmente quando registrados usando instrumentos de sensoriamento remoto. Uma folha verde e sadia intercepta o fluxo radiante incidente direto, proveniente do Sol, ou difuso, após espalhamento. Esta

energia incidente interage com os pigmentos, água e espaços intercelulares da folha vegetal, sendo parte absorvida, e refletida ou transmitida. A maioria dos sistemas de sensores remotos funcionam medindo a porção da energia incidente que é refletida pela folha, a qual é denominada reflectância (JENSEN, 2011).

Os principais fatores (Figura 1) que afetam as propriedades de reflectância e transmitância foliar são os pigmentos foliares, os espalhamentos internos e o conteúdo interno de umidade (JENSEN, 2011). Saber avaliar quais fatores que afetam e controlam a reflectância e suas potencialidades de aplicação podem ser de grande importância para a tomada de decisões na agricultura (Tabela 1).

Figura 1. Reflectância (ρ) espectral característica de uma folha vegetal sadia, para o intervalo de comprimento de onda (λ) entre -3 e 2,5 μm . Figura 2. Reflectância (ρ) espectral característica de uma folha vegetal sadia, para o intervalo de comprimento de onda (λ) entre -3 e 2,5 μm .



Fonte: NOVO (1989).

Tabela 1. Fatores que afetam a reflectância foliar e as possíveis aplicações na agricultura.

Faixa espectral	Fator	Aplicação
0,4 – 0,7 μm	Pigmentos da folha	Detectar doenças ou ataque de pragas, diferenciar espécies.
0,7 – 1,3 μm	Estrutura celular	Quantidade de Biomassa, detectar doenças e ataque de pragas.
1,3 – 3,0 μm	Conteúdo de água na folha	Detectar déficit hídrico

Fonte: adaptado de JANSEN (2011).

3.3 Imagens de Satélites - Landsat 8

Atualmente, o sensoriamento conta com um conjunto razoável de satélites onde oferecem imagens para atender as necessidades de uma ampla demanda de usuários. Essas imagens são amostras da energia eletromagnética, após a interação com a atmosfera e a superfície terrestre, captadas por determinado sensor (Paranhos Filho et al., 2008). As imagens de sensoriamento remoto são determinadas pela área do campo de visada do sensor (Resolução Espacial), comprimento de ondas das bandas (Resolução Espectral), por valores numéricos da medida da radiância do alvo (Resolução Radiométrica) e pela data em que a imagem foi tomada (Resolução Temporal) (MENESES, 2012).

A série de imagens Landsat surgiu no final dos anos 60 como parte do programa de Levantamento de Recursos Naturais da NASA (do inglês, *National Aeronautics and Space Administration*) e apresenta um importantíssimo acervo histórico de imagens orbitais desde 1973. Em 2013 foi lançado ao espaço a Missão de Continuidade dos Dados Landsat (LDCM) - chamada de Landsat 8. Esse novo satélite traz várias novidades importantes como dois novos sensores: sensor espectral OLI (do inglês *Operational Land Imager*) e o sensor termal TIRS (do inglês *Thermal Infrared Sensor*) e melhorias na resolução espectral das imagens (KALAF R. et al, 2013). O sensor OLI possui uma resolução espacial de 30 m, resolução radiométrica de 16 Bits, resolução espectral de 11 bandas multiespectrais mais uma banda Pan e resolução temporal de 16 dias (ENGESAT, 2016). As imagens Landsat podem ser adquiridas gratuitamente no site da USGS (do inglês *The United States Geological Survey*) ou também no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

3.3.1 Correções atmosféricas em imagens de satélite

Degradações dos sensores que ocorrem ao longo do tempo e que alteram radiometricamente a imagem podem representar um problema na análise dos dados provenientes de imagens orbitais. A fonte de erro dessa degradação ou distorção radiométrica frequentemente é a atmosfera, cuja intensidade de efeitos depende do comprimento de onda, da data de imageamento e da trajetória da radiação. A atmosfera afeta a radiância medida em qualquer ponto da imagem, de duas maneiras aparentemente contraditórias. Primeiro, ela atua como um refletor, adicionando uma radiância extra ao sinal que é detectado pelo sensor. Segundo, ela atua com um absorvedor, atenuando a intensidade de energia que ilumina o alvo na superfície. Quando a atenuação é acima de um valor, a transparência da atmosfera torna-se

opaca em determinados comprimentos de onda, impossibilitando a obtenção de imagens (MENESES, 2012).

