

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CASSIANE JRAYJ DE MELO VICTORIA BARIANI

**CARACTERIZAÇÃO ESPECTRO-TEMPORAL DE CULTIVARES DE ARROZ
IRRIGADO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT**

**Itaqui
2017**

CASSIANE JRAYJ DE MELO VICTORIA BARIANI

**CARACTERIZAÇÃO ESPECTRO-TEMPORAL DE CULTIVARES DE ARROZ
IRRIGADO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador Prof. Dr. Nelson Mario Victoria Bariani

**Itaqui
2017**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

B252c Bariani, Cassiane Jayj de Melo Victoria
CARACTERIZAÇÃO ESPECTRO-TEMPORAL DE CULTIVARES DE ARROZ
IRRIGADO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT / Cassiane Jayj de Melo
Victoria Bariani.
28 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA,
2017.

"Orientação: Nelson Mario Victoria Bariani".

1. SENSORIAMENTO REMOTO. 2. MONITORAMENTO AGRÍCOLA. 3.
NDVI. 4. CULTIVARES. 5. ARROZ. I. Título.

CASSIANE JRAYJ DE MELO VICTORIA BARIANI

**CARACTERIZAÇÃO ESPECTRO-TEMPORAL DE CULTIVARES DE ARROZ
IRRIGADO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT**

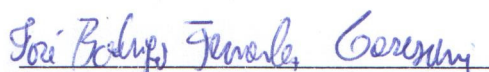
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 23, junho de 2017.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Nelson Mario Victoria Bariani
Orientador
UNIPAMPA



Prof. MSc. José Rodrigo Fernandez Caresani
UERGS



MSc. Gil Cunegatto Marques Neto
IRGA

RESUMO

O monitoramento das características espectrais ao longo do tempo por meio de imagens de satélite é reconhecido cientificamente por fornecer informações que podem ser associadas ao tipo de cultivar ou variedade, vigor, densidade, sanidade, nutrição e estádios fenológicos, por meio da utilização convenientemente das informações eletromagnéticas refletidas pela superfície terrestre, usando, por exemplo, os chamados índices de vegetação. O conhecimento da assinatura espectral de diferentes cultivares de arroz irrigado torna-se uma ferramenta importante para o monitoramento e fiscalização de lavouras agrícolas, pois pode facilitar o trabalho de entidades públicas de certificação e indústrias de recebimento de grãos. Neste trabalho foram monitoradas as cultivares IRGA 409, IRGA 424, IRGA 426, IRGA 429 e IRGA 430. Por meio da associação de dados a campo e perfis temporais de NDVI ao longo do ciclo da cultura foi descrita a característica espectral das cultivares. Para isso utilizou-se 11 imagens do satélite LANDSAT8/OLI, nas órbitas 224/80 e 225/80. As curvas espectrais ao longo do ciclo apresentaram comportamentos espectrais divergentes entre as diferentes cultivares em termos de início do crescimento, taxa de crescimento rápido, tempo e valor de máximo NDVI, taxa de senescência. O comportamento espectral das diferentes cultivares pode ser diferenciado, mas percebe-se que a diferenciação depende criticamente da qualidade dos dados e do processamento.

Palavras-Chave: Assinatura espectral, curva de NDVI, monitoramento por satélite, fiscalização agrícola.

ABSTRACT

The monitoring of spectral characteristics over time through satellite imagery is scientifically recognized for providing information that may be associated with the type of cultivar or variety, vigor, density, health, nutrition and phenological stages. This can be done by conveniently processing the information contained in the electromagnetic waves reflected by the earth's surface, using, for example, the so-called vegetation indexes. Knowledge of the spectral signature of different irrigated rice cultivars becomes an important tool for the monitoring and inspection of agricultural crops, since it can facilitate the work of public certification bodies and grain receiving industries. In this work, the cultivars IRGA 409, IRGA 424, IRGA 426, IRGA 429 and IRGA 430 were monitored. Through the association of field data and temporal profiles of NDVI throughout the crop cycle the spectral characteristic of the cultivars was described. For this purpose, 11 images of the LANDSAT8 / OLI satellite were used in the orbit 224/80 and 225/80. The spectral curves along the cycle presented divergent spectral behavior among the different cultivars in terms of growth onset, rapid growth rate, time and maximum NDVI value, senescence rate. The spectral behavior of the different cultivars can be differentiated, but it is perceived that the differentiation depends critically on the quality of the data and the image processing.

Keywords: Spectral signature, NDVI curve, satellite monitoring, agricultural inspection

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de diferentes cultivares por parcela agrícola.....	14
Figura 2 – Metodologia para análise do comportamento das curvas de NDVI.....	16
Figura 3 – Nomenclatura para cada trecho das curvas de NDVI.....	16
Figura 4 – Mapa de NDVI para as 11 imagens analisadas em cada talhão agrícola na safra 2016/2017.....	18

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para a cultivar IRGA 409 em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI..	19
Gráfico 2 – Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para a cultivares IRGA 424 a em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI.....	20
Gráfico 3 – Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para as cultivares IRGA 426 em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI.....	21
Gráfico 4 – Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para as cultivar IRGA 429 em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI.....	22
Gráfico 5 – Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para as cultivare IRGA 430 em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Duração em dias de cada período de desenvolvimento analisado pelo método USGS (HARGROVE, SPRUCE, <i>et al.</i> , 2010) e FAO (ALLEN, PEREIRA, <i>et al.</i> , 1998) durante o ciclo do arroz para as diferentes cultivares analisadas.....	24
Tabela 2 – Valores médios de NDVI para cada período de desenvolvimento analisado pelo método USGS durante o ciclo do arroz para as diferentes cultivares analisadas.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IRGA - Instituto Riograndense de Arroz

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

RI - Resistente ao herbicida do grupo químico das Imidazolinonas

RS - Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 METODOLOGIA	14
2.1 IMAGENS LANDSAT.....	14
2.2 GEOPROCESSAMENTO	15
2.3 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO.....	15
2.4 CURVAS ESPECTRAIS DE NDVI.....	15
3 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	17
3.2 CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DO NDVI.....	17
3.3 CARACTERÍSTICAS DA CULTIVAR IRGA 409	19
3.4 CARACTERÍSTICAS DA CULTIVAR IRGA 424	20
3.5 CARACTERÍSTICAS DA CULTIVAR IRGA 426	21
3.6 CARACTERÍSTICAS DA CULTIVAR IRGA 429	21
3.7 CARACTERÍSTICAS DA CULTIVAR IRGA 430	22
3.8 ANÁLISE DAS CURVAS ESPECRO-TEMPORAIS DE NDVI.....	23
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
5 REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A importância do arroz tanto a nível comercial como de nutrição humana tem potenciado o aumento de sua produção. Ele é a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas e o segundo cereal mais cultivado no mundo, perdendo apenas para o milho. Atualmente, o arroz é a cultura com maior potencial de aumento de produção e responde pelo suprimento de 20% das calorias consumidas na alimentação de pessoas no mundo (SOSBAI, 2016).

