

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GUILHERME KICH DA SILVA

**INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE DURANTE O CICLO DE
DESENVOLVIMENTO DO ARROZ IRRIGADO EM LAVOURAS COMERCIAIS**

**Itaqui
2017**

GUILHERME KICH DA SILVA

**INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE DURANTE O CICLO DE
DESENVOLVIMENTO DO ARROZ IRRIGADO EM LAVOURAS COMERCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

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) .

S586i Silva, Guilherme Kich da
Interpretação de imagens de satélite durante o ciclo de
desenvolvimento do arroz irrigado em lavouras comerciais /
Guilherme Kich da Silva.
28 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2017.
"Orientação: NELSON MARIO VICTORIA BARIANI".

1. SENSORIAMENTO REMOTO. 2. FOTOINTERPRETAÇÃO. 3. NDVI. 4.
FENOLOGIA . 5. MONITORAMENTO AGRÍCOLA. I. Título.

GUILHERME KICH DA SILVA

**INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE DURANTE O CICLO DE
DESENVOLVIMENTO DO ARROZ IRRIGADO EM LAVOURAS COMERCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrônômica da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Engenheiro
Agrônomo.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 23 de 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

A detecção remota de informações relacionadas ao processo de produção agrícola tem alto potencial de contribuir ao aperfeiçoamento do gerenciamento de lavouras de arroz irrigado na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Para analisar esta hipótese, foram acompanhados a campo 6 lavouras comerciais com a cultivar IRGA 424RI durante a safra 2016/17, registrando as características da área, os procedimentos de manejo e os principais estádios de desenvolvimento do arroz ao longo do ciclo. As imagens disponíveis do sensor OLI do satélite Landsat 8 com menor interferência atmosférica entre setembro de 2016 e abril de 2017 foram processadas para obter o índice de vegetação (NDVI) das lavouras e parâmetros estatísticos pixel a pixel. Foi realizada a fotointerpretação das imagens NDVI (resolução 30 m) com o auxílio da banda pancromática (resolução 15 m) quando necessário. A fotointerpretação das imagens ao longo do ciclo permitiu inferir as principais características da área, as parcelas utilizadas na produção, a uniformidade da lavoura, os canais de irrigação, o avanço da semeadura e da colheita. Os valores de NDVI das parcelas (tonalidades dos pixels) dentro de cada talhão puderam ser associados com as etapas de manejo e estádios fenológicos, sendo testada esta interpretação num talhão tardio. Conclui-se que o sensoriamento remoto pode contribuir na gestão da lavoura de arroz irrigado, fornecendo informações que podem ser claramente associadas com a verdade a campo.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto, Fotointerpretação, Gerenciamento da Produção Agrícola, Desenvolvimento Vegetativo, Estádios Fenológicos do Arroz

ABSTRACT

Remote sensing of information related to the agricultural production process has a high potential to contribute to the improvement of management of irrigated rice plantations in the West Frontier of Rio Grande do Sul. To analyze this hypothesis, six fields planted with the cultivar IRGA424RI during the 2016/17 harvest, recording the characteristics of the area, the management procedures and the main stages of development of rice throughout the cycle. Available images of the Landsat 8 satellite OLI sensor with lower atmospheric interference between September 2016 and April 2017 were processed to obtain vegetation index (NDVI) of the plots and descriptive statistics parameters of the pixels. The NDVI images (30 m resolution) were photointerpreted with the aid of the panchromatic band (15 m resolution), when necessary. The photointerpretation of the images along the cycle allowed inferring the main characteristics of the area, the plots used in the production, the uniformity of the crop, the irrigation channels, the advance of the sowing and the harvest. The NDVI values of the plots (pixels) within each area could be associated with the phenological stages, and this interpretation was tested in a late plot. It is concluded that remote sensing can contribute to irrigated rice crop management by providing information that can be clearly associated with field truth.

Keywords: Remote Sensing, Photointerpretation, Agricultural Production Management, Vegetative Development, Rice Phenological Stages

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de diferentes cultivares por parcela agrícola.....	14
Figura 2 – Mapa espaço temporal do NDVI durante o ciclo da cultivar IRGA 424RI para 19 imagens analisadas em cada lavoura agrícola na safra 2016/2017.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fotointerpretação de imagens por data e lavoura.....	19
---	----

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	11
2 METODOLOGIA	13
2.1 ÁREA DE ESTUDO	14
2.2 IMAGENS LANDSAT.....	15
2.3 GEOPROCESSAMENTO	15
2.4 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO.....	15
3.5 FOTOINTERPRETAÇÃO.....	16
3 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	16
3.1 RESULTADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	16
3.2 RESULTADOS DE CAMPO	18
3.3 FOTOINTERPRETAÇÃO.....	25
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
5 REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola demanda uma sequência de ações e um sincronismo, desde o preparo do solo até a colheita, que precisam ser executadas em momentos adequados para conseguir atingir o máximo potencial produtivo da lavoura.

O arroz (*Oryza sativa* L.), segundo cereal mais cultivado do mundo, e o primeiro em consumo direto pelo ser humano, responde por 20% das calorias consumidas na alimentação de pessoas no mundo (KHUSH, 2001; NOBRE, 2010). A matéria verde é também uma importante ração animal em muitos países (OECD, 1999). D'arco (2017) avaliando dados do International Rice Research Institute (IRRI), estimou que as necessidades mundiais de arroz para o ano de 2025 sejam de 400 milhões de toneladas adicionais, prevendo-se um aumento de 70 % sobre a produção atual que é de aproximadamente 635 milhões de toneladas (ALEXANDRATOS e BRUINSMA, 2012). O Brasil é o sexto produtor mundial, com uma produção anual, base casca, entre 11 e 13 milhões de toneladas, na média desde as safras de 2008/09 até o presente (SOSBAI, 2016).

