

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

ELTON JOSÉ SANT’ANA FERREIRA

**AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO PARA ESTIMATIVA DE
PRODUTIVIDADE DO MILHO EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NO
CERRADO**

Ilha Solteira

2020

ELTON JOSÉ SANT'ANA FERREIRA

**AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO PARA ESTIMATIVA DE
PRODUTIVIDADE DO MILHO EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NO
CERRADO.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Agronomia.

Prof. Dr. Rafael Montanari

Orientador

Prof. Dr. Élcio Hiroyoshi Yano

Coorientador

Ilha Solteira

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F383a Ferreira, Elton José Sant'Ana.
Avaliação de índices de vegetação para estimativa de produtividade do milho em sistemas de manejo do solo no cerrado / Elton José Sant'Ana Ferreira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
193 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2020

Orientador: Rafael Montanari
Coorientador: Élcio Hiroyoshi Yano
Inclui bibliografia

1. Mecanização agrícola. 2. Agricultura de precisão. 3. Reflectância. 4. Fotogrametria. 5. Estimativa de produção. 6. Estrutura física do solo.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: “AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO PARA ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DO MILHO EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NO CERRADO”

AUTOR: ELTON JOSÉ SANT'ANA FERREIRA

ORIENTADOR: RAFAEL MONTANARI

COORIENTADOR: ELCIO HIROYOSHI YANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ELCIO HIROYOSHI YANO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. LUIZ SERGIO VANZELA

Campus de Fernandópolis / Universidade Brasil

Ilha Solteira, 25 de agosto de 2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Viviâne e filha Isabela (minhas meninas), que são ESSENCIAIS em minha vida e foram determinantes para a conclusão de mais esta etapa. Agradeço imensamente a compreensão pelas ausências e por todo o suporte e dedicação para que eu não desistisse, AMO VOCÊS!

À Minha Mãe, que sempre me incentivou e é a única responsável por TUDO, inclusive pela continuidade de meus estudos. Sempre presente em qualquer ocasião, OBRIGADO POR TUDO MINHA MÃE, TE AMO!

AGRADECIMENTOS

À DEUS, a minha eterna gratidão.

Agradeço ao orientador e amigo Prof. Dr. Elcio Hiroyoshi Yano, pela orientação, paciência, dedicação e disposição tornando possível a conclusão deste trabalho e ao Prof. Dr. Rafael Montanari, pela disponibilidade e confiança.

Agradeço a todos os professores do PPGA pelos ensinamentos e informações adquiridas neste curso, especialmente ao Professor Marcelo Minhoto (amigo de longa data).

Agradeço aos amigos do PPGA, Renan Tavanti e Diego Feitosa, pela amizade e companheirismo.

Aos amigos Fernando Mauro, Luiz Vanzela, Rodrigo Braga, José Paulo Vanzela, Silvonei Mendonça e Reginaldo Leandro pela contribuição ao meu desenvolvimento, assim como os todos os colegas, amigos e familiares que de alguma maneira fizeram parte da minha vida e formação.

Agradeço a todos os funcionários da FEPE UNESP que estiveram sempre disponíveis e possuem parte importante nos resultados alcançados neste trabalho.

Agradeço as empresas AGe Engenharia & Consultoria – Grupo Agroprecisão Engenharia Ltda e POLO MS Geotecnologias Ltda, por todo auxílio prestado e disponibilização de mão de obra, equipamentos e softwares imprescindíveis a execução dos trabalhos

Aos amigos de trabalho da Usina Santa Adélia que me acolheram tão bem, em especial a Eng^a Agrônoma Maria José de Almeida. Muito Obrigado por acreditar. Aos amigos Donizete Beije, Luiz Cremonez, Luciane Salesse, Carolina Minotti, Naraiane Silva, Luiz Elástico, Anderson Barbieri, Luiz Quadrado, Antônio Barbosa, Waldir Arantes, Juciano Ferrai, Helton Carlos, Sérgio Senegalha, João Carlos, Célia Regina, entre outros que neste último ano participaram do meu dia a dia e proporcionaram uma ótima convivência e condições para que eu conseguisse realizar meu trabalho do dia a dia e conseqüentemente finalizar este curso.

Muito obrigado a TODOS!

A dificuldade é um severo instrutor.
Edmund Burke.

AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO PARA ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DO MILHO EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NO CERRADO

RESUMO

O crescimento populacional associado a altas demandas de alimentos pressionam o setor agrícola gerando competitividade e aumento na produção. Neste contexto, é constante a busca por tecnologias que permitam aumentar a produtividade de maneira sustentável e o manejo dos solos ganha espaço como prática agrícola, em especial nos solos do cerrado. Com a modernização da agricultura, impactos negativos associados a más práticas resultaram na degradação e perda de potencial produtivo para os solos do cerrado. A evolução computacional e popularização de tecnologias contribui na busca de ferramentas mais eficientes para o monitoramento agrícola. Os veículos aéreos não tripulados - VANTs embarcados com sensores e a partir de práticas de geoprocessamento demonstram agilidade na aquisição de dados com precisão e baixo custo. A pesquisa objetivou avaliar o comportamento espectral da cultura do milho nas fases fenológicas, V4, V10 e R1 a partir de oito índices de vegetação - IVs (SR; NDVI; RVI; GNDVI; CLGreen; SAVI; EVI e ICF) assim como a produtividade do milho como indicativo de produção em um Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVd), de textura argilosa, todos em função de 8 sistemas de manejo dos solos: SPDC – sistema plantio direto contínuo de 24,5 anos; CM/SPD – cultivo mínimo seguido de 10 safras consecutivas com SPD, e o mesmo para o GP/SPD – preparo convencional do solo com grade pesada e AA/SPD - arado de aiveca; CMC - cultivo mínimo, GPC - preparo convencional do solo com grade pesada; AAC - arado de aiveca contínuo de 10^a safra e PR - preparo reduzido de 2^a safra, todos com 4 repetições. Os atributos e componentes de produtividade foram: BIO_{R1} e BIO_{Final} – Biomassa de planta de milho em R1 e no momento da colheita (R6); MS_{R1} e MS_{Final} – Matéria seca de planta de milho em R1 e no momento da colheita (R6); PG – Produtividade de grãos secos; M₁₀₀₀ – Massa de 1000 grãos; ALT – Altura de planta; ALT_{1^a ESP} – Altura de inserção de 1^a espiga; DIA_{Colmo} - Diâmetro colmo de planta de milho; N_{ESP} – Número de espigas por planta de milho. O manejo GP/SPD apresentou resultado 17,6% maior que AAC e 14,0% maior que GPC para PG e a BIO_{Final} e MS_{Final} apresentou 19,3% e 19,7% superiores ao AAC para o manejo CM/SPD. Os IVs avaliados foram submetidos a correlação de Pearson, gerando 11.832 modelos. Equações de regressão demonstraram a eficácia dos IVs para a detecção de diferenças radiométricas associadas aos atributos de produtividade em função dos manejos. Os melhores modelos obtiveram coeficientes de determinação R² de: BIO_{R1} 0,72; MS_{R1} 0,69; BIO_{final} 0,78; MS_{final} 0,85; PG 0,82; M₁₀₀₀ 0,66; ALT 0,90; ALT_{1^a ESP} 0,90; N_{ESP} 0,75; DIA_{Colmo} 0,71. Dentre os índices utilizados, os que possuem correção de cobertura de solo e resistência aos aerossóis, como SAVI e EVI, foram mais eficazes, principalmente na antecipação de resultados, permitindo a estimativa de atributos ainda nas fazes V4 e V10.. O SAVI foi índice mais eficiente para predição de produtividade de Biomassa e Grãos de milho em R6, antecipando o imageamento em V4.

Palavras-chave: Uso sustentável. Sistemas de produção. Agricultura de precisão. Estrutura física do solo. Monitoramento. Estimativa de produção. Reflectância. Mecanização agrícola. Fotogrametria.

EVALUATION OF VEGETATION INDICES FOR ESTIMATING MAIZE PRODUCTIVITY IN SOIL MANAGEMENT SYSTEMS IN THE BRAZILIAN CERRADO

ABSTRACT

Population growth associated with high food demands puts pressure on the agricultural sector, generating competitiveness and increased production. In this context, the search for technologies that allow to increase productivity in a sustainable way is constant and soil management gains space as an agricultural practice, especially in the Brazilian Cerrado soils. With the modernization of agriculture, negative impacts associated with bad practices resulted in degradation and loss of productive potential for the Cerrado soils. The computational evolution and popularization of technologies contributes to the search for more efficient tools for agricultural monitoring. Unmanned aerial vehicles - UAVs shipped with sensors and using geoprocessing practices demonstrate agility in the acquisition of data with precision and low cost. The research aimed to evaluate the spectral behavior of the corn crop in the phenological phases, V4, V10 and R1 from eight IVs (SR; NDVI; RVI; GNDVI; CLGreen; SAVI; EVI and ICF) as well as the corn productivity as indicative of production in a typical Dystrophic Red Latosol (LVd), with a clay texture, all according to 8 soil management systems: SPDC - 24.5 years continuous no-tillage system; CM/SPD - minimum cultivation followed by 10 consecutive harvests with SPD, and the same for GP/SPD - conventional soil preparation with heavy harrow and AA/SPD - moldboard plow; CMC - minimum cultivation, GPC - conventional tillage with heavy harrow; AAC - continuous moldboard plow of 10th harvest and PR - reduced preparation of 2nd harvest, all with 4 repetitions. The attributes and components of productivity were: BIO_{R1} and BIO_{Final} - Corn plant biomass in R1 and at harvest (R6); MS_{R1} and MS_{Final} - Dry matter of corn plant in R1 and at the time of harvest (R6); PG - Productivity of dry grains; M_{1000} - Mass of 1000 grains; ALT - Height of plant; $ALT_{1^a ESP}$ - Height of insertion of 1st ear; DIA_{Colmo} - Corn plant stem diameter; N_{ESP} - Number of ears per corn plant. The GP/SPD management showed a result 17.6% higher than AAC and 14.0% higher than GPC for PG and the BIO_{Final} and MS_{Final} showed 19.3% and 19.7% higher than AAC for CM/SPD management. The evaluated IVs were submitted to Pearson's correlation, generating 11,832 models. Regression equations demonstrated the effectiveness of IVs for detecting radiometric differences associated with the productivity attributes as a function of management. The best models obtained coefficients of determination R^2 of: BIO_{R1} 0.72; MS_{R1} 0.69; BIO_{Final} 0.78; MS_{Final} 0.85; PG 0.82; M_{1000} 0.66; ALT 0.90; $ALT_{1^a ESP}$ 0.90; N_{ESP} 0.75; DIA_{Colmo} 0.71. Among the indexes used, those that have correction of soil cover and resistance to aerosols, such as SAVI and EVI, were more effective, mainly in the anticipation of results, allowing the estimation of attributes even in stages V4 and V10. SAVI was an index more efficient to predict productivity of Biomass and Corn grains in R6, anticipating imaging in V4.