Para a interpretação confiável das informações contidas nas imagens de satélite é necessário remover os efeitos que a atmosfera introduz. Para isso, foram desenvolvidas técnicas de processamento de correção atmosférica, com resultados satisfatórios, estimadas a partir dos próprios dados das imagens. Os métodos de correção atmosférica se aplicam às imagens multiespectrais com bandas de ampla largura espectral, como as imagens Landsat. Existem vários métodos propostos para correção atmosférica, mas dois deles são muito utilizados visto que são simples e práticos para se aplicar nas imagens, que são os métodos QUAC e 6S.

A correção atmosférica pelo método QUAC (do inglês *QUick Atmospheric Correction*) é utilizada para imagens multiespectrais e hiperespectrais obtidas na faixa do espectro óptico refletido (0,4 a 2,5 μm). O método realiza a correção atmosférica a partir de modelos empíricos utilizando somente as informações contidas na própria imagem, não necessita de informações auxiliares de aquisição dos dados. Esse processamento, significativamente rápido, consiste na busca da resposta espectral média dos objetos que compõem a cena (ENVI, 2016).

O método de correção atmosférica 6S (*Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*) (Vermote *et al.*, 1997) é uma modificação melhorada do método 5S (*Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*). Esse método foi elaborado para modelar os seguintes parâmetros atmosféricos: modelos estatísticos baseados nas bandas de absorções atmosféricas, modelagem de várias funções atmosféricas para um tratamento completo do processo de espalhamento, e um tratamento aproximado de interação entre os dois efeitos atmosféricos (Latorre *et al.*, 2002). Os parâmetros de entrada para a correção atmosférica são: as configurações das condições geométricas do satélite, dia, mês, latitude e longitude, modelo atmosférico, visibilidade horizontal, altura em relação ao alvo, sensor abordo do satélite e banda espectral.

3.2.2 Índices de vegetação – NDVI

Desde a década de 1960, os cientistas vêm extraíndo e modelando vários parâmetros biofísicos da vegetação com o uso de dados do sensoriamento remoto. Grande parte desses esforços tem envolvido o uso de índices de vegetação que são medidas radiométricas adimensional, as quais indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde,

incluindo índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente ativa. Segundo Jensen (2011) um índice de vegetação ideal deve:

- Maximizar a sensibilidade a parâmetros biofísicos das plantas, preferencialmente de uma forma linear, para que esta sensibilidade seja fidedigna para uma grande amplitude de condições da vegetação e para facilitar a validação e a calibração do índice;
- Normalizar ou modelar efeitos externos tais como ângulo solar para que seja possível comparações espaciais e temporais;
- Normalizar efeitos internos, tais como variações no substrato abaixo do dossel, incluindo topografia, solos e diferenças quanto a vegetação senescente ou presença de ramos lenhosos;
- Ser compatível a algum parâmetro biofísico mensurável, tais como a biomassa e o IAF para fins de validação e controle de qualidade.

O NDVI (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*), proposto por Rouse et al. (1973), 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. Estes são valores que variam de zero a um, sendo que valores mais próximos a 1 representam maior acúmulo de biomassa e valores mais próximos a zero, menor acúmulo de biomassa. O NDVI é um índice de vegetação importante porque (JENSEN, 2011):

- Mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e na atividade da vegetação podem ser monitoradas;
- Reduz muitas formas de ruídos como, diferença de iluminação solar, sombras de nuvens, algumas atenuações atmosféricas, algumas variações topográficas presentes em múltiplas bandas de imagens de múltiplas dadas.

Por outro lado, o NDVI apresenta algumas desvantagens (JENSEN, 2011):

- Sendo um índice baseado em uma razão, é não linear e pode ser influenciado por efeitos ruidosos aditivos, tais como, radiância e trajetória atmosférica;
- O NDVI é altamente correlacionado com o IAF; entretanto, esta relação pode não ser tão forte durante o período de máximo IAF; aparentemente devido à saturação do NDVI quando o IAF é muito alto;

- O NDVI é muito sensível a variações de substrato sob o dossel (p.ex., os solos que são visíveis sob o dossel). Os valores de NDVI são particularmente altos com substratos mais escuros.

3.2.3 Índices de vegetação na agricultura

O monitoramento do ciclo da cultura por meio de índices de vegetação e o estabelecimento da relação destes com a produtividade têm sido amplamente estudados para culturas anuais produtoras de grãos no Rio Grande do Sul (Junges *et al.*, 2011). Da mesma maneira, tem-se verificado nos últimos anos a ampliação das pesquisas acerca do emprego de índices de vegetação no monitoramento de pastagens naturais do Bioma Pampa (Kuplich *et al.*, 2013). No entanto, poucas são as pesquisas acerca da potencialidade de uso de imagens de satélite para monitoramento do desenvolvimento de espécies frutíferas. Cemin (2009) verificou a potencialidade de uso de imagens do sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal and Reflection Radiometer*) na discriminação de videiras ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Merlot’, ‘Pinot Noir’ e ‘Chardonnay’ em diferentes regiões produtoras de uvas para vinhos finos no Brasil, Chile e França, embora resultados mais precisos e conclusivos possam vir a ser obtidos com a caracterização regional da influência do solo, do manejo e do ciclo fenológico na resposta espectral das diferentes cultivares de uvas.