A área cultivada de arroz no Rio Grande do Sul se mantém em torno de 150 mil hectares desde 2004, com certa tendência ao declínio em 2016/17. A produtividade média está acima de 7000 kg/ha, que mesmo sendo similar à obtida em países tradicionais na cultura do arroz, ainda está abaixo do obtido nos EUA, na Austrália e no Japão. O estado é o maior produtor nacional, sendo responsável por mais do 61% do total produzido no Brasil (SOSBAI, 2016).

Segundo levantamentos do IRGA (2015), o tamanho médio das lavouras no estado era de 144,7 ha, com cerca de 60% da área cultivada em terras arrendadas. Porém, na Fronteira Oeste, é frequente que um mesmo produtor administre milhares de ha, mediante o uso intensivo de tecnologia tanto em plantadeiras e colheitadeiras de grande porte para operações terrestres quanto fazendo uso de técnicas de aviação agrícola na aplicação de insumos químicos e defensivos agrícolas e até na semeadura.

Com o aumento dos custos da produção de arroz, chegando a R\$ 6715/ha na safra 2015/16 segundo avaliação do IRGA (2016), a rentabilidade da lavoura depende de uma alta produtividade, que pode ser conseguida com um manejo cada vez mais preciso das operações na lavoura (SOSBAI, 2016).

Neste cenário, as informações sobre a condição da cultura ao longo do ciclo adquirem um valor estratégico, para que o produtor e sua equipe possam realizar as ações recomendadas e eventuais manobras corretivas a tempo de não serem penalizados na produtividade.

O sensoriamento remoto consiste na obtenção de informações de alvos da superfície terrestre, por meio de imagens geradas a distância através de um sensor que pode se situar no nível terrestre, suborbital ou orbital. Dependendo da região do espectro eletromagnético captada pelo sensor, obtém-se uma imagem diferente chamada de banda. Devido à diferente característica energética da radiação captada em cada banda, os alvos terrestres respondem de maneira diferenciada, aparecendo com maior intensidade e contraste em determinadas bandas (MOREIRA, 2011).

Para facilitar a interpretação sobre o estado do solo ou da vegetação em regiões agrícolas, podem ser realizadas combinações de bandas, de forma a ressaltar determinados aspectos. Por outro lado, as bandas pancromáticas coletam uma região mais ampla do espectro eletromagnético, para assim alcançar uma melhor resolução espacial, permitindo assim a observação de detalhes mais finos da superfície como estradas e limites de talhões. Como o olho humano discrimina melhor as tonalidades de diferentes cores do que imagens monocromáticas, é costume realizar a combinação de 3 bandas para obter imagens coloridas, associando-as a alguma das 3 cores fundamentais: vermelho, verde e azul. Diferentes combinações de bandas podem ressaltar melhor certos alvos específicos: solos, água, lavouras e.g. (ROSA, ALVES e SANCHES, 2011). Outra abordagem é a combinação de um mínimo de bandas em forma de índices, que ressaltem algum aspecto de interesse na superfície terrestre. Também pode ser utilizada uma escala que utilize cores variadas em lugar de tonalidades numa imagem pancromática, para obter boa diferenciação visual numa imagem de maior resolução espacial.

O satélite Landsat 8, colocado em órbita em 2013 pela NASA, possui oito bandas que permitem uma observação detalhada da superfície terrestre tanto no espectro visível quanto no infravermelho (USGS, 2016). Sua taxa de revisita a uma mesma região do planeta é de 16 dias, porém existindo regiões na sobreposição de duas órbitas que possuem taxa de revisita de ao redor de 8 dias. Pela primeira vez na série LANDSAT, o satélite possui uma resolução de 12 bits, correspondendo a 4096 níveis de cinza, ou seja, 4096 tonalidades diferentes na imagem, permitindo assim uma sensibilidade muito maior para a discriminação de alvos terrestres que a

de seus antecessores. Esta característica é particularmente valiosa para o acompanhamento de culturas agrícolas, pois a sequência de estádios fenológicos ao longo do ciclo poderia ser identificada por meio de diferenças nas tonalidades da imagem. Por outro lado, as falhas ou desuniformidades existentes na lavoura também podem ser identificadas e georrefenciadas, permitindo assim a organização de ações corretivas.

Embora o sensoriamento remoto venha sendo aplicado na área acadêmica e em instituições de pesquisa há várias décadas, sua aplicação na produção agrícola no Brasil é ainda incipiente, devido ao demorado processo de formação de recursos humanos aptos para a aplicação destas técnicas. No momento atual, impulsionado pelo avanço do uso dos veículos aéreos não tripulados na agricultura, o sensoriamento remoto ganha maior visibilidade para o produtor e para sua equipe técnica, que podem incluí-lo como uma ferramenta de apoio ao gerenciamento agrícola.

Pelos motivos apontados, este trabalho tem como objetivos a interpretação de imagens de sensoriamento remoto obtidas por combinação das bandas captadas pelo satélite Landsat 8, ao longo do ciclo da cultura de arroz durante a safra 2016/17. As características de forma, textura, tonalidade, intensidade, uniformidade dos talhões agrícolas analisados serão associados com as características do solo e vegetação e os manejos observados e executados a campo. A estatística descritiva, a análise de variância e os testes para diferenciação de médias serão usados quando necessário como ferramentas objetivas de apoio às conclusões da análise visual e sua comparação com a verdade a campo. Desta forma, as características radiométricas típicas da lavoura de arroz serão identificadas, o que pode permitir sua utilização como apoio ao gerenciamento da produção agrícola e tomada de decisão.