O Brasil ocupa a 9ª posição no ranking mundial dos países com maior produção de arroz e a 1ª colocação entre os países do Mercosul (CONAB, 2017). O Rio Grande do Sul se destaca como o maior produtor nacional, sendo responsável por 70% do total produzido no Brasil, garantindo assim o suprimento desse cereal à população brasileira (SOSBAI, 2016).

O arroz do Rio Grande do Sul é produzido em 131 municípios localizados na metade sul do Estado, mas é na fronteira oeste que se atinge as maiores produtividades destacando-se os municípios de Itaqui e Uruguaiana com produtividades que ultrapassam os 7 mil kg por hectare (IRGA, 2015). O conhecimento e o espírito empreendedor do orizicultor na utilização de tecnologias mais apuradas de cultivo e a disponibilidade, por parte da pesquisa no RS de cultivares de alto potencial produtivo, com características que atendem as exigências da cadeia agroindustrial do cereal, têm contribuído significativamente para essa produtividade e, logicamente, para a produção global brasileira de arroz (MAGALHÃES e FAGUNDES, 2015).

As cultivares mais utilizadas no RS devido principalmente a adaptabilidade edafoclimáticas e preferência de mercado são as cultivares IRGA 424, IRGA 429, IRGA 426, IRGA 430 e IRGA 409. O ciclo de desenvolvimento das cultivares no RS podem variar entre super-precoce, com ciclo menor que 100 dias, precoce, de 110 a 120 dias, médio, de 121 a 130 dias, e semi-tardio, maior que 130 dias. Quanto a arquitetura de plantas existe quatro tipos, assim denominadas: tradicional (plantas altas); intermediária, semi-anã/filipina (moderna/filipina) e semi-anã/americana (moderna/americana). A distinção de grupos de plantas auxilia o produtor, pois facilita a tomada de decisões quanto às práticas de manejo a serem adotadas, diagnóstico de estresses bióticos e abióticos, e suscetibilidade ou não ao acamamento de plantas. (MAGALHÃES e FAGUNDES, 2015).

Dentro deste contexto, o sensoriamento remoto apresenta-se como uma ferramenta com alto potencial de auxiliar no monitoramento, gerenciamento ou fiscalização das lavouras. O monitoramento remoto com imagens satelitais é reconhecido cientificamente por fornecer informação que pode ser associada a vigor, densidade, sanidade, nutrição e desenvolvimento da vegetação utilizando convenientemente as informações eletromagnéticas refletidas pela superfície terrestre, usando, por exemplo, os chamados índices de vegetação (TASUMI e ALLEN, 2007; SAKAMOTO *et al.*, 2010).

As metodologias que se utilizam de sensoriamento remoto satelital podem contribuir e facilitar aos diversos agentes envolvidos na produção, além de vários aspectos como o gerenciamento, monitoramento e fiscalização das lavouras.

Para o produtor a distribuição espaço temporal das informações em nível de parcelas agrícolas permite um acompanhamento à distância do comportamento das culturas ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, ocasionando um menor custo de deslocamento no monitoramento das lavouras comerciais, pois possibilita um melhor planejamento e aproveitamento das saídas a campo.

Para a indústria a obtenção de curvas espectro-temporais de cada cultivar facilita sua identificação e rastreabilidade, o que gera maior precisão e exatidão na hora da avaliação do grão, pois cada cultivar possui um valor agregado.

Para institutos de pesquisa, como o IRGA, por exemplo, tanto a distribuição espaço temporal como a obtenção de curvas espectro-temporais auxiliam o monitoramento e validação das lavouras com o objetivo de certificação de sementes.

Desta forma a presente pesquisa tem por objetivo caracterizar as curvas espectro-temporais das cultivares IRGA 409, IRGA 424, IRGA 426, IRGA 429 e IRGA 430 no município de Itaqui, RS por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

2 METODOLOGIA

A área de estudo corresponde a 81 parcelas agrícolas com 5 diferentes cultivares, IRGA 409, IRGA 424, IRGA 426, IRGA 429 e IRGA 430, ilustradas na figura 1.