4. ATIVIDADES REALIZADAS

Durante o período de estágio foram executadas atividades no Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Uva e Vinho e também atividades de campo na cidade de Veranópolis – RS. A atividade de maior importância durante o período teve como objetivo verificar a possibilidade de, a partir da caracterização do perfil temporal do NDVI obtido de sensor orbital Landsat, diferenciar sistemas de condução e tipos de cultivares em vinhedos da Serra Gaúcha, Brasil. Como etapa preliminar, mas essencial ao trabalho, foram testados dois métodos de correção atmosférica, QUAC e 6S, e feita uma análise para definir o método mais adequado para a correção.

4.1. Área de estudo

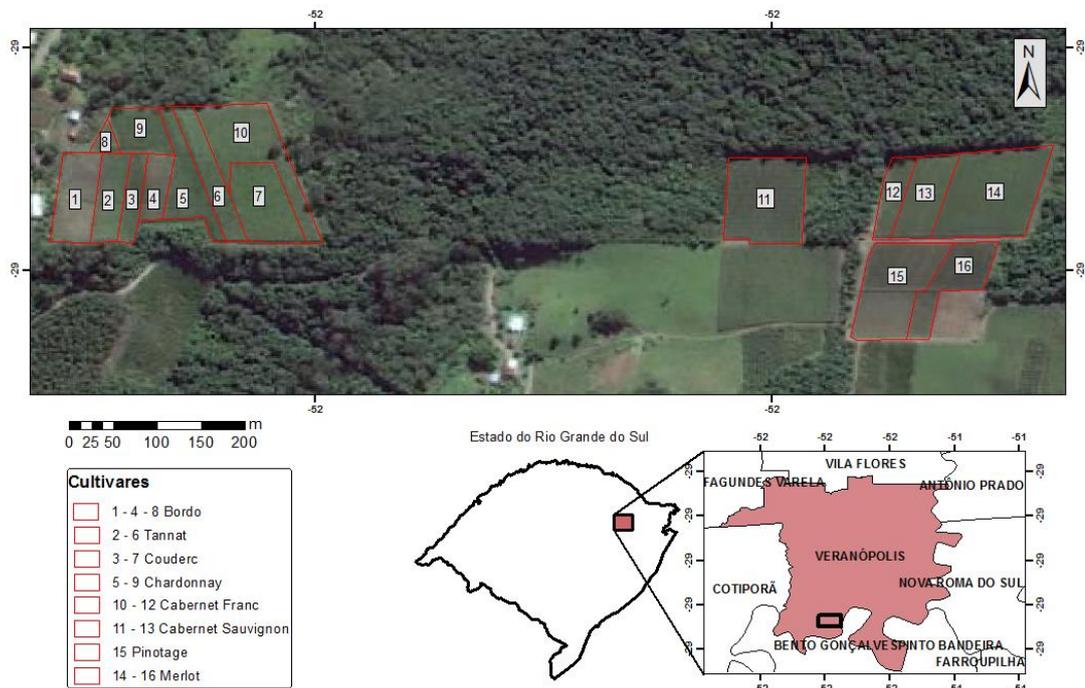
A área de estudo correspondeu a 16 vinhedos (área média de 0,7 hectares) localizados em propriedades situadas no município de Veranópolis, na região da Encosta Superior da Serra do Nordeste (Serra Gaúcha) (Figura 2). Os vinhedos que foram analisados são de

cultivares viníferas (Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Chardonnay, Tannat, Merlot e Pinotage), americana (Bordo) e híbrida (Couderc), conduzidos em sistema latada (12 vinhedos), lira (2) e espaldeira (2).

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) (FEPAGRO SERRA, 2016).

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). A combinação do clima, com o material de origem e o relevo, de acordo com a declividade, interferiu na velocidade do intemperismo transcorrido. Assim, se definiu a formação dos solos rasos ou profundos. 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 3. Localização do município de Veranópolis e caracterização dos polígonos da área estudada.