2 METODOLOGIA

De maneira geral a sequência de procedimentos adotados durante este trabalho envolvem: 1) Escolha das áreas a serem analisadas; 2) Obtenção e processamento das imagens de satélite para análise; 3) Análise visual e estatística; 4) Elaboração de mapas e conclusões. Os aspectos mais relevantes de cada etapa serão descritos a continuação.

2.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde a 6 lavouras comerciais com a cultivar IRGA 424RI. A Figura 1 mostra a áreas sob estudo.

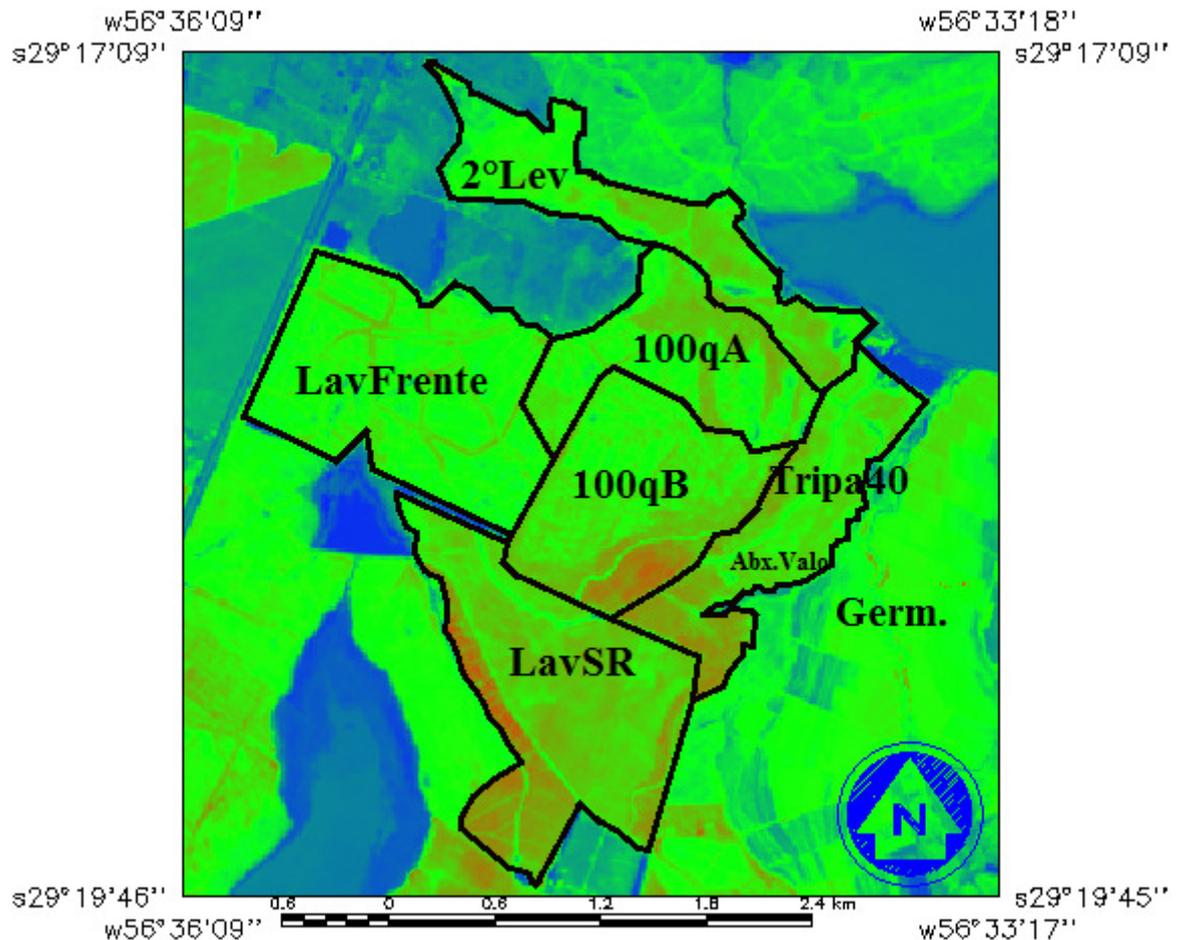


Figura 1. Identificação dos talhões e da área de estudo.

As lavouras comerciais de arroz irrigado consideradas para esta pesquisa estão localizadas no Município de Itaquí, próximas ao Rio Ibicuí, possuindo gleissolos háplicos que não apresentam limitações edáficas, ou seja, nos seus atributos, à cultura do arroz.

O manejo ao longo do ciclo do arroz para a cultivar IRGA 424RI na safra 2016/2017 foi registrado em agenda e planilhas. Registros fotográficos dos estádios fenológicos associados aos manejos da adubação, irrigação e aplicação de defensivos foram feitos nas diferentes etapas. A produtividade para cada lavoura foi baseada nos registros obtidos da indústria pelo produtor, após o escoamento da produção

2.2 Imagens Landsat

Foram utilizadas as imagens do sensor OLI a bordo do satélite Landsat8. Foram adquiridas cenas correspondentes às órbitas 224, 225 no ponto 80. O período utilizado corresponde ao ciclo do arroz na safra 2016/2017, ou seja, de setembro a março dos respectivos anos, tendo sido obtidas imagens com baixa interferência de nuvens nas seguintes datas 28/09/2016, 14/10/2016, 30/10/2016, 25/11/2016, 03/12/2016, 17/12/2016, 02/01/2017, 18/01/2017, 03/02/2017, 19/02/2017, 23/03/2017.

