



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ERASMO VENÂNCIO DE LUNA NETO

**ÍNDICES ESPECTRAIS DE VEGETAÇÃO NO MONITORAMENTO DE
PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO MILHO (*Zea Mays L.*) SUBMETIDOS À
BIOESTIMULANTES E SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE**

AREIA

2021

ERASMO VENÂNCIO DE LUNA NETO

**ÍNDICES ESPECTRAIS DE VEGETAÇÃO NO MONITORAMENTO DE
PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO MILHO (*Zea Mays L.*) SUBMETIDOS À
BIOESTIMULANTES E SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina TCC II do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, como requisito parcial para à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Professor Dr. Fábio Mielezrski

AREIA

2021

L961i Luna Neto, Erasmo Venâncio de.

Índices espectrais de vegetação no monitoramento de
parâmetros fisiológicos do milho (Zea mays L.)

Submetidos à bioestimulantes e sua correlação com a
produtividade / Erasmo Venâncio de Luna Neto. -

Areia:UFPB/CCA, 2021.

48 f. : il.

Orientação: Fábio Mielezrski.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Zea mays. 3. Biorreguladores. 4.
Índices de vegetação. I. Mielezrski, Fábio. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

ERASMO VENÂNCIO DE LUNA NETO

ÍNDICES ESPECTRAIS DE VEGETAÇÃO NO MONITORAMENTO DE PARÂMETROS
FISIOLÓGICOS DO MILHO (*Zea Mays L.*) SUBMETIDOS À BIOESTIMULANTES E
SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Agronomia da
Universidade Federal da Paraíba, Campus II,
como requisito parcial para à obtenção do título
de Bacharel em Agronomia.

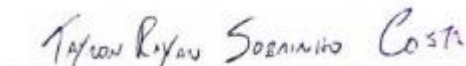
Trabalho apresentado e aprovado em ____7____ de dezembro de 2021

Nota: _10_

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Fábio Mielezrski
SIAPE 1092436

Prof. Dr. Fábio Mielezrski (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Mestre Tayron Rayan Costa
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Me. Antônio Veimar da Silva
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Aos meus pais Maria da Vitória e Laurênio Venâncio (*in memoriam*), ao meu tio Erasmo Luna, que sempre lutaram e me incentivaram a seguir meu sonho acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus pelo dom da vida, que sempre me abençoou. Agradecer a toda minha família, em especial minha mãe e meus irmãos, que me fortalecem e me deram forças para continuar todos os dias.

Agradecer a Universidade Federal da Paraíba, por toda assistência e pela oportunidade dada para que eu pudesse realizar meu sonho de se tornar um Engenheiro Agrônomo.

Agradecer a toda minha turma, intitulada por terceiros de “a turma mais unida”, e não mentiram, a turma 2016.2 sempre foi unida, divertida, e eu não poderia ter entrado em uma turma melhor.

Agradecer aos meus diversos amigos que conquistei durante minha vida acadêmica que, devido ser uma lista tão grande, não vou citar todos os nomes. Mas saibam que cada um que passou por mim durante essa jornada, tem meu imenso carinho e gratidão, pois vocês tornaram a árdua vida universitária muito mais leve.

Aos meus “irmãos” de curso, merecem ser citados, admito, não teria conseguido sem vocês: Jordy, Fernando (Ruína), Anne, Edmilson, Jackeline, Malu, Sara Raiff (Gordin), Maciel (Manzi), Paulinho, Tayron (Gordin 2), Aurélio, Ilário, Guilherme e Josenildo (Nil Rocha).

Aos meus amigos e parceiros de vida, Flávio (Lê), Rodrigo Rayton (Ray) e Maurílio (Moreiz), por tantos momentos especiais divididos comigo, e tanta ajuda fornecida a minha pessoa em todos esses anos de vida.

Agradeço ao grupo de Teatro e Dança Vivarte The Boys, por ter sido tão importante na minha construção moral, mental e física.

Agradecer a minha namorada, Amanda, pelo companheirismo, amor e carinho.

Por fim, quero agradecer a mim mesmo, por sempre ter acreditado no meu próprio potencial, por nunca ter desistido perante as dificuldades, por sempre encontrar solução para a maioria das coisas, pela persistência, coragem e ousadia, que me trouxeram até onde cheguei.

A todos, sou extremamente grato, meu profundo obrigado!

“Cada um de nós compõe a sua história
e cada ser em si carrega o dom de ser capaz, de
ser feliz”

(Almir Sater)

RESUMO

O milho é uma cultura de grande interesse nacional, sendo um dos principais grãos do Brasil. Para se obter rendimentos ainda maiores na cultura do milho, são feitos diversos tratamentos culturais ano após ano, afim de incrementar produtividade e qualidade ao produto. Nesse sentido, nas últimas décadas, pesquisadores se aprofundaram no uso de bioestimulantes, que prometem trazer rendimentos agrônômicos a cultura, tanto em qualidade quanto em produtividade. Ainda, os avanços para o monitoramento e caracterização das vastas áreas de plantio do milho estão em constante desenvolvimento, com a utilização de Vant's utilizando de câmeras que permitem avaliar de maneira remota o estado da cultura em campo. Este trabalho objetivou analisar a interação dos índices de vegetação com a cultura do milho submetida à bioestimulante em três estádios fenológicos. O experimento foi realizado na cidade de Areia-PB, o híbrido de milho utilizado foi o AG1051. Os bioestimulantes foram o extrato pirolenhoso, extrato de algas (*A. nodosum*), e o produto a base de três fitohormônios, aplicados em três diferentes doses, em três estágios da cultura: semente, V3 e V8, resultando em um fatorial (3x4x3)+1(testemunha). As imagens obtidas foram feitas através de um drone DJI com câmera RGB acoplada, que foram posteriormente processados e calculados os índices vegetais (NGRDI, SAVI, TGI, EXG), e extraídos. Observou-se efeitos significativos entre os índices e os dias após plantio, bem como entre os índices e os tratamentos. Os índices conseguiram identificar parcialmente os tratamentos. O melhor tratamento quanto ao teor de clorofila total foi o 8g/L do extrato pirolenhoso e a dose 4 g/L do Cinetina; Ácido Giberélico; Ácido Indol-butírico, aplicados na semente. A melhor produtividade foi referente ao tratamento Cinetina; Ácido Giberélico; Ácido Indol-butírico na dose de 6 g/L aplicado na fase V8 da planta. Ocorreu correlação entre o índice NGRDI e SAVI e o teor de clorofila total. Houve correlação, porém baixa, entre os índices e a produtividade.

Palavras-chave: *zea mays*; biorreguladores; índices de vegetação, rgb.

ABSTRACT

Corn is a crop of great national interest, being one of the main grains in Brazil. In order to obtain even greater yields in the corn crop, several works are carried out, year after year, in order to increase productivity and product quality. In this sense, in recent decades, research has deepened the use of biostimulants, which promise to bring agronomic yields to the crop, both in quality and in productivity. Furthermore, advances in monitoring and characterizing vast areas of corn planting are in constant development, with the use of Vant's using cameras that allow remote assessment of the state of the crop in the field. This work aimed to analyze the interaction of vegetation indices with corn crop subjected to biostimulants. The experiment was carried out in the city of Areia-PB, the corn hybrid used was AG1051. The biostimulants were the pyroligneous extract, algae extract (*A. nodosum*), and the stimulate®, applied in three different doses, in three stages of the culture: seed, V3, V8, resulting in a 3x4x3+1 factorial (control). The images obtained were taken using a DJI drone with an attached RGB camera, which were later processed, the plant indices (NGRDI, SAVI, TGI, EXG) were calculated and extracted. The results obtained were that there was a significant difference between the indices and days after planting, as well as between the indices and treatments. The indices were able to identify the treatments. The best treatment in terms of total chlorophyll content was the 8g/L of the pyroligneous extract and the 4 g/L dose of Kinetin; Gibberellic Acid; indole butyric acid applied to the seed. The best productivity was related to the Kinetin; Gibberellic Acid; indole butyric acid treatment at a dose of 6 g/L applied in the V8 phase of the plant. There was a correlation between the NGRDI and SAVI index and the total chlorophyll content. There was a correlation, however low, between the indexes and productivity.

Keywords: *zea mays*; bioregulators; vegetation indices, rgb.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura. 1. Fenologia do milho: estádios de desenvolvimento da cultura.	Pág.17
Figura 2. Estrutura fundamental do SR	Pág.22
Figura 3. Esquema da interação Rem, sensor, fonte e alvo.	Pág.23
Figura 4. Esquematização das frequências de ondas eletromagnéticas	Pág.23
Figura 5. Comportamento espectral no vegetal.	Pág.26
Figura 6. Demonstração do TGI no gráfico de reflectância	Pág.28
Figura 7. Município de Areia no mapa da Paraíba.	Pág.29
Figura 8. Área experimental	Pág.29
Figura 9. Distribuição pluviométrica da cidade de Areia – PB	Pág.30
Figura 10. Delimitação da área processada	Pág.32
Figura 11. Parcela delimitada	Pág.32
Figura 12. Gráfico da interação de índices e DAP	Pág.35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala fenológica do milho (Fancelli, 1986, adaptada de Ritchie e Hanway, 1982 e Nel & Smit, 1978).	Pág. 18
Tabela 2. Principais índices de vegetação RGB utilizados no manejo agrícola.	Pág. 25
Tabela 3. Lista de tratamentos	Pág. 26
Tabela 4. Datas em que foram adquiridas as imagens em campo	Pág. 29
Tabela 5.	Pág. 31
Tabela 6. Índices de vegetação trabalhados.	Pág. 32
Tabela 7. Análise de variância	Pág. 33
Tabela 8. Classificação dos índices em grupos, utilizando Scott-Knott	Pág. 33
Tabela 9. Análise de variância clorofila	Pág. 35
Tabela 10. Teste Scott-Knott nos valores de clorofila	Pág. 35
Tabela 11. Análise de variância da produtividade	Pág. 36
Tabela 12. Produtividade classificada através de método estatístico Scott-Knott	Pág. 37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

REM – Reflectância eletromagnética

Vant – Veículo aéreo não tripulado

RGB – Red, Green, Blue

IAF – Índice de área foliar

SR – Sensoriamento remoto

IV – Índice de vegetação

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

NDVI - Normalized Difference Vegetation Index

NGRDI - Normalized Difference Green/Red

SAVI – Soil Adjusted Vegetation Index

EXG – Excess Green Index

TGI - Triangular Greenness Index

DBC – Delineamento de blocos casualizados

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	A CULTURA DO MILHO (<i>Zea mays L.</i>).....	13
2.1.1	Fisiologia do milho	14
2.2	BIOESTIMULANTES	17
2.3	SENSORIAMENTO REMOTO	19
2.3.1	Princípios do sensoriamento remoto	19
2.3.2	Índices de vegetação	22
3.	METODOLOGIA.....	25
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO	25
3.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	27
3.2.1	Aquisição das imagens.....	29
3.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	31
4.	RESULTADOS	32
5.	DISCUSSÃO	38
6.	CONCLUSÕES.....	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
	APÊNDICE – IMAGENS PROCESSADAS NO QGIS	46

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura agrícola pertencente à família Poaceae que apresenta grande importância econômica e social, sendo uma das culturas mais utilizada e cultivada no mundo, pois o Brasil o terceiro maior produtor (CONAB, 2017), o segundo maior exportador (PEIXOTO, 2014) e a sexta atividade de maior geração de renda na economia agropecuária nacional (CONAB, 2016).

Esta cultura é considerada um dos principais “commodities” agrícolas, segundo a CONAB (2019), sendo um dos pilares da economia agropecuária do país e o segundo principal grão em termos de valor e importância. O Brasil destaca-se, atualmente, como um dos maiores produtores mundiais de milho (*Zea mays*), com produção total estimada em 98,7 milhões de toneladas e produtividade média em torno de 5,3t ha⁻¹ nas safras 2019/2020 (Conab, 2020).

