



FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

ISRAEL NATÃ VARGEM CHICANELI

**ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO EM
PIVÔ CENTRAL NA CULTURA DO TOMATE**

Publicação n°: 08/2019

GOIANÉSIA/GO

2019



FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

ISRAEL NATÃ VARGEM CHICANELI

**ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO EM
PIVÔ CENTRAL NA CULTURA DO TOMATE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia da
Faculdade Evangélica de Goianésia, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Prof. Me. Gustavo Mendes Brito

GOIANÉSIA/GO

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

CHICANELI, I. N. V.; Índice de Área Foliar por meio de Sensoriamento Remoto em Pivô Central na Cultura do Tomate; Orientação de Gustavo Henrique Mendes Brito – Goianésia, 2019. 21p.

Monografia de Graduação – Faculdade Evangélica de Goianésia, 2019.

1. IAF 2. NDVI e SAVI 3. Sensoriamento Remoto

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CHICANELI, I. N. V.; Índice de Área Foliar por meio de Sensoriamento Remoto em Pivô Central na Cultura do Tomate. Orientação de Gustavo Henrique Mendes Brito; Goianésia-Go: Faculdade Evangélica de Goianésia, 2019, 21p. Monografia de Graduação.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: ISRAEL NATÃ VARGEM CHICANELI

GRAU: BACHAREL

ANO: 2019

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.



Nome: ISRAEL NATÃ VARGEM CHICANELI

CPF: 019.627.571-70

Endereço: AV MINAS GERAIS, RESINDECIAL JARDIM MARIANA BLOCO 09 APTO 204 BAIRRO RESIDENCIAL BOUGANVILLE, GOIANÉSIA-GOIÁS.

Email: israelchicaneli@gmail.com

ASSOCIAÇÃO EDUCATIVA EVANGÉLICA
FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE AGRONOMIA

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO EM
PIVÔ CENTRAL NA CULTURA DO TOMATE

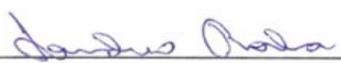
ISRAEL NATÃ VARGEM CHICANELI

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA APRESENTADA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL EM AGRONOMIA.

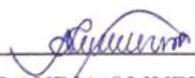
APROVADA POR:



GUSTAVO HENRIQUE MENDES BRITO, MESTRE
Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG
ORIENTADOR



IVANDRO JOSÉ DE FREITAS ROCHA, ESPECIALISTA
Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG
EXAMINADOR



ANA CLÁUDIA OLIVEIRA SERVULO, MESTRE
Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG
EXAMINADORA

Goianésia/GO, 08/06/2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida, e com isso a capacidade de enfrentar desafios que encontramos a cada dia, como esse tcc, que sem ele não seria capaz de encarar e prosperar com nada.

A minha família, aos meus Pais e minha irmã que sempre me apoiaram durante todo esse percurso de graduação, principalmente a minha esposa que nunca me deixou desistir e sempre acreditou em mim que eu era capaz de realizar minhas ambições.

Aos professores que sempre nos apoiou e teve a paciência de passar seu conhecimento, em especial meu orientador que esteve comigo nesse desde o começo, que sempre acreditou no meu potencial mesmo quando nenhum dos professores acreditou em mim ele foi o único que me apoio e fez-me acreditar que eu ia conseguir, e sempre foi paciente comigo, obrigado por tudo.

*Nosso Futuro é construído pelas decisões
que tomamos e não pelas desculpas que
damos.*

“Thiago Brunet”

RESUMO

AVALIAÇÃO DE ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO EM PIVO CENTRAL NA CULTURA DO TOMATE

O Índice de Área Foliar (IAF), que consiste na exposição da área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no solo ($m^2.m^{-2}$), pode ser obtido de maneira direta a partir de amostras destrutivas, ou de maneira indireta e não destrutiva, onde destaca-se o uso das imagens de sensores remotos e os índices de vegetação na sua determinação. Com base no exposto, o objetivo com este trabalho foi realizar a estimativa do Índice de Área Foliar a partir de imagens de sensoriamento remoto na cultura do Tomate. O estudo foi realizado em uma área irrigada por pivô central no município de Vila Propício de Goiás, tendo uma área de 32,72 ha. Para determinar o Índice de Área Foliar (IAF), foram calculados os índices de vegetação NDVI e SAVI para as imagens dos satélites Landsat 8. Foi observado que as variações dos valores médios de NDVI e SAVI, durante a safra do tomate industrial do ano de 2018, sendo que os valores apresentados no início do ciclo da cultura foram baixos e subiram de acordo com o crescimento vegetativo da planta, o IAF apresentou nos estágios iniciais de crescimento, valores abaixo de $0,5m^2.m^{-2}$, podendo ser relacionado com porte da cultura e o solo aparentemente exposto nas fases iniciais de seu desenvolvimento, após 21 Dias após o Plantio (DAP), foi observado valores crescentes do IAF sendo aproximadamente de $3,5 m^2.m^{-2}$, tendo decréscimo próximo ao seu período de colheita variando se de 90 DAP a 120 DAP sendo o valor aproximado de $1,0m^2.m^{-2}$. Também foi encontrado alta correlação o NDVI e IAF.