Fonte: Amanda Heeman Junges

4.2. Imagens Landsat e processamentos

Foram utilizadas imagens de NDVI provenientes do satélite Landsat/8, sensor OLI, órbita/ponto 221/081, de maio de 2013 a março de 2015 (safras 2013/2014 e 2014/2015), referente a dois conjuntos de dados: com e sem correção atmosférica. Estas imagens foram adquiridas no endereço eletrônico do USGS (*United States Geological Survey*) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Às imagens sem correção atmosférica, foi aplicado o método QUAC, realizada no software ENVI 4.3. A correção atmosférica pelo método QUAC (do inglês *QUick Atmospheric Correction*) é utilizada para imagens multiespectrais e hiperespectrais obtidas na faixa do espectro óptico refletido (0,4 a 2,5 μm). O método realiza a correção atmosférica a partir de modelos empíricos utilizando somente as informações contidas na própria imagem, não necessitando de informações auxiliares de aquisição dos dados. Esse processamento, significativamente rápido, consiste na busca da resposta espectral média dos objetos de compões a cena (ENVI, 2016).

As imagens com correção são disponibilizadas pela USGS e permitem que os usuários adquiram produtos com a interferência atmosférica já corrigida pelo método 6S. Para gerar estes produtos, a USGS utiliza o software chamado *Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System* (LEDAPS) que aplica o roteiro de correção atmosférica *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). O software LEDAPS processa o modelo de transferência radiativa 6S a partir da inserção de dados como vapor d'água, altura geopotencial, espessura óptica de aerossóis, elevação digital, juntamente com os dados Landsat originais para gerar a reflectância no topo da atmosfera (ToA) e reflectância de superfície, entre outros produtos (Masek *et al.*, 2006).

Após a implementação das correções atmosféricas, os vetores dos vinhedos foram sobrepostos às imagens e extraídos, de cada imagem Landsat, os valores mínimos, máximos e médios de NDVI utilizando o Software ENVI 4.3. Os valores médios foram organizados em planilhas eletrônicas no Excel, para caracterização da evolução temporal dos valores do índice por sistema de condução e cultivar, e confeccionados gráficos do NDVI em função do tempo.

4.3 Coleta de dados medidos a campo

Para fins de pesquisa, durante o período produtivo das videiras foram feitas algumas coletas de dados para que futuramente seja possível comparar dados de campo com dados de

sensoriamento remoto orbital. Parte das atividades de coleta de dados no campo foram possíveis de ser acompanhadas durante o estágio, as quais são mencionadas a seguir.

Na área experimental, em Veranópolis/RS, foram demarcadas plantas específicas em cada vinhedo. Em cada planta foram selecionados quatro ramos e contabilizados o número de folhas, mensurado o comprimento da nervura central, determinado o teor de clorofila com o Clorofilog e colhido os cachos de uva para análises de laboratório.

Nas plantas selecionadas foram extraídos os valores de NDVI com o GreenSeeker. Este é um instrumento do sensoriamento remoto ativo de superfície, a partir do qual se coleta de dados de forma independente de condições de iluminação e sem a interferência da cobertura de nuvens. Além disso, é um equipamento portátil que gera dados em tempo real no campo sem destruir a vegetação. O equipamento era posicionado acima do dossel para medir o NDVI da biomassa verde (Figura 3), assim como também foram feitas medidas do NDVI da cobertura da vegetação na entrelinha (Figura 4).

Figura 3. GreenSeeker posicionado acima do dossel das videiras para obtenção do NDVI. Veranópolis, 2016.



Figura 4. GreenSeeker posicionado na entrelinha para obtenção do NDVI da vegetação. Veranópolis, 2016.



Fotos: Laura Pigatto Schaparini

4.4 Análises de planta em laboratório

Após a colheita dos cachos de uva foram selecionadas amostras de 10 cachos por cultivar para realizar as análises em laboratório (Figura 5) como: medidas de comprimento e largura dos cachos, medidas de Grau Brix e acidez titulável. Essas análises foram utilizadas para realizar comparativos com os índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto com as imagens de satélite e com o GreenSeeker. Além disso, são importantes para avaliar a qualidade do fruto e a sanidade da planta.

Figura 5. Análises de laboratório das uvas: (a) cachos colhidos. (b) amostragem dos cachos para realização das análises. (c) análise dos cachos no laboratório.



Fotos: Laura Pigatto Schaparini

4.5 Avaliação de folhas de videira com espectrorradiômetro

A técnica de radiometria objetiva a compreensão dos processos de interação da energia radiante com os objetos terrestres. Para a quantificação da energia radiante é necessário a utilização de instrumentos sensíveis à energia eletromagnética em faixas específicas de comprimento de onda. Estes equipamentos são conhecidos como espectrorradiômetros, e quanto mais sensíveis e calibrados estiverem, mais abrangentes e acurados serão os resultados, além de apresentarem respostas realmente compatíveis com as características dos objetos em estudo (SILVA *et al*, 1996).