Para se obter rendimentos ainda maiores na cultura do milho, são feitos diversos tratamentos culturais, ano após ano, afim de incrementar produtividade e qualidade ao produto. Nesta perspectiva, na última década, tem-se produzindo diversos estudos sobre os bioestimulantes, estes que são definidos, segundo Santos et al. (2013), como substâncias naturais ou sintéticas que se origina da mistura de dois ou mais biorreguladores, ou dos mesmos com aminoácidos, nutrientes e vitaminas. Estes funcionam como ativadores no metabolismo das células, dão mais vigor ao sistema imunológico, reativam processos fisiológicos em diferentes períodos de desenvolvimento da planta, estimulam o desenvolvimento radicular, conduz a planta à formação de novos brotos, melhorando tanto a qualidade, quanto a maior produção do produto (COSTA, 2010).

Esses bioestimulantes apresentam grande importância, justamente, por apresentar uma abordagem inovadora para a regulação e/ou modificação dos processos fisiológicos das plantas, por intermédio de estímulo do crescimento, aumento da produção e diminuição do estresse hídrico, além de outros efeitos benéficos como os inseticidas presentes destes produtos, o que justificam o estudo e utilização dos mesmos.

Afim de compensar a necessidade de um monitoramento e manejo de grandes áreas agrícolas de forma mais prática e tecnológica, os sistemas de sensoriamento remoto se apresentam como uma alternativa bastante interessante, pois trata-se de um conjunto de compostos de uma plataforma, tendo dentro desta sensores que detectam a radiação eletromagnética (REM) emitida e / ou refletida por objetos na superfície da terra (FORMAGGIO, 2017). Este sistema é capaz de captar imagens de grandes áreas e, a partir do

processamento destas, é capaz de diagnosticar diversos atributos, como condição hídrica e fisiológica, bem como identificar plantas daninhas e processos erosivos.

Segundo Hunt e Daughtry (2018), o uso de sensores embutidos em VANTs para monitorar safras de produção de grãos, tem aumentado nos últimos anos. Os veículos não tripuláveis possibilitam a minimização de custos, além de sua utilização apresentar vantagens como amostragem a baixas altitudes, o que possibilita a aquisição de dados com melhor resolução para o processamento das imagens; imageamento sob demanda e possibilidade de se usar sensores com as mais diversas configurações, como aqueles que possuem apenas bandas do RGB (espectro visível).

Diante do exposto, poder-se-ia através de um sensor RGB, coletando apenas imagens nas bandas vermelho, verde e azul, devidamente processadas, identificar diferentes tratamentos dentro de uma determinada área? E ainda, seria possível correlacionar os dados obtidos através dos índices de vegetação com dados fisiológicos de plantas, através do índice, obtidos de maneira convencional, e ao final haver uma correlação com a produtividade?

Nesta perspectiva, o objetivo geral do presente trabalho foi realizar uma análise espaço-temporal da cobertura vegetal de uma plantação de milho submetida à diferentes doses de bioestimulante, em tempos fenológicos distintos, por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

E os objetivos específicos foram verificar se os índices de vegetação trabalhados promovem a identificação dos tratamentos do experimento. E ainda, verificar se existe correlação entre os dados obtidos através de imagens aéreas, utilizando dos índices de vegetação, com a clorofila e a produtividade da cultura do milho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a compreensão do estudo, é necessário uma série de conceitos e fórmulas a respeito do sensoriamento remoto e da cultura do milho. Os tópicos a seguir apresentam um compilado dos principais conceitos de diversos autores, desde a botânica até a física, que contribuíram para o uso e compreensão dos índices vegetais.

2.1 A CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poácea, à subfamília Panicoidae, à tribo Maydae, ao gênero *Zea* que se divide em dois subgêneros: *Luxuriantes* e *Zea*. Sendo uma

espécie distinta dentro do subgênero *Zea*, juntamente com outras três subespécies (EMBRAPA, 2015).

Esta espécie é classificada como uma planta C-4, sendo uma espécie anual, estival, cespitosa, ereta, com baixo afilamento, monoico-monoclina, com uma ótima faixa de adaptação a diferentes condições de ambiente. Para que a cultura tenha seu máximo potencial produtivo atingido é necessário temperaturas entre 24° e 30° C, disponibilidade hídrica do solo adequada para atender a cultura, e elevada radiação solar (BARROS e CALADO, 2005)

Atualmente, a maior parte do milho cultivado provém de sementes híbridas obtidas periodicamente de produtores de sementes públicos e privados. O milho foi a primeira cultura a adotar a tecnologia de dominância híbrida definida como o fenômeno onde os cruzamentos se originam de híbridos e exibem melhores rendimentos (mais vigor e maiores quantidades) do que a média de seus genitores. (LERAYER et. al., 2013).

Este cereal possui diversas formas de consumo e aproveitamento, a demanda estimada pelo grão não para de aumentar a cada ano. A industrialização do milho é feita por moagem úmida ou seca, sendo a moagem a seco uma das variedades de milho mais utilizadas no país. (MACHADO, 2011).

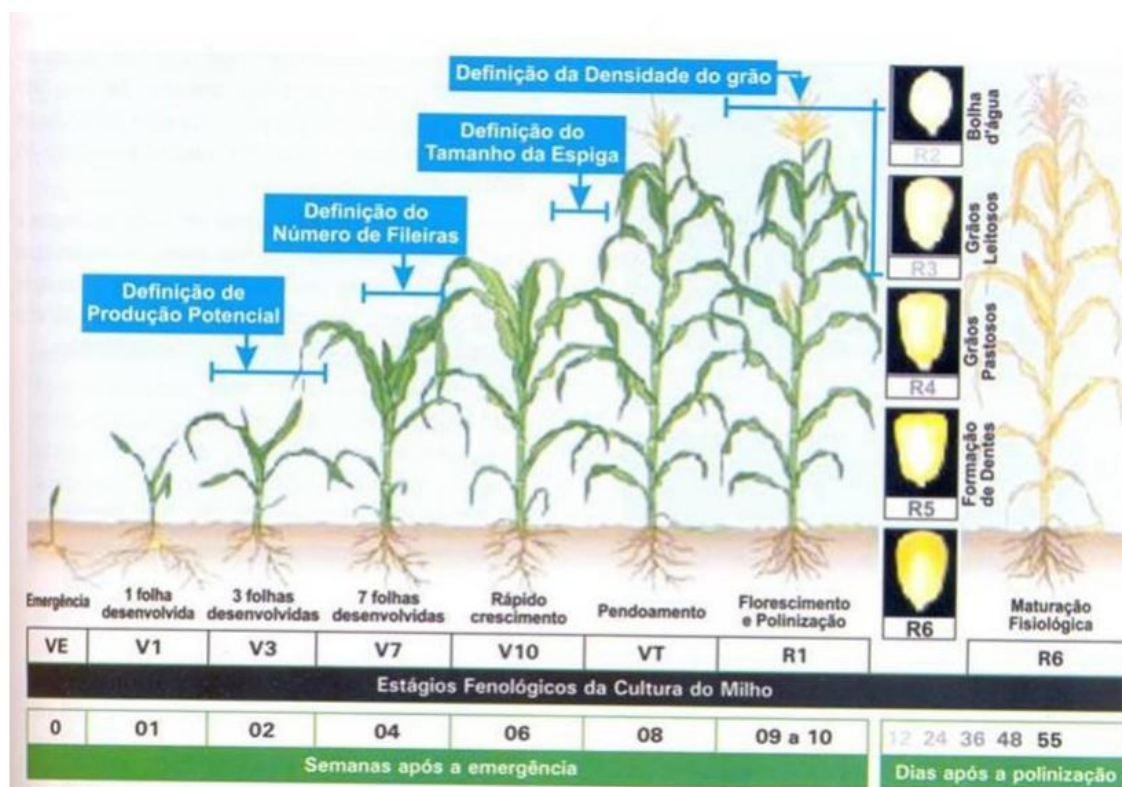
2.1.1 Fisiologia do milho

A semente do milho é classificada como cariopse, e apresenta três partes: o pericarpo, o endosperma e o embrião. O pericarpo trata-se de uma fina camada resistente, formada na parte mais externa da semente. O endosperma, por outro lado, está envolvido pelo pericarpo e apresenta maior volume, onde são reservados os carboidratos, e principalmente o amido. Na parte mais externa do endosperma, que está próximo ao pericarpo, está a camada de aleurona, que é rica em enzimas e proteínas, e possui função determinante no processo de germinação (ARAÚJO, 2017). O embrião está próximo ao endosperma e possui partes primitivas de todos os órgãos da planta desenvolvida (BARROS et. al, 2014).

De acordo com Fancelli, (2013), em território nacional, o milho apresenta um ciclo que varia de 110 a 160 dias, de acordo com a caracterização do genótipo plantado, podendo ser estes superprecoce, precoce ou tardio. Ainda, segundo o mesmo autor, os eventos fisiológicos do ciclo de vida do milho fornecem a firmeza e precisão nas ações de manejo da cultura. Os estágios posteriores do aparecimento das espigas são identificados pelo aparecimento da estrutura reprodutiva e consistência do grão.

A figura 1 e a tabela 1, mostram de maneira didática a fenologia do milho quanto a seus estádios de desenvolvimento.

Figura. 1. Fenologia do milho: estádios de desenvolvimento da cultura.



Fonte: Adaptado de FANCELLI (1989) e Iowa State University Extension (1993).

Tabela 1. Escala fenológica do milho (Fancelli, 1986, adaptada de Ritchie e Hanway, 1982 e Nel & Smit, 1978).

Estádio	Caracterização do estágio
	fase vegetativa
V0	V0 Germinação/emergência
V2	Emissão da 2ª folha
V4	Emissão da 4ª folha (1)
V6	Emissão da 6ª folha (2)
V8	Emissão da 8ª folha (3)
V12	Emissão da 12ª folha (4)
V14	Emissão da 14ª folha
	Fase Reprodutiva
VT	Emissão de pendão e abertura das flores masculi

R1	Florescimento pleno (5)
R1	Grãos leitosos
R3	Grãos pastosos
R4	Grãos farináceos
R5	Grãos farináceos duros
R6	Maturidade Fisiológica (6)

(1) Início da definição do potencial produtivo (2) Início da definição do número de fileiras não espiga (3) Início da definição da altura de planta e da espessura do colmo (4) Início da definição do número e tamanho de espiga (5) Início da confirmação da produtividade (6) Máxima produtividade (máximo acúmulo de matéria seca) e máximo vigor da semente (aparecimento do ponto preto na base do grão).

No estágio V0 a ocorrência de temperaturas e umidade adequadas favorecem o início do processo de germinação, que leva à liberação da estrutura embrionária contida na semente e ao início do crescimento da planta jovem. Em condições adequadas, a germinação do milho pode aparecer 6 a 10 dias após a semeadura. O processo de germinação da semente é desencadeado pela absorção (reidratação) e captação de oxigênio devido à diferença de potencial osmótico entre a semente e o meio ambiente (FANCELLI, 2013).

O estágio V3 é um dos mais críticos em questão de fatores do ambiente em que a planta está. O estágio de três folhas completamente desenvolvidas ocorre aproximadamente duas semanas após o plantio. Nesse estágio, o ponto de crescimento ainda está abaixo da superfície do solo e a planta ainda tem um caule malformado. Os pêlos da raiz do sistema radicular nodal estarão crescendo e o desenvolvimento. Todas as folhas e espigas que a planta irá produzir são formadas com V3. Portanto, é possível afirmar que a determinação do número máximo de grãos, bem como a definição do potencial de produção, é determinada nesta etapa (EMBRAPA, 2010).

O estágio V12 é frequentemente associado a 6 e 7 semanas após o aparecimento e é caracterizado pela presença de 85 a 90% das regiões foliares definidas (IAF crítico). Neste período ocorre elevada taxa de desenvolvimento do colmo, pendão e espiga, e aparecimento de raízes adventícias, nos nós mais próximos ao solo. A disponibilidade hídrica neste estágio é crucial para o rendimento produtivo da cultura (MAGALHÃES, 2002).