Palavras-chave: Índices de vegetação, IAF, SAVI, Geoprocessamento.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Área de coleta das análises e obtenção das imagens.....	12
FIGURA 2. Variações de níveis médio de SAVI e NDVI.....	14
FIGURA 3. Imagens do desenvolvimento de IAF.....	16
FIGURA 4. Variações de níveis médios de Índice de Área Foliar (IAF).....	17
FIGURA 5. Correlação do NDVI e IAF.....	18

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
SUMÁRIO.....	ix
1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
2.1 Caracterização da área de estudo	11
2.2 Imagens Utilizadas.....	12
2.3 Determinação do IAF.....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÕES.....	18
5. BIBLIOGRAFIA	19

1. INTRODUÇÃO

A cultura do tomate *Solanum Lycopersium*, é originária da América do Sul e considerada uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no mundo, seja como matéria prima para indústria ou para o seu consumo in natura (GERALDINI et al., 2014). A produção total de tomate em 2018 foi estimada em 160 milhões de toneladas em aproximadamente 5 milhões de hectares espalhados pelo mundo.

No Brasil, a safra de tomate industrial em 2018 chegou a produção de 4,5 milhões de toneladas, apresentando um crescimento de 1,9% em relação à safra 2017. Os maiores produtores de tomate são Goiás, responsável por 32,4% da produção nacional, São Paulo, com uma participação de 21,1%, Minas Gerais, com 16,7%, Bahia, com 4,5%, e Santa Catarina, com 4,4% (IBGE, 2018).

No que diz respeito ao clima, para o bom desenvolvimento da cultura, a temperatura média ideal no período de cultivo deve ser de 21°C, porém, são toleráveis variações de 10°C a 34 °C, a necessidade hídrica está entre de 300 a 600 mm, altitude entre 500 e 900m com o cultivo ocorrendo preferencialmente em solos francos arenosos, profundos e bem drenados (EMBRAPA 2016).

O crescimento e rendimento da cultura dependem entre outros fatores, das interações com o ambiente e a compreensão da função destas variáveis no monitoramento e determinação do crescimento e produtividade da cultura (LOPES et al., 2011).

Este monitoramento e avaliação podem ser realizados a partir de análises quantitativas de crescimento baseadas em índices fisiológicos como o monitoramento da área foliar (AF) (MORGADO et al., 2013).

A superfície foliar de uma planta é a base do rendimento potencial da cultura, além disso, o conhecimento da área foliar da planta permite a estimativa da perda de água, uma vez que as folhas são os principais órgãos que participam na transpiração da planta, sendo responsável pela troca gasosa com o ambiente, a variação do índice de área foliar em culturas perenes poderá ser relevante na avaliação de várias práticas culturais como poda, adubação, irrigação, espaçamento e aplicação de defensivos, entre outros (SILVA W. Z. et al. 2011).

O Índice de Área Foliar (IAF), que consiste na razão entre a área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no solo ($m^2.m^{-2}$), podendo ser obtido de maneira direta a partir de amostras destrutivas, ou seja, retirada de alguns perfilhos para sua determinação, ou pode

ser obtida de maneira indireta e não destrutiva, onde destaca-se o uso das imagens de sensores remotos e os índices de vegetação na sua determinação (SBRISIA e SILVA, 2008; JORDÃO et al., 2015).

Na cultura do tomate e demais espécies vegetais, o aumento da área foliar proporciona melhor aproveitamento da energia solar para a realização da fotossíntese, com isso o monitoramento da variação do IAF ao longo do ciclo da cultura possibilita a avaliação da eficiência e do crescimento com que a parte aérea do vegetal ocupa a área do solo disponível, por consequência torna-se possível correlacionar o IAF com o seu potencial produtivo, seja em massa seca, quantidade de açúcar, taxas de crescimento e avaliação do rendimento final da cultura (OLIVEIRA et al., 2007).

O IAF obtido a partir de imagens de sensoriamento remoto, sendo que o sensoriamento remoto é definido como uma técnica de aquisição e de aplicação das informações sobre um objeto sem nenhum contato físico com ele (PEREIRA 2015). Com isso o IAF tendo absorção de radiação solar de folhas verdes de luz visível em relação ao infravermelho, com isso torna possível a geração de índices de vegetação, sendo que a área foliar é uma variação do crescimento da planta, tendo a importância como indicativo da produtividade da planta, uma vez que a fotossíntese realizada pelas plantas depende da interceptação da energia luminosa pelo dossel e da sua conversão em energia química, com isso será maior quando a área total de folhas à copa de vegetação aumenta (SILVA 2015).