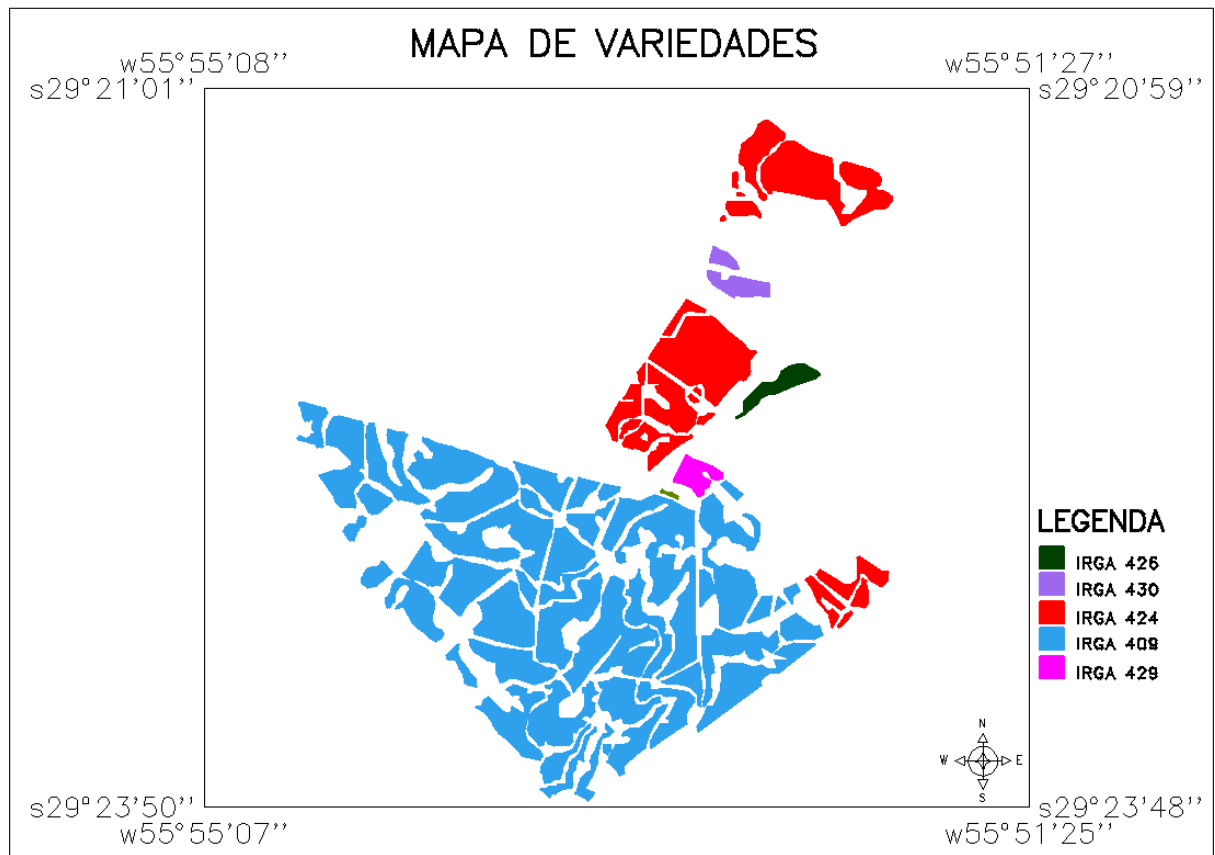


Figura 1. Mapa de diferentes cultivares por parcela agrícola

2.1 Imagens Landsat

Para a extração das curvas espectrais das diferentes cultivares ao longo do ciclo de desenvolvimento foram utilizadas 20 cenas correspondentes as órbitas 224 e 225 no ponto 80 do satélite Landsat8/OLI no período correspondente ao ciclo do arroz (setembro a março), na safra 2016/2017, no município de Itaqui, RS.

Das 20 cenas analisadas 11 obtiveram padrão de qualidade considerado suficiente para análise espectral, ou seja, com baixa interferência de nuvens.

2.2 Geoprocessamento

As imagens da área de estudo foram submetidas a correções radiométricas e geométricas. Os procedimentos foram executados no software Spring GIS do INPE. Em um primeiro momento foram feitos os procedimentos de registro, contraste, composição colorida RGB e vetorização das parcelas agrícolas. Em um segundo momento foi realizado o cálculo de reflectâncias e extração de índice de vegetação. A correção atmosférica foi realizada localmente na imagem, por um procedimento adaptado de Chavez et al.(1996).

2.3 Índice de vegetação

Existem numerosos índices de vegetação extraídos a partir de imagens de satélites. Um dos índices mais utilizados e conhecidos é o NDVI, índice de vegetação por diferença normalizada (ROUSE *et al.*, 1974). A normalização é feita pela equação:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

Onde ρ_{nir} é o valor da reflectância na faixa do infravermelho próximo; e ρ_{red} é o valor da reflectância na faixa do vermelho do visível.

Segundo Jensen, (2011) o NDVI é importante porque: i) Mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e na atividade da vegetação podem ser monitoradas; ii) A razão reduz muitas formas de ruídos multiplicativos (diferenças de iluminação solar, sombras de nuvens, algumas atenuações atmosféricas, algumas variações topográficas) presentes em múltiplas bandas de imagens de múltiplas datas.

2.4 Curvas espectrais de NDVI

Como forma de quantificar a análise das curvas temporais de NDVI, para registrar as diferenças dos diferentes trechos de cada curva para cada cultivar, foi aplicada a metodologia descrita em Hargrove *et al.*, (2010), onde são encontrados os mínimos e máximos de cada lado do gráfico e calculados os 20% e 80% das

etapas de desenvolvimento rápido e senescência; Os intervalos das curvas são analisados conforme descrito na Figura 2.

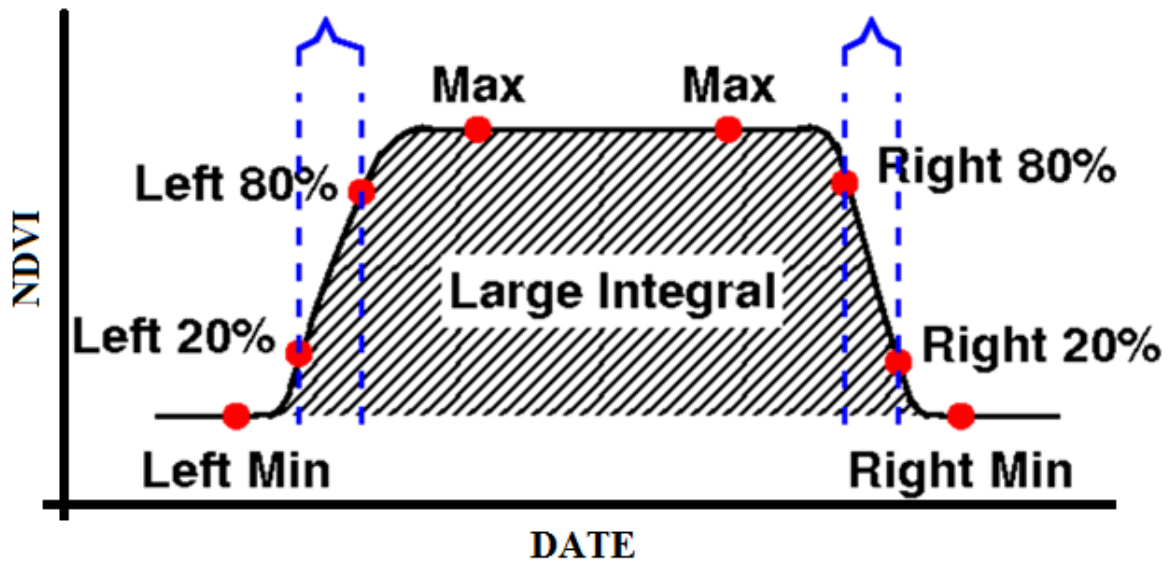


Figura 2. Metodologia para análise do comportamento das curvas de NDVI.
Fonte: Adaptado de USGS.

A nomenclatura utilizada para cada trecho das curvas foram adaptadas de Allen e Pereira (2009) e é ilustrada na figura 3.