Estádio VT é caracterizado pela aparição do pendão, esta etapa coincide com 8 ou 9 semanas após a emergência, além disto, ocorre o crescimento acentuado dos estilos-estigmas. A produção de grãos pode ser dramaticamente afetada durante este período, dependendo da taxa de desfolhamento a que a planta está exposta. Portanto, a perda de 5-6 folhas superiores de uma planta durante a floração (antes e depois) reduz significativamente o rendimento da cultura,

principalmente devido a uma redução no número, tamanho e peso (densidade) e no total de grãos (Fancelli, 1988).

Os estádios R1 até o R6, se referem a de reprodução e maturação da planta. No R1 ocorre o florescimento e a polinização, e assim ocorrendo a fecundação dos óvulos. A fase R2 é caracterizada pelo acúmulo de açúcar solúvel no endosperma dos grãos, contribuindo para o seu aumento de massa (densidade). Os grãos no R2 são leitosos, e possuem grande importância para as lavouras destinadas a produção de sementes, pois é neste estágio que tem início os processos de diferenciação do coleótilo, da radícula e das folhas rudimentares (CRUZ, 2013).

Os estádios subsequentes, R3, R4, R5 e R6, são os estádios em que são caracterizados a maturação dos grãos da planta, passando de leitosos (R2) para grãos pastosos no estágio R3, onde a deposição de amido é bastante acentuada, depois para o R4, o qual dispõe de grãos farináceos, caracterizado pelo aparecimento da concavidade na parte superior do grão, comumente designada de “dente”. Após este processo, o grão irá ser transformado em grãos farináceos duros, na fase R5, no qual, além da queda acentuada no acúmulo de matéria orgânica e minerais nos grãos, poucas são as alterações que caracterizam esta etapa para indicar se as sementes estão morfológicamente maduras. E por fim o estágio R6, caracterizado pela maturidade fisiológica dos grãos, evidenciada a paralisação total de acúmulo de matéria seca nos grãos. Também é nesta fase em que os grãos se encontram com seu máximo peso seco, e possuem uma característica intrínseca que é um “ponto preto” que se forma no local da inserção do grão no sabugo. (EICHOLZ, 2020)

2.2 BIOESTIMULANTES

Os bioestimulantes são definidos, segundo Santos et al., 2013, como substâncias naturais ou sintéticas que se origina da mistura de dois ou mais biorreguladores, ou dos mesmos com aminoácidos, nutrientes e vitaminas. Estes funcionam como ativadores no metabolismo das células, dão mais vigor ao sistema imunológico, reativam processos fisiológicos em diferentes períodos de desenvolvimento da planta, estimulam o desenvolvimento radicular, conduz a planta à formação de novos brotos, melhorando tanto a qualidade, quanto a maior produção do produto (COSTA, 2010).

Dentre os bioestimulantes sintéticos, o mais usado é composto por auxina, citocinina e giberelina, fito-hormônios que ajudam a regular o crescimento das células vegetais, e ainda possui a capacidade de potencializar a absorção de água e nutrientes pelas plantas (Gonçalves et al., 2018).

Auxina foi o primeiro hormônio vegetal encontrado em plantas. isto é, este hormônio é formado nas pontas do tronco e das raízes e desempenha um papel importante no crescimento e desenvolvimento geral da planta, incluindo alongamento do caule, dominância apical, introdução de raízes e desenvolvimento de frutos. (TAIZ & POINTER, 2013).

As citocininas são hormônios vegetais encontrados nos tecidos, estes possuem alta atividade de divisão celular, além disto a auxina em junção com a citocinina são consideradas hormônios vital importância para a planta (FREITAG, 2014). Tanto as citocininas quanto as auxinas regulam o ciclo celular e são necessárias para a divisão celular. Este hormônio também está ligado ao recrutamento de nutrientes, envelhecimento da folha, desenvolvimento da flor, fotossíntese e crescimento da raiz (TAIZ & ZEIGER, 2013).

O hormônio vegetal Giberelina, segundo Oliveira (2019), foi o segundo grupo de hormônios identificado, ela promove o desenvolvimento fisiológico das plantas e possui atuação em diversas áreas do crescimento vegetal. As giberelinas possuem papel determinante nas alterações fisiológicas de floração, da expressão sexual, abscisão, germinação e a quebra de dormência, as mesmas são sintetizadas nos ápices caulinar e radicular (VIEIRA et al., 2010).

Dentre os bioestimulantes naturais, tem-se o ácido pirolenhoso, que se trata de um líquido obtido através da condensação da fumaça durante o processo da carbonização da madeira para a produção do carvão vegetal, este líquido possui uma coloração escura e forte odor amadeirado (SCHNITZER et al., 2010). Este líquido apresenta vários componentes químicos incluindo: Cetonas; Ésteres; Aldeídos; compartilha o ácido acético com o ácido propanoico; Metanol; Alcatrões solúveis e insolúveis; Cadeias fenólicas (de alcatrão). (LOO et al., 2008; CAMPOS, 2007).

O ácido pirolenhoso apresenta efeitos positivos no combate a infestações de pulgões, trips, ácaros, mosca das frutas e diversas outras pragas, além disto, ainda funciona como repelente para pássaros, morcegos e roedores (ENCARNAÇÃO, 2001). Quando diluído, nas proporções corretas, pode ser pulverizado na parte aérea das plantas, tornando-as mais vigorosas, como também apresenta melhoras na qualidade do produto quanto ao tamanho, coloração, sabor e durabilidade. (MIYASAKA et al., 1999).

Dentre os principais compostos bioestimulantes vegetais se destaca o extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*), este possui uma complexa matriz de macro e micronutrientes, além de aminoácidos, oligossacarídeos e hormônios vegetais, sendo os principais hormônios as citocininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas, betaínas e alginatos (MACKINNON et al., 2010).

Os produtos obtidos a partir do extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, vem sendo utilizado como bioestimulantes em diversas culturas agrícolas. Na Europa já é frequente o uso destes produtos via aplicação foliar ou no solo, inclusive na agricultura orgânica (IGNA, 2010). Dados os benefícios decorrentes do uso de algas marinhas, as pesquisas agronômicas têm se estendido para elucidar os mecanismos de ação nas plantas (BIOCAMPO, 2009).

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO

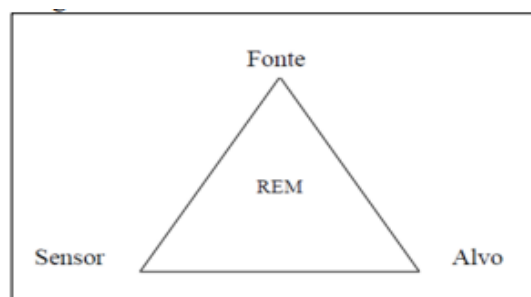
Assim como define o National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), em 2018, o sensoriamento remoto trata-se da ciência responsável por se obter informações sobre determinados objetos ou áreas à distância, utilizando-se de meios tecnológicos como aeronaves ou satélites.

O sensoriamento remoto para uso na agricultura vem sendo estudado desde a década de 1970. Segundo Formaggio e Sanches (2017), existem basicamente duas variáveis para uma determinada cultura agrícola ou para um conjunto de culturas em uma área de interesse, que pode variar do nível de município, Estado, país ou continente, que são: a quantidade de área plantada e a produtividade. E diante desta questão, o sensoriamento remoto entra como uma variável bastante interessante.

2.3.1 Princípios do sensoriamento remoto

O sensoriamento tem como base princípios físicos estudados na natureza. A figura 2 mostra um dos principais elementos para que se possa gerar informações através do sensoriamento remoto.

Figura 2. Estrutura fundamental do SR.



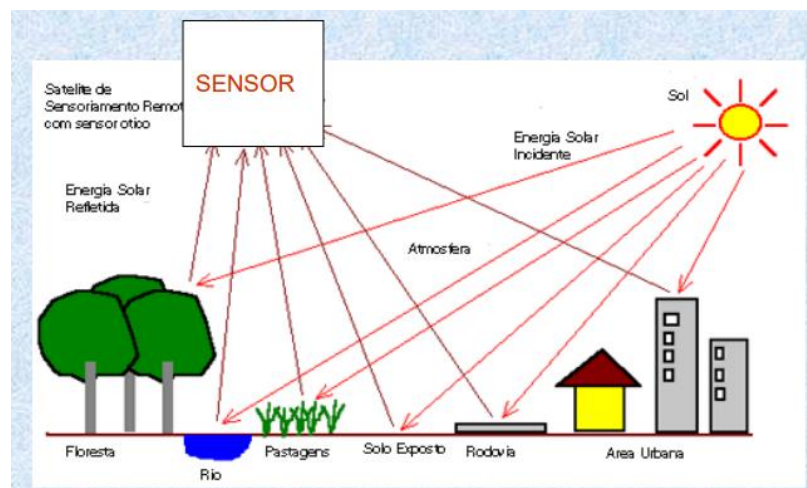
Fonte: Novo e Ponzoni (2001)

A radiação eletromagnética (REM) é a peça chave que liga todos os outros do vértice do triângulo. Todos os materiais da superfície terrestre que possuam temperatura maior que zero absoluto (0°K) podem emitir, refletir, transmitir ou absorver seletivamente Radiação

Eletromagnética – REM (COSTA, 2018). A maior fonte de REM encontrada e utilizada para técnicas e estudos de sensoriamento remoto é o Sol.

O sensor é qualquer dispositivo que pode detectar e registrar o REM refletido ou emitido por um objeto, também chamado de alvo, do qual as informações são extraídas (NOVO; PONZONI, 2001). Os sensores podem ser categorizados com base na fonte de energia ou tipo de produto sendo produzido, e os sensores usados para monitoramento da vegetação são categorizados como sistemas de imagem passivos. São imagens porque os produtos obtidos do REM refletido consistem em imagens ou fotografias, em vez de dados numéricos. E são passivos porque exigem uma fonte externa de REM, como o sol (KNOLL, 2019).

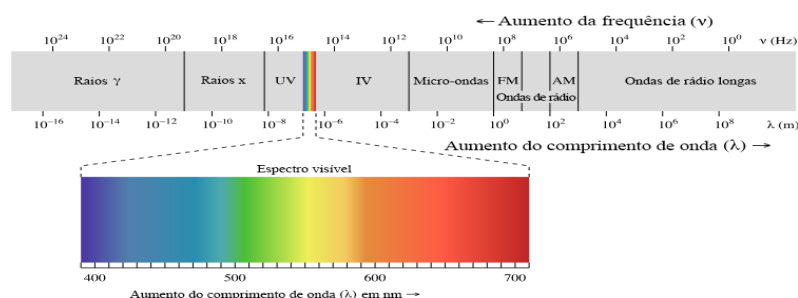
Figura 3. Esquema da interação Rem, sensor, fonte e alvo.



Fonte: UFPR, 2010.

Uma representação contínua da radiação eletromagnética em termos de comprimento de onda, frequência ou energia é chamada de espectro eletromagnético. O espectro eletromagnético é dividido em bandas que representam regiões com características únicas em termos de processo de detecção de energia física (ROSENDO, 2005), como pode-se observar a seguir na figura 4.

Figura 4. Esquematisação das frequências de ondas eletromagnéticas



Fonte: UC Davis ChemWiki, CC-BY-NC-SA 3.0

Segundo Rosendo (2005), entre essas subdivisões do espectro eletromagnético, os intervalos mais comuns usados em sensoriamento remoto incluem visível, infravermelho próximo, infravermelho médio, infravermelho distante e micro-ondas.

A intensidade média do fluxo radiante refletido é derivada de todas as intensidades infinitas que vêm de cada um dos pontos infinitos na superfície e é chamada de radiância (L). É também denominado L_λ , pois permite medir qualquer comprimento de onda ou uma região específica do espectro eletromagnético (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010).