O objetivo com este trabalho foi realizar a estimativa do IAF a partir de imagens de sensoriamento remoto na cultura do Tomate.

2. MATERIAIS E METÓDOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em uma área irrigada por pivô central no município de Vila Propício de Goiás (Figura 1), tendo uma área de 32,72 ha, e está localizada entre as coordenadas geográficas a 15°27'31"S e 48°53'09"W, com altitude média de 722m, clima Aw, Clima tropical, com inverno seco, apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro com temperatura média anual de 23,9°C, pluviosidade média anual de 1474 mm (INMET 2017).

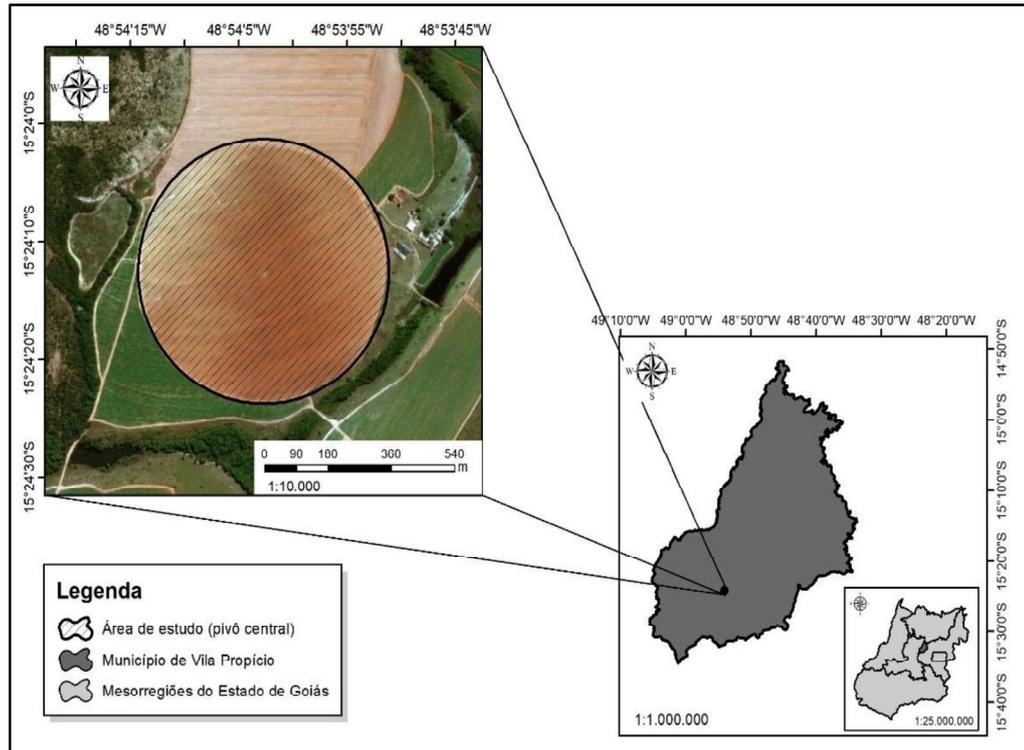


Figura 1. Localização geográfica do pivô central no município de Vila Propício-GO.

O mês mais seco é Julho e tem 6 mm de precipitação, a maioria da precipitação cai em Janeiro, com uma média de 261 mm, 25.1 °C é a temperatura média do mês de Setembro, o mês mais quente do ano. A temperatura média em Junho é de 22.2 °C. Durante o ano é a temperatura média mais baixa, quando comparados o mês mais seco tem uma diferença de precipitação de 255 mm em relação ao mês mais chuvoso. As temperaturas médias variam 2.9 °C durante o ano (INMET 2017).

Os dados obtidos sobre o pivô, é que o pivô era ligado somente finais de semana por ter uma usina próxima à energia durante a semana tinha intensidade baixa e com isso a energia era baixa.

2.2 Imagens Utilizadas

Para estimativa do IAF por sensoriamento remoto foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 8 disponibilizados de maneira gratuita pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos, sendo que primeira imagem disponível foi 5 dias após o período de transplante da cultura, as imagens obtidas foram nas datas de (29/04/2018 a 19/08/2018) e obtidas novas cenas a cada 16 dias, que corresponde a resolução temporal do satélite (*USGS – U.S. Geological Survey*) (USGS, 2018).