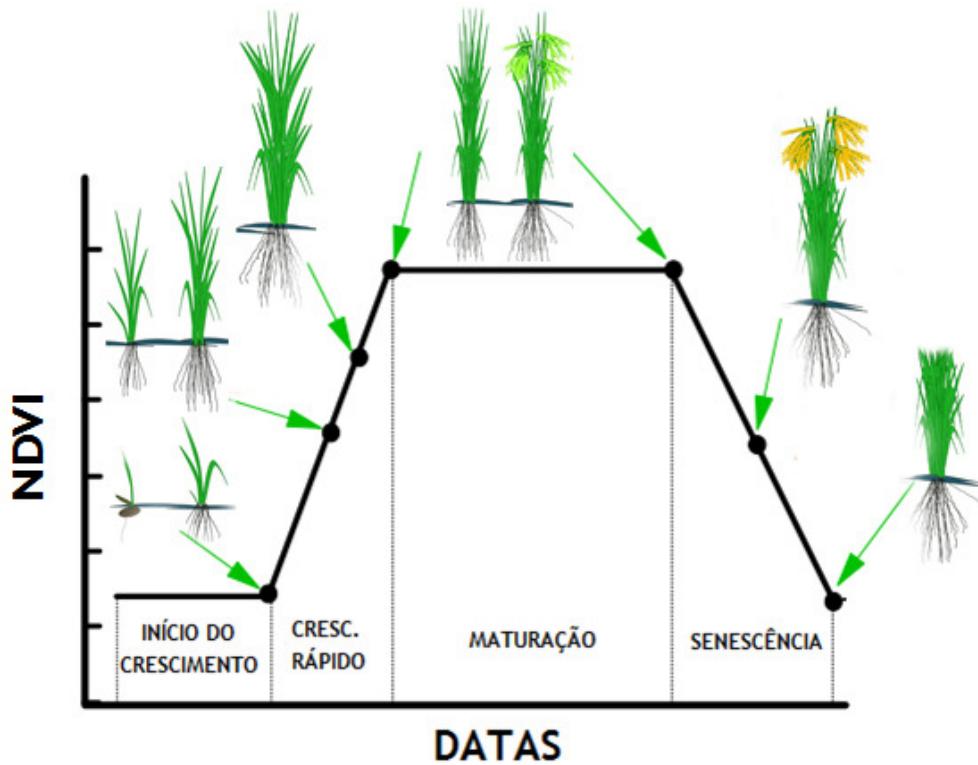


Figura 3. Nomenclatura para cada trecho das curvas de NDVI.
Fonte: Adaptado de Allen e Pereira (2009)

3 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta pesquisa identificou, por meio do NDVI extraído de 11 imagens Landsat8/OLI, ao longo do ciclo de desenvolvimento do arroz irrigado, as características espectrais de cinco cultivares de arroz irrigado distribuídas em 81 parcelas agrícolas no município de Itaqui, RS. Desta forma foi possível identificar as curvas características, os valores médios de NDVI e o período em dias de cada etapa do desenvolvimento das diferentes cultivares.

3.2 Configuração espacial do NDVI

A Figura 4 mostra o mapeamento do NDVI para as diferentes cultivares em cada talhão analisado. Utilizou-se uma escala degradê (do francês dégradé ou gradiente de cor) de três cores, onde a área de sobreposição de duas cores forma uma transição suave que representa diferentes estádios da vegetação ou do solo.

- azul indica alvos sem vegetação e absorvedores de radiação no infravermelho, com valores negativos de NDVI (-1 a -0,4), como a água das barragens ou áreas alagadas mais profundas;
- o verde indica valores de NDVI ao redor de zero (-0,4 a 0,4), correspondentes a alvos com refletância no infravermelho semelhante ao vermelho, às vezes maior e às vezes menor, como é o caso de solos expostos ou com pouca cobertura vegetal ou espelhos de água rasos ou nuvens e aerossóis atmosféricos;
- o vermelho indica valores intermediários a altos de NDVI, correspondentes a vegetação de altura e cobertura maior que a grama, encobrindo o solo em diferentes graus, indicados pela intensidade da tonalidade, sendo a vegetação mais alta e densa correspondente ao vermelho mais intenso.

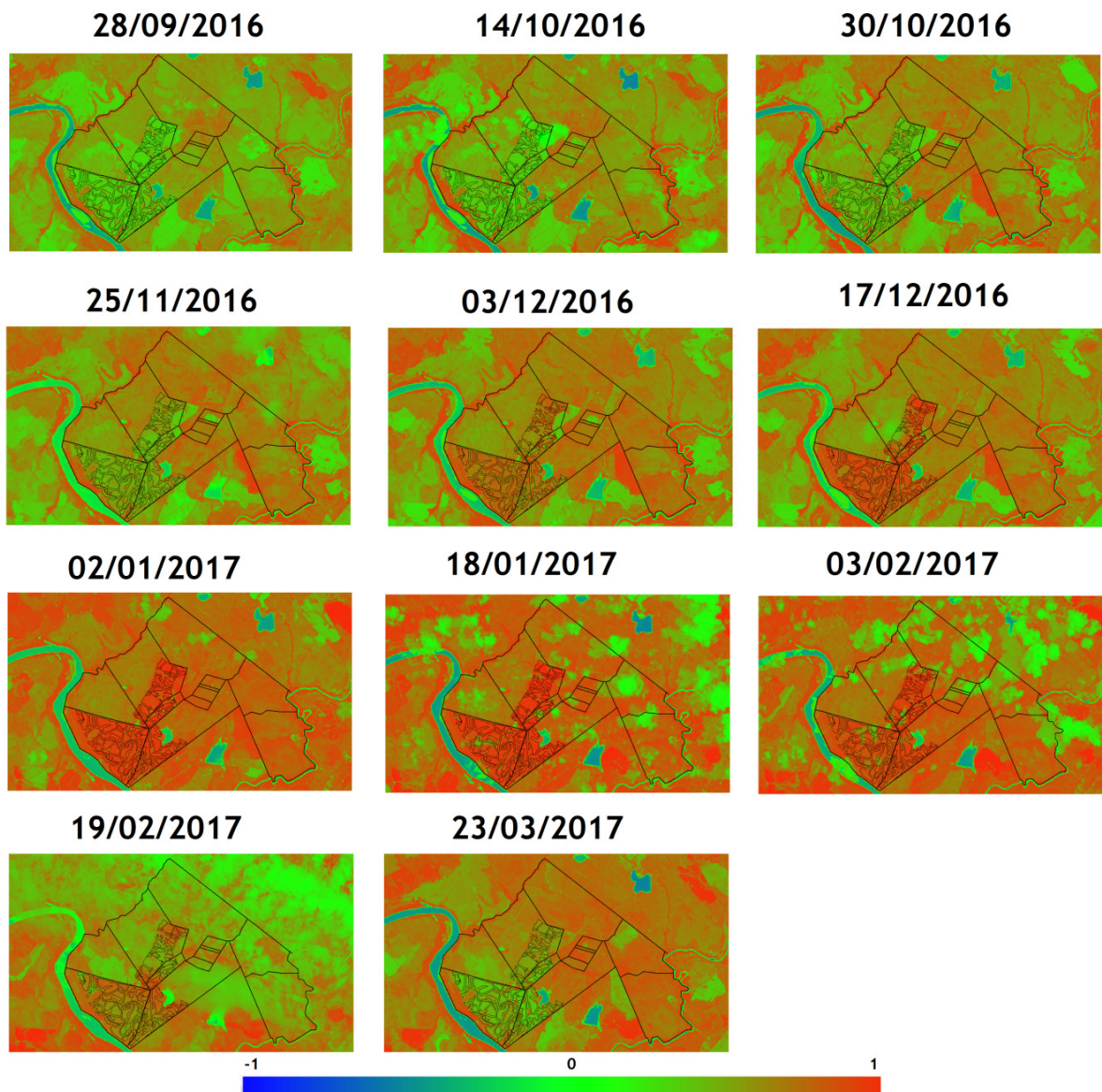


Figura 4. Mapa de NDVI para as 11 imagens analisadas em cada talhão agrícola na safra 2016/2017.