Foram selecionadas três amostras (Figura 6) de folhas saudáveis, folhas com sintomas da doença viral enrolamento foliar e folhas com sintomas de doenças de tronco, causadas por um

grupo de fungos. As folhas foram levadas para o laboratório de espectrorradiometria da UFRGS em Porto Alegre (Figura 7). Com essas análises pretende-se verificar em quais comprimentos de onda a doença causa maiores alterações.

Figura 6. Folhas amostradas. (a) Folha sadia, (b) folha com sintomas do vírus do enrolamento foliar, (c) folha com sintomas de doença de tronco.

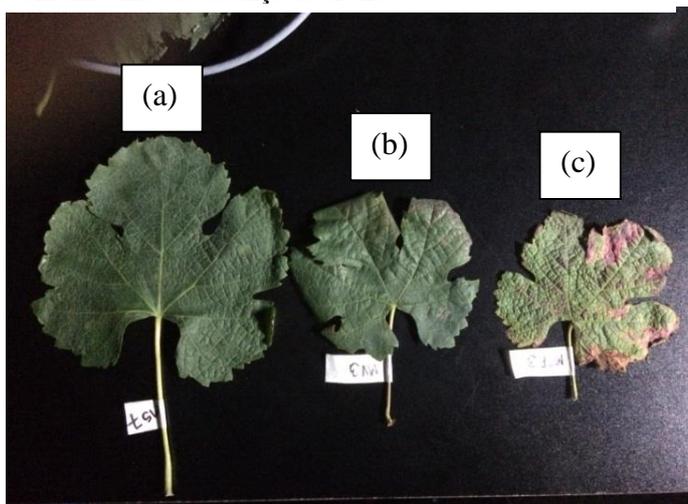


Figura 7. Espectrorradiômetro



Fotos: Laura Pigatto Schaparini

4.6 Outras atividades

Durante o período de estágio houve participações em atividades promovidas pela instituição sede do estágio. Uma das atividades interessante foi a análise sensorial de uvas. Esta análise consiste em degustar novas variedades de uvas criadas pela EMBRAPA Uva e Vinho e pontuar algumas características como, gosto, adstringência, crocância, coloração entre outros. Com isso, pretendia-se avaliar as novas variedades de uvas lançadas pela EMBRAPA.

5. DISCUSSÃO

5.1 Análise da correção atmosférica

O NDVI obtido a partir dos dois métodos de correção atmosférica mostraram um padrão semelhante, não apresentando interação entre método e cultivar ($F > 0,005$) (Tabela 2), ou seja, os dois métodos se comportam de forma semelhante entre as cultivares. Portanto, pode-se usar qualquer um dos métodos para estimar NDVI independente da cultivar. Entretanto, os valores médios de NDVI das imagens corrigidas com o método QUAC,

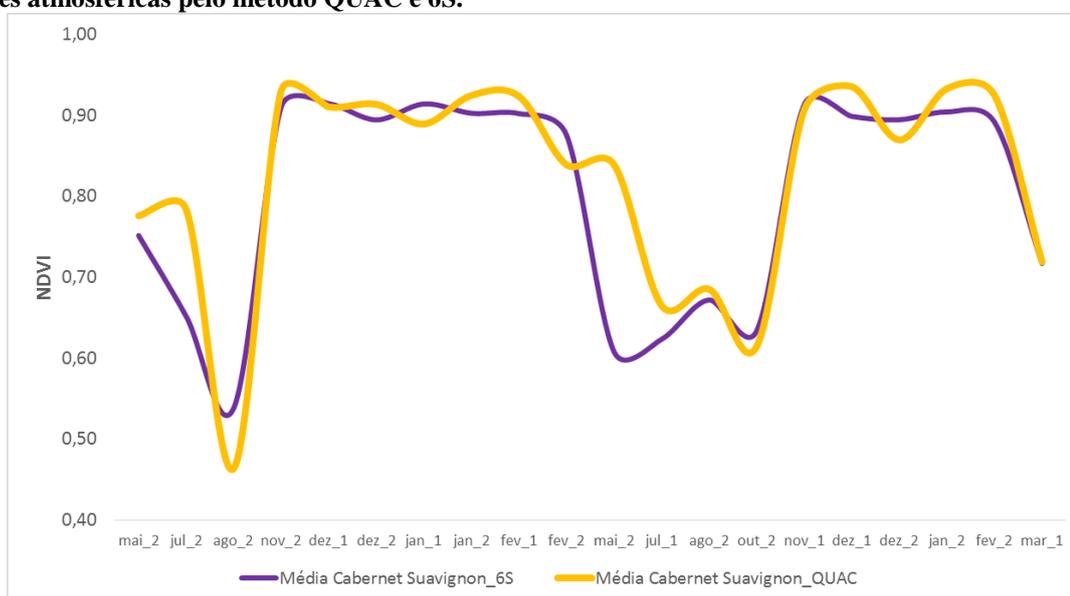
também independentemente da cultivar, em geral mostraram valores um pouco superiores aos obtidos com o método 6S (Figura 8).