Keywords: Sustainable use. Production systems. Precision agriculture. Physical soil structure. Monitoring. Production estimate. Reflectance. Agricultural mechanization. Photogrammetry.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANOVA** - análise de variância
- CLGreen** - green chlorophyll index
- CLGreen** – índice de clorofila na banda do verde
- CNSS** - compass navigation satellite system
- CV%** - coeficiente de variação
- C-WAAS** - canadian-WAAS
- EGNOS** - european geostationary navigation overlay service
- EVI** - enhanced vegetation index
- GAGAN** - GPS and GEO augmented navigation
- GLONASS** - global'naya navigatsionnaya sputnikkovaya sistema
- GNDVI** - normalized difference vegetation index using the green band
- GNSS** - global navigation satellite system
- GPS** - global positioning System
- GSA** - european global navigation satellite systems agency
- ha** - hectares
- IAF** - índice de área foliar
- IoT** - internet of things
- IBGE** - instituto brasileiro de geografia e estatística
- ICF** - índice de clorofila foliar
- IRNSS** - indian regional navigation satellite system
- IV** - índice de vegetação
- m²** - metros quadrados
- MSAS** - satellite based augmentation system
- M2M** - comunicação máquina para máquina
- NAVISTAR** - navigation system using time and ranging
- NAVSAT** - navy navigation satellite system
- ND** - número digital
- NDVI** - normalized difference vegetation index
- NIR** - near infra red
- nm** - nanômetros
- QZSS** - quasi-zenith satellite system
- REM** - radiação eletromagnética

RGB - red, green, blue

RP - resistência a penetração

RPA - aeronave remotamente pilotada

RVI - ratio vegetation index

SAVI - soil adjusted vegetation index

SBAS - space-based augmentation systems

SIRGAS2000 - sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SNAS - chinese satellite navigation augmentation system

SPDC - sistema plantio direto

SR - sensoriamento remoto

SR - simple ratio

UAV - unmanned aerial vehicles

VANT - veículo aéreo não tripulado

WASS - wide area augmentation system

LISTA DE EQUAÇÕES

1 – SR - Índice de vegetação de razão simples.....	32
2 – NDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada	32
3 – RVI - Índice de vegetação reverso	33
4 – GNDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada na banda do verde	34
5 – CLGreen - Índice verde de clorofila.....	34
6 – SAVI - Índice de vegetação ajustado ao solo	35
7 – EVI - Índice de vegetação melhorado	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reflectância espectral característica de folha sadia típica.....	30
Figura 2 - Precipitação, temperatura máxima, mínima e média mensais durante o ciclo das plantas de cobertura e do milho cultivado em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVd).	52
Figura 3 - Representação de parcelas dos tratamentos de manejo e preparo dos solos sobre ortofoto georrefenciada obtida por VANT.	53
Figura 4 – Cultivo mínimo contínuo CMC – Implemento de arrasto com 5 hastes e rolo destorroador, safra de verão 2018/2019.	55
Figura 5 - Cultivo mínimo contínuo CMC – Operação de escarificação com Implemento de arrasto com 5 hastes e rolo destorroador, safra de verão 2018/2019.....	55
Figura 6 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Preparo primário efetuado com grade pesada de 14 discos recortados com diâmetro de 32” x 9,0 mm, safra de verão 2018/2019.	56
Figura 7 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Resultado do preparo primário efetuado com grade pesada de 14 discos recortados com diâmetro de 32” x 9,0 mm, safra de verão 2018/2019.....	56
Figura 8 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Preparo secundário com grade de 32 discos com diâmetro de 22” para destorroamento do solo, safra de verão 2018/2019.	57
Figura 9 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Segunda operação de grade pesada efetuado com grade pesada de 14 discos recortados com diâmetro de 32” x 9,0 mm, safra de verão 2018/2019.....	57
Figura 10 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Resultado final após a segunda operação de grade pesada, safra de verão 2018/2019.....	58
Figura 11 - Arado de aiveca contínuo - AAC: Preparo primário efetuado com arado aiveca marca Ikeda, modelo MF 3 R, composto por três aivecas modelo recortadas, safra de verão 2018/2019.	58

Figura 12 - Arado de aiveca contínuo - AAC: Preparo secundário com grade de 32 discos com diâmetro de 22” para destorroamento do solo safra de verão 2018/2019.	59
Figura 13 - Preparo reduzido - PR: Preparo primário efetuado com grade de 32 discos com diâmetro de 22” e preparo secundário com operação de escarificação realizada utilizando implemento de arrasto com 5 hastes, safra de verão 2018/2019.	59
Figura 14 - Visão geral da área experimental: Tratamento convencional e conservacionista. safra de verão 2018/2019.....	60
Figura 15 - Material vegetal proveniente de cultura de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> L.) cultivada no inverno de 2018 para cobertura do solo.....	60
Figura 16 - Visão geral da área experimental: Área semeada em com milho híbrido AG 8088 VTPRO 2 em 13/12/2018. safra de verão 2018/2019.	61
Figura 17 - Avaliações: Analisador de umidade de impurezas.	62
Figura 18 – Avaliação da variável Resistência a Penetração – RP, utilizando penetrômetro eletrônico portátil modelo SoloTrack, marca Falker Automação Agrícola.....	63
Figura 19 - Área experimental: Colheita mecanizada do milho realizada em 18/05/2019.	63
Figura 20 - Comportamento das variáveis a) RP – resistência a penetração e b) UG – umidade gravimétrica no perfil do solo em função dos manejos convencionais AAC e GPC.	66
Figura 21 - Comportamento das variáveis c) RP – resistência a penetração e d) UG – umidade gravimétrica no perfil do solo em função dos manejos convencionais AA/SPD e GP/SPD. ..	66
Figura 22 - Comportamento das variáveis e) RP – resistência a penetração e f) UG – umidade gravimétrica no perfil do solo em função dos manejos conservacionistas CMC e PR.	66
Figura 23 - Comportamento das variáveis g) RP – resistência a penetração e h) UG – umidade gravimétrica no perfil do solo em função dos manejos conservacionistas SPDC e CM/SPD.	67
Figura 24 - Precipitação, temperatura máxima, mínima e média mensais durante o ciclo das plantas de cobertura e do milho cultivado em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVd).	81
Figura 25 - Representação de parcelas dos tratamentos de manejo e preparo dos solos sobre ortofoto georreferenciada obtida por VANT.	82

Figura 26 - Visão geral da área experimental: Área semeada em com milho híbrido AG 8088 VTPRO 2 em 13/12/2018. safra de verão 2018/2019.	84
Figura 27 - Receptor geodésico de frequência L1/L2 Sokkia GRX1, estacionado em ponto de apoio básico e localização topográfica das subparcelas para amostragem de dados utilizando tecnologia RTK.	85
Figura 28 - Veículo aéreo não tripulado - VANT, marca Sensefly, modelo eBee.....	85
Figura 29 - Câmera Canon S110 Chdk RED+NIR com dois espectros, vermelho e infravermelho próximo e câmera SenseFly S.O.D.A – RGB.....	86
Figura 30 - Planejamento de voo utilizando software eMotion3 SenseFly.....	86
Figura 31 - Visão geral da área experimental em no estágio V4 e alvo demarcado no solo utilizando marco de aço para georreferenciamento e calcário para visualização em imagem digital.....	87
Figura 32 - Imagens digitais RGB e NDVI obtidas nas fases fenológicas do milho, V4, V10 e R1.	101
Figura 33 - Imagens digitais SR, RVI e GNDVI obtidas nas fases fenológicas milho, V4, V10 e R1.....	102
Figura 34 - Imagens digitais CLGreen, SAVI e EVI obtidas nas fases fenológicas milho, V4, V10 e R1.....	104
Figura 35 - Modelos de predição para os atributos: a) BIO_{R1} – Biomassa de planta de milho em R1; MS_{R1} ; b) Matéria seca de planta de milho em R1; c) BIO_{Final} - Biomassa de planta de milho na colheita (R6) e d) MS_{Final} - Matéria seca de planta de milho na colheita (R6).....	108
Figura 36 - Modelos de predição para os atributos: e) PG – Produtividade de grãos secos; f) M_{1000} – Massa de 1000 grãos; g) ALT – Altura de planta; h) $ALT_{1^a\ ESP}$ – Altura de inserção de 1ª espiga; i) DIA_{Colmo} - Diâmetro colmo de planta de milho; j) N_{ESP} – Número por planta de milho).	109