No instante em que a radiação advinda do sol, incide na atmosfera, parte dessa radiação é refletida e/ou espalhada pelas camadas da atmosfera, enquanto outra parte atravessa a atmosfera e atinge o alvo, a partir deste momento é possível observar três fenômenos que ocorrem com um fluxo de REM ao interagir com um alvo, e que apresentam fundamental importância para o Sensoriamento Remoto, segundo Rosendo (2005):

Reflectância: trata-se de um quociente entre o fluxo de radiação refletida pelo alvo e o fluxo de radiação eletromagnética que nele incide, demonstrado na seguinte equação:

$$P = \frac{\varphi_r}{\varphi_i}$$

Em que: ρ = é a reflectância;

φ_r = é o fluxo de radiação refletido;

φ_i = é o fluxo de radiação incidente.

Transmitância: o fluxo de radiação que é transmitido pelo alvo, este valor é dividido pelo fluxo de radiação incidente sobre o mesmo, conforme a seguinte expressão:

$$P = \frac{\varphi_t}{\varphi_i}$$

Em que: ρ = é a reflectância;

φ_t = é o fluxo de radiação transmitido;

φ_i = é o fluxo de radiação incidente;

E por fim a Absorbância: cujo resultado é gerado através da razão entre o fluxo de radiação absorvido pelo alvo dividido pelo fluxo de radiação incidente:

$$P = \frac{\varphi_a}{\varphi_i}$$

Em que: ρ = é a reflectância;

φ_a = é o fluxo de radiação absorvido;

φ_i = é o fluxo de radiação incidente

Dentre tais expressões, segundo Moreira (2003), é por meio da absorbância que um especialista em SR tem a base para tomar as corretas decisões quando trabalhar com determinada cultura agrícola. Entretanto, Rosendo (2005) ressalta que quando se trata de imagens obtidas por sensoriamento remoto orbital ou suborbital, esta variável é melhor calculada pela quantificação da parte refletida, devido a limitações tecnológicas. Desta forma, o sensoriamento é feito por imagens obtidas através da radiação refletida dos objetos estudados.

2.3.2 Índices de vegetação

Para o sensoriamento remoto, a vegetação é um alvo complexo, segundo Epiphany et al. (1996), pois a mesma apresenta diferentes propriedades reflexas da folha dentro da mesma planta, múltiplos componentes refletores, heterogeneidade estrutural entre e dentro das plantas. Além do fato de estar em um substrato feito de solo por sua vez, apresentam propriedades de reflexão própria. Rosendo (2005) ressalta que as propriedades que aparecem nos espectros de reflexão, transmissão e absorção de uma placa são causadas especialmente pelos pigmentos, estruturas e água na solução.

Desta forma, as folhas das plantas a serem trabalhadas merecem destaque especial, comparado a outras partes da planta, pois é nas folhas que ocorrem a maior captação de luz na maioria das plantas, e a mesma possui uma organização para melhor aproveitamento de luz, de água e de ar, que são os componentes fundamentais da fotossíntese. (Moreira e Assunção, 1984).

Os Índices de vegetação são índices derivados de um algoritmo matemático projetado para melhorar a presença de vegetação em uma imagem sem distorcer as propriedades físico-químicas do conteúdo original e refletância. O índice espectral pode ser definido como a razão entre duas ou mais bandas espectrais. O objetivo é destacar as diferenças entre essas bandas e identificar alvos específicos. (KNOLL, 2019).

Os cálculos para os índices mais usados são baseados nos espectros que vão da banda do visível até o infravermelho. Dentre as bandas mais utilizadas, o infravermelho e o infravermelho próximo são as mais estudadas. Segundo o INPE (2006) o infravermelho cobre

a radiação com comprimentos de onda de 0,75 µm a 1,0 µm e é facilmente absorvido pela maioria das substâncias, causando um efeito térmico de aquecimento.

O índice vegetal mais conhecido e estudado é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, este que foi proposto por Rouse et al. (1973), que normalizaram a razão simples para o intervalo de -1 a +1, propondo o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (do inglês Normalized Difference Vegetation Index - NDVI). Demonstrado na fórmula a seguir:

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V}$$

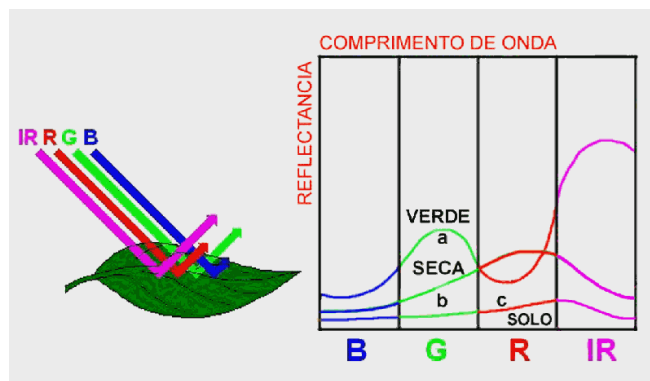
Em que: ρ_{IVP} é o Fator de Reflectância Bidirecional;

(FRB) para a banda do infravermelho próximo (IVP);

ρ_V é o FRB para a banda do vermelho (V).

Na figura 5 pode-se observar o comportamento das ondas de radiação em relação ao conteúdo vegetal do alvo.

Figura 5. Comportamento espectral no vegetal.



Fonte: INPE, 2013.

Quando se analisa a assinatura espectral da folha verde na figura 5, pode-se explicar as razões para as variações encontradas: na banda visível (B, G e R), a pequena reflectância resulta da maior absortância, e é produzida por pigmentos da folha (clorofila, xantofila e carotenos) enquanto que na banda infravermelha (IR), a maior reflectância é um produto da interação da radiação com a estrutura celular superficial da folha. Duas características notáveis resultam dessa assinatura espectral que são:

1. A aparência verde da folha, e por extensão da vegetação, está relacionada com a sua maior reflectância nessa banda (G) e é produzida pela clorofila.
2. A maior taxa de reflectância na banda infravermelha (IR) que está relacionada com os aspectos fisiológicos da folha e varia com o seu conteúdo de água na estrutura celular

superficial; desta forma, é um forte indicador de sua natureza, estágio de desenvolvimento, sanidade. (INPE, 2013)

A compreensão dos reflexos foliares levou a vários IVs para quantificar parâmetros agrícolas, como área foliar, cobertura vegetal, biomassa, tipo de cultura, estado nutricional e produtividade (HATFIELD et al., 2008). Segundo CEREZINI et al., (2016); KUIAWSKI et al., (2017), no atual momento, NDVI, EVI (Enhanced Vegetation Index; Enhanced Vegetation Index em português) e SR (Simple Ratio; RS-Simple Ratio em português) são os IVs mais comuns usados para avaliar parâmetros fisiológicos, biofísicos (YIHYUN KIM et al., 2012), temporais no cultivo da cultura da soja (BENEDUZZI et al., 2017), e até em variabilidade espacial, segundo Crusiol et.al. (2017).

Avanços recentes na tecnologia e no desenvolvimento de novos dispositivos levaram a outros IVs, baseados no espectro visível (RGB), estão sendo desenvolvidos cada um com determinadas finalidade de uso e aplicações (ABRANTES, 2019). O autor salienta que a aquisição de dados utilizando os índices vegetais baseados no espectro visível possui a vantagem o baixo custo para aquisição e a leveza de seus equipamentos. Os índices de vegetação de imagens RGB são presumidamente independentes da arquitetura da planta. Diferentemente do NDVI, índices RGB descrevem apenas as propriedades do espectro Visível, que é dependente da refletância de pigmentos da superfície do dossel fotografado. (RIGON et al., 2016).

Tabela 2. Principais índices de vegetação RGB utilizados no manejo agrícola.

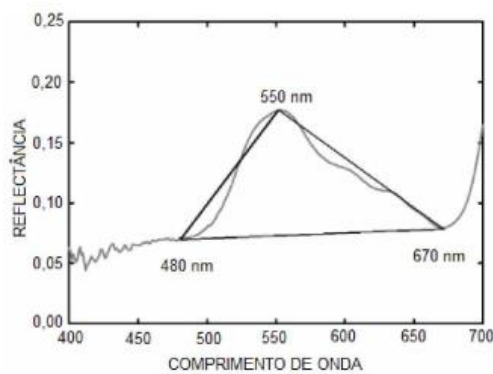
Nome do índice	Sigla	Fórmula	Autores
Excess Green Index	ExG	$(2 \times g) - r - b / (r + g + b)$	Woebbecke et al. (1995)
Ground Level Image Analy	GLI	$((g-r) + (g-b)) / (r + g + b)$	Louhaichi et al. (2001)
Visible Atmospherically Resi Index	VARIgre	$(R_g - R_r) / (R_g + R_r - R_b)$	Gitelson et al. (2002)
Normalized green-Red Differ Index	NGRDI	$(g-r) / (g+r)$	Hunt Júnior et al. (2005)
Triangular Greenness Ind	TGI	$TGI = GREEN - 0.39 * R - 0.61 * BLUE$	Hunt Jr. Et al. (2011)
Soil- -Adjusted Vegetation In SAVI	SAVI	$1.5 * (G - R) / (G + R + 0.5)$	Adaptado Li et. al. (2010)

Fonte: Autor, 2021.

O Triangular Greenness Index (TGI, do português Índice de Verde Triangular), é um índice que possui a capacidade de obter informações durante todo o período de crescimento da

planta, e de acordo com Hunt Jr. Et al. (2011), ele é definido como a área de um triângulo no qual seus vértices são determinados pelos sinais de reflectância do vermelho, verde e azul (Figura 6), e foi produzido com base nessa área triangular envolvendo as características espectrais da clorofila.

Figura 4. Demonstração do TGI no gráfico de reflectância



Fonte: Hunt Jr, et. al., 2011

Logo, segundo McKinnon e Hoff (2017) depois de analisar o sensor de uma câmera CMOS e considerar os seus comprimentos de ondas, normalizados pelo sinal do verde, pode-se descrever a equação do TGI como demonstrada na fórmula:

$$\text{TGI} = \text{GREEN} - 0.39 * \text{RED} - 0.61 * \text{BLUE}$$

De acordo com RIBEIRO-GOMES et al. (2017), embora tenha-se acesso os dados brutos da imagem, a instabilidade do sensor e a flutuação da resposta de em diferentes temperaturas ainda são fatores agravantes. Neste contexto, as aplicações dos índices de vegetação utilizando RGB se faz uma boa alternativa visto que a utilização de VANT's utilizando essas câmeras são menos afetados pelos efeitos atmosféricos e se concentram mais em um alvo (BALLESTEROS et al., 2018).

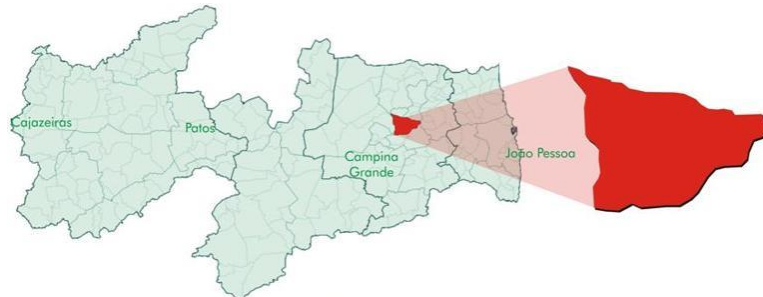
3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO

Os trabalhos foram realizados no ano agrícola 2020, no período chuvoso, na Fazenda Experimental Chã-de-Jardim (Figura 8), Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, no município de Areia-PB (Figura 7), localizado na microrregião geográfica do brejo paraibano, sob as coordenadas geográficas 6° 58' 12" S e 35° 42' 15" W, 623 m. Segundo Köppen, o clima é As', quente e úmido com chuvas de outono-inverno e precipitações médias anuais de 1.200 a 1.400 mm, sendo que mais de 75% estão concentradas nos meses de março-

agosto, temperatura média anual oscilando entre 22 a 26 °C e umidade relativa do ar entre 75 a 87% (Peel et al., 2007).

Figura 7. Município de Areia no mapa da Paraíba.