O satélite Landsat-8 foi lançado no dia 11 de fevereiro de 2013 pela NASA na base aérea de Vandenberg no estado da Califórnia EUA, operando a uma altitude de 705 km, com resolução temporal de 16 dias e dois instrumentos imageadores, o primeiro denominado Operational Land Imager (OLI), com nove bandas espectrais incluindo a pancromática, e o segundo, Thermal Infrared Sensor (TIRS), cujas características espectrais, de ambos os sensores (USGS, 2013).

2.3 Determinação do IAF

Para determinar o IAF, foram calculados os índices de vegetação NDVI e SAVI para as imagens dos satélites Landsat conforme as metodologias propostas por Rouse et al., (1973), Huete (1988). O “*Normalized Difference Vegetation Index*” (NDVI) é o índice de vegetação mais utilizado no processamento de dados de sensoriamento remoto, e explora as propriedades espectrais da vegetação em relação a quantidade de energia absorvida na faixa do visível do espectro eletromagnético e sua respectiva reflexão no infravermelho próximo. O NDVI foi proposto por Rouse et al (1973), varia de -1 a +1 quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal, e foi obtido pela equação 1 (Eq. 1).

$$NDVI = \frac{(\rho_{ivp} - \rho_v)}{(\rho_{ivp} + \rho_v)}, (1)$$

Em que, ρ_{ivp} corresponde a reflectância na banda do infravermelho próximo, e ρ_v a reflectância na banda do vermelho.

O “*Soil Adjusted Vegetation Index*” (SAVI) foi desenvolvido devido a influência que os solos exercem na radiação proveniente dos dosséis vegetais esparsos e, conseqüentemente no cálculo do índice de vegetação. Com isso, Huete (1988) incorporou uma constante de ajuste do solo para minimizar seus efeitos no resultado final dos índices. Para obter o SAVI foi utilizada a equação 2 (Eq. 2).

$$SAVI = \left[\frac{(\rho_{ivp} - \rho_v)}{(\rho_{ivp} + \rho_v + L)} \right] \cdot (1 + L), (2)$$

Em que, ρ_{ivp} a reflectância na banda do infravermelho próximo, ρ_v a reflectância na banda do vermelho respectivamente, L a constante que minimiza os efeitos do solo, podendo variar de 0 a 1. Para vegetação muito baixa, é sugerido utilizar o fator $L = 1$, vegetação intermediária $L = 0,5$, para altas densidades $L = 0,25$. A utilização do $L = 0$ os valores do SAVI serão idênticos ao NDVI (MARCUSSEI et al., 2010). Para o respectivo trabalho, foi

utilizado o valor de $L = 0,50$ por ser o valor de constante mais utilizado em trabalhos correlatos.

O IAF foi calculado de acordo com a metodologia proposta por Allen (2002) conforme a equação 3 (Eq 3)

$$IAF = -\ln \frac{(0,69 - SAVI)}{0,59} \frac{0,59}{0,91}$$

Segundo Allen (2002) os resultados do IAF são semelhantes ao NDVI, neste sentido, foi realizada a regressão do NDVI em função do IAF.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados os valores médios de NDVI e SAVI, durante a safra do tomate industrial do ano de 2018 (Figura 2). Os valores das imagens obtidas nas datas de 29/04/2018 a 19/08/2018 foi que ao longo dos estágios de início do desenvolvimento da cultura foram baixos sendo o NDVI aproximadamente 0,273 e o SAVI 0,158, e de acordo com o crescimento eles aumentaram tendo o valor máximo obtido de 0,900 aproximadamente do NDVI e o SAVI de 0,750, isso acontece possivelmente por se dar entre outros fatores, por ser uma área irrigada as mudanças fenológicas que ocorrem durante o ciclo da cultura são mais eminentes.