Tabela 2 . Análise estatística do NDVI.

Variável	Σ dos Quadrados	Relação F	Prob > F
Método	0,09117422	60,1087	<.0001*
Cultivar	0,1084777	10,2202	<.0001*
Método*Cultivar	0,0083209	0,7840	0,6010

*Análise de Variância (Teste F) (F>0,005)

Figura 8. Perfil temporal de NDVI Landsat/8-OLI de vinhedos da cultivar Cabernet Sauvignon com correções atmosféricas pelo método QUAC e 6S.



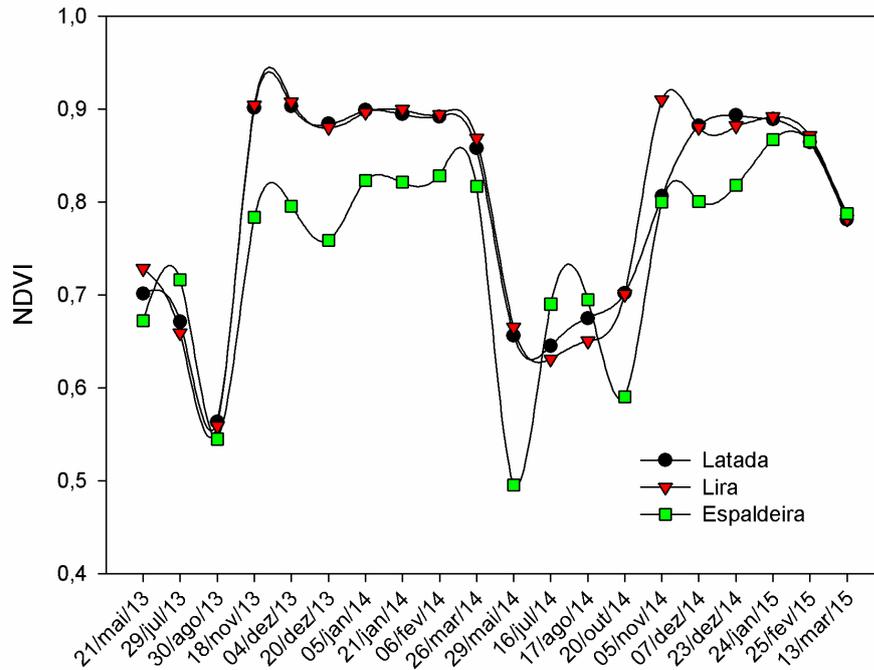
Para a sequência do trabalho foi escolhido o método 6S para a correção atmosférica, o qual foi considerado como o mais adequado. Como os métodos não diferiram estatisticamente, a escolha foi consequência, principalmente, do fato do 6S ser um método mais prático de correção, já que a imagem, quando solicitada, pode ser adquirida com a correção já aplicada.

5.2 Diferenciação entre sistemas de condução e cultivares

Verificou-se que os valores de NDVI foram maiores ao longo do ciclo das videiras e menores durante o período de repouso vegetativo (dormência) (Figura 9). Os perfis temporais de NDVI foram coerentes com a evolução temporal do acúmulo de biomassa verde ao longo

Em termos de sistema de condução (Figura 10), em geral os perfis temporais de vinhedos conduzidos em latada e lira foram semelhantes entre si e apresentaram valores maiores de NDVI ao longo do ciclo, comparativamente ao sistema espaldeira.