De maneira geral, pode ser observado na Figura 4 o progressivo avanço da cobertura vegetal ao longo do ciclo, com posterior diminuição do NDVI por efeito da senescência e do avanço da colheita. É perceptível em algumas imagens a presença de nuvens ou aerossol, que aparecem como formas irregulares (nuvens) com tonalidades variáveis e difusas, ou como um “véu” uniforme (aerossóis finos a grossos), mas estas imagens tem valor comparativo qualitativo e quantitativo interno após análises cuidadosas e eventuais correções. As imagens com interferências atmosféricas localizadas só são úteis para a avaliação quantitativa do NDVI

considerando correções locais, com os devidos cuidados de verificação, ou atentando aos pixels menos afetados (uso do máximo).

3.3 Características da cultivar IRGA 409

Cultivar de ciclo médio com primórdio da panícula aparecendo aos 65 dias com pleno florescimento aos 89 dias e maturação fisiológica aos 126 dias (CERATTI, 2014).

Foi a primeira cultivar semi-anã do tipo moderno/filipino de planta, lançada em parceria pela Embrapa e IRGA no ano de 1979. Destaca-se pela excelente qualidade dos grãos e alta produtividade. As principais limitações são suscetibilidade à brusone e à toxidez por ferro. É uma cultivar que possui alta abrasividade nas folhas e na casca e possui arista de tamanho variável em alguns grãos da extremidade da panícula (MAGALHÃES e FAGUNDES, 2015). Bastante procurada na indústria, pois possui alta qualidade dos grãos.

Foram analisados 47 parcelas agrícolas e curvas espectro-temporais da cultivar IRGA 409. A assinatura espectral dos valores médios de NDVI pode ser observado no gráfico 1.

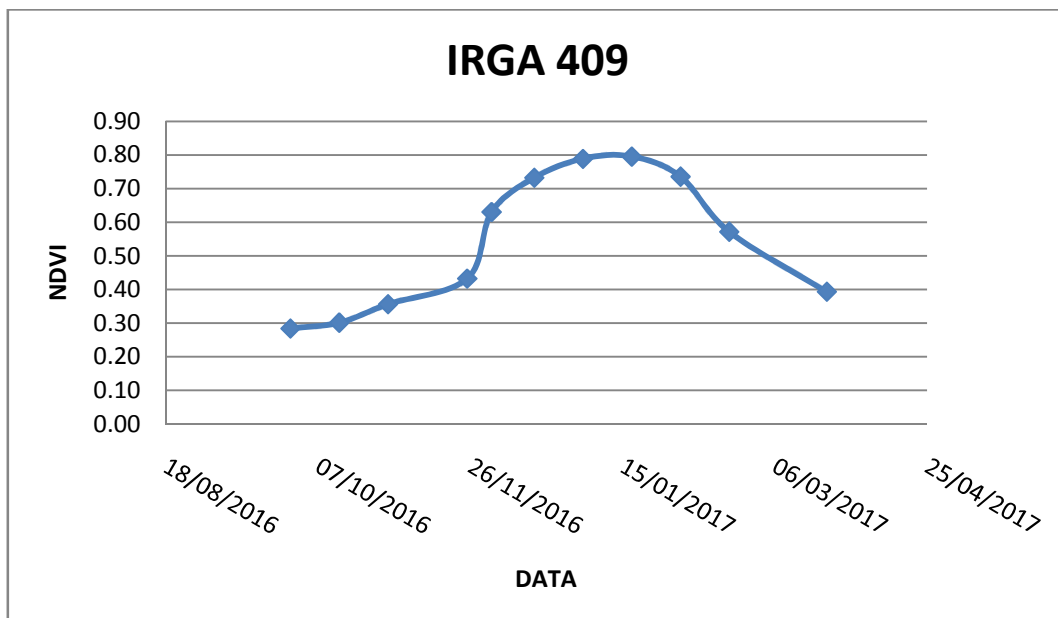


Gráfico 1. Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para 47 curvas analisadas para a cultivar IRGA 409 em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI.

3.4 Características da cultivar IRGA 424

Cultivar de ciclo médio podendo variar com o local, safra e época de semeadura (NETO, MARCHESAN, *et al.*, 2007). O primórdio da panícula aparece aos 62 dias com pleno florescimento aos 96 dias e maturação fisiológica aos 132 dias (CERATTI, 2014).

Destaca-se pelo alto potencial produtivo e boa qualidade industrial e de cocção dos grãos, porém o valor pago pela indústria é inferior cerca de R\$5,00 por saca de 50kg quando comparado com a cultivar 409.

Apresenta porte baixo, folhas pilosas, tolerante à toxidez por ferro e resistente à brusone. É especialmente indicada para cultivo nas regiões da Zona Sul e Campanha do RS pela sua boa adaptação às condições de temperatura média baixa (MAGALHÃES e FAGUNDES, 2015).

Foram analisadas vinte e oito parcelas com a cultivar IRGA 424. A assinatura espectral dos valores médios de NDVI podem ser observado no gráfico 2.