2.3 Geoprocessamento

As imagens foram incluídas e posteriormente processadas em um banco de dados do software SPRING GIS do INPE (CÂMARA, SOUZA, *et al.*, 1996). O processamento das cenas selecionadas permitiu a transformação dos números digitais (ND) contidos em cada pixel das imagens para reflectância de superfície. Só foram usadas imagens claras e limpas da área de estudo, conforme visualizado nas combinações coloridas R6G5B4 (falsa cor natural) e também na banda 8 (cirrus) do L8, que é apta para detecção de nuvens altas da atmosfera. ND foram transformados em FRB aparente usando um algoritmo escrito em linguagem legal conforme instruções contidas no manual do L8 (USGS, 2016). Para a correção atmosférica utilizou-se um método baseado somente nos dados obtidos nas imagens de satélite (CHAVEZ, 1996).

2.4 Índice de vegetação

O NDVI, índice de vegetação por diferença normalizada foi calculado de acordo com ROUSE *et al.*(1974). A normalização é feita pela equação:

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

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 espectro visível, que se correspondem com as bandas 5 e 4 do L8, respectivamente.

3.5 Fotointerpretação

A interpretação visual das imagens processadas foi realizada em três fases. A primeira fase da mesma consiste numa análise superficial, com o propósito apenas de reconhecer as diferentes feições da paisagem. Posteriormente se passa para a fotoanálise, na qual o fotointérprete começa a utilizar seus conhecimentos técnicos e sua experiência a campo. Durante esta etapa é feita uma legenda de interpretação, separando as diferentes feições contidas na foto em função do padrão fotográfico apresentado. Finalmente, a etapa final de fotointerpretação é o processo em que o intérprete utiliza um raciocínio lógico, dedutivo e indutivo para compreender e explicar o comportamento de cada objeto ou região contidos nas imagens.

3 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados e discussão dos mesmos serão apresentados nesta seção, considerando interativamente os dados provindos de sensoriamento remoto, de modelos com base meteorológica, e de informações a campo.

3.1 Resultados de Sensoriamento Remoto

Na Figura 2 observa-se a informação espacializada relacionada com os índices de vegetação obtida a partir das bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo) do sensor OLI do satélite L8, com resolução de 30 m.

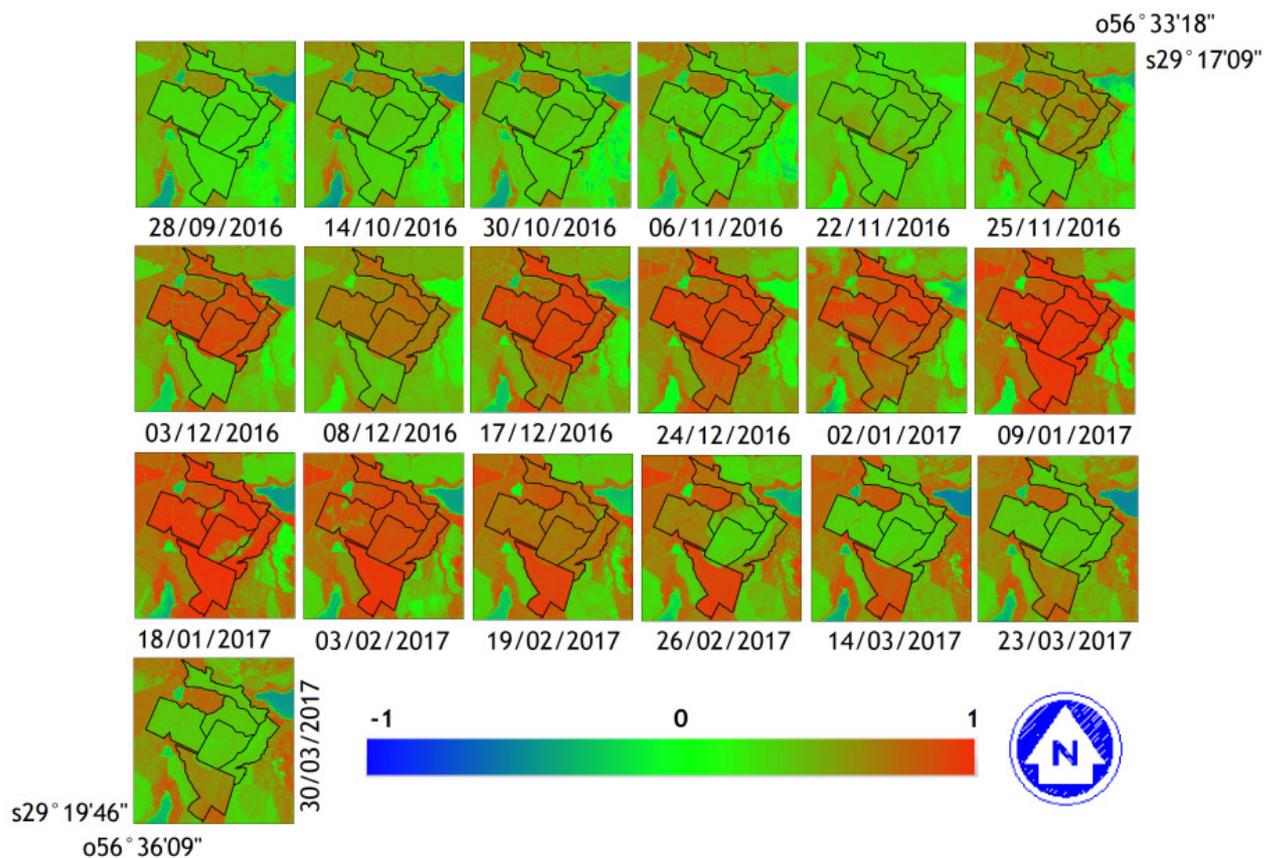


Figura 2. Mapa espaço temporal do NDVI durante o ciclo da cultivar IRGA 424RI para 19 imagens analisadas em cada lavoura agrícola na safra 2016/2017.