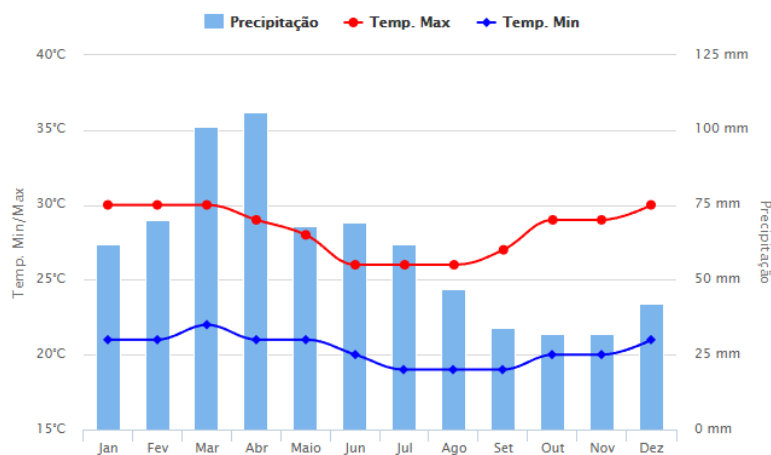
Fonte: Governo da Paraíba.

Figura 8. Área experimental



Fonte: Autor, 2020.

A distribuição pluviométrica da cidade de Areia – PB segue o modelo demonstrado na figura 9, utilizando dados de médias referentes a 30 anos de observação.

Figura 9. Distribuição pluviométrica da cidade de Areia - PB

Fonte: Clima tempo.

Os ensaios foram conduzidos em Latossolo Amarelo Distrófico Típico, textura média, classificado segundo EMBRAPA (2018), cuja característica textural é argilo-arenosa com 386,23 de argila; 77,19 de silte e 536,58 g.kg⁻¹ de areia.

A adubação e calagem foram realizadas de acordo com a análise de solo que foi realizada antes da instalação do experimento, de acordo com o manual de adubação do estado do Pernambuco (CAVALCANTE et.al., 2008), sendo esse uma referência para o estado da Paraíba.

A cultivar de milho utilizada foi o Híbrido AG1051 (Monsanto®), de ciclo superprecoce, porte baixo, grãos duros e alaranjados.

3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial (3x4x3) + 1 (testemunha), com quatro repetições, totalizando 147 unidades experimentais. O primeiro fator é constituído de três bioestimulantes naturais (Cinetina; Ácido Giberélico; Ácido Indol-butírico), Extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*), e Extrato Pirolenhoso, o segundo de quatro doses dos mesmos de forma isolada (0, 2, 4, 6 e 8 g/L), a solução foi diluída na proporção de 100 L/ha, e o terceiro de três fases de aplicações dos produtos: 1) V0, 2) V3, 3) V8, Os produtos foram aplicados a partir das 16:00 horas da tarde, sendo horário mais recomendado para redução de perdas, e manualmente através de pulverizador costal de 20 litros de capacidade.

Os tratamentos ficaram dispostos da seguinte forma:

Tabela 3. Lista de tratamentos

1 - P1D1F1	20 - P2D3F2
2 - P1D1F2	21 - P2D3F3
3 - P1D1F3	22-P2D4F1
4 - P1D2F1	23 - P2D4F2
5- P1D2F2	24 - P2D4F3
6- P1D2F3	25 - P3D1F1
7- P1D3F1	26 - P3D1F2
8- P1D3F2	27- P3D1F3
9- P1D3F3	28 - P3D2F1
10 - P1D4F1	29 - P3D2F2
11- P1D4F2	30 - P3D2F3
12 - P1D4F3	31-P3D3F1
13 - P2D1F1	32 - P3D3F2
14 - P2D1F2	33 - P3D3F3
15 - P2D1F3	34 - P4D4F1
16 - P2D2F1	35 - P4D4F2
17- P2D2F2	36 - P4D4F3
18 - P2D2F3	37 – Testemunha
19 - P2D3F1	

Em que:

{P (3) Doses (4) x Fases (3)} + 1 (Testemunha);

Produtos (P): Ext. Pirolenhoso (P1); Ext. Algas (P2); e Cinetina; Ácido Giberélico; Ácido Indol-butírico ® (P3);

Doses (D): 2 (D1), 4 (D2), 6 (D3) e 8 (D4) g/L;

Fases (F): Sementes (F1); V3 (F2); V8 (F3).

Cada parcela foi constituída por quatro linhas com 5 m de comprimento, e espaçamento entre linha de 0,5 m totalizando 10 m², sendo a área útil de cada parcela para as avaliações de 4,0 m² e área útil total de 1920 m², uma vez que será descartada uma linha de cada lado da parcela principal e 0,5 m em cada extremidade.

Para fins de processamento de imagem, foram delimitadas áreas úteis da parcela, desconsiderando as “bordas”, afim de permitir uma melhor acuraria dos resultados. A área delimitada compreende as dimensões de 4 m x 1,20 m, conseguindo desta forma cobrir todo o espaço preenchido por plantas dentro da parcela. Este mecanismo é mostrado nas imagens 9 e 10, a seguir:

Figura 10. Delimitação da área processada



Fonte: Autor, 2021.

Figura 11. Parcela delimitada



Fonte: Autor, 2021.

Os dados coletados foram referentes a produtividade, para tal, as espigas foram colhidas manualmente, secas ao sol e debulhadas. Posteriormente, fez-se a pesagem; determinou-se a umidade dos grãos, que teve seu conteúdo ajustado para 13%, sendo o rendimento expresso em kg/ha (ARAÚJO et al., 2016).

Foram coletados índices de clorofila A, B, e clorofila total nas plantas, com auxílio de um clorofilog portátil, modelo SPAD 502, coletando dez amostras aleatoriamente dentro das parcelas para obtenção da média (MIRANDA et al., 2018).

3.2.1 Aquisição das imagens

As imagens aéreas foram obtidas com uso de um VANT da marca **DJI®** modelo Phantom4 e câmera do próprio VANT, configurada para a captação de imagens na banda do visível (RGB).

As imagens são apresentadas no sentido norte-sul dos experimentos, bem como localização das parcelas e recolhidas no período entre 11:00 AM e 12:00 AM, para evitar diferença radiométrica, buscando não interferir no resultado. Feitas a 50 m de altura.

Foi feito, ao todo, 7 coletas de imagens durante o ciclo do milho, desde o plantio até a colheita.

Tabela 4. Datas em que foram adquiridas as imagens em campo

Datas	Dias após plantio
25/04/2020	15
07/05/2	27
13/05/2020	33
25/05/2020	45
31/05/2020	51
06/06/2020	58
14/06/2020	66

Fonte: autor, 2021.

Estas imagens serão processadas através do uso do programa **AgisoftPhotoscan®** para geração do ortomosaico, feito conforme o seguinte procedimento:

I: foram importadas as imagens, com seus respectivos ângulos de altitude, determinados pelo sistema de navegação inercial (IMU).

II: Alinhamento de imagens: foram extraídos as características e os descritores correspondentes entre as imagens (Geotags). Após, calculou-se as posições das imagens entre si (orientação externa relativa) e com relação ao terreno (orientação externa absoluta), e determinou-se o modelo de nuvem de pontos esparsos.

III: Nuvem de pontos densa: baseado nas posições estimadas das imagens e nos pontos esparsos, foram determinados novos pontos de profundidade. Então, esses novos pontos foram combinados em uma nuvem de pontos densa;

IV: Construção do Ortofotomosaico: o ortomosaico foi exportado no sistema de coordenadas Universal Transverso de Mercator (UTM), Zona 22 S, no sistema de referência WGS84, com uma resolução espacial de 3 cm. O valor do ND do pixel de saída foi obtido pelo cálculo da média dos valores sobrepostos;

V: Exportação do Ortofotomosaico: o ortomosaico da área do estudo foi exportado no formato Geotiff, com o mesmo sistema de referência e projeção cartográfica.

O ortomosaico, que foi o produto final da junção das imagens, foi trabalhado no **QGIS®** versão 3.4.15 with GRASS, para geração de mapas temáticos com a classificação dos índices de vegetação.

Utilizando-se do programa **QGIS®**, foi trabalhado os seguintes índices vegetais, calculados através da calculadora raster, utilizando-se apenas índices referentes as bandas RGB:

Tabela 5. Índices de vegetação trabalhados.

Índices de vegetação	Fórmula	Autores	Dados colet
Excess Green Index (EXG)	$(2 \times G) - R - B / (R + G + B)$	Woebbecke et al. (1995)	Valor mé
Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) adaptado	$((1 + L) \times (G - R)) / (L + G)$	Magalhães et. al. (2019)	Valor mé
Normalized green-Red Difference Index (NGRDI)	$(G - R) / (G + R)$	Yang et. al. (2008)	Valor mé
Triangular Greenness Index	$G - 0.39 \times R - 0.61 \times B$	Hunt Jr. et al. (2011)	Valor mé

Fonte: autor, 2021.

Os sete ortomosaicos foram trabalhados com os referidos índices acima listados, utilizando-se do programa **QGIS®**, e logo após foram extraídos os valores de cada porção delimitada em cada uma das parcelas, onde foram geradas planilhas exportadas para o Excel para que fosse feito os devidos procedimentos para a execução da estatística.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Após a obtenção dos dados das avaliações tanto das imagens quanto do teor de clorofila das plantas e da produtividade, os mesmos foram submetidos à análise de variância, teste de médias comparadas através do teste Scott-Knott 5% e análise de regressão. Logo após, foi feita a análise de correlação entre os dados de regressão dos índices de vegetação, com os dados de clorofila obtidos em campo, e com os dados de produtividade usando o *software* R Versão 3.6 (R Core Team, 2019).

4. RESULTADOS

Na tabela 6 estão relacionados os resultados referentes a análise de variância, no qual é demonstrado que as variáveis, índices de vegetação e dias após plantio foram significativos, bem como quanto aos índices e os tratamentos, em exceção do índice SAVI, o qual não apresentou diferença significativa. Quanto a interação índice x D*T não ocorreu significância em nenhum dos mesmos.

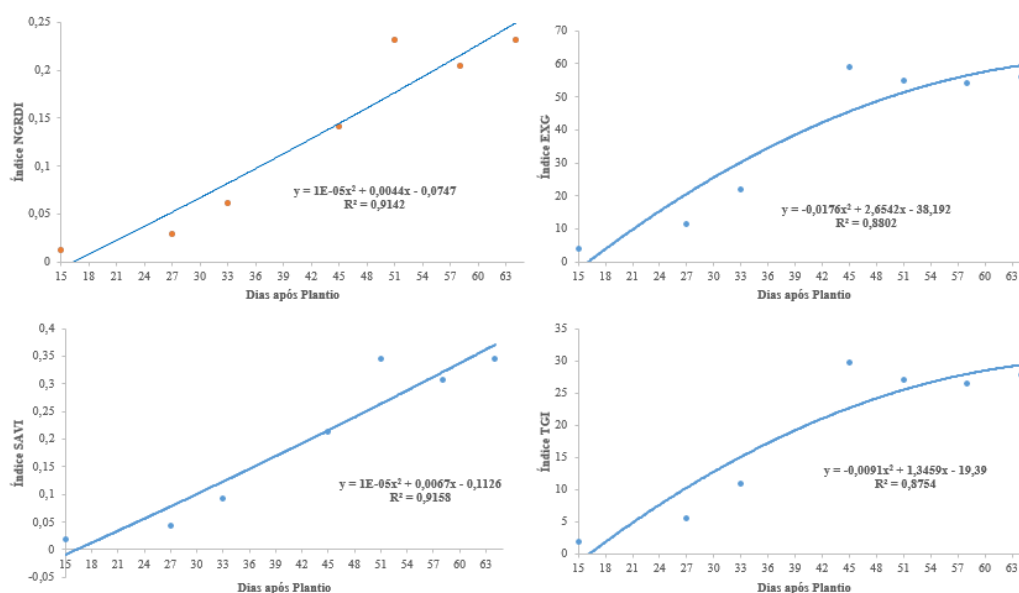
Tabela 6. Análise de variância

FV	GI	Quadrados Médios			
		NGRDI	EXG	SAVI	TGI
Dias após Plantio (D)	6	1,36 **	84881,75**	3,02**	20903,23**
Tratamentos (T)	36	0,003 **	144,74**	0,006**	39,66**
D * T	216	0,0004 NS	27,77 ^{NS}	0,001 ^{NS}	7,71 ^{NS}
Bloco	4	0,033	974,28	0,074	236,88
Erro	77	0,001	52,39	0,002	13,75
CV (%)		25,32	19,37	25,20	20,04

Fonte: autor, 2021

A figura a seguir demonstra o comportamento dos gráficos referente aos dias após plantio x índices, obtidos através do cálculo de regressão.