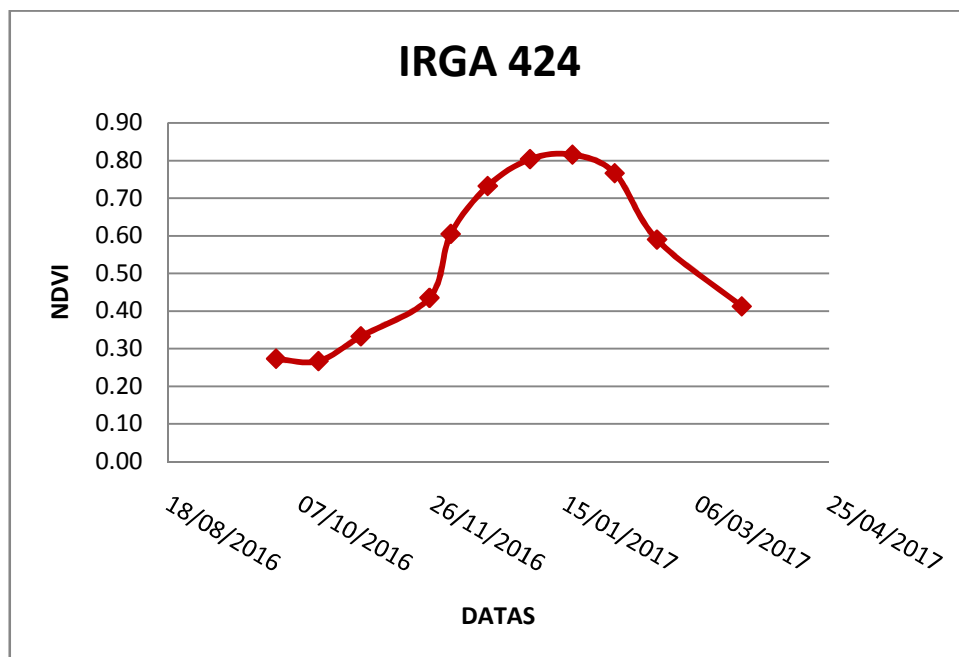


Gráfico 2. Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para as cultivares IRGA 424 e IRGA 424 básica em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI.

3.5 Características da cultivar IRGA 426

Cultivar de ciclo médio com maturação aos 125 dias. Possui estatura média, folhas curtas, eretas e pilosas, vigor inicial alto com moderada resistência ao acamamento, moderada resistência a brusene na folha, resistente a brusone na panícula e resistente a mancha de grãos. Foi lançada em 2011 resultante da seleção genealógica em progênie do cruzamento IRGA 411 e IRGA 417 (CERATTI, 2014).

Foram analisados três talhões com a cultivar IRGA 426. A assinatura espectral dos valores médios de NDVI podem ser observados no gráfico 3.

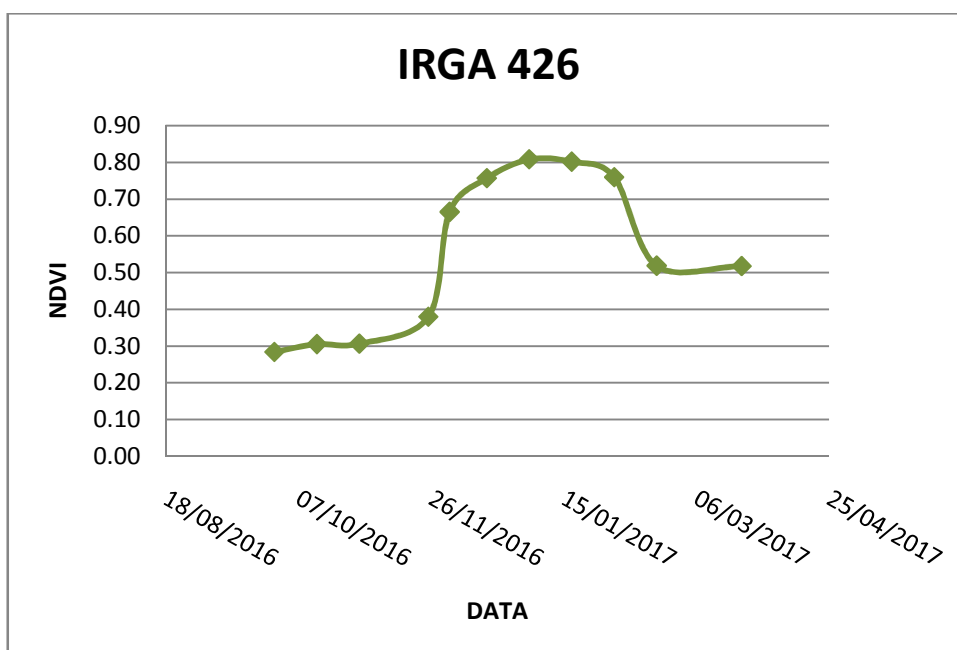


Gráfico 3. Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para a cultivar IRGA 426 em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI.

3.6 Características da cultivar IRGA 429

Cultivar de ciclo médio com primórdio da panícula aparecendo aos 72 dias, pleno florescimento aos 94 dias e maturação fisiológica aos 124 dias (CERATTI, 2014).

Apresenta bom potencial de rendimento de grãos. É moderadamente resistente à brusone na folha e moderadamente suscetível à brusone da panícula e tolerante à toxidez por excesso de ferro no solo e possui grãos com boa qualidade industrial e culinária (SOSBAI, 2016).

Foi analisado um talhão com a cultivar IRGA 429. A assinatura espectral dos valores médios de NDVI pode ser observado no gráfico 4.

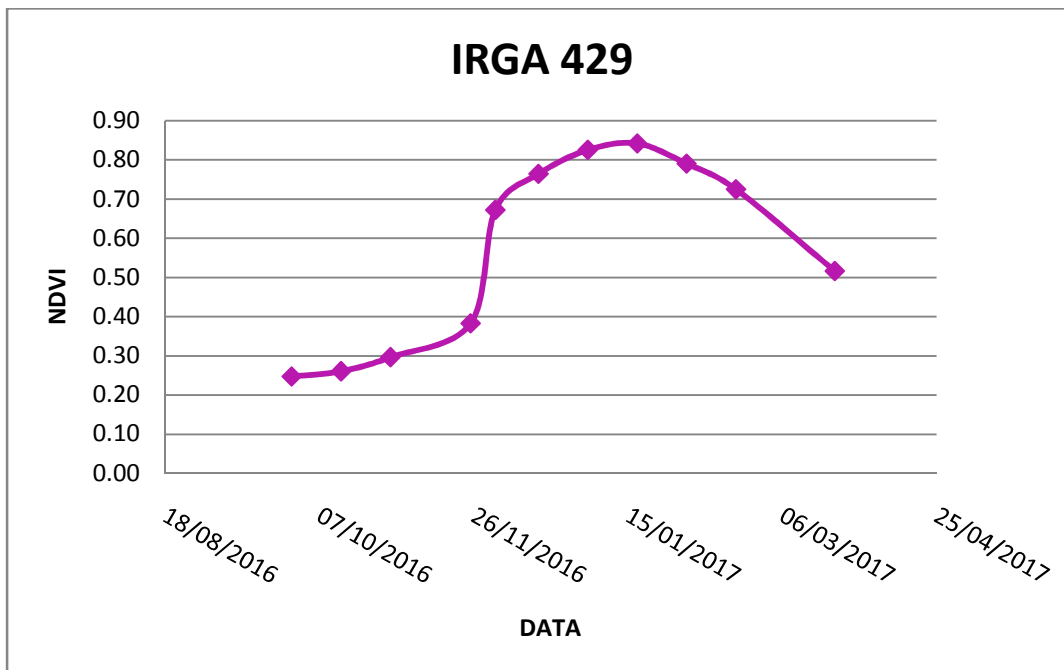


Gráfico 4. Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para as cultivar IRGA 429 em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI.