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Atributos químicos do solo na área experimental, antes da instalação do experimento, profundidade 0,0 – 0,20m para cada um dos tratamentos de manejo dos solos. 51
- Tabela 2** - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) médias de RP - Resistência mecânica a penetração avaliada após colheita do milho nas profundidades de 0 – 0,6m em função de sistemas de manejo do solo (M)..... 65
- Tabela 3** - Desdobramento da interação Manejo (M) e Épocas (E) - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de biomassa e matéria seca de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológico..... 68
- Tabela 4** - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) médias de altura média de plantas, altura média de inserção de 1ª espiga e Diâmetro médio de colmo de planta de milho em função de sistemas de manejo do solo (M)..... 69
- Tabela 5** - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) médias de número de espigas por planta de milho, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de milho cultivado em função de sistemas de manejo do solo (M)..... 70
- Tabela 6** - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de população inicial de plantas de milho, população final e taxa de sobrevivência em função de sistemas de manejo do solo (M). 71
- Tabela 7** - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de biomassa e matéria seca de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M). . 72
- Tabela 8** - Atributos químicos do solo na área experimental, antes da instalação do experimento, profundidade 0,0 – 0,20m para cada um dos tratamentos de manejo dos solos. 80
- Tabela 9** - Relação de índices de vegetação e respectivas equações utilizados no estudo. 88
- Tabela 10** - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de SR total e SR médio para as sub-parcelas de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E)..... 90

Tabela 11 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de SR mínimo e SR máximo para as sub-parcelas de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).....	91
Tabela 12 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de NDVI mínimo e NDVI total para as sub-parcelas de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).....	92
Tabela 13 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de NDVI máximo e NDVI médio de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).....	94
Tabela 14 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de RVI total e RVI médio de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).....	95
Tabela 15 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de RVI mínimo e RVI total de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).	96
Tabela 16 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de GNDVI total, GNDVI médio e GNDVI máximo de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).....	97
Tabela 17 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de CLGreen total, CLGreen médio e CLGreen máximo de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).....	98
Tabela 18 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de SAVI médio, SAVI mínimo e SAVI total de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).	99
Tabela 19 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de EVI médio e EVI total de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).....	100
Tabela 20 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estádio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos CM/SPD.	105

Tabela 21 - Coeficientes de determinação (R^2) para os atributos fitotécnicos e componentes de produtividade da cultura do milho em função dos manejos, épocas de imageamento e índice de vegetação. 106

Tabela 22 – Índices de vegetação (IV) de melhor desempenho para predição de atributos fitotécnicos e componentes de produtividade da cultura do milho em função dos manejos e épocas de imageamento. 107

SUMÁRIO

1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.1	CULTURA DO MILHO, IMPORTÂNCIA E PRODUÇÃO NACIONAL	19
1.2	SOLOS DO CERRADO.....	20
1.3	SISTEMAS DE MANEJO	21
1.4	INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA AGRICULTURA	23
1.4.1	Agricultura de Precisão - AP	25
1.4.2	Veículos aéreos não tripulados - VANTs	27
1.5	SENSORIAMENTO REMOTO	28
1.6	COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO	28
1.7	ÍNDICES DE VEGETAÇÃO.....	31
1.7.1	Índice de vegetação de razão simples – SR.....	32
1.7.2	Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI.....	32
1.7.3	Índice de vegetação reverso – RVI	33
1.7.4	Índice de vegetação por diferença normalizada na banda do verde – GNDVI.....	34
1.7.5	Índice clorofila total – CLGreen.....	34
1.7.6	Índice de vegetação ajustado ao solo – SAVI	35
1.7.7	Índice de vegetação melhorado – EVI.....	35
1.7.8	Índice de clorofila foliar – ICF.....	37
	REFERÊNCIAS	38
2	PRODUTIVIDADE DO MILHO EM SISTEMAS DE MANEJO E REINTEGRAÇÃO DO PLANTIO DIRETO NOS SOLOS DO CERRADO.....	47
2.1	INTRODUÇÃO.....	49
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
2.4	CONCLUSÃO.....	72
	REFERÊNCIAS	74

3	AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO PARA ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DO MILHO	76
3.1	INTRODUÇÃO.....	78
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	79
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
3.4	CONCLUSÃO.....	110
	REFERÊNCIAS	111
	APÊNDICE A - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PERSON.....	113
	APÊNDICE B - PROCESSAMENTO DE DADOS FOTOGRAFAMÉTRICOS	137

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 CULTURA DO MILHO, IMPORTÂNCIA E PRODUÇÃO NACIONAL

O milho (*Zea mays* L.) é considerada uma das culturas agrícolas de maior importância no mundo. É utilizado em larga escala na alimentação animal e humana, principalmente por ser extremamente eficiente na acumulação de energia na forma de calorias. Este aspecto incentiva cada vez mais o aumento de produção em uma mesma unidade de área (PATERNIANI et al., 2000; BALDO, 2007). De acordo com Miranda (2018), a produção mundial ultrapassou 1 bilhão de toneladas nas últimas décadas, reafirmando a importância do milho para a cadeia de produção de alimentos. No Brasil, em 2019, dados indicavam elevação de 37% na produção em comparação a 2018, com projeções de 98,7 milhões de toneladas para as duas safras e aumento de 9,7% de área cultivada (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2019). Dados publicados em junho de 2020 pelo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA, indicam que a projeção de 2019 foi superada em 1,79 %, alcançando os patamares de 100,5 milhões de toneladas nas duas safras (IBGE. 2020).

Para a primeira safra de 2020 a produção de milho alcançou 26,6 milhões de toneladas, cerca de 2,2 % maior que na primeira safra de 2019, com incremento na área plantada de 2,3%. O fato é explicado pela crescente demanda pelo cereal, que manteve os elevados preços em 2019, contribuindo ao aumento de investimentos nas lavouras do milho da primeira safra. Entretanto, foi verificado para o período uma queda de rendimento médio de 1,9% na produção em razão da área colhida que apresentou aumento de 4,1%. Aspectos relacionados a concorrência de áreas disponíveis para plantio de soja, que normalmente apresentam maiores rentabilidades e fatores climáticos desfavoráveis em algumas regiões do país são apontados como limitadores ao aumento de produção (IBGE, 2020). Em razão da atual conjuntura econômica, expectativas mais conservadoras mantem as projeções de produtividade para a segunda safra em cerca de 70,8 milhões de toneladas, contudo, a variação negativa apontada não impacta de forma significativa na importância da produção deste cereal.

Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU (2019) a população mundial deverá crescer de 7,7 bilhões de pessoas para 8,5 até 2030, 9,7 até 2050 e possíveis 10,9 bilhões em 2100, aumentando a demanda de alimentos. Estes aspectos, aliados a preocupação mundial com uso dos recursos naturais, restrições ao uso dos solos e crescimento acelerado na demanda de

alimentos promovem o debate sobre eficiência na produção de milho (SAATH; FACHINELLO, 2018).

1.2 SOLOS DO CERRADO

Considerado em extensão o segundo maior bioma brasileiro, estudos já indicam que desde a década de 70, anualmente cerca de 2,2 milhões de hectares deste bioma são convertidos em agricultura (Machado et al, 2004). Apesar dos dados alarmantes, reconhece-se que devido suas características fisiográficas, este bioma é estrategicamente importante para a manutenção da biodiversidade e segurança alimentar. Considerada a savana mais rica em biodiversidade do mundo sua área ocupa cerca de 24% de todo território nacional, e as áreas cultivadas nesta região compreende cerca de 40% da produção nacional de grãos e com participação relevante na produção de bovinos, suínos e aves (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÀRIA - EMBRAPA, 2020).

Os solos destas regiões possuem características morfológicas variadas, entretanto, quanto as características químicas, em maioria são ácidos, com altas concentrações de Fe e Al, baixa fertilidade natural e teores médios de M.O de 25 a 30 g kg⁻¹. A variação de cores, texturas, profundidades vão de vermelho escuro a amarelo e são classificados predominantemente como LATOSSOLOS, cerca de 46%, seguido dos ARGISSOLOS e NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (EMBRAPA, 2018; FERREIRA *et al.*, 2007; ADÁMOLI *et al.*, 1986). Diante das condições anteriormente mencionadas, estes solos foram subaproveitados no passado e com o advento da modernização da agricultura e técnicas de manejo, correções e aplicação de fertilizantes minerais intensificou-se a exploração agrícola. A pressão antrópica associada a práticas de manejos dos solos pouco conservacionistas propiciou o declínio de condições agronômicas, resultando em processos de degradação e perda de potencial produtivo.

Considerados adequados a mecanização por serem em maioria profundos e de relevos planos a suavemente ondulados, foram intensamente explorados com práticas de manejo convencionais. Visando o aumento de produtividade torna-se constante a busca pela reintegração das condições agrícolas dos solos do cerrado a partir de sistemas de manejo conservacionistas que visem reestruturar as porções físicas químicas e biológicas deste ambiente.