Por motivos de melhor discriminação visual, foi usada uma escala cromática de tonalidades gradativas e três cores, que de maneira geral foi associada aos seguintes alvos mediante a fotointerpretação:

- 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;
- 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 maior que a grama, cobrindo a maior parte do solo, porém desenvolvida em diferentes graus, indicados pela intensidade da tonalidade, sendo a vegetação mais alta e densa correspondente ao vermelho mais intenso.

De maneira geral, pode ser observado na Figura 2 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 (02/01, 18/01 e 03/02) 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 foram mantidas, pois tem valor comparativo qualitativo interno e também podem existir regiões que não sofreram interferência. Essas imagens com interferências atmosféricas localizadas só são úteis para a avaliação quantitativa do NDVI se forem consideradas correções locais, com os devidos cuidados de verificação, ou atentando aos pixels menos afetados.

A possibilidade de interferência atmosférica como a mencionada faz que os cálculos de NDVI precisem estar acompanhados de uma cuidadosa análise visual e verificações de quaisquer variações numéricas acentuadas que sejam detectadas.

Outra observação geral está relacionada à cor da água nas barragens, que apresenta os menores valores de NDVI (tonalidade azul), mas que varia em certas datas. Na fotointerpretação, a mudança em NDVI das barragens (de tonalidade azul para verde) considerou-se associada à presença de aerossóis ou nuvens, servindo assim para evidenciar este fenômeno, que pode afetar os valores de NDVI em outras regiões. Não pode ser descartada totalmente a presença de sedimentos nas barragens nas datas com NDVI ao redor de zero, porém esta possibilidade se considerou bem menor frente ao reconhecimento da presença de nuvens e aerossóis em algumas imagens fotointerpretadas.

Com relação as 6 lavouras de arroz analisados uma delas foi plantado em data posterior (lavoura n° 6). Isto é perceptível pelos estádios de desenvolvimento em datas diferentes deste talhão com relação aos outros.

3.2 Resultados de Campo

Observações específicas correspondentes a cada talhão e a cada data de imageamento foram organizadas em forma de tabelas, para facilitar a associação entre os elementos de interpretação visual e as informações a campo.

A partir destas informações tabeladas é que foram elaboradas as conclusões deste trabalho, fazendo a ligação entre as feições das imagens de satélite e a verdade a campo.

Tabela 1. Fotointerpretação de imagens por data e lavoura

IMAGEM 28/09/2016	
DESCRIÇÃO GERAL→	Já tinha terminado a semeadura de todas as áreas menos Lavoura SR. Todas as áreas de APP aparecem com vegetação. Tem área do vizinho entre a Lav. da Frente e 2º Levante. Semeadura iniciou 10 set: 1º LavF; 100qA; 100qB; 2º Lev; Tripa40; Terminou 19 set. Planta de 6 a 10 q/dia. Áreas com textura difusa de vegetação na imagem correspondem a regiões com germinação desperecha ou vegetação brotada pelo preparo de solo antecipado de janeiro a março. Tinha estiagem durante o mês de setembro, com ausência de chuvas. Imagem clara com pouca interferência atmosférica.
TALHÕES↓	
2º Levante	Manchas correspondem a cerros de pedra, áreas não produtivas, com vegetação em cima. Nem entra com pulverizador pois pode quebrar.
Lavoura da Frente	Tem uma sanga que atravessa na direção NS, perto de uma estrada. Desemboca na barragem. As trilhas que aparecem são valos de condução da água. Regadeira, tombinho, valos de condução de água da barragem. 1º Levante é onde inicia o 2º Levante, onde estão situadas as bombas. O solo já tinha sido plantado (terminou de plantar 19 setembro). 20 de setembro temperatura do solo 19°C. Estaria no início da germinação ou ponto de agulha ou estágio anterior. 23 de setembro tem registro de sementes em ponto de agulha. Todas as máquinas tinham passado, daí a uniformidade.
100 quadras A (100qA)	É a de cima, que fica mais ao N, são 70 ha. Anderson responsável. Observam-se linhas claras das regadeiras, condutos de água, que distribuem a água que chega pelo valo principal. No entanto nem todas as linhas se correspondem com valos, tem outro motivo, talvez germinação desperecha por causa da estiagem ou diferenças na acumulação de água. Tem um pequeno cerro de pedra. É área ruim de botar água. Na região norte o solo teve que ser gradeado e plainado de novo por efeito de chuva intensa (28 de agosto, registro de 41mm no INMET de Uruguaiana).
100 quadras B (100qB)	São 100 ha. Responsável: B.
Tripa das 40 (Abx.Valo)	Um valo central de NW a SE divide o talhão. Região SE chamada Abaixo do Valo. Mas não se enxerga o valo nesta imagem.
Lavoura SR	Santa Rita. É campo arrendado. Foi usada a sobra da água que saiu dos outros talhões para plantar a área em forma de meia lua. O triângulo no final é um talhão
IMAGEM 14/10/2016	
DESCRIÇÃO GERAL→	Dia em que foi feito o Kifix, herbicida aplicado pós emergente. Estádio predominante V2 a V3. A tonalidade difusa indicadora de vegetação ficou mais evidente, com maior contraste. Imagem clara com pouca interferência atmosférica. Teve chuva de 35 mm em Uruguaiana dia 13/10.
TALHÕES↓	
2º Levante	Sinais de maior uniformidade na textura por pouca germinação
Lavoura da Frente	Se percebem os valos (de terra, de 1m de fundura, com pequena altura nas bordas). No limite norte encontra-se o 1º Levante e daí surgem os valos de condução. Continua vegetação da sanga no centro. Germinação parelha no resto da área.
100 quadras A (100qA)	Região norte e faixas até o sul aparecem claras devido ao revolvimento do solo tardio em setembro, provocado por queda de taipas.
100 quadras B (100qB)	Região sul com textura uniforme de pouca vegetação por preparação tardia do solo em setembro. Apresenta germinação não muito uniformes no resto.
Tripa das 40 (Abx.Valo)	Acima do valo também textura uniforme, na continuação de 100qB. A região abaixo do valo apresenta sinais de germinação ou vegetação uniforme.
Lavoura SR	Continua sem ser plantada. Tonalidade mais clara que o resto por ter a terra revolvida mais tarde.