3.7 Características da cultivar IRGA 430

Cultivar de ciclo precoce com pleno florescimento aos 90 dias e maturação fisiológica aos 120 dias (CERATTI, 2014).

Apresentando bom desempenho de produtividade dos grãos. É de ciclo precoce, moderadamente resistente à brusone na folha e moderadamente suscetível à brusone da panícula e resistente à toxidez por ferro no solo. Caracteriza-se por apresentar uma boa qualidade industrial e culinária dos grãos (SOSBAI, 2016).

Foram analisados dois talhões com a cultivar IRGA 430. A assinatura espectral dos valores médios de NDVI pode ser observado no gráfico 5.

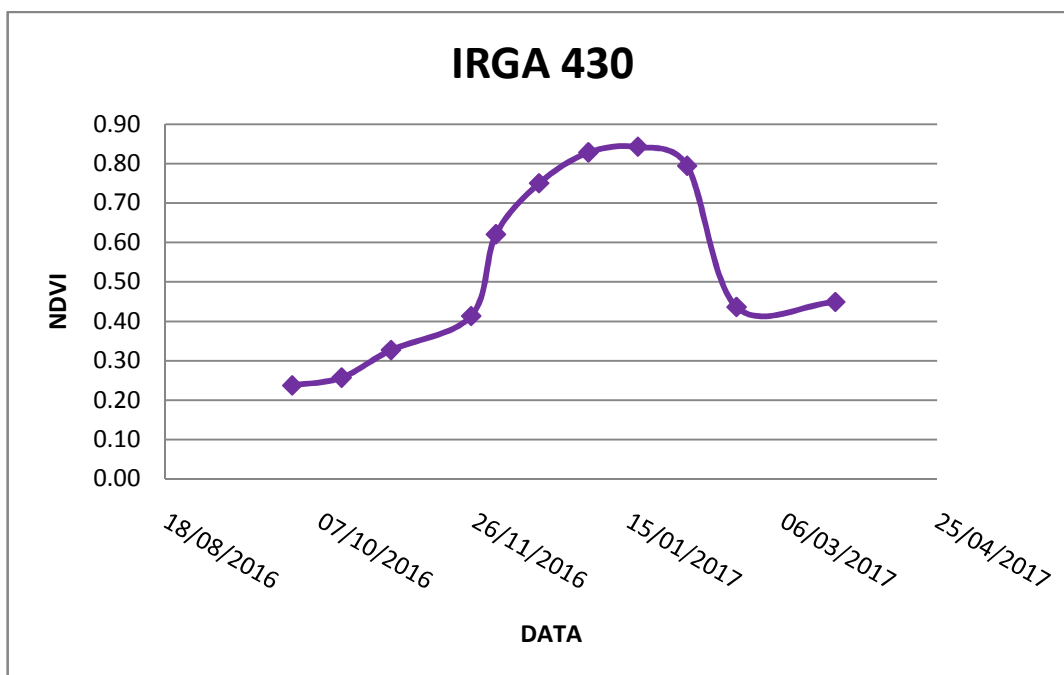


Gráfico 5. Curva espectro-temporal das médias dos valores de NDVI para as cultivar IRGA 430 em 11 imagens do satélite Landsat8/OLI.

3.8 Análise das curvas espectro-temporais de NDVI

Como uma primeira ferramenta para analisar quantitativamente os gráficos espectro-temporais ao longo do ciclo do arroz, foi testada a metodologia utilizada pela USGS norte-americana para avaliar as mudanças na vegetação, conforme explicado na metodologia.

Foi possível observar o comportamento divergente entre as diferentes variedades em análise. Na Tabela 1 é apresentada a duração em dias de cada etapa do desenvolvimento do arroz para as diferentes cultivares em análises. Na Tabela 2 estão apresentados os valores de NDVI para os diferentes períodos do ciclo de desenvolvimento de cada cultivar.

Tabela 1. Duração em dias de cada período de desenvolvimento analisado pelo método USGS (HARGROVE, SPRUCE, *et al.*, 2010) e FAO (ALLEN, PEREIRA, *et al.*, 1998) durante o ciclo do arroz para as diferentes cultivares analisadas.

Método USGS	IRGA 409	IRGA 424	IRGA 426	IRGA 429	IRGA 430	Método FAO
MÍN 20%	45	45	59	58	46	Início Crescimento
MÍN 80%	29	34	13	18	31	Crescimento Rápido
MAX	23	18	24	20	22	Maturação
MAX	15	15	5	16	13	
MÍN 80%	20	19	28	17	17	Senescência
MÍN 20%	29	30	12	38	11	

Tabela 2. Valores médios de NDVI para cada período de desenvolvimento analisado pelo método USGS durante o ciclo do arroz para as diferentes cultivares analisadas.

Método USGS	IRGA 409	IRGA 424	IRGA 426	IRGA 429	IRGA 430
MÍN 20%	0.39	0.38	0.39	0.37	0.36
MÍN 80%	0.69	0.71	0.70	0.72	0.72
MAX	0.79	0.80	0.81	0.83	0.83
MAX	0.80	0.82	0.80	0.84	0.84
MÍN 80%	0.71	0.73	0.74	0.78	0.75
MÍN 20%	0.47	0.49	0.57	0.58	0.51

O período de 20% inicial que compreende da sementeira ao início do crescimento a duração foi de 45 e 46 dias para as cultivares IRGA 409, 424, 430; e 58 e 59 dias para as cultivares IRGA 429, 426. Nota-se valores mais baixos de NDVI, entre 0.36 a 0.39 para todas as cultivares, isso devido inicialmente ao solo exposto na sementeira e a aplicação de herbicidas (NOBRE, 2010) e posteriormente a entrada da água. Neste período já deve ter ocorrido a primeira aplicação nitrogenada e a entrada da água (SOSBAI, 2016). A lâmina de água ocasiona a diminuição nos valores de NDVI, enquanto a adubação nitrogenada disponibiliza nitrogênio para as plântulas (mais rapidamente devido à solubilização) acarretando acelerado desenvolvimento vegetativo marcado pelo início do crescimento rápido e consequentemente o aumento do NDVI na sequência (WANG, HUANG, *et al.*, 2015).

No estágio de 80% ou crescimento rápido o aumento de biomassa já era esperado o que acarreta um acréscimo nos valores de NDVI que variaram entre 0.69 a 0.72. Este período ocorreu entre duas a quatro semanas após o início do crescimento (mínimo 20%), como mostra a Tabela 1. Neste estágio ocorre a cobertura total do solo/lâmina de água pela vegetação (ALLEN e PEREIRA, 2009), e

é bastante provável que a lavoura esteja entrando em estágio reprodutivo (R1), que é caracterizado pela diferenciação do primórdio floral. Nesta fase acontece a segunda adubação nitrogenada e é quando se define o número de espiguetas de cada panícula (SOSBAI, 2016).