1.3 SISTEMAS DE MANEJO

Sistemas de produção são caracterizados pelo conjunto de práticas ou técnicas adotadas no cultivo da cultura e são definidos através de fatores de produção (ALMEIDA, 2017). Hirakuriet *et al.* (2012) relatam que estes sistemas de produção são classificados dependendo do grau de complexidade e interação entre práticas ou manejos, podendo ser classificados em monocultura, sucessão, rotação, consórcio e integração. São constantes as buscas por técnicas e práticas que permitam a uso mais racional dos solos agrícolas (STEFANOSKI, 2013). Pode-se afirmar que atualmente boa parte dos solos brasileiros são classificados como ambientes frágeis, este fato se deve ao elevado potencial de degradação ou baixa capacidade de uso ou aptidão agrícola em função da elevada erodibilidade e instabilidade decorrentes do uso e manejo adotado (RIBEIRO; MARINHO; ESPINOSA, 2018). Diante dos fatos, Turetta *et al.* (2017) destacam a importância em explorar as discussões relativas à agricultura sustentável, principalmente no que tange os manejos e alternativas mais adequadas de uso dos solos agrícolas.

O manejo do solo é considerado uma das técnicas mais importantes para garantir a sustentabilidade do sistema, podendo ser considerada a atividade que talvez exerça a maior influência nos atributos de qualidade dos solos (HAMZA; ANDERSON, 2005). Souza (2017), descreve que o preparo do solo é o conjunto de operações realizadas com o objetivo de propiciar condições favoráveis à sementeira, ao desenvolvimento e à produção das culturas agrícolas. Dentre as práticas de preparo ou manejo dos solos estão as convencionais e conservacionistas. O sistema plantio direto (SPD) é a prática conservacionista que mais se destaca, uma vez que contribui para a sustentabilidade de sistemas agrícolas intensivos, mantendo a cobertura dos solos, promovendo a manutenção da MO e minimizando efeitos da erosão (ALBUQUERQUE *et al.*, 1995). Outras vantagens também são atribuídas ao SPD. Yano (2005) relata que o SPD possibilita receita extra ao agricultor atribuída ao ganho de tempo na sementeira, cobertura do solo e manutenção dos teores de água na entressafra e economia de combustível no plantio.

Santos (2010) e Santos *et al.* (2011) relatam que na medida em que se intensifica os usos dos solos, estes sofrem alterações sendo estas geralmente adversas ao desenvolvimento das culturas. A estrutura dos solos pode ser avaliada por atributos físicos como densidade, macro e microporosidade, resistência mecânica a penetração, infiltração de água e estabilidade de agregados (AGUIAR, 2008). Reinert *et al.* (2006) compreendem que os atributos que dão forma aos solos são os indicadores de estrutura, como geometria, aeração, tamanho e continuidade dos poros, infiltração e armazenamento de água.

O emprego de tecnologias, como o melhoramento genético, uso de cultivares resistentes, bactérias diazotróficas e sistemas de manejo dos solos são algumas das técnicas responsáveis pela eficiência nos sistemas produtivos (COELHO; RESENDE; SANTOS, 2015). Quanto as condições nutricionais, a adubação nitrogenada do milho, indicadores de qualidade dos solos e disponibilidade de nutrientes para as plantas tem sido constantemente estudada visando otimizar a utilização racional dos recursos naturais. A dose, época de fornecimento do nitrogênio (N), fontes disponíveis e a inoculação de *Azospirillum brasilense* têm influenciado diretamente a produção de milho (Rosa, 2017). Os resultados são contrastantes em diferentes manejos dos solos, como por exemplo sistemas convencionais e conservacionistas (DUTRA *et al.*, 2015).

Aspectos relacionados a compactação dos solos podem ser atribuídos ao manejo, influenciando na produtividade da cultura (BARETA JUNIOR, 2018). Martinazzo (2006) destaca que o maior benefício do SPD é o aumento da matéria orgânica (MO) em função dos impactos promovidos nos indicadores de qualidade dos solos, sendo estes físicos, químicos e biológicos. A conversão do sistema convencional para o SPD promovem contribuições na medida em que os sistema se consolida, destacando o aumento no teor de carbono orgânico total e estabilização da estrutura física e pela formação e manutenção dos agregados (OLIVEIRA *et al.*, 2014; FAVARATO *et al.*, 2015; COLOMBO *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2017).

Tavares (2016) reportam que para atingir elevados níveis de produtividade os principais meios de inovação tecnológicas estão relacionados ao manejo dos solos. O autor reitera que a utilização do SPD é a forma mais eficiente de produção associada a manutenção da cobertura e estrutura dos solos. Assim como a manutenção da estrutura física pela ausência de revolvimento o SPD também proporciona a permanência de material vegetal em cobertura proveniente das culturas anteriores e de plantas intencionalmente cultivadas como fonte de cobertura. Andreotti (2012) indica que a prática é uma excelente alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção, uma vez que pode restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos através da decomposição dos seus resíduos.

De acordo com Follet e Schimel (1989), o SPD tende a minimizar o impacto das atividades agrícolas sobre os teores de MO e manter a estrutura do solo uma vez que acumulam MO nas camadas superiores. Contudo, Cattelan e Vidor (1990) relatam que em sistemas convencionais, onde o solo é revolvido, ocorre a distribuição de MO na camada arável propiciando teores de carbono orgânico (CO) em profundidade até maiores que em SPD. Rezende *et al.* (2004) apresentam que os teores de CO em profundidade podem refletir na

atividade e quantidade de biomassa microbiana que está relacionado ao aumento de MO em profundidade. Portanto, é equivocado atestar que manejos convencionais são prejudiciais aos sistemas produtivos uma vez que também são responsáveis por uma série de benefícios. Dentre estes podemos destacar eliminação de camadas compactadas e aumento da infiltração de águas, obtenção de condições favoráveis a sementeira, eliminação de restos culturais e plantas indesejáveis, incorporação de fertilizantes, corretivos e restos culturais.

Manejos convencionais realizados de forma inadequada, em época, condição de umidade, intensidade ou com equipamentos inapropriados a aquele fim podem promover severos danos aos solos agrícolas. A compactação superficial ou em profundidade, desequilíbrio físico, químico e biológico, desestruturação física dos solos e processos erosivos são uns dos problemas ocasionados por sistemas de manejo mau conduzidos. De acordo com Andreotti *et al.* (2009), Latossolos Vermelhos Distroféricos, apresentam maior adensamento superficial devido ao tráfego de máquinas e equipamentos quando submetidos a altos teores de umidade.

Montanari (2009), verificou que a partir do dimensionamento da densidade do solo pode ser caracterizado o atributo físico compactação, fazendo parte desta a porosidade total, atribuída à porcentagem de volume em solo não ocupada pelos componentes orgânicos e inorgânicos, a microporosidade, relacionada com o armazenamento de água, e a macroporosidade com responsável pela aeração dos solos. A resistência à penetração - RP é considerada um bom indicativo de compactação do solo e está relacionada ao crescimento radicular (BENGOUGH; MULLINS, 1990). Rosolem *et al.* (1999) identificaram que RP a partir 1,3 MPa relacionada a umidade e textura dos solos podem reduzir o crescimento das raízes seminais adventícias do milho a 50%. Taylor *et al.* (1966), indica que o valor de 2,0 MPa pode ser utilizado como limite crítico de RP para cultura do milho.

1.4 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA AGRICULTURA

Os avanços tecnológicos ocorridos nos últimos 40 anos, associados a políticas públicas adequadas e alta capacidade dos agricultores brasileiros, tornou o Brasil o terceiro maior exportador de alimentos do mundo, ficando atrás somente dos EUA e União Europeia. (EMBRAPA, 2018). Contudo projeções de crescimento populacional ocorrem em escala superior a produção de alimentos no mundo. Dados da ONU (2019) trazem que população mundial deverá crescer 9,7 Bilhões de pessoas até 2050 e possíveis 10,9 bilhões em 2100. Desta forma, o aumento populacional e a demanda de alimentos, associados ao mau uso dos solos

agrícolas e degradabilidade destes ambientes, torna importante a busca por tecnologias que busquem reverter este cenário, mitigando impactos da forma mais sustentável possível.

Vista como prioridade para a sociedade, a sustentabilidade move a busca de técnicas de produções racionais sendo a bioeconomia um dos destaques no mundo contemporâneo e globalizado. Atuais avanços em tecnologias da informação e da comunicação (TIC) com foco na saúde, qualidade de vida e bem estar da população, possuem cada vez mais caráter estratégico e político para o Brasil e para o mundo (RODRIGUES, 2020)

O conceito da Agricultura 4.0 (Agro 4.0) vem tomando destaque nos últimos anos e teve início no movimento Indústria 4.0 a partir da conferência de Hannover ocorrido na Alemanha em 2011. (RODRIGUES, 2020). Indústria 4.0 é definida como a integração de tecnologias, que permitem a transformação de como organizações operam junto com grandes mudanças nos modelos de negócio e processos de fabricação. Dentre as tecnologias propostas ao setor estão a utilização de robôs autônomos, serviços de dados em nuvens, realidade aumentada, análise de grandes bandos de dados, segurança de dados, impressões 3D, internet das coisas (*internet of things – IoT*), etc. (RIBEIRO; MARINHO; ESPINOSA, 2018).

Este movimento iniciado e conceituado em 2011 com as indústrias possibilitou o avanço tecnológico também para outros segmentos do setor produtivo, dentre eles a agricultura. O termo Agricultura 4.0 já é amplamente utilizado na academia e no setor de produção. Cada vez mais surgem tecnologias que atendem os princípios conceituados para a Agricultura 4.0.