IMAGEM 30/10/2016	
	Dia 24 a 26 teve chuvas grandes (35 mm em Uruguaiana). Lavoura crescida tem foto. Parcelas com vegetação ficam mais visíveis e contrastadas
TALHÃO↓	
2° Levante	Vegetação aumento. Maior definição dos valos, rede de irrigação mais extensa ou visível que os outros
Lavoura da Frente	Se percebem melhor ainda os valos
100 quadras A (100qA)	A área norte ainda apresenta textura uniforme com menos vegetação. Cresce o contraste de áreas com vegetação no centro-sul.
100 quadras B (100qB)	Crescimento geral vigoroso da vegetação, com alguma fraqueza ao sul.
Tripa das 40 (Abx.Valo)	Fica mais resolvido o canal central (valo) de irrigação.
Lavoura SR	Continua sem ser plantada. Tem crescimento de vegetação nas bordas e no centro norte (ou sanga?).

IMAGEM 06/11/2016	
DESCRIÇÃO GERAL→	Dia em que foi feito ureia no seco. Tem foto. Área coberta. 80% de cobertura. Foi a ENTRADA DA ÁGUA da lavoura. Ligou as bombas dia 3, ureia no seco nas ladeiras, resemeado pregerminado algumas águas. Água entra pelo 1º Lev, enche perto das casas, onde não é plantado. 11 de Nov. estava entrando ainda em algumas áreas. 2º Lev. Bombeia para as lavouras de cima. Estádio fenológico V3 a V4. Dia 6 adubação nitrogenada largando a água logo enseguida. Nas outras áreas entrou a água primeiro pois tinha tido chuva e depois veio a adubação. 16 de novembro foto com água na lavoura. As mudanças na tonalidade pode ser por causa da água. Mostrou melhor as regadeiras e valos. Tem aerossol fino afetando a imagem, o que hierarquiza as regiões com mais vegetação.
TALHÕES↓	
2° Levante	Percebe-se área não plantada no centro. O resto crescendo bastante parelho
Lavoura da Frente	Muito dividida pelos valos mas crescendo na maioria dos setores, com algumas manchas.
100 quadras A (100qA)	Perdeu a textura difusa e uniforme no norte devido ao crescimento da vegetação. Crescimento mais intenso no E com mancha no extremo E.
100 quadras B (100qB)	Cresce. Alguns clarões no norte. Não se percebem os valos mais sim zonas mais difusas.
Tripa das 40	Cresce. Valo NS mais evidente

IMAGEM 22e25/11/2016	
DESCRIÇÃO GERAL→	Tem foto do dia 26 com a lavoura fechada. Cobrindo mais de 90 % sem aparecer solo. Estádio V6 a V7, quase com fechamento. As imagens apresentam interferência atmosférica, com aerossol forte. Só as regiões com maior crescimento vegetativo aparecem.
TALHÕES↓	
2° Levante	Área CE com maior crescimento.
Lavoura da Frente	Região CS com grande crescimento e canal de irrigação que atravessa.
100 quadras A (100qA)	CN com crescimento
100 quadras B (100qB)	W e E com crescimento. Fraco no Centro.
Tripa das 40 (Abx.Valo)	Região S com forte crescimento. Mais fraco o C e N de Abaixo do Valo.

IMAGEM 03/12/2016	
TALHÃO↓	Tudo parelho. Valos de irrigação aparecem finos, bem desenhados no contraste com a lavoura crescida. Aerossol bem fino na atmosfera visto na barragem.
2° Levante	Canais bem claros. Pequena área no W não foi plantada
Lavoura da Frente	Bem definida a rede de valos de irrigação, em linhas finas. Os valos tem 1m de fundura, com pequena altura nas bordas.
100 quadras A (100qA)	Bem parelha. Valos pouco visíveis.
100 quadras B (100qB)	Bem parelha. Valo grande do E ao S bem definido.
Tripa das 40 e Abx.Valo	Lavoura bem parelha. Valo NS e outros menores bem visíveis.
Lavoura SR	Meia lua bem desenvolvida onde foi plantado antes. Sinais de brotação por textura tênue na imagem. Nessa data aconteceu a ENTRADA DA ÁGUA. Outros talhões já estavam com água desde o início de dezembro. Ureia no 1º de dezembro. 5 de dezembro foto com água entrando na SR. Entra água rápido.

IMAGEM 08/12/2016	
TALHÃO↓	Aerossol mais forte. Percebem-se as regiões com crescimento mais avançado.
2° Levante	Crescido uniforme.
Lavoura da Frente	Crescido uniforme.
100 quadras A (100qA)	Crescido uniforme.
100 quadras B (100qB)	Crescido uniforme.
Tripa das 40 (Abx.Valo)	Crescido uniforme.
Lavoura SR	Data de aplicação de Herbicida. Estádio V2 a V3, Kifix.