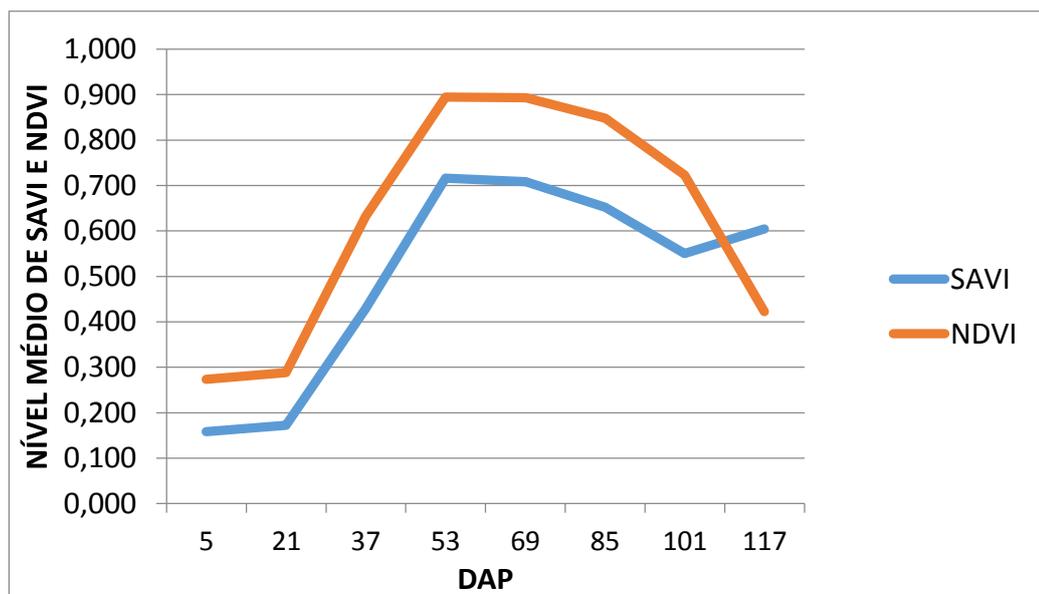


Figura 2. Variações de níveis médio de SAVI e NDVI.

Segundo Brito (2015) mesmo em condições de boa disponibilidade de hídrica feita pelo pivô, existem áreas com valores baixos de NDVI associados à presença de solo exposto, ou devido ao tipo de solo com baixa retenção de água, solos rasos, pedregosos ou de textura arenosa podem intensificar os efeitos da deficiência de água na classificação do NDVI. Brito (2015) também observou que o índice SAVI reduziu os efeitos do solo exposto na avaliação da energia das plantas, já que diferencia as áreas de solo com as de áreas de vegetação e justifica pesos diferentes para cada uma das classes, tornando mais evidente e menos expressivo o efeito do solo.

Leite (2017) também observou alterações nos valores de NDVI e SAVI em diferentes estágios de desenvolvimento das plantas e, e associou tais resultados a presença de solo descoberto e o desenvolvimento nas mudanças no uso do solo.

Para o IAF é possível observar visualmente (Figura 3) que com 5 Dias após o Plantio (DAP), a área foliar de grande parte da área plantada está mínima aproximadamente com valor abaixo de $0,50,5\text{m}^2.\text{m}^{-2}$, possivelmente, isto ocorreu porque o porte da cultura nos primeiros dias são baixos, e o solo ainda está descoberto. Para Balieiro et al (2015) verificou se que o IAF na cana de açúcar também teve o mesmo desenvolvimento nos estágios iniciais, sendo que o crescimento vegetativo e baixo nos primeiros dias de estudos mostram que o IAF varia de forma exponencial, em função da idade do plantio, apresentando um rápido crescimento no início do ciclo de desenvolvimento.

Após os estágios iniciais de desenvolvimento da cultura, observa-se com 21DAP tons mais alaranjados que está no nível mínimo aproximadamente com valores acima de $0,50,5\text{m}^2.\text{m}^{-2}$, essa coloração predomina sendo que a cultura começa a ter o crescimento significativo. Após 37 DAP podemos ver que com o crescimento da cultura a coloração esverdeada que indica nível máximo que começa a predominar na imagem, ou seja, indica crescimento vegetativo, sendo evidente o aumento da temperatura foliar o IAF apresenta maior variabilidade sendo que o aumento da temperatura gera uma reflectância maior e a coloração da imagem indica que a planta está em fase de crescimento, o que demonstra que nesse período o aumento da área foliar se deu de forma mais intensa.

A partir dos 85 DAP os níveis de desenvolvimento da vegetação já estão diminuindo sendo que a coloração apresentada no mapa está com nível mínimo em torno de abaixo de $3,0\text{m}^2.\text{m}^{-2}$, que apresenta o decréscimo do IAF a partir desse período pode estar relacionado à fase de maturação já que a cultura do Tomate, dependendo da cultivar é colhida entorno de 90

a 120 dias, com esse período está quase no ponto de maturação do fruto, de 101 a 117 DAP a cultura está na fase final atingindo o nível mínimo abaixo $1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, com isso a coloração tende a ter várias colorações em áreas diversas no pivô podendo ser que a planta já esteja em fase final de colheita ou mesmo encerrando sua safra.