O Agro 4.0, integra tecnologias e soluções analíticas que permitem processar grandes volumes de dados, construindo sistemas de suporte à tomada de decisões de manejo. Entre as soluções pode-se destacar a utilização métodos computacionais de alto desempenho; rede de sensores; comunicação máquina para máquina (M2M); conectividade entre dispositivos móveis e computação em nuvem. (RODRIGUES, 2020)

Aumento de produtividade, eficiência e economia no uso de insumos e recursos naturais, redução de mão de obra e custos, qualidade e segurança dos trabalhadores e diminuição dos impactos ambientais são os pilares do conceito Agro 4.0. (RODRIGUES, 2020; MASSRUHÁ; LEITE, 2017). Termos como fazendas inteligentes ou fazendas digitais (*smart farm, digital farm*) também são encontrados em trabalhos acadêmicos e no mercado de tecnologias.

Clercq *et al.* (2018) destacaram os principais inovações tecnológicas da Agricultura 4.0, dentre eles podemos citar: Agricultura de precisão (AP); uso de drones; agricultura no deserto e oceanos; embalagens sustentáveis; agricultura vertical em ambientes urbanos; modificações genéticas e culturas de carnes com a produção de proteínas a partir hidroponia e cultivo de

algas; substituição de biodiversidade com a utilização de micro robôs que podem substituir em parte o papel das abelhas na polinização, entre outras ferramentas futuristas.

1.4.1 Agricultura de Precisão - AP

Parte das inovações tecnológicas na agricultura tratam-se ainda de estudos e propostas, porém muita tecnologia já vem sendo aplicada com eficiência. Bernadi *et al.* (2015) definem a AP como o uso de práticas agrícolas com base nas tecnologias de informação para o tratamento da variabilidade espacial. Gebbers e Adamchuk (2010), caracterizam a AP como início do ciclo que compreende a coleta de dados, análises e processamento das informações, interpretação dos resultados e geração das recomendações para posterior aplicação a campo.

Indicada como uma das principais ferramentas da Agro 4.0, a AP iniciou quando os sinais de GPS (*Global positioning system*) foram disponibilizados para uso civil no final da década de 60. Em 1967 era disponibilizado para uso civil o TRANSIT, conhecido também como NAVSAT (*Navy navigation satellite system*). Este sistema permitia a determinação de pontos com a precisão da ordem do decímetro utilizando métodos diferenciais de posicionamento, usado principalmente para navegação, controle de redes geodésicas e prospecção de recursos naturais.

Substituído posteriormente pelo NAVISTAR (*Navigation System Using Time and Ranging*) que chegou em seu ápice de satélites em órbita no ano de 1995 com 24 unidades, o uso da tecnologia se intensificou. (ORTH *et al.*, 2004). Concebido em 1991, o GNSS (*Global Navigation Satellite System*) veio a otimizar os usos dos dados de posicionamento uma vez que permitia a integração de satélites de diferentes sistemas. Atualmente o GNSS é composto por sistemas de navegação operacionais e em fase de implementação, e a utilização está associada a região de levantamento e tecnologia dos receptores de dados.

Dentre os principais sistemas integrados no GNSS estão: O norte-americano GPS/NAVISTAR; Russo GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikkovaya Sistema*); Europeu GALILEO (*GSA - European Global Navigation Satellite Systems Agency*); Chinês COMPASS/BeiDou (*CNSS - Compass Navigation Satelllite System*); Indiano IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*); Japonês QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*); sistema de acréscimo para correção SBAS (*Space-Based Augmentation Systems*); WASS (*Wide Area Augmentation System*); EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*); C-WAAS (*Canadian-WAAS*); MSAS (*Satellite Based Augmentation System*); SNAS (*Chinese*

Satellite Navigation Augmentation System) e GAGAN (*GPS and GEO Augmented Navigation*). (HOFMANN-WELLENHOF *et al.*, 2007; CHUJO; WALTER, 2006).

Na agricultura, além de possibilitar mapeamentos de precisão, gestão do espaço e regularizações documentais, os sistemas de posicionamento permitem a orientação de veículos, monitoramento e controle, melhoria na precisão das operações e gerenciamento de variações de deslocamento em campo. (RIBEIRO; MARINHO; ESPINOSA, 2018). Segundo Cema (2017), visando o aumento de produtividade, a tecnologia associada a outras ferramentas, pode por exemplo, permitir a aplicação de insumos de forma racional e econômica, fornecendo a planta exatamente o que ela necessita.

O primeiro relato acadêmico de utilização de mapa de produtividade obtido em monitor acoplado a GPS ocorreu na Alemanha em 1990 para a cultura de canola (obtido através da seleção de cultivares colza, *Brassica napus* e *B. campestris*) (SCHNUG *et al.*, 1991). A partir disto e com o aumento da acessibilidade de tecnologias aos produtores rurais, como máquinas e equipamentos mais modernos, a AP se difundiu. Segundo Godwin *et al.* (2003) a difusão e aceitação da tecnologia nos EUA ocorreu principalmente devido a eficiência e otimização dos custos de aplicação de fertilizantes em taxa variada.

Outro aspecto relevante a difusão da AP é a utilização de técnicas de análise de dados como a geoestatística que objetiva caracterizar a variabilidade espacial de atributos das culturas e do ambiente estimando as inter-relações destes atributos no espaço e no tempo. (BERNADI *et al.*, 2015). Mapas de probabilidade podem ser criados a partir de técnicas de interpolação de dados. A krigagem é uma das técnicas que permitem a estimativa de valores desconhecidos usando modelos de variação de dados em função da distância denominados semivariogramas. (BERNADI *et al.*, 2015; GREGO *et al.*, 2014; VIEIRA, 2010).

Assim, as geotecnologias, que compreendem a coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referências geográficas, associadas ao sistema de modelagem SIG possibilitam a fusão de informações. Isto amplia a capacidade de interpretação e auxilia tomada de decisão para gestão no sistema de produção agrícola e pecuário. (BATISTELLA *et al.*, 2011; FILIPPINI ALBA, 2014).

1.4.2 Veículos aéreos não tripulados - VANTs

Tem sido frequente o surgimento de ferramentas tecnológicas que possibilitam a análise das condições das culturas em tempo real. (FERNANDES, 2016). A coleta de dados, início do ciclo da AP pode se dar de várias formas, podendo ser a partir de sensores orbitais (imagens de satélites) SR – sensoriamento remoto, ou sensores acoplados em máquinas e equipamentos (SAMPAIO *et al.*, 2020).

O monitoramento ou coleta de informações a partir de veículos aéreos não tripulados – VANTs, ampliou a capacidade de monitoramento e gestão de atividades devido à alta resolução espacial e temporal. Denominados também como RPA (*remotely piloted aircraft*), UAV (*unmanned aerial vehicle*) ou UASs (*unmanned aircraft systems*), esta ferramenta vem se destacando em diversos seguimentos da economia e não somente na agricultura como também na construção civil, mineração, meio ambiente, entretenimento e lazer, cultura e artes.

Na agricultura, o primeiro relato da utilização de VANTs data 1980, onde foi utilizado helicóptero Yamaha com o sistema RCASS ara controle de pragas em trigo, arroz e soja. Lançado em 1997 o modelo RMAX fui utilizado para semeadura e sensoriamento remoto de precisão (EINSEENBEISS, 2004; YAMAHA, 2020).

Pedrali *et al.* (2019) relataram que os VANTs, utilizados para obtenção de imagens, são os atuais destaques da AP devido ao baixo custo em comparação a imagens de satélite. Desta forma, a AP vem obtendo bons resultados com a utilização de sensores e veículos aéreos não tripulados como instrumentos para obtenção de informações, permitindo a rápida tomada de decisão e adequação do processo produtivo. Segundo Inamasu e Bernardi (2014) esta tecnologia pode ser definida como uma cadeia de conhecimentos que integra máquinas, dispositivos, equipamentos e softwares a coleta de dados e processamento, organização e interpretação destes dados para gerando de informações de apoio a gestão. Produzindo, portanto, ferramentas capazes de antecipar informações, agilizar a tomada de decisões, visando aumento de produtividade e redução de impactos ambientais. (SAMPAIO *et al.*, 2020; INAMASU *et al.*, 2011).

Avanços na tecnologia associado ao desenvolvimento dos sistemas globais de navegação e geoprocessamento assim como a acessibilidade, facilidade de uso, custo de aquisição e manutenção, ampliou a utilização destes equipamentos na AP. (RIBEIRO; MARINHO; ESPINOSA, 2018). Rodrigo (2016) destaca o aparecimento de sensores e recursos de imagem cada vez mais avançados, que auxiliam e propiciam no aumento de produtividades, reduzindo danos nas lavouras a partir de monitoramento das culturas em tempo real e forma não destrutiva.

Tornando-se possível o monitoramento da cultura do milho e o desenvolvimento de melhores ferramentas para a gestão refinada da cultura.

1.5 SENSORIAMENTO REMOTO

Definido por Florenzano (2007) como processo tecnológico de obtenção de dados e imagens da superfície terrestre a partir da captação da energia refletida ou emitida por esta superfície. Baseado no princípio da aquisição de dados sem contato físico, o termo surgiu pela primeira vez na literatura científica na década de 60 (PEDRALLI, 2017). Desde então, esta tecnologia vem ganhando espaço e diante do surgimento de novas ferramentas é comum a aplicação em diferentes seguimentos da sociedade.

Com a crescente demanda de alimentos, cada vez mais o setor agrícola busca por tecnologias que possam aumentar a produtividade das culturas em uma mesma unidade de área e a agricultura de precisão - AP é considerada forte aliada neste processo. Hatfield *et al.* (2008) destacaram que a coleta de informações via sensoriamento remoto - SR pode ser considerada um pilar da AP uma vez que ferramenta permite, entre outras capacidades, a estimativa de produção sem contato direto com a cultura, de forma rápida e não destrutiva.