Figura 12. Comportamento das variáveis NGRDI, EXG, SAVI e TGI para o fator separado dias após plantio.



Fonte: autor, 2021.

Na figura 12 pode-se observar que os IV's NGRDI e o SAVI têm um comportamento quadrático aumentativo conforme os dias avaliados. Já o comportamento dos IV's EXG e TGI, Possui comportamento quadrático, com concavidade voltada para baixo, onde podemos

encontrar tanto o melhor dia para se avaliar o híbrido estudado quanto encontrar o máximo dos índices. Nesse sentido temos que para a variável EXG, o melhor dia para se usar o vant é aos 75 dias após o plantio, obtendo um índice máximo de 61,87 e para a variável TGI, o melhor dia de uso do drone é aos 74 dias após o plantio obtendo um índice máximo de 30,92.

Tabela 7. Médias para os tratamentos estudados para os índices NGRDI, EXG, SAVI e TGI

Tratamentos	NGRDI	EXG	SAVI	TGI
1 - P1D1F1	0,142 a	36,48 b	0,212 a	14,01 b
2 - P1D1F2	0,109 b	32,21 b	0,163 b	12,65 b
3 - P1D1F3	0,134 a	37,60 a	0,201 a	14,82 a
4 - P1D2F1	0,128 b	37,85 a	0,189 b	14,72 a
5- P1D2F2	0,135 a	36,35 b	0,201 a	14,25 b
6- P1D2F3	0,129 b	36,98 b	0,192 b	14,53 b
7- P1D3F1	0,130 b	35,19 b	0,193 b	13,62 b
8- P1D3F2	0,134 a	37,61 a	0,199 a	14,47 b
9- P1D3F3	0,130 b	39,33 a	0,194 b	15,64 a
10 - P1D4F1	0,113 b	34,06 b	0,169 b	13,32 b
11- P1D4F2	0,128 b	36,09 b	0,191 b	13,75 b
12 - P104F3	0,132 b	39,77 a	0,197 b	15,68 a
13 - P2D1F1	0,143 a	41,59 a	0,213 a	16,10 a
14 - P2D1F2	0,122 b	37,28 a	0,181 b	14,46 b
15 - P2D1F3	0,145 a	38,68 a	0,216 a	15,06 a
16 - P2D2F1	0,113 b	35,54 b	0,168 b	13,82 b
17- P2D2F2	0,143 a	38,55 a	0,213 a	15,46 a
18 - P2D2F3	0,144 a	42,38 a	0,214 a	16,63 a
19 - P2D3F1	0,122 b	38,28 a	0,182 b	14,89 a
20 - P2D3F2	0,127 b	37,96 a	0,189 b	14,95 a
21 - P2D3F3	0,142 a	40,68 a	0,212 a	15,72 a
22- P2D4F1	0,131 b	34,08 b	0,194 b	13,14 b
23 - P2D4F2	0,129 b	35,27 b	0,192 b	13,81 b
24 - P2D4F3	0,139 a	38,38 a	0,206 a	15,02 a
25 - P3D1F1	0,136 a	37,97 a	0,203 a	14,99 a
26 - P3D1F2	0,127 b	35,04 b	0,189 b	13,34 b
27- P3D1F3	0,114 b	34,00 b	0,171 b	13,41 b
28 - P3D2F1	0,155 a	40,47 a	0,230 a	16,00 a
29 - P3D2F2	0,125 b	39,23 a	0,186 b	15,21 a
30 - P3D2F3	0,144 a	38,64 a	0,215 a	15,11 a
31- P3D3F1	0,117 b	38,10 a	0,175 b	15,32 a
32 - P3D3F2	0,128 b	36,07 b	0,191 b	13,89 b
33 - P3D3F3	0,119 b	36,06 b	0,178 b	14,08 b
34 - P4D4F1	0,119 b	34,77 b	0,178 b	13,21 b
35 - P4D4F2	0,130 b	40,00 a	0,194 b	15,26 a
36 - P4D4F3	0,142 a	38,15 a	0,211 a	15,43 a
37 – Testemunha	0,126 b	36,00 b	0,187 b	13,87 b

Fonte: autor, 2021

Na tabela 7 estão dispostos os grupos identificados a partir de cada IV, observa-se que todos os índices tiveram diferença quanto aos tratamentos, e os mesmos os classificaram em dois grupos. Grupo “a” trata-se do grupo com os valores maiores, enquanto os grupos “b”, os valores menores, destacando que neste grupo está o tratamento controle. Os índices NGRDI e SAVI, apresentam bastante semelhança pois através da análise do teste Scott-Knott, ambos

classificaram igualmente os grupos “a” e “b” quantos aos tratamentos, apesar de apresentar valores distintos. Da mesma forma, comportou-se os índices EXG, e TGI, que agruparam quase todos os tratamentos semelhantemente.

Para todas as variáveis (índices) houveram grupos superiores ao grupo onde se encontra o tratamento controle, mostrando que esses índices podem ser usando para a verificação de diferenças estatística comparando diversos tratamentos.

Para os dados de clorofila, a análise de variância apresentou diferença significativa para as clorofilas A, B, e total, como mostra a tabela 10 abaixo.

Tabela 8. Análise de variância para as variáveis clorofila A, Clorofila B e Clorofila total.

FV	G	Quadrados Médios		
		Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total
Tratamento	3	4,85**	2,28**	12,11**
Blocos	3	1,28 ^{NS}	0,46 ^{NS}	2,11 ^{NS}
Erro	10	2,22	0,78	4,73
Total	14			
CV (%)		5,5	9,82	6,01

** Significativo a 1% de probabilidade segundo teste de F. FV: fonte de variação, GL: grau de liberdade.

Na tabela 9 estão dispostos os grupos classificatórios dos tratamentos resultantes da análise de Scott-Knott. Estes foram divididos em dois grupos quanto a clorofila A, grupo “a” e grupo “b”, onde o primeiro grupo é referente aos valores mais elevados de clorofila A, grupo em que a testemunha se encaixou. O segundo grupo, classifica os valores mais baixos da clorofila A, mostrando que para essa variável os tratamentos se comportaram de forma igual ou inferior ao grupo onde se encontra a testemunha.

Para a clorofila B, os tratamentos foram colocados em três grupos, “a”, “b” e “c”, da mesma forma da clorofila A, o grupo “c” correspondeu aos menores valores, e o “a” para os maiores valores. A clorofila total também teve três grupos de classificação, mas cada tratamento recebeu uma ordenação diferente, conforme mostra a tabela 8.

Tabela 9. Teste Scott-Knott nos valores de clorofila

Tratamentos	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total
1 - P1D1F1	24,45 b	7,81 c	32,26 c
2 - P1D1F2	24,87 b	8,15 c	33,02 c
3 - P1D1F3	26,97 a	9,30 b	36,27 b
4 - P1D2F1	27,62 a	8,75 c	36,37 b
5- P1D2F2	27,50 a	9,32 b	36,82 b
6- P1D2F3	26,17 b	8,22 c	34,40 c
7- P1D3F1	28,17 a	9,62 b	37,80 b
8- P1D3F2	25,32 b	8,12 c	33,45 c
9- P1D3F3	27,65 a	9,17 b	36,82 b
10 - P1D4F1	29,00 a	10,55 a	39,55 a
11- P1D4F2	26,02 b	9,12 b	35,15 c
12 - P104F3	27,92 a	9,65 b	37,57 b

13 - P2D1F1	26,85 a	8,20 c	35,05 c
14 - P2D1F2	26,80 a	9,87 b	36,67 b
15 - P2D1F3	27,20 a	8,67 c	35,87 b
16 - P2D2F1	28,17 a	8,87 c	37,05 b
17- P2D2F2	27,77 a	9,30 b	37,07 b
18 - P2D2F3	27,02 a	8,42 c	35,45 c
19 - P2D3F1	28,47 a	9,32 b	37,80 b
20 - P2D3F2	26,32 b	9,50 b	35,82 b
21 - P2D3F3	26,90 a	9,37 b	36,27 b
22 - P2D4F1	27,12 a	9,07 b	36,20 b
23 - P2D4F2	25,68 b	7,92 c	33,60 c
24 - P2D4F3	26,25 b	8,67 c	34,92 c
25 - P3D1F1	26,40 b	8,42 c	34,82 c
26 - P3D1F2	27,22 a	9,05 b	36,27 b
27- P3D1F3	27,80 a	9,25 b	37,05 b
28 - P3D2F1	30,27 a	11,60 a	41,87 a
29 - P3D2F2	27,52 a	8,87 c	36,40 b
30 - P3D2F3	26,50 b	8,75 c	35,25 c
31-P3D3F1	27,67 a	9,70 b	37,37 b
32 - P3D3F2	27,15 a	8,12 c	35,27 c
33 - P3D3F3	28,05 a	9,22 b	37,27 b
34 - P4D4F1	27,65 a	8,85 c	36,50 b
35 - P4D4F2	27,57 a	8,25 c	35,82 b
36 - P4D4F3	27,27 a	8,82 c	36,10 b
37 – Testemunha	27,25 a	9,85 b	37,10 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: autor, 2021

A clorofila total teve apenas dois tratamentos classificados no grupo de maior valor, o grupo “a”, que foram os tratamentos 10, e o 28. Estes tratamentos correspondem a P1D4F1 (Extrato pirolenhoso na dose de 8 g.L⁻¹ aplicado na semente), e P3D2F1 (Cinetina; Ácido Giberélico; Ácido Indol-butírico, na dose 4 g.L⁻¹). Por outro lado, 12 tratamentos (1, 2, 6, 8, 11, 13, 18, 23, 24, 25, 30, 32) tiveram valores de clorofila total abaixo do grupo o qual a testemunha participa.

Sob a análise de variância, tabela 10, a produtividade do milho apresentou diferença significativa entre os tratamentos, conforme pode ser visto na tabela 10.

Tabela 10. Análise de variância da produtividade

FV	GL	Quadrados médios	F
Blocos	3	13265,53	1,45 ^{NS}
Tratamentos	36	1282496,57	140,24 ^{**}
Resíduo	108	9145,04	
Total	147		
CV (%)		3,35	

^{**} Significativo a 1% de probabilidade segundo teste de F. FV: fonte de variação, GL: grau de liberdade.

Fonte: autor, 2021.

Verificados as diferenças estatísticas para a produtividade, procedeu-se os desdobramentos das medias pelo teste de Scott-Knott, ficando evidente a influência dos bioestimulantes na cultura do milho, quanto ao aspecto da produtividade.

Tabela 11. Produtividade classificada através de método estatístico Scott-Knott

Tratamentos	Produtividades (kg/Ha)
1 - P1D1F1	2578,7 h
2 - P1D1F2	2060,2 j
3 - P1D1F3	3721,67 b
4 - P1D2F1	2835,82 g
5- P1D2F2	2628,02 h
6- P1D2F3	2763,02 g
7- P1D3F1	3072,15 f
8- P1D3F2	2976,25 f
9- P1D3F3	2696,67 h
10 - P1D4F1	3744,12 b
11- P1D4F2	3782,00 b
12 - P104F3	2866,67 g
13 - P2D1F1	2785,82 g
14 - P2D1F2	2624,47 h
15 - P2D1F3	2624,47 h
16 - P2D2F1	1409,00 i
17- P2D2F2	3019,17 f
18 - P2D2F3	2513,00 h
19 - P2D3F1	2069,22 j
20 - P2D3F2	2543,70 h
21 - P2D3F3	2867,50 g
22-P2D4F1	3172,50 e
23 - P2D4F2	2069,50 j
24 - P2D4F3	2341,47 i
25 - P3D1F1	2894,17 g
26 - P3D1F2	3766,65 b
27- P3D1F3	2282,30 i
28 - P3D2F1	3063,55 f
29 - P3D2F2	2560,15 h
30 - P3D2F3	2670,02 h
31-P3D3F1	3289,15 d
32 - P3D3F2	2637,62 h
33 - P3D3F3	4247,50 a
34 - P4D4F1	3491,67 c
35 - P4D4F2	3036,97 f
36 - P4D4F3	3332,47 d
37 – Testemunha	2576,55 h

Fonte: autor, 2021.