IMAGEM 17/12/2016	
TALHÃO↓	Totalmente uniforme menos SR
2° Levante	
Lavoura da Frente	
100 quadras A (100qA)	
100 quadras B (100qB)	
Tripa das 40 (Abx.Valo)	
Lavoura SR	Se uniformizou rápido, em duas semanas. Estabelecida num 80% de uniformidade. Mostra os canais, valos. Levante no lado W entram os canais.

IMAGEM 24/12/2016	
	Dia com aerossol médio a forte e com nuvens.
TALHÃO↓	
2° Levante	Bem parelha. Valos visíveis.
Lavoura da Frente	Bem parelha. A lavoura quase cobrindo os valos.
100 quadras A (100qA)	A lavoura cobriu totalmente os valos, bem uniforme.
100 quadras B (100qB)	Bem parelha. Um único canal visível.
Tripa das 40 (Abx.Valo)	Parelha. Canal central bem visível.
Lavoura SR	Uniformidade um pouco a menos que as outras mas está plenamente estabelecida. Tem foto no 6 de janeiro com 100% de cobertura.

IMAGEM 02e09/01/2017	
TALHÃO↓	As lavouras plantadas em setembro entrando para o R1. Teria sido entre 2 e 9 de jan. Provavelmente R1 no início de janeiro. Todas bem parelhas menos Germinado. Teve aerossol e nuvens.
2° Levante	Uniforme, R1
Lavoura da Frente	Uniforme, R1
100 quadras A (100qA)	Uniforme, R1
100 quadras B (100qB)	Uniforme, R1
Tripa das 40 (Abx.Valo)	Uniforme, R1
Lavoura SR	Estádio anterior, mas bem parelha.

IMAGEM 18/01/2017	
	Tudo bem uniforme menos germinado. Dia 27 de janeiro as de setembro tinham 60% do cacho exposto (R5 a R6).
TALHÃO↓	
2° Levante	R5 a R6
Lavoura da Frente	R5 a R6
100 quadras A (100qA)	R5 a R6
100 quadras B (100qB)	R5 a R6
Tripa das 40 (Abx.Valo)	R5 a R6
Lavoura SR	Bem uniforme e crescida.

IMAGEM 03/02/2017	
DESCRIÇÃO GERAL→ TALHÕES↓	Bem uniforme nesta data. Em senescência comparado com SR. A partir de 15 de fevereiro as de setembro estavam prontas para colher. Estádio R8 a R9. Início da colheita em 18 de fevereiro.
2° Levante	Senescência. Estádio R8 a R9
Lavoura da Frente	Senescência. Estádio R8 a R9
100 quadras A (100qA)	Senescência. Estádio R8 a R9
100 quadras B (100qB)	Senescência. Estádio R8 a R9
Tripa das 40 (Abx. Valo)	Senescência. Estádio R8 a R9

IMAGEM 19/02/2017	
DESCRIÇÃO GERAL→ TALHÕES↓	Imagem na data exata da colheita. Reporta-se a campo que 15 de fevereiro estava pronta para colher. Estádio fenológico R8 a R9. INÍCIO DA COLHEITA em 18 de fevereiro, em pequeno trecho. Aerossol fino afeta valores NDVI.
2° Levante	Pronta para colher. Início da colheita em setor leste.
Lavoura da Frente	Pronta para colher.
100 quadras A (100qA)	Pronta para colher.
100 quadras B (100qB)	Pronta para colher.
Tripa das 40 (Abx. Valo)	Pronta para colher.
Lavoura SR	Pleno crescimento

IMAGEM 26/02/2017	
TALHÃO↓	15 de fevereiro pronta para colher. Estádio fenológico R8 a R9. Início da colheita em 18 de fevereiro.
2° Levante	Colhido metade.
Lavoura da Frente	Início da colheita pelo leste.
100 quadras A (100qA)	Colhido falta norte.
100 quadras B (100qB)	Colhido
Tripa das 40 (Abx. Valo)	Colhido metade acima do valo.
Lavoura SR	Uniforme

IMAGEM 14/03/2017

	Encerramento da colheita. 09 de março terminou a colheita no Chapadão. 16 de março deu temporal. Acamamento em SR tem foto.
TALHÃO↓	
2° Levante	Colhido 100%
Lavoura da Frente	Colhido 100%
100 quadras A (100qA)	Colhido 100%
100 quadras B (100qB)	Colhido 100%
Tripa das 40 (Abx. Valo)	Colhido 100%
Lavoura SR	Início senescência.

IMAGEM 23/03/2017

	Todo colhido menos SR e Germinado
TALHÃO↓	
2° Levante	
Lavoura da Frente	
100 quadras A (100qA)	
100 quadras B (100qB)	
Tripa das 40 (Abx. Valo)	
Lavoura SR	Senescência avançada.

IMAGEM 30/03/2017

	Todo colhido menos SR e Germinado
TALHÃO↓	
2° Levante	
Lavoura da Frente	
100 quadras A (100qA)	
100 quadras B (100qB)	
Tripa das 40 (Abx. Valo)	
Lavoura SR	Senescência fase colheita. Colhido a partir do 03 abril.

3.3 Fotointerpretação

De maneira geral, pode ser observado na Figura 2 o progressivo avanço da cobertura vegetal ao longo do ciclo, com posterior diminuição do NDVI por efeito da senescência e do avanço da colheita.

As três primeiras imagens do ciclo mostram características nas quais predominam, no início, a influência do solo preparado e semeado ou de alguma vegetação nativa ainda existente, mas gradativamente observa-se a contribuição crescente do desenvolvimento vegetativo do arroz. A coloração verde predominante nestas imagens está associada aos baixos valores de NDVI neste período, como também descrito por Nobre (2010), porém monotonamente crescentes.