O SR na agricultura se baseia na interpretação de resultados de reflectância de um alvo, ou seja, na interação de radiação eletromagnética com o solo ou a planta. Medeiros *et al.* (2008) indicavam que dentre as aplicações das imagens digitais a extração de índices de vegetação chama atenção devido à alta aplicabilidade. Jensen (2009) relatou que os sistemas de SR multiespectrais registram a energia de distintas bandas do espectro e radiação eletromagnética REM, e determinadas regiões e comprimentos de ondas se correlacionam com dados biofísicos. Segundo Dutra e Guimarães (2015) os equipamentos aéreos não tripulados se mostram adequados a acoplagem de diferentes sensores e eficientes para a coleta de dados de forma remota

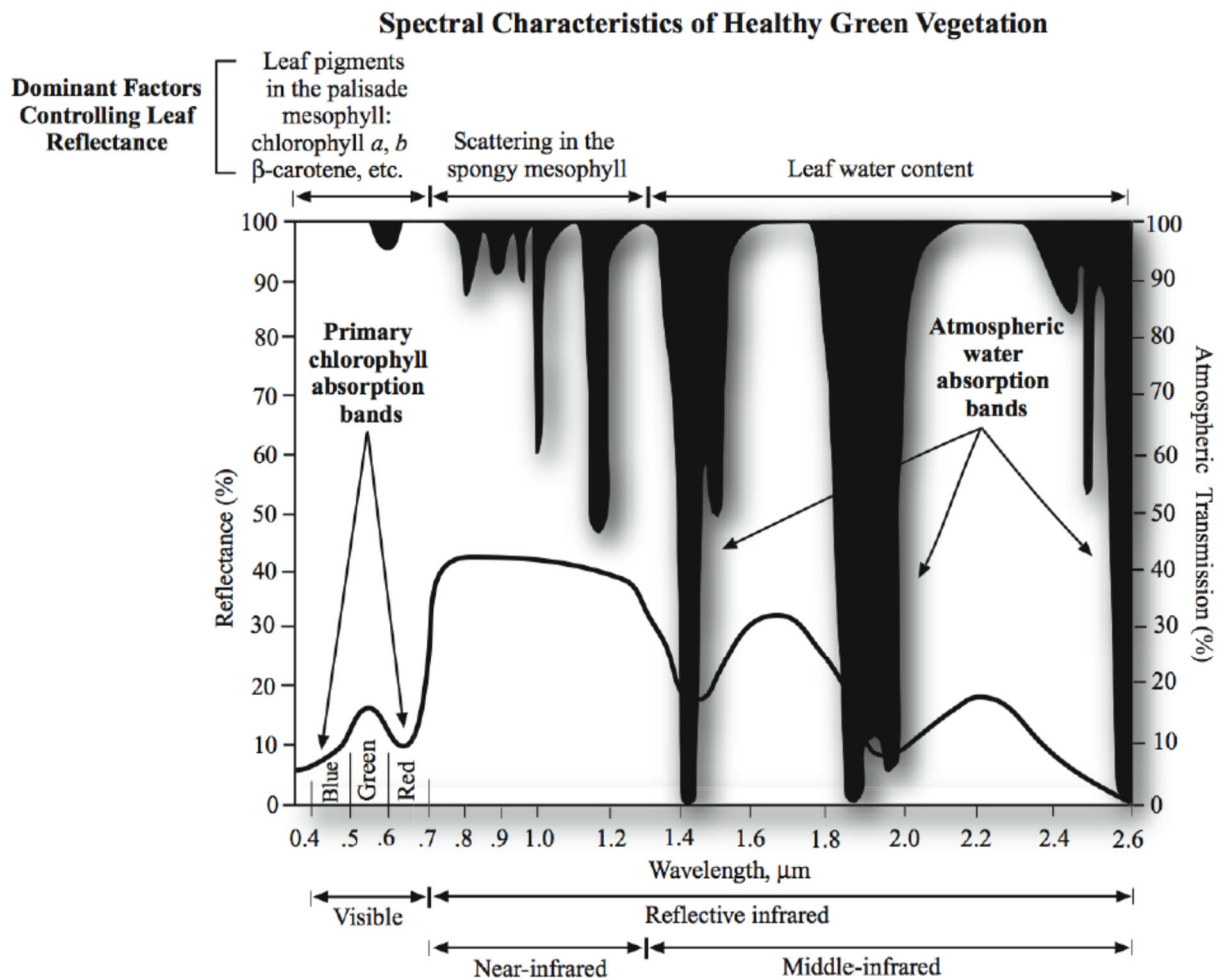
1.6 COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO

Desde as primeiras descobertas sobre as plantas, sabe-se que estas se utilizam da radiação REM emitida pelo Sol como parte da energia que necessitam para viver. Desde então esta interação passou a ser mais estudada, sendo o sensoriamento remoto a tecnologia que mais contribui para o avanço desse conhecimento (ROSENDO, 2005). O que define o comportamento espectral de uma superfície ou objeto é sua composição atômica e molecular,

desta forma, cada superfície reage a incidência de energia eletromagnética - REM, absorvendo ou refletindo, maiores ou menores quantidades de energia. Esta variação se dá devido à disposição dos elétrons ao redor do núcleo dos átomos em diferentes níveis e que absorvem diferentes quantidades de REM dependendo (FIGUEIREDO, 2005). Pela sua estrutura molecular, a água absorve toda a radiação eletromagnética abaixo de 350 nm (nanômetros) e acima de 700 nm. Desta forma, não possui reflectância nessas faixas do espectro, o que torna sua visualização possível nas faixas de espectro diferentes das mencionadas acima (FERREIRA, 2009). Assim cada anteparo possui sua faixa de reflectância e absortância de radiação eletromagnética.

Este comportamento permite identificar diferentes assinaturas espectrais e correlacioná-las com atributos biofísicos. O processo permite, portanto, caracterizar a superfície a partir da quantidade de energia refletida (GASPAROTTO *et al.*, 2015). Pedralli (2017) destaca que o termo “Comportamento Espectral da Vegetação” está associado aos conceitos de balanço de energia da REM, e podem representar as características de reflectância da REM pelas plantas, conjuntos de plantas e folhas. Porém para caracterizar este comportamento é necessário conhecer a interação entre a radiação e os fenômenos ocorridos no balanço de energia (reflectância, absortância e transmitância). Naue *et al.* (2010) a reflectância é o fenômeno físico mais utilizado nas técnicas de SR.

Figura 1 - Reflectância espectral característica de folha sadia típica.
Figure 1 - Spectral reflectance characteristic of a typical healthy sheet.



Fonte: (JENSEN, 2009, p. 359.)

Nas plantas os pigmentos existentes no mesófilo paliádico, como clorofilas *a* e *b*, e o β -caroteno são os responsáveis pela reflectância foliar, já o espalhamento de energia ocorre no mesófilo esponjoso em razão da quantidade de água presente na planta. A clorofila absorve mais eficientemente as bandas nos comprimentos de onda da região do visível entre 430 – 450nm (azul) e 650 – 660 nm (vermelho) que são regiões espectrais necessárias para a fotossíntese. O pico de reflectância do verde ocorre no comprimento 540 mm, devido ao decréscimo de eficiência na absorção deste comprimento de onda (JENSEN, 2009). Este fenômeno pode ser explicado como a menor absorção da luz verde (em comparação com a da luz azul e vermelha) que faz com que as folhas verdes saudáveis pareçam verdes aos nossos olhos (PEDRALLI, 2017). Já a reflectância aumenta em plantas saudáveis na região do infravermelho próximo (invisível), entre 700 e 1200nm, sendo este comprimento de onda sensível as variações das plantas.

1.7 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Segundo Camargo (2007), os índices de vegetação - IVs podem ser agrupados em 3 categorias, sendo estes intrínsecos, os relacionados à linha do solo e os ajustados atmosféricamente. Definidos como a combinação de duas ou mais bandas espectrais tem como objetivo principal promover a relação dos valores como os atributos das plantas (MACHADO, 2003). Segundo Moreira (2000), os dados utilizados para determinação dos IV são os valores de dados espectrais de saída do sensor, como radiância, número digital e reflectância, sendo estes últimos os mais comuns. Índices de vegetação referem-se a equações matemáticas desenvolvidas com base em comprimentos de ondas do espectro eletromagnético e permitem a avaliação do comportamento espectral da vegetação (MOREIRA, 2005; BARBOSA, 2006). Porém o que define a eficiência do monitoramento é o potencial do índice de vegetação em diagnosticar as diferenças espectrais de atributos específicos das culturas agrícolas.

Este comportamento não é padrão, onde cada equação ou composição de bandas espectrais com suas respectivas faixas de comprimento de onda, que definem o índice, atribuem ao pixel maiores ou menores valores, conforme a sensibilidade do índice. Desta forma, cabe a avaliação e respectiva correspondência destes valores a atributos do alvo, permitindo a construção de modelos de estimativa, previsão de atributos ou de monitoramento de indicadores das condições da superfície imageada. Na literatura, vários são os modelos propostos que permitem identificar o comportamento espectral de alvos específicos e mediante análise deste comportamento é possível estabelecer correlações com características do alvo. Segundo Epiphanyo e Formaggio (1991) a fim de realçar o componente espectral e melhorar a sensibilidade da ferramenta, são utilizados diversos agrupamentos entre bandas para a composição dos índices, dentre estes destacam as razões, normalizações, distâncias no espaço cartesiano e suas variantes.

Para este trabalho foram utilizados os seguintes índices categorizados como intrínsecos: SR (*Simple Ratio*), NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), RVI (*Ratio Vegetation Index*), GNDVI (*Normalized Difference Vegetation Index Using the Green Band*) e CLGreen (*Green Chlorophyll Index*) e os índices relacionados à linha do solo SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*) e ICF (Índice de Clorofila Foliar).