Foram obtidas 8 grupos com diferenças significativas entre si. O grupo “a” foi o que apresentou melhor desempenho produtivo, tendo apenas um tratamento, que foi o tratamento

33, correspondente ao produto a base de Cinetina; Ácido Giberélico; Ácido Indol-butírico na dose de 6 g/L aplicado na fase V8 da planta.

Já os tratamentos que foram classificados no grupo H, são os que mais se assemelharam a testemunha, visto que a esta se encontra no mesmo. Estes foram o tratamento 1 (P1D1F1), 5 (P1D2F2), 9 (P1D3F3), 14 (P2D1F2), 15 (P2D1F3), 18(P2D2F3), 20(P2D3F2), 29(P3D2F2), 30(P3D2F3), e 32(P3D3F2), não havendo influência dos produtos referentes a estes tratamentos.

Para os tratamentos 16 (P2D2F1) e 24(P2D4F3), observou-se uma produtividade abaixo da testemunha, ou seja, a forma de aplicação em conjunto do produto, teve um efeito negativo na produtividade do milho. Os demais tratamentos classificados subsequentes ao do grupo H (grupo “i” e grupo “j”), apresentaram efeitos positivos na sua produtividade.

Os tratamentos classificados no grupo “b” foram o 10 (P1D4F1), 11 (P1D4F2), e o 26 (P3D1F2). Estes, apesar de não ter tido o melhor desempenho, apresentaram resultados bastante expressivos quando comparados a testemunha.

Na tabela 12, apresenta-se os dados da correlação de Pearson referente aos índices trabalhados, as clorofilas A, B e total, assim como a produtividade do milho.

Tabela 12. Correlação de Pearson para todas as variáveis estudadas na presente pesquisa

	NGRDI	EXG	SAVI	TGI	CL A	CL B	CL Tot	PROD
NGRDI	1							
EXG	0,67	1						
SAVI	0,99	0,68	1					
TGI	0,66	0,97	0,66	1				
CL A	0,04	0,16	0,04	0,2	1			
CL B	0,34	0,14	0,34	0,08	0,53	1		
CL Tot	0,50	0,29	0,46	0,22	0,54	0,55	1	
PROD	0,12	0,02	0,13	0,04	0,19	0,31	0,45	1

Fonte: autor, 2021

A correlação entre os índices NGRDI e SAVI apresentam alta taxa de correlação, bem como os IV's TGI e EXG. Quanto a correlação entre os índices de vegetação e os valores de clorofila A tem-se valores insignificantes, a Clorofila B possui uma correlação razoável (média) frente aos índices NGRDI e SAVI. Quanto ao teor de clorofila total x índices, tem-se uma correlação de 50% com o NGRDI e 46% para o índice SAVI.

Observou-se ainda, uma correlação entre a produtividade e o teor de clorofila total de 45%, e quanto aos índices, os percentuais de correlação foram baixos, tendo tido o NGRDI e o SAVI os maiores valores comparados com os demais.

5. DISCUSSÃO

Os índices de vegetação demonstraram resultados significativos através do sensoriamento remoto na cultura do milho, nas condições do trabalho.

O índice NGRDI, apresentado no gráfico da figura 12, demonstra o crescente aumento dos valores, resultantes da média da soma dos pixels da imagem processada, indicando um grande aumento da biomassa verde das plantas de milho. Do mesmo modo, Hunt et al. (2005), apresenta em seu trabalho a alta correlação entre seus resultados com o IV NGRDI e os valores de biomassa verde do milho, soja e alfafa. Além disto, assim como os demais, o NGRDI identificou dois grupos dentre os 37 tratamentos.

O SAVI, apesar de valores diferentes, classificou os tratamentos exatamente igual ao índice NGRDI. O SAVI adaptado utilizado neste trabalho possui alta correlação com o índice NGRDI (MAGALHÃES, 2019), este autor ainda ressalta que este novo índice apresentou melhor correlação com o verde na imagem. Porém, no presente trabalho, os dois apresentaram iguais resultados quanto a identificação da vegetação.

Da mesma forma e com tamanha semelhança, os índices EXG e TGI trabalharam de forma quase idênticas no processo de identificação dos tratamentos. Por serem índices com alta correlação com a banda verde, ambas tendem a realçar apenas a quantidade relativa de vegetação idealmente saudável e fotossinteticamente ativa (ABRANTES, 2019). Ambos os índices também identificaram seis tratamentos a mais que os outros 2 índices (NGRDI, SAVI).

Na tabela 9, onde os tratamentos que apresentaram maior teor de clorofila total foram 10 (P1D4F1) e o 28 (P3D2F1), referentes a dose de 8g/L do extrato pirolenhoso aplicado na semente, e a dose 4 g/L do produto a base de cinetina; ácido Giberélico; ácido Indol-butírico aplicado, também, na semente. Lacerda (2020), trabalhando com mudas de maracujazeiro, teve resultado positivo em relação ao teor de clorofila utilizando o mesmo produto quando aplicados em plântulas. De acordo com José (2016) em seu trabalho, as respostas da germinação em sementes tratadas com extrato pirolenhoso dependem da espécie e da dose, sendo observado em seus resultados que espécies de *E. dysenterica* em resposta à baixa concentração apresentaram maior taxa de germinação, e conseqüentemente menor tempo para a estabilizar a plântula, auxiliando na produção mais rápida de clorofila.

O melhor tratamento para produtividade foi na dose de 6 g/L do produto a base de cinetina; ácido Giberélico; ácido Indol-butírico, quando aplicado na fase V8 da planta do milho, apresentando uma média produtiva de 4247,50 kg/Ha. O que corrobora com Freitag (2010), em seu trabalho com o mesmo bioestimulante aplicados na parte aérea da planta, obteve resultados

positivos. Carvalho et al. (2016), também encontrou bons resultados na utilização deste bioestimulante quando aplicado em forma de pulverização na região aérea do milho, sendo os melhores tratamentos quando se utilizou-o em mistura com outros produtos.

Os tratamentos que apresentaram desempenho produtivo menor que a testemunha foram os referentes ao extrato de algas, na dose de 4 g/L aplicada na semente, e na dose de 6 g/L quando aplicada no estágio V8 da planta. Segundo Sivritep (2008), foi observado a inibição da germinação em sementes de pimenta quando aplicado doses do extrato de algas superior a 4 ml kg^{-1} . Já Gehling (2014), constatou em seu trabalho que a aplicação do bioestimulante supracitado realçou o desempenho agrônômico do trigo, quando aplicado a dose de $1,1 \text{ ml kg}^{-1}$.

Os tratamentos do grupo “b”, que tiveram resultados bem acima da testemunha, foram os referentes as doses de 8,0 g/L do extrato pirolenhoso, quando aplicado na semente e no estágio V3 do milho. Vale ressaltar que, a dose de 8,0 g/L do extrato pirolenhoso aplicado na semente, também foi o tratamento em que a clorofila total apresentou maior índice. Este dado corrobora com o de Silveira (2010), que conclui em seu trabalho que concentrações de 25% do extrato pirolenhoso, em solução de 10 ml kg^{-1} , aumentou o vigor das sementes de milho, o que possibilitou uma maior velocidade de estabelecimento das plântulas. Também classificado no grupo “b”, o tratamento com o produto 3 (cinetina; ácido Giberélico; ácido Indol-butírico) na dose 2 g/L, quando aplicado no estágio V3, ofereceu melhor desempenho, corroborando com este resultado, Martins (2016) verificou em seu trabalho que os tratamentos onde foram aplicados o stimulate® tiveram maior produtividade, referentes a cultivar de milho P30F53YH.

Na tabela 12 é representada a alta correlação entre os índices de vegetação SAVI e NGRDI, isto deve ter acontecido devido suas formulas terem como base mesma razão, $(R-G/R+G)$, diferenciando apenas o SAVI adaptado, que leva em consideração uma constante L. O NGRDI foi proposto por Tucker (1979), que descobriu que a diferença normalizada das bandas do verde e do vermelho, indicavam ser possível utiliza-la no indicador de crescimento e desenvolvimento. Desta forma, pode-se explicar a correlação entre este índice e a clorofila total, corroborando com Casari (2018), onde o mesmo diz que o índice de clorofila possui uma grande sensibilidade na banda do espectro visível verde (500 - 565nm), que é o pigmento fotossintético presente na cultura, e este apresenta melhor correlação que o NGRDI.

Nota-se que a correlação entre os índices NGRDI e SAVI com a clorofila A são bem baixos, isso ocorre porque estes índices são bastantes sensíveis a banda azul e violeta, que são justamente as bandas em que a clorofila B possui maior reflectância (Oliveira, 2019).

Ainda na tabela 12, vê-se que o EXG e o TGI apresentam forte correlação, isto se deve ao fato de os dois índices realçarem a banda verde na imagem processada, e diminuir os valores das bandas vermelha e azul. O índice EXG que foi proposto por Woebbecke et al. (1995), onde estes, a partir de análises com índices de vegetação, traçaram uma fórmula que permite a identificação do material vegetativo de outros materiais não-vivos, apresentou uma correlação de 29% frente a clorofila total, considerada uma baixa correlação que também foi identificada no trabalho de Vilarinho et. al. (2020), onde tiveram uma correlação de 24%, analisando folhas de Croada.

A correlação do TGI e da clorofila total foi a menor dentre os Índices de vegetação, entretanto ainda possuiu uma correlação de 22%, diferente do constatado no trabalho de Assis (2019), no qual o TGI foi o índice que teve maior correlação dentre os testados, chegando a 44,7% frente a clorofila total.

Os índices em geral apresentaram uma porcentagem muito pequena de correlação com a produtividade, os IV's SAVI e NGRDI apresentaram 13 e 12%, respectivamente, mas ainda é um valor baixo. Esta correlação direta entre os índices e a produtividade, em geral, não teve interação expressiva.

6. CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, que os índices de vegetação utilizados neste trabalho conseguiram identificar e distinguir de maneira parcial as diferenças estatísticas nos tratamentos dentro do experimento.

Os índices TGI e EXG tiveram comportamentos semelhantes quanto as interações sendo necessário a utilização de apenas um deles. Da mesma forma, apresentou-se os índices vegetais SAVI e NGRDI, porém, o índice NGRDI por apresentar maior correlação com a clorofila e a produtividade seria o índice mais indicado para o uso.

A utilização das doses de 8g/L do extrato pirolenhoso e dose 4 g/L do produto a base de cinetina; ácido Giberélico; ácido Indol-butírico, ambos aplicados na semente, promoveram maior teor de clorofila total no milho AG 1051.

O tratamento que proporcionou maior desempenho quanto a produtividade foi o tratamento com a dose de 6 g/L do bioestimulante 3 (cinetina; ácido Giberélico; ácido Indol-butírico) quando aplicado na fase V8 da planta do milho, apresentando uma média produtiva de 4247,50 kg/Ha.

Teve correlação significativa entre os índices de vegetação e a produtividade, porém baixa.

Ocorreu uma correlação de 45% do teor de clorofila total e a produtividade.

Houve uma correlação de 50% entre o índice de vegetação NGRDI e o teor de clorofila total

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, T. C. Análise da deriva simulada de herbicidas auxínicos em soja através de índices de vegetação RGB obtidos por VANT. 2019.