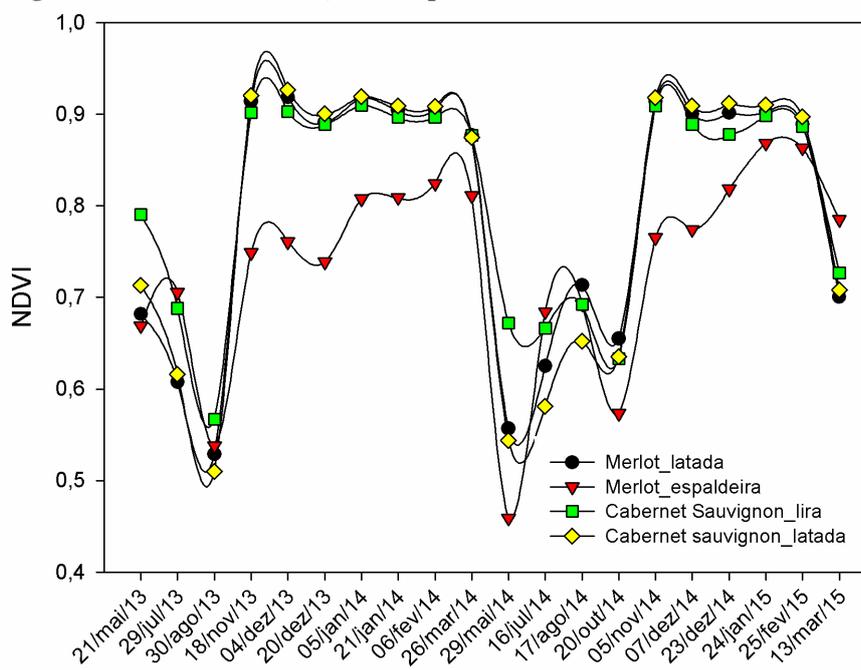
Figura 10. Perfis temporais de NDVI Landsat/8-OLI para videiras conduzidas em sistema latada, lira e espaldeira



Latada e lira são sistemas tradicionais na produção de uvas na região de estudo, caracterizados pela condução horizontal e elevada do dossel vegetativo com uso de postes e arames. No sistema espaldeira a condução do dossel é vertical, de maneira que, em imagens os valores de NDVI referem-se às videiras e à vegetação existente na entrelinha de cultivo.

Ao comparar os perfis de duas cultivares viníferas tintas (Cabernet Sauvignon e Merlot) que são conduzidas em diferentes sistemas (Figura 11) foi possível verificar que o sistema de condução nem sempre é diferencial. A cultivar Merlot conduzida em espaldeira apresentou valores de NDVI menores do que as cultivares Merlot e Cabernet Sauvignon conduzidas nos sistemas lira e latada, em virtude da influência da vegetação da entrelinha. Já para a cultivar Cabernet, não houve diferença entre os sistemas de condução latada e lira.

Figura 11. Perfis temporais de NDVI Landsat/8-OLI de vinhedos das cultivares Merlot e Cabernet Sauvignon conduzidos em latada, lira e espaldeira.



A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que os perfis temporais de NDVI obtidos de imagens Landsat-8/OLI caracterizam adequadamente a evolução temporal do índice de vegetação ao longo do ciclo de videiras na região de estudo. Há diferenças entre perfis temporais de vinhedos conduzidos em sistema latada ou lira em relação aos conduzidos em espaldeira, dada influência da vegetação das entrelinhas no valor do NDVI. Portanto, é possível o uso do NDVI obtido de imagens Landsat/8-OLI no monitoramento do ciclo de videiras e caracterização dos diferentes sistemas de condução na região da Serra Gaúcha.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades executadas durante o período de estágio foram importantes e podem auxiliar na geração de informações, que permitam responder algumas questões relacionadas ao emprego de imagens de satélite, no contexto da viticultura de precisão na Serra Gaúcha: é possível fazer inferências sobre o ciclo produtivo de videiras por meio de índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto orbital? Perfis temporais de índice de vegetação NDVI refletem o acúmulo de biomassa em vinhedos com diferenças quanto ao ciclo, sistema de condução, manejo e objetivo da produção?

Os projetos de pesquisa neste tema estão em andamento e futuramente poderão responder estas e também outras questões levantadas. Tendo consciência da importância econômica e social da cadeia produtiva de uvas para o estado do Rio Grande do Sul, o

emprego de imagens de satélite na identificação e caracterização do comportamento espectral de vinhedos, tem potencial para contribuição expressiva à melhoria de qualidade da produção vitivinícola do Estado.

Com os resultados obtidos nas atividades desenvolvidas durante o estágio, já é possível concluir que perfis temporais de NDVI, obtido de imagens Landsat-8/OLI, caracterizam adequadamente a evolução temporal do índice de vegetação ao longo do ciclo de videiras na região de estudo, além de, caracterizar os diferentes sistemas de condução na região da Serra Gaúcha. No segmento desta pesquisa pretende-se comparar os dados obtidos com as imagens Landsat 8/OLI com os dados coletados a campo e gerar modelos agrícolas que relacionam os índices de vegetação com a produtividade da videira.