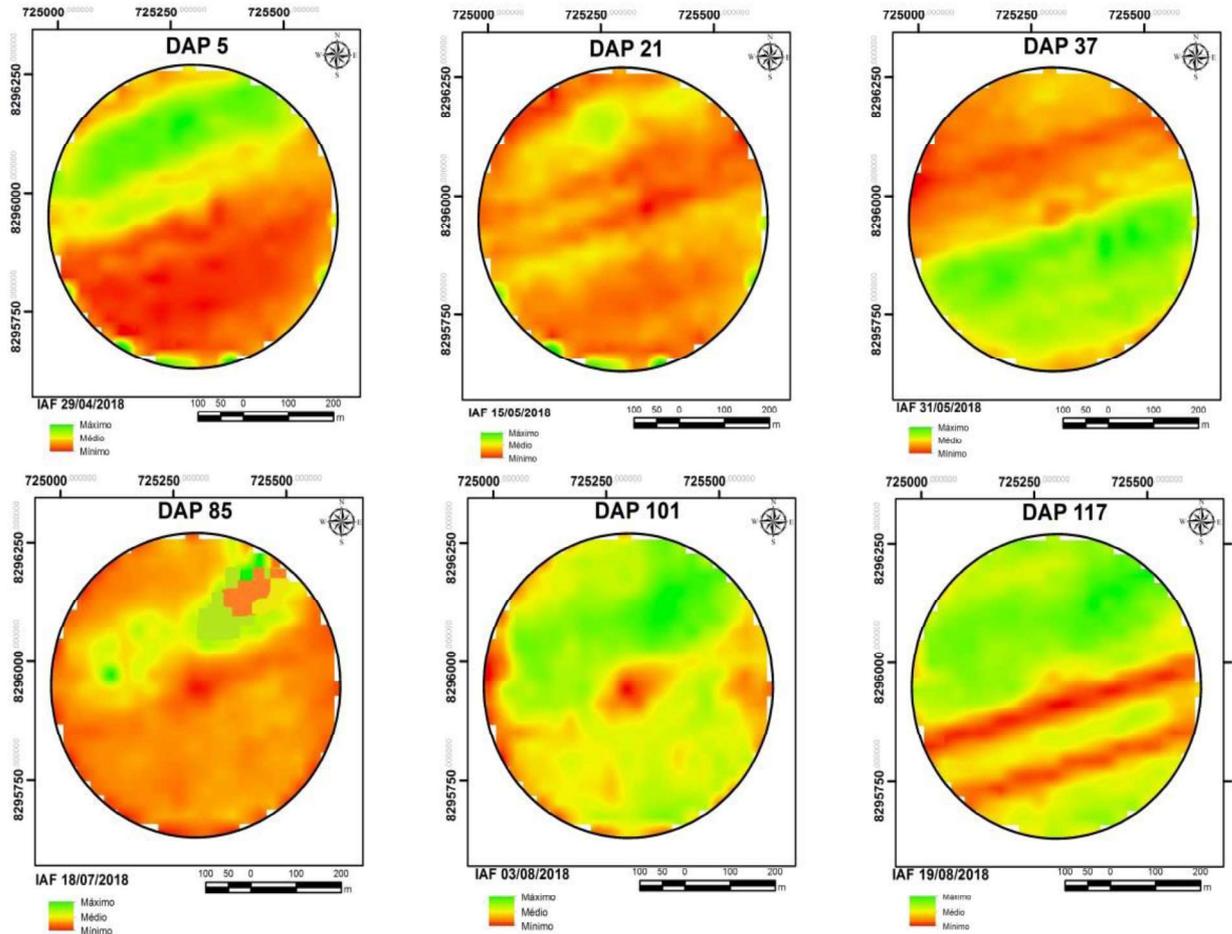


Figura 3. Imagens do desenvolvimento de IAF.

Pode-se observar na Figura 4 que o IAF apresentou nos estágios iniciais de crescimento, valores abaixo de $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, podendo ser relacionado com porte da cultura e o solo exposto nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura.

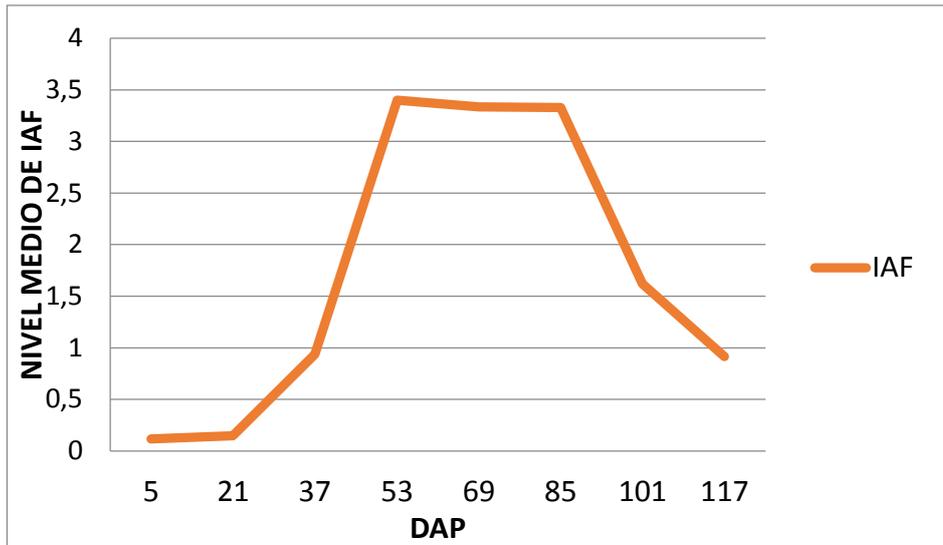


Figura 4. Variações de níveis médios de Índice de Área Foliar (IAF).