1.7.1 Índice de vegetação de razão simples – SR

Iniciado por Jordan (1969), Pearson e Miller (1972), o índice de vegetação de razão simples SR ou RATIO, demonstrado pela equação (1), foi o pioneiro e utiliza divisão entre as bandas do infravermelho próximo e vermelho

$$SR = \frac{NIR}{Red} \quad (1)$$

SR - Índice de vegetação razão simples

NIR - Reflectância na faixa de comprimento de onda do Infravermelho próximo

Red - Reflectância na faixa de comprimento de onda do vermelho

Galvani (2014) destaca que o aumento da vegetação, e demonstrada quando decrescem os valores de vermelho e crescem os valores do infravermelho próximo, produzindo um índice que é altamente sensível à presença de vegetação.

1.7.2 Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI

Da mesma forma que o SR, o NDVI, índice de vegetação por diferença normalizada (*normalized difference vegetation index*) baseado entre as bandas do infravermelho próximo e vermelho, é atualmente o mais utilizado nos trabalhos de AP. Criado por Rouse *et al.* (1973) na expectativa de diminuir a influência do solo, atmosfera e variações do ângulo do Sol possui sua componente calculada pela equação (2).

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (2)$$

NDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada

NIR - Reflectância na faixa de comprimento de onda do Infravermelho próximo

Red - Reflectância na faixa de comprimento de onda do vermelho

Segundo Rosendo (2005), valores de NDVI mais próximo de 1 indicam vegetação densa, enquanto mais próximo ao valor 0 (zero) indicam superfície não vegetada. Vian *et al.* (2015,

2018) apresentaram ser possível estimar a produtividade de milho em diferentes fases fenológicas, obtendo coeficientes de determinação (r^2) de 0,70 para relação entre NDVI e produtividade de grãos utilizando sensores remotos proximais, quando acoplados em máquinas agrícolas. Boratto e Gomide (2013) avaliando a aplicação de índices de vegetação NDVI, SAVI Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (*soil adjusted vegetation index*) e índice de área foliar – IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais também descreve o comportamento do NDVI desta forma. Assim o Número Digital (ND), que é o valor extraído do pixel, quanto mais próximo de 1 relacionam às áreas de vegetação com maior vigor e quando em áreas de vegetação pouco densa ou solo exposto, o ND torna-se baixo, mais próximo de 0 (zero). Bayma (2015) destacou a capacidade do NDVI em obter informações sobre parâmetros biofísicos da vegetação, como mudanças sazonais do estado da vegetação. Entretanto, o índice também demonstrou sensibilidade a resposta dos solos e a saturação pela estabilização da biomassa, geralmente quando os valores superam 0,8 (FERREIRA *et al.*, 2008).

1.7.3 Índice de vegetação reverso – RVI

O índice de vegetação reverso RVI é a operação inversa do SR, proposta por Richardson e Wiegand (1977) e possui o princípio inverso ao SR, onde valores dos dados decrescem com o aumento da vegetação (infravermelho próximo), crescem com o aumento da vegetação (vermelho). Equação (3).

$$RVI = \frac{Red}{NIR} \quad (3)$$

RVI - Índice de vegetação reverso

Red - Reflectância na faixa de comprimento de onda do vermelho

NIR - Reflectância na faixa de comprimento de onda do Infravermelho próximo

Pedralli (2015) descreve que o RVI é uma medida da relação entre a reflectância na região do infravermelho próximo e vermelho. Este índice se mostra bastante sensível às mudanças da vegetação durante o período de crescimento das plantas, porém não é muito sensível quando a cobertura vegetativa é escassa (JACKSON; HUETE, 1991).

1.7.4 Índice de vegetação por diferença normalizada na banda do verde – GNDVI

Proposto por Gitelson *et al.* (1996), o índice de vegetação por diferença normalizada na banda do verde, GNDVI (*normalized difference vegetation index using the green band*), nos mesmos moldes do NDVI, substitui a banda vermelha pela banda verde. O índice se mostra mais sensível à concentração de clorofila uma vez que o pico de reflectância desta organela ocorre na faixa de comprimento de onda de 540nm. Equação (4).

$$GNDVI = \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)} \quad (4)$$

GNDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada na banda do verde

Green - Reflectância na faixa de comprimento de onda do verde

NIR - Reflectância na faixa de comprimento de onda do Infravermelho próximo

Mello *et al.* (2020) comparando NDVI e GNDVI sobre biomassa de dossel vegetal, relataram que o GNDVI foi mais sensível visualmente para identificação de biomassa de dossel. Esta sensibilidade pode ser explicada devido a variações na superfície de fundo, como entrelinhas e áreas de solos exposto do trajeto do pivô em áreas de irrigação. (DALMOLIN *et al.*, 2005).

1.7.5 Índice clorofila total – CLGreen

Proposto por Gitelson *et al.* (2005) especialmente para caracterizar o teor de clorofila total, o índice de clorofila CLGreen (*green chlorophyll index*) equação (5).

$$CLGreen = \left(\frac{NIR}{Green} \right) + 1 \quad (5)$$

CLGreen - Índice verde de clorofila

NIR - Reflectância na faixa de comprimento de onda do Infravermelho próximo

Green - Reflectância na faixa de comprimento de onda do verde

Avaliando a resposta de dez índices de vegetação para parâmetros biofísicos da canola (*Brassica napus* L. var. oleífera), Vacari (2015) identificou que a variável massa de folhas foi a que apresentou menor correlação, contudo o CLGreen se mostrou mediano a todos os atributos e o mais estável com valores de r^2 de 0,76. Peng *et al.* (2011) testando as relações dos terrores de clorofila total com IVs, apresentaram que alguns IVs, entre eles o CLGreen identificou mais de 87% de variação no conteúdo de clorofila em culturas agrícolas.

1.7.6 Índice de vegetação ajustado ao solo – SAVI

Dentre as variações do NDVI, surgiu o índice de vegetação ajustado ao solo – SAVI (*soil adjusted vegetation index*) equação (6). Este índice objetivou diminuir o efeito do solo sobre diferentes densidades de cobertura vegetal, pois leva em consideração a indicação de uma constante L que pode variar de 0 a 1 de acordo com a densidade da vegetação. Assim adota-se o valor 1 para áreas com pouca cobertura vegetal, 0,5 para cobertura intermediária, 0,25, quando o L é igual a 0, o SAVI é idêntico ao NDVI (HUETE, 1988).

$$SAVI = \left[\frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red+L)} \right] + (1 + L) \quad (6)$$

SAVI - índice de vegetação ajustado ao solo

NIR - Reflectância na faixa de comprimento de onda do Infravermelho próximo

Red - Reflectância na faixa de comprimento de onda do vermelho

L - Fator de ajuste dependente da cobertura do solo

Boratto e Gomide (2013) relataram que o índice SAVI, enfatizou mais a influência de solo exposto, especialmente no período seco. Silva *et al.* (2015) utilizando imagens do Landsat 8 avaliaram que o SAVI foi eficiente para a classificação automática de pixel, quando avaliados áreas com fragmentos de Caatinga com êxito em cerca de 98,92% dos pixels classificados e *Agave sisalana* com 79,35% em região Semiárida do Brasil.

1.7.7 Índice de vegetação melhorado – EVI

Buscando minimizar os efeitos da saturação pela estabilização da biomassa presente no NDVI, Huete *et al.* (1997) e Justice (1998) desenvolveram o índice de vegetação melhorado –

EVI (*enhanced vegetation index*) que segundo Huete *et al.* (2000) se mostra mais sensível às variações na estrutura da planta. Também utilizado amplamente na AP, é calculado de forma similar ao NDVI, apresentando algumas modificações que visam garantir a correção de luz refletida. Equação (7). Definidos empiricamente pelos autores para o fator de ajuste, ajuste de fundo e coeficientes de resistência aos aerossóis são: $G = 2,5$; $C1 = 6$; $C2 = 7,5$; e $L = 1$.

$$EVI = G \cdot \left[\frac{NIR - Red}{L + NIR + C1.Red - C2.Blue} \right] \quad (7)$$

EVI - índice de vegetação melhorado

G - Fator de ganho

NIR - Reflectância na faixa de comprimento de onda do Infravermelho próximo

Red - Reflectância na faixa de comprimento de onda do vermelho

Blue - Reflectância na faixa de comprimento de onda do azul

L – Ajuste de fundo

C1 e C2 = Coeficientes de resistência a aerossóis.

Monteiro *et al.* (2013) observaram os mesmos potenciais para estimativa de IAF para a cultura do feijoeiro a partir dos os índices razão simples – SR (*simple ratio*), NDVI, SAVI, índice de vegetação melhorado – EVI (*enhanced vegetation index*) e bandas do vermelho e do infravermelho próximo, gerados a partir dos sensores orbitais (imagens de satélites) HRVIR (*high resolution visible and Infra-red*), ETM+ (*enhanced thematic mapper plus*) e MODIS (*moderate resolution imaging spectroradiometer*). No entanto não obtiveram diferenças significativas nas estimativas de produtividade podendo ser atribuído as diferenças de resoluções espaciais dos sensores.