Durante o período de estágio, foi possível interagir com profissionais de diversas formações e ter uma noção do papel do Engenheiro Agrônomo compondo um grupo em uma instituição de pesquisa como a Embrapa. Ficou evidente a importância do diálogo entre as várias áreas de conhecimento que constituem um ecossistema, para que os aspectos importantes como, fenologia da videira, comportamento espectral das plantas, funcionamento das imagens de satélite entre outros, sejam estudados, avaliados e interpretados corretamente. O aprendizado foi de que trabalhos realizados por equipes multidisciplinares e com foco na produção local, tendem a gerar resultados abrangentes e consistentes, os quais tem utilidade para o agricultor e servem como indutores para estudos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEMIN, G. **Utilização do sensoriamento remoto para a caracterização e discriminação espectral de vinhedos em diferentes *terroirs***. 2009. 96f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ENGESAT (Soluções em Imagens de Satélite e Geoprocessamento). **Imagens de Satélite – Landsat 8** [2016]. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/imagens-de-satelite/landsat-8/>. Acesso em: Ago 2016.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Quem Somos** [2016]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/quem-somos>. Acesso em: Ago de 2016.

EMBRAPA - CNPUV (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa Uva e Vinho). **Apresentação Embrapa Uva e Vinho** [2016]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/apresentacao>. Acesso em: Ago de 2016.

EMBRAPA - CNPUV (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa Uva e Vinho). **Histórico Embrapa Uva e Vinho** [2016]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/historia>. Acesso em: Ago de 2016

EMBRAPA - CNPUV (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa Uva e Vinho). **Missão, Visão e Valores Embrapa Uva e Vinho** [2016]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/missao-visao-valores>. Acesso em: Ago de 2016.

ENVI. **User's Guide: Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH**. ESRI [2016]. Disponível em: <http://www.envi.com.br/index.php/modulos/acm>. Acesso em: Ago de 2016.

FALCADE, I. & MANDELLI, F. **Vale dos Vinhedos. Caracterização Geográfica da Região**. Caxias do Sul, EDUCS, 1999. 144p.

FEPAGRO SERRA. **Serviços e Informações** [2016]. Disponível em: http://www.fepagro.rs.gov.br/conteudo/485/?FEPAGRO_SERRA_Centro_de_Pesquisa_Carlos_Gayer. Acesso em: Ago de 2016.

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. **Cap: 11 – Sensoriamento Remoto da Vegetação**, p 357.

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. **Cap: 11 – Sensoriamento Remoto da Vegetação**, p 384-387.

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. 2003 **Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery**. Computers and Electronics in Agriculture, n.38.

JUNGES, A.H.; FONTANA, D.C. **Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul**. Ceres, v.58, n.1, p.695-700, 2011

KALAF, R., BRASILEIRO, R., CARDOSO, P. V., CRUZ, C.B.M. Landsat 8: **Avanços para mapemaneito em mesoescala**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia. Ano: 2013. Disponível em: http://www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/51/resumo-geotec-roberta-raissa1_1374611841.pdf. Acesso em: Ago 2016.

KUPLICH, T.M.; MOREIRA, A.; FONTANA, D.C. **Série temporal de índice de vegetação sobre diferentes tipologias vegetais no Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.1116-1123, 2013.

KOEPPEN, 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.

LATORRE, M.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F.; SHIMABUKURO, Y. E. **Correção Atmosférica: Conceitos e Fundamentos**. Espaço & Geografia, v. 5, n. 1, p. 153–178, 2002.

MANDELLI, F.; BERLATO, 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.

MENESES, P.R. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Ano: 2012. p.24-33. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8> . Acesso em: Ago de 2016.

MENESES, P.R. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Ano: 2012. p.87-88. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8> . Acesso em: Ago de 2016.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) Ano: 2001. Disponível em: http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf. Acesso em: Ago de 2016.

NARDY, A. J. R. et al. **Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral**. Geociências, São Paulo, v.21, n.1/2, 2002. 15-32p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Edgard Blücher Ltda., 1ª edição, 1989.

PARANHOS FILHO, A. C. **Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias**. Antonio Conceição Paranhos Filho. – Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2008.

ROUSE, J.W. *et al.* **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. 1973 In: Earth Resources Technology Satellite Symposium, 3., 1973, Washington. **Proceedings...**Washington: NASA. p.309-317.

ROUSE, J.W. *et al.* **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. 1973 In: Earth Resources Technology Satellite Symposium, 3., 1973, Washington. **Proceedings...**Washington: NASA. p.309-317.

SILVA, D. A., MORAES, E. C., MÁXIMO, O. A, VIEIRA, P. R. **Metodologia de aferição espectral para espectrorradiômetro**. [Anais] VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p 957-964. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.01.11.04/doc/T176.pdf>. Acesso em: Ago de 2016.

TOGORES, J.H. **La Calidad del Vino desde el Viñedo**. Madrid: Mundi-Prensa, 2006. p.390

VERMOTE, E. F. **Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, New York, v.35, n.3, p.675-686, 1997.