Almeida et al (2015) avaliaram o IAF em uma área de eucalipto e independente da espécie, também identificaram o comportamento semelhante ao do tomate nas fases de desenvolvimento da cultura. Ribeiro et al (2015) o IAF foram maiores na fase de desenvolvimento vegetativo marcada pelo alto crescimento da cultura e decresceram na maturação, isso sendo que foi avaliado na cultura da cana de açúcar.

Após 21 DAP, foi observado o crescimento do IAF até aproximadamente 53 DAP, possivelmente esses valores aumentaram devido ao desenvolvimento da cultura e sua respectiva área foliar. Entre 53 DAP e aproximadamente 85 DAP as variações do IAF manterão praticamente estável. Ramirez e Zullo Junior (2010) avaliaram o IAF em diferentes talhões da cultura do Café e também encontraram comportamento semelhante ao tomate ao longo dos estágios de desenvolvimento da cultura.

O decréscimo do IAF ocorreu próximo ao seu período de colheita variando se de 90 DAP a 120 DAP. Segundo a Embrapa (2015) A maioria dos tomateiros plantados no Brasil é colhida com aproximadamente 110 a 120 dias após a germinação ou 90 a 100 dias do transplante dependendo da cultivar plantada.

Foi observado uma alta correlação entre os valores do IAF com os valores médios de NDVI (Figura 5). Possivelmente, a correlação encontrada na área em estudo, se deve as características do NDVI, que estima o vigor da vegetação ao longo das fases fenológicas da cultura e o IAF, que por sua vez, é derivado de índices de vegetação e está associado as variações das crescimento e desenvolvimento das plantas.

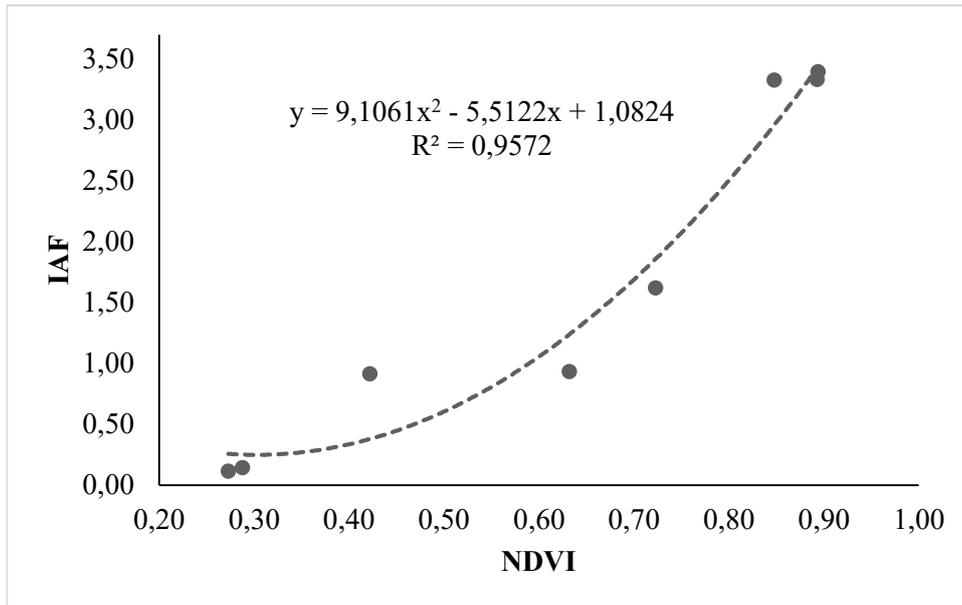


Figura 5. Correlação do NDVI e IAF.

Boratto e Gomide (2013) definem o IAF como uma medida da biomassa de cada pixel da imagem, associada a características biofísicas das plantas. Definindo a área foliar de toda vegetação. Como o IAF é um subproduto do NDVI e SAVI, as análises dos resultados obtidos para esse índice são muito semelhantes. Brandão et al (2011) foi analisado que tanto o NDVI e o SAVI possui uma alta correlação com o IAF em todos os estádios fenológicos na cultura do algodoeiro.

4. CONCLUSÕES

O IAF na cultura do tomateiro variou entre os níveis iniciais abaixo de $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, e foi maior na fase de desenvolvimento vegetativo marcada pelo intenso crescimento da cultura no valor aproximado de $3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, e decresceram na fase de maturação da cultura sendo aproximadamente abaixo de $1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, ao longo do ciclo da cultura aproximadamente de 120 dias.