Na data 06/11/2016 observa-se um aumento da coloração esverdeada, associada com a entrada da água que estava acontecendo nesse período. Nesta etapa já tinha ocorrido a primeira aplicação nitrogenada anteriormente à entrada da água (SOSBAI, 2016).

Na data de 22 a 25/11/2016 já é possível perceber o um grande crescimento vegetativo, marcado pela coloração vermelha no canto inferior das lavouras LavFrente e 100qB, embora seja apreciável a interferência atmosférica nesta imagem. As informações de campo indicam cobertura de ao redor de 80% nessas datas.

A cobertura vegetal praticamente completa (coloração avermelhada) acontece em 03/12/2016, onde apenas a lavoura LavSR não está emergindo (coloração esverdeada), isto porque o mesmo estava sendo semeado. Em 08/12/2016 a interferência atmosférica afeta a tonalidade vermelha, indicando a diminuição nos valores de NDVI para as lavouras 2°Lev, LavFrente, 100qA, 100qB e Tripa40.

As imagens de 17/12/16 e 24/12/17 marcam a fase final da etapa vegetativa nas lavouras 2°Lev, LavFrente, 100qA, 100qB e Tripa40 (cor vermelha intensa) com altos valores de NDVI, também evidenciados por Hargrove, et al., (2010) e Wang, et al., (2015).

As lavouras 2°Lev, LavFrente, 100qA, 100qB e Tripa40 iniciaram seu período reprodutivo no início de janeiro, antes do 09/01/17, estando já totalmente cobertas pela cultura nessas datas. Em 18/01/17 a lavoura aparece plena, com máximo NDVI.

Na imagem de 03/02/17 a cultivar entra em perceptível senescência nas lavouras 2°Lev, LavFrente, 100qA, 100qB e Tripa40, bastando apenas a umidade

ideal, próximo 22% de umidade do grão, para a execução da colheita (SOSBAI, 2016). Antes da data seguinte, 19/02/17, as lavouras mencionadas já estavam prontas para ser colhidas, e é perceptível uma área no setor leste da lavoura 2º Lev na qual estava acontecendo o início da colheita, A colheita nesses talhões já estava avançada em 26/02/17, onde os valores de NDVI voltam a patamares baixos evidenciados pela coloração verde em grande parte dos talhões.

Em 14/03/17 os talhões 2ºLev, LavFrente, 100qA, 100qB e Tripa40 já estão colhidos (totalmente verdes), e o talhão LavSR, que estava defasado com relação aos outros, estava iniciando a senescência.

Enquanto nas imagens de 23/03/17 e 30/03/17 as lavouras de nome 2ºLev, LavFrente, 100qA, 100qB e Tripa40 já haviam sido colhidas (verde) a lavoura de nome LavSR estava avançando na senescência (coloração com tonalidade alaranjada), onde é possível comparar com o mesmo comportamento ocorrido nas outras lavouras na data de 19/02/17.

Na última imagem sem nuvens disponível para o ciclo, o talhão LavSR ainda não tinha sido colhido, o que veio acontecer em abril.

Pelo exposto há evidências que a fotointerpretação das imagens de NDVI do satélite Landsat8/OLI ao longo do período de desenvolvimento da cultivar IRGA 424RI pode ser uma ferramenta de apoio ao monitoramento e gerenciamento das lavouras.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As hipóteses de trabalho, considerando ser possível o acompanhamento da lavoura de arroz com base em imagens de satélite durante o ciclo de desenvolvimento foram confirmadas através deste trabalho. O detalhado acompanhamento a campo permitiu interpretar praticamente todas as feições relevantes observadas nas lavouras, produzindo uma visão geral das mesmas que pode ser evidentemente considerada de grande utilidade no apoio ao gerenciamento.

A interferência de nuvens deve ser analisada cuidadosamente para poder interpretar corretamente as imagens de NDVI em cada lavoura.

Conclui-se que a maioria dos pontos de manejo durante o ciclo da lavoura de arroz podem ser identificados por sensoriamento remoto.

5 REFERÊNCIAS

- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 revision ESA E Working Paper No. 12-03**. FAO. ROME, ITALY, p. 1-154. 2012. (<http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>).
- CÂMARA, G. et al. Intergrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, Maio 1996.
- CHAVEZ, J. Image-based atmospheric corrections – revisited and improved. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 62, n. 9, 1996. 1025-1036.
- 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.
- KHUSH, G. S. Chair's introduction. In: GOODE, J. A.; CHADWICK, D. **Rice Biotechnology: Improving Yield, Stress Tolerance and Grain Quality**. [S.l.]: [s.n.], 2001. p. 11-12.
- 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.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Viçosa: UFV, 2011.
- NOBRE, F. L. D. L. **CARACTERIZAÇÃO ESPECTRO TEMPORAL DE LAVOURAS DE ARROZ IRRIGADO POR MEIO DE IMAGENS MODIS**. PELOTAS: UFPEL, 2010.
- OECD. **Consensus Document on the biology of Oryza sativa (Rice) Environmental Health and Safety Publications**. Environment Directorate. [S.l.]. 1999. (n. 14).

ROSA, L.; ALVES, M. C.; SANCHES, L. **Uso de composições de bandas do satélite Landsat 5 TM para caracterizar a dinâmica da variação de áreas alagadas no Pantanal mato-grossense**. XV SBSR. Curitiba: [s.n.]. 2011. p. p. 5292.

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

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.

USGS. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. Version 2.0. March 29, 2016**. [S.l.]: EROS, Sioux Falls, South Dakota, 2016.

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.