ARAÚJO, E. F. de. Utilização de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do milho híbrido rg-02a. 2017.

ARAÚJO, E. O.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M. Doses de Nitrogênio e inoculação de *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho em condições de solo fértil. *Acta Agronômica*, v. 64, n. 1, p. 16-23, 2016.

ASSIS, P. H. de S. et al. Mapeamento de parâmetros agronômicos do cafeeiro a partir de imagens tomadas por aeronave remotamente pilotada. 2019.

Barros Neto, J. J. D. S., Almeida, F. D. A. C., Queiroga, V. D. P., & Gonçalves, C. C. (2014). Sementes: estudos tecnológicos.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. A Cultura do Milho. Évora: Universidade de Évora, 2005.

BIOCAMPO. Alga Grow. Disponível em:

http://www.biocampo.com.br/images/produto_images/algagrow.ht. Acesso em: 25/11/2021.

CAMPELO, D. de H. Uso do sensoriamento remoto para diagnóstico nutricional na cultura do milho irrigado. 2018.

CAMPOS, A.D. Técnicas para Produção de Extrato Pirolenhoso para Uso Agrícola.

EMBRAPA - Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica 65, Pelotas, Dez. 2007, 8p.

CASARI, G. H. das C. N. Estimativa de biomassa por sensoriamento remoto: um potencial para avaliação da produção de energia. 2018.

COSTA, N. de L.; DAROS, E. Bioestimulante como Fator de Produtividade da Cana-de-Açúcar. Embrapa Roraima-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2010.

COSTA, T. R. S.. DESEMPENHO PRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE ARROZ EM ECOSSISTEMAS E CORRELAÇÃO COM IMAGENS AÉREAS NO MUNICÍPIO DE MARI-PB. 2018.

CRUZ, J. C. et al. Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), 2013.

EICHOLZ, E. D. et al. Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21. Embrapa Clima Temperado-Livro técnico (INFOTECA-E), 2020.

FORMAGGIO, Antonio Roberto; SANCHES, Ieda Del'Arco. Sensoriamento remoto em agricultura. Oficina de Textos, 2017.

FREITAG, Claudir. Efeito do bioestimulante stimulate® em diferentes doses na produtividade total de milho (*Zea mays*). 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FREITAG, Claudir. Efeito do bioestimulante stimulate® em diferentes doses na produtividade total de milho (*Zea mays*). 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GEHLING, V. et al. Desempenho fisiológico de sementes de trigo tratadas com extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (L.). *Enciclopédia biosfera*, v. 10, n. 19, 2014.

GONÇALVES, B. H. L., et al. (2018). Efeito do bioestimulante Stimulate® no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado. *Revista de Ciências Agrárias*, 41 (1), 147-155.

HUNT-JR, E. R. et al. Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. *Precision Agriculture*, v. 6, n. 4, p. 359–378, ago. 2005.

IGNA, R. D.; MARCHIORO, V. S. Manejo de *Ascophyllum nodosum* na cultura do trigo. *Revista Cultivando o Saber*, v. 3, n. 1, p. 64-71., 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Disponível em:

<<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 14:50 horas, 14/11/2020.

JOSÉ, A. C. et al. Efeito do extrato pirolenhoso sobre a germinação de espécies do Cerrado brasileiro. *Caderno De Ciências Agrárias*, v. 8, n. 1, p. 62-69, 2016.

KNOLL, A. K. et al. Análise espaço-temporal do estado da vegetação no Parque Fritz Plaumann aplicando NDVI. 2019.

LACERDA, E. G. et al. *Revista Agrária Acadêmica*. Acad., v.3, n.2, Mar/Abr (2020)

LERAYER, A. Guia do milho – tecnologia do campo a mesa. Conselho de Informações sobre Biotecnologia. 2006. 15 p.

Li S.Q., Li M.Z., S. H. [A novel vegetation index (MPRI) of corn canopy by vehicle-borne dynamic prediction]. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi*. 2014 Jun;34(6):1605-9. Chinese. PMID: 25358172.

LOO A. Y, Isolation and characterization of antioxidant compounds from pyroligneous acid of *Rhizophora apiculata*. 2008. 239f. Tese (Doutorado). Universiti Sains Malaysia. Penang, 2008.

MAGALHÃES, L. P. et al. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO AJUSTADO AO SOLO-SAVI ADAPTADO: PROPOSTA PARA CARACTERIZAR COBERTURA VEGETAL DO SOLO. *Siagro* 2019. Pag. 100.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Cultivo do milho: germinação e emergência. *Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*, 2002.

MARTINS, DENIZE CARVALHO et al. Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes fertilizantes líquidos e *Azospirillum* sp. *Brazilian Journal of Maize and Sorghum*, v. 15, n. 2, p. 217-228, 2016.

NOVO, E. M.; PONZONI, F. J. Apostila de Introdução ao sensoriamento remoto. São José dos Campos, 2001.

OLIVEIRA, L. E. M. de - Temas em Fisiologia Vegetal – Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Agosto de 2019. Disponível em: <http://www.ledson.ufla.br/praticas-laboratoriais-em-fisiologia-vegetal/espectro-absorcao-radiacao/>. Acesso: 01/12/2021, 02:19 hrs.

PEIXOTO, C.M. O milho no Brasil, sua importância e evolução. 2014. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/165/o-milho-no-brasil-s> Perspectivas para a agropecuária. Volume 6. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/images/arquivos/outros/Perspectivas-para-a-agropecuaria-2018-19.pdf>>. Acesso: 01/11/2021, 17:00 hrs.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. 10ª ed. São José dos Campos, 2010.

PRODUÇÃO DE GRÃOS TEM PREVISÃO DE AUMENTO DE 5,7%, CHEGANDO A 271,7 MILHÕES DE T. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3989-producao-de-graos-tem-previsao-de-aumento-de-5-7-chegando-a-271-7-milhoes-de-toneladas>>. Acesso: 01/11/2021, 15:46 hrs.

ROSENDO, J. dos S. Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia do rio Araguari-MG-utilizando dados do sensor Modis. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

SANTOS, V. M. et al. USO DE BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Zea mays* L. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013.
SILVEIRA, C. M. da. Influência do extrato pirolenhoso no desenvolvimento e crescimento de plantas de milho. 2010.

SIVRITEPE, N.; SIVRITEPE, H. Ö. Organic priming with seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) affects viability of pepper seeds. *Asian Journal of Chemistry*, v. 20, n. 7, p. 5689–5694, 2008.

VILARINHO et.al. ÍNDICES DE VEGETAÇÃO OBTIDOS POR IMAGENS FOTOGRÁFICAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA ASSINATURA ESPECTRAL DE FOLHAS DE CROADA. XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020. 23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line.

VISÃO 2030: O FUTURO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 212 p. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829?version=1.1>>. Acesso: 05/11/2021, 15:58 hrs.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science*. v. 7, p. 2049, 2017. DOI: 10.3389/fpls.2016.02049.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of band-ratio enhanced AWIFS image to crop classification accuracy. In: *Proc. Pecora*. 2008. p. 1-11.

APÊNDICE – IMAGENS PROCESSADAS NO QGIS

Imagem 1. Ortomosaico - índice TGI. 31/05/2020

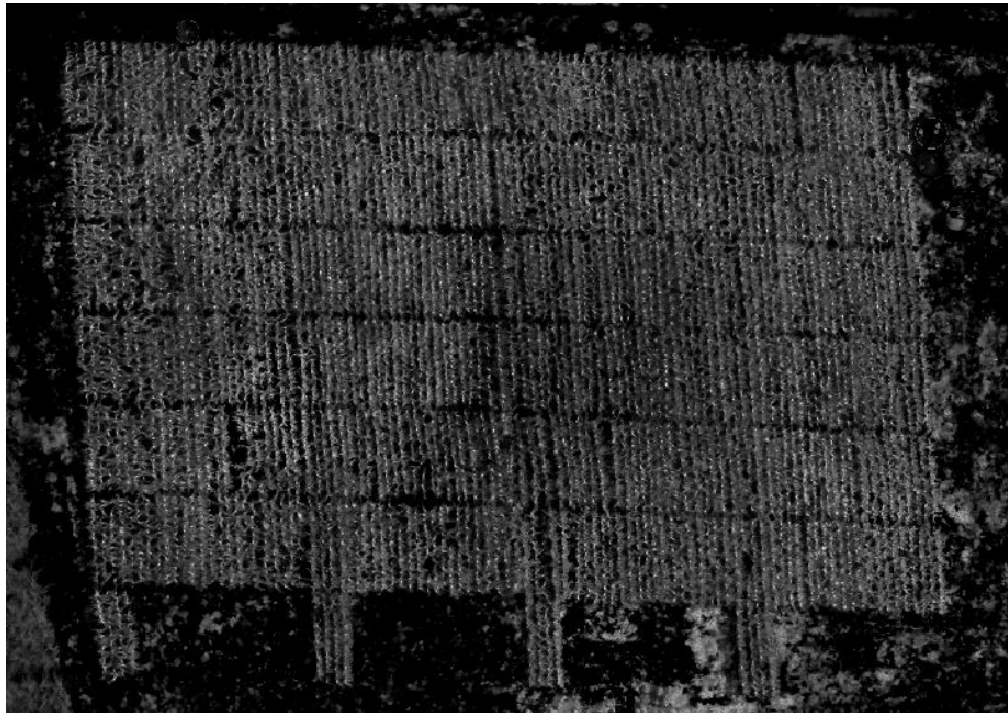


Imagem 2. Ortomosaico – índice NGRDI. 31/05/2020

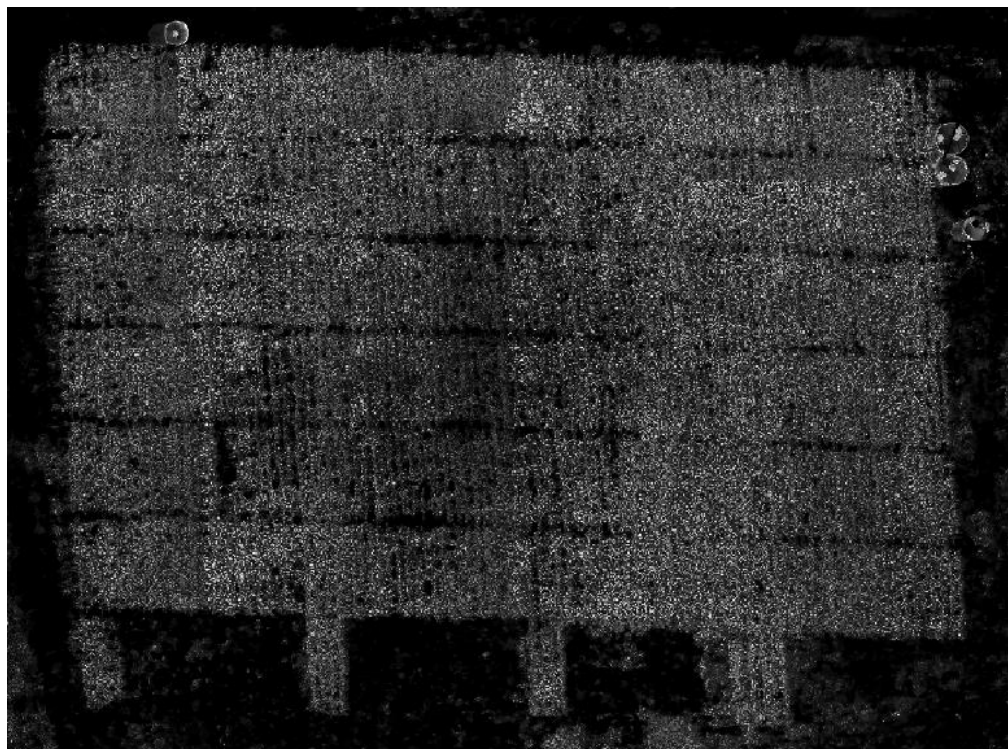


Imagem 3. Ortomosaico – índice EXG. 31/05/2020



Imagem 4. Ortomosaico – índice SAVI. 31/05/2020.