O IAF determinado pelo SAVI/NDVI apontou comportamento crescente na fase de desenvolvimento vegetativo, e decrescente na fase de maturação do tomateiro.

É possível avaliar o IAF a partir das análises de imagens de sensoriamento remoto, porém o tratamento dos dados, principalmente em relação aos efeitos de atenuação atmosférica deve ser levado em consideração, para que se reduzam as falhas de interpretação em relação ao status da cultura, a incidência de nuvens e a nebulosidade na área de estudo.

5. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; DELGADO, R. C.; RODY, Y. P.; OLIVEIRA, A. S.; LEITE, F. P. Índice de Área Foliar de *Eucalyptus* Estimado por Índices de Vegetação Utilizando Imagens TM - Landsat 5. **Revista Floresta e Ambiente**, 2015, v 22, n.3, p 368-376.

BERNARDI, A. C. C; NAIME J. M.; RESENDE A. V.; BASSOI L. H.; INAMASU R. Y. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1º edição. Brasília DF. Embrapa Livros técnicos, 2014.

BORRATO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. **Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. 2013, Foz Do Iguaçu: p.7345-7352.

BRAGA, C. C.; SOARES, F. R.; DANTAS, F. R. C.; BARBIERI, L. F. P. Determinação do albedo e índice de área foliar usando o sensor TM /LANDSAT 5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR),2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 935-942.

BRANDAO, Z. N.; SOFIATTI.; BEZERRA, J. R. C.; FERREIRA, G. B. Estimativa da Produtividade do Algodoeiro Através de Imagens de Satélite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO e I COTTON EXPO, 8. 2011, **Anais...** Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011. p.1602-1609.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação ao Sensoriamento Remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

JORDÃO, W. H. C.; ZANCHI, F. B.; FERREIRA, D. M. M.; PAGANI, C. H. P.; LUIZÃO, F. J.; NEVES, J. R. D.; DUARTE, M. L. Variabilidade do índice de área foliar em campos naturais e florestas de transição na região Sul do Amazonas. **Revista ambiente e água**, v.10, n.2, p.363-375, 2015.

LOPES, W. A. R.; NEGREIROS, M. Z.; DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S. O.; SOARES, A. M.; ARAÚJO, A. P. Análise do crescimento de tomate “SM-16” cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura brasileira**, v.29, n.4, p.554-561, 2011.

MACHADO, C. C. C. *et al.* **Estimativa do Índice de Área Foliar no Parque Nacional do Catimbau (PE - Brasil) e sua comparação com medições de campo usando o LAI-2200**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR). 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 2850-2857.

MENESES, P. R.; ALMEIDA T.; ROSA A. N. C. S.; SANO E. E.; SOUZA E. B.; BAPTISTA G. M. M.; BRITES R. S. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. vol 1. Brasília DF. UNB/CNPq, 2012.

MORGADO, M. A. D.; BRUCKNER, C. H.; ROSADO, L. D. S.; ASSUNÇÃO, W.; SANTOS, C. E. M. Estimativa da área foliar por métodos não destrutivos, utilizando medidas lineares das folhas de espécie de Passiflora. **Revista Ceres**, v. 60, n.5, p.663-667, 2013.

PEREIRA, M. P. **Índice de área foliar e estresse hídrico em função de variáveis climáticas e dados orbitais**. 2015. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; JUNIOR, J. F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17 n 4, p. 386-391, 2013.

SANTOS, A. R. *et al.* **Sensoriamento Remoto no ArcGIS 10.2.2. passo a passo: processamento de imagens orbitais**. vol 1. Alegre, ES: CAUFES, 2014.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. Comparação de três métodos para estimativa do índice de área foliar em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. **Revista brasileira de zootecnia**, v.37, n.2, p.212-220, 2008.

SILVA, L. F. M.; SILVA, C. J.; SILVA, C. A.; SILVA, N. E. P.; FREITAS, C. A.; GOLYNSKI, A. Índice de área foliar de plantas de tomateiro em função de níveis de reposição da evapotranspiração. *In*: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 25, 2015, São Cristóvão. **Anais...** São Cristóvão: UFS, 2015. p. 1676-1681.

TONELI, C. A. Z.; VIEIRA, S. R.; FERRAZ, A. C. F.; BRITO, A.; ARAUJO, E. J. G.; MARTINS, G. S.; HIGASHIKAWA, E. M. Análise da relação entre a estrutura do dossel a partir de fotografias hemisféricas e dados dendrométricos de inventário florestal, conduzido em um povoamento de *Eucalyptus grandis*. **Anais...** XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1891-1898.

SILVA, W. Z et al. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011 Pág.746-759.