Os valores máximos de NDVI aconteceram durante o período de maturação da cultura (HARGROVE, SPRUCE, *et al.*, 2010), quando o crescimento vegetativo cessa e inicia-se a floração plena da lavoura, neste momento a maioria das plantas (colmos principais e afilhos) está com a panícula exposta e as espiguetas abertas (SOSBAI, 2016). Os valores de NDVI neste período foram de 0.79 a 0.84 (Tabela 2). Este momento caracteriza-se pelo maior risco de perda de produtividade, não podendo, a temperatura ambiental atingir 17°C ou menos (NOBRE, 2010). A duração do estágio de maturação variou entre 29 a 38 dias dependendo da cultivar (Tabela 1).

Após os valores de NDVI atingirem o máximo eles decaem o que é caracterizado pela senescência ou morte da cultura (WANG, HUANG, *et al.*, 2015), o início deste período indica que a colheita se aproxima, bastando apenas a umidade ideal, próximo 22% de umidade do grão, para a execução da mesma (SOSBAI, 2016). Os valores de NDVI decaíram ficando entre 0.71 a 0.78.

Na colheita os valores de NDVI voltam a patamares mais baixos, visualizado no gráfico pela área da direita (mínima 20%) com valores de NDVI entre 0.47 a 0.58 (Tabela 2).

Pelo exposto há evidências que a forma da curva bem como os valores de NDVI e a duração dos diferentes períodos de desenvolvimento podem ser uma ferramenta de apoio a identificação de cultivares, variedades e estádios fenológicos da cultura de arroz implantada em cada parcela ou talhão analisados por meio de imagens Landsat.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de sensoriamento remoto revelam-se como ferramentas valiosas para apoiar o monitoramento, gerenciamento e fiscalização das lavouras para órgãos públicos de certificação, indústria de recebimento de grãos e agências de financiamento, assim como o próprio produtor e gerente de lavoura.

Neste sentido pode-se destacar a resolução do Banco Central n° 4.427 de 25 de junho de 2015 que autorizou a utilização de sensoriamento remoto para fins de fiscalização das operações de crédito rural (BRASIL, 2015). Esse passo sinaliza as novas tendências do monitoramento e gerenciamento da agricultura no Brasil.

Esta pesquisa contribui no sentido de identificar o comportamento espectro-temporal do NDVI em diferentes talhões de características conhecidas, contendo a cultura do arroz irrigado. Está em andamento a validação a campo de cultivares identificadas com esta metodologia. As curvas obtidas constituem o início de uma “biblioteca espectral” das diversas culturas utilizadas na região de Itaqui, RS.

Para utilização de imagens de sensores a bordo de satélites para fins de monitoramento agrícolas é necessário que se obtenha o máximo de imagens sem nuvens na safra. Neste trabalho o fato da área de estudo encontrar-se em uma sobreposição de duas órbitas do satélite Landsat8 facilitou a tomada de cenas, totalizando vinte imagens, sendo possível descartar nove que estavam com interferência de nuvens e ainda dispor-se de onze imagens adequadas para o monitoramento da safra.

Sendo assim, as imagens do satélite Landsat8/OLI quando em áreas de sobreposição de órbitas torna-se uma ferramenta adequada para o monitoramento agrícola.

Há evidências que o perfil temporal do NDVI das lavouras de arroz irrigado pode apoiar a identificação entre diferentes cultivares e variedades, podendo ser utilizado pela indústria, órgãos de certificação de sementes e/ou agências financiadoras como ferramenta de apoio ao seu monitoramento e fiscalização obrigatória. Porém mais estudos devem ser feitos afim de aprimorar a metodologia da USGS para a nossa região.

5 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. FAO Irrigation and drainage paper No. 56. In: **FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Rome: [s.n.], 1998. p. 26-40.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S. Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. **Irrig. Sci.**, 28, 2009. 17-34.
- BRASIL, B. C. D. **RESOLUÇÃO Nº 4.427, DE 25 DE JUNHO DE 2015**. BRASÍLIA, p. 4. 2015.
- CERATTI. Sementes Ceratti. **Invista em Produtividade**, 2014. Disponível em: <<http://sementesceratti.com.br/>>. Acesso em: 04 Julho 2017.
- CHAVEZ, J. Image-based atmospheric corrections – revisited and improved. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 62, n. 9, 1996. 1025-1036.
- CONAB, C. N. D. A. Companhia Nacional de Abastecimento, 2017. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 11 Março 2017.
- HARGROVE, W. W. et al. Toward a National Early Warning System for Forest Disturbances Using Remotely Sensed Land Surface Phenology. **USGS**, 2010. Disponível em: <<https://www.geobabble.org/~hnw/first/ncdc/slideshow.html>>. Acesso em: 13 junho 2017.
- IRGA. **RELATÓRIO SAFRA 2014/2015**. GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. ITAQUI, p. 1-3. 2015.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. [S.l.]: Parêntese, v. 2, 2011. 598 p. Tradução autorizada.
- MAGALHÃES, A. M. D.; FAGUNDES, P. R. Embrapa. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2015. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fojvokoc02wyiv80bhgp5povqqj3b.html>>. Acesso em: 06 junho 2017.
- NETO, F. P. M. et al. **GANHO GENÉTICO EM POTENCIAL PRODUTIVO DO ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL, APÓS O LANÇAMENTO DA CULTIVAR BR-IRGA 409**. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. [S.l.]: [s.n.]. 2007. p. BRASIL.

NOBRE, F. L. D. L. **CARACTERIZAÇÃO ESPECTRO TEMPORAL DE LAVOURAS DE ARROZ IRRIGADO POR MEIO DE IMAGENS MODIS**. PELOTAS: UFPEL, 2010.

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Greenbelt: NASA. 1974.

SAKAMOTO, T. et al. A Two-Step Filtering approach for detecting maize and soybean phenology with time-series MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, 114, 2010. 2146-2159.

SOSBAI, R. T. D. C. D. A. I. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. ISBN 978-85-69582-02-1. ed. Pelotas: [s.n.], 2016. 200 p.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. Estimation of at-surface reflectance and albedo from satellite for routine, operational calculation of land surface energy balance. **Journal Hydrology Engineering**, 2007.

WANG, J. et al. Estimation of rice phenology date using integrated HJ-1 CCD and Landsat-8 OLI vegetation indices time-series images. **Journal of Zhejiang University-SCIENCE B**, v. 16, 14 October 2015. p. 832-844.