Diante das diferenças de resoluções as composições dos índices obtidos a partir dos diferentes sensores podem ficar prejudicadas, reforçando as vantagens na utilização dos VANTs. Segundo Kuplich *et al.* (2013) o EVI é um índice desenvolvido para sensor orbital MODIS, embarcado nos satélites Terra e Aqua (JUSTICE *et al.*, 1998). Contudo, o modelo é aplicável a altas resoluções espaciais. A equação é similar à do NDVI, e utiliza no modelo além reflectância do infravermelho próximo e do vermelho que fundamenta o NDVI, também a reflectância do azul, fator L que se refere ao ajuste de fundo e coeficientes de resistência a aerossóis, C1 e C2. Estas modificações garantem a correção de luz refletida reduzindo a influência do sinal refletido pelo solo e da atmosfera sobre a resposta do dossel e aprimora a

detecção da vegetação em regiões com maiores densidades de biomassa (HUETE *et al.*, 2002; GALFORD *et al.*, 2008).

Kuplich *et al.* (2013) ainda relataram que o EVI foi eficiente para o monitoramento e mudanças de fases fenológicas da cultura, justificando assim escolha deste índice para avaliações das respostas na cultura do milho em três fases, V4, V10 e R1. O trabalho desenvolvido por estes autores também indicou que as séries temporais de EVI podem ser relacionadas a série de variáveis meteorológicas para um mesmo período temporal, podendo se mostrar um boa ferramenta para monitoramento temporal de culturas agrícolas. Os resultados indicam a importância de tecnologias que possibilitem avaliar as condições das culturas agrícolas de forma remota, rápida, não destrutiva e em tempo real.

1.7.8 Índice de clorofila foliar – ICF

O Índice de Clorofila foliar ou Taxa de Clorofila Relativa – TCR também é considerando um IV, uma vez que é obtido a partir de relações de absorção de diferentes comprimentos de onda, mensurando de forma indireta o teor clorofila total (ROSA, 2017). Piekielek e Fox (1992), relataram resultados que relacionam elevados teores de N nos tecidos a elevadas concentrações de clorofila e altas taxas fotossintéticas. Este aspecto pode ser explicado uma vez que cerca de 50% a 70 % do nitrogênio total das folhas formam enzimas associadas aos cloroplastos (CHAPMAN; BARRETO, 1997). Mudanças aos teores de clorofila, devido à deficiência de N foram detectadas por índices de reflectância (BLACKMER *et al.*, 1995). Zhao *et al.* (2003) destacam que deficiências de N podem ser identificadas pelas assinaturas espectrais nos comprimentos de ondas do verde (550 - 580nm) e infravermelho próximo (700 - 720nm).

Esta avaliação pode ser remota, a partir de sensores embarcados em máquinas ou equipamentos orbitais e suborbitais ou física, necessitando de interação com a planta. Theago, 2014, estudando doses, fontes e épocas de aplicação de N em trigo utilizando leitor SPAD, encontrou correlações positivas entre a concentração de N foliar e a concentração de clorofila. Estas avaliações podem ser utilizadas para indicação do índice nutricional da cultura associado a produtividade. Diante das vantagens e boas correlações encontradas com a produtividade, o ICF é utilizado para estimar a necessidade de N em cobertura em várias culturas, como trigo (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000; SINGH *et al.*, 2002), arroz (PENG *et al.*, 1993; BALASUBRAMANIAN *et al.*, 2000) e milho (ARGENTA *et al.*, 2002; HURTADO *et al.*, 2009).

REFERÊNCIAS

- ADÂMOLI, J. *et al.* Caracterização da região dos Cerrados. *In: GOEDERT, W. J. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo.* São Paulo: Nobel; Brasília, DF: EMBRAPA/CPAC, 1986. p. 33-74.
- ALMEIDA, G. O. **Cultivo de milho e soja em solos sob diferentes tipos de manejo.** 2017. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João Del-Rei, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2017.
- ANDREOTTI, M. *et al.* Produtividade da soja correlacionada com a porosidade e a densidade de um Latossolo Vermelho do cerrado brasileiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 520-526, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010005000032>
- ANDREOTTI, M. **Adubação nitrogenada do consórcio milho/braquiária para manutenção do sistema plantio direto no cerrado Sul-Matogrossense.** 2012. 85 f. Tese (Livre Docente do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2012.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 715-722, 2001.
- BALDO, M. N. **Comportamento anatômico, fisiológico e agrônômico do milho (*Zea mays* L.) submetido a estresses de ambiente em diferentes estádios fenológicos.** 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- BALASUBRAMANIAN, V. *et al.* Adaptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: a review. **International Rice Research Institute**, Laguna, v. 25, p. 4-8, 2000.
- BARBOSA, K. M. N do. **Monitoramento espacial de biomassa e carbono orgânico da vegetação herbácea de várzea na Amazônia Central.** 2006. 131 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- BARETA JUNIOR, E. **Qualidade física do solo e limites críticos de atributos físicos de Latossolo Bruno distrófico em função da produtividade das culturas de milho e aveia.** 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2018.
- BATISTELLA, M. *et al.* Geotecnologias e gestão territorial da bovinocultura no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, p. 251-260, 2011.
- BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 8, n. 1, p. 56-60, 1995.
- BAYMA, A. P. **Análise do potencial de séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor MODIS para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado.** 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.

BENGOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 41, p. 341-358, 1990.

BORATTO, 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. 2013. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** São José dos Campos: INPE, 2013. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0075.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 365-372, 2000.

CAMARGO, F. F. *et al.* Avaliação de Índices de Vegetação e de Índice de Área Foliar na caracterização espectral de dosséis de trigo (*Triticum aestivum*, L. - IAC-370). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. 2007, Florianópolis. **Anais [...]** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 103-110. 1 CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. (INPE-16282-PRE/10862). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.09.19.38>. Acesso em: 20 jul. 2020.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade da população microbiana do solo, em funções de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 14, p. 133-142, 1990.

CEMA. **Digital Farming**: what does it really mean?. European Agricultural Machinery, 2017.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. G. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 557-562, 1997.

CHUJO, A. M.; WALTER, F. Operações de vôo seguras e eficientes usando o conceito GBAS/SBAS. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS GRADUAÇÃO DO ITA, 12., 2006, São José dos Campos. **Anais [...]** [S. l.: s. n.], 2006.

CLERCQ, M.; VATS, A.; BIEL, A. **Agriculture 4.0**: the future of farming technology. [S. l.: s. n.], 2018.

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; SANTOS, F. C. dos. **Cultivo do milho**: nutrição e adubação do milho. Brasília, DF: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 06 set. 2019.

COLOMBO, G. A. *et al.* Atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado tocantinense. **Campo Digital**, [s. l.], v. 12, n. 1, 2017.

DALMOLIN, R. S. D. *et al.* Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 481-489, 2005.

- EINSEENBEISS, H. A Mini Unmanned Aerial Vehicle (UAV): system overview and image acquisition. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON “PROCESSING AND VISUALIZATION USING HIGH- RESOLUTION IMAGERY*, 2004, Pitsanulok. **Proceedings** [...] [S. l.: s. n.], 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 11 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2020. v. 1. ISBN 978-85-7035-951-3.
- EIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. Sensoriamento Remoto de Três Parâmetros Agronômicos de Trigo e Feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 10, p. 1615-1624, 1991.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. *In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Statistics Division**. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: http://faostat3.fao.org/download/Q/*E. Acesso em: 17 ago. 2019.
- FAVARATO, L. F. *et al.* Atributos químicos do solo sobre diferentes plantas de cobertura no sistema plantio direto orgânico. **Brazilian Journal of Sustainable Agriculture**. [s. l.], v. 5, n. 2, p. 19-28, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.21206/rbas.v5i2.312>.
- FERNANDES, P. **Produtividade de milho avaliada com imagens multiespectrais através do NDVI**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.
- FERREIRA, M. E. **Modelagem da dinâmica de paisagem do Cerrado**. 2009. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.
- FERREIRA, M. E. *et al.* Spectral linear mixture modelling approaches for land cover mapping of tropical savanna areas in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 28, p. 413-429, 2007.
- FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento, 2005.
- FILIPPINI ALBA, J. M. *et al.* Agricultura de precisão em fruticultura. *In: BERNARDI, A. C. C. et al. (ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 350-360.

- FLORENZANO, T. G. Uso de Imagens no Estudo de Fenômenos Ambientais. *In: Iniciação em sensoriamento remoto: imagens de satélites para estudos ambientais*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 57 - 65.
- FOLLET, R. F.; SCHIMEL, D. S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 53, p. 1091-1096, 1989.
- GALFORD, G. L. *et al.* Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 112, p. 576-587, 2008.
- GAO, X. *et al.* Optical-biophysical relationships of vegetation spectra without background contamination. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 74, n. 3, p. 609-620, 2000.
- GASPAROTTO, A. C. *et al.* Comportamento espectral de milho submetido a diferentes doses de nitrogênio. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR*, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]** João Pessoa: [s. n.], 2015. v. 17.
- GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, [s. l.], v. 327, n. 5967, p. 828-31, 2010.
- GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; MERZLYAK, M. N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 58, n. 3 p. 289-298, 1996.
- GODWIN, R. J. An economic analysis of the potential for precision farming in UK cereal production. **Biosystems Engineering**, London, v. 84, p. 533-545, 2003.
- GREGO, C. R. *et al.* Agricultura de precisão em cana-de-açúcar. *In: BERNARDI, A. C. C. et al. (ed.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014a. p. 442-457.
- HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 82, p. 121-145, 2005.
- HATFIELD, J. L. *et al.* Application of spectral remote sensing for agronomic decisions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, p. 117-131, 2008.
- HIRAKURI, M. H. *et al.*. **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 24 p.
- HOFMANN-WELLENHOF.; LICHTENEGGER, B.; WASLE, E. H. **GNSS: Global Navigation Satellite Systems**. Viena: Springer Wien, 2007. 522 p.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 25, p. 295-309, 1988.
- HUETE, A. R. *et al.* A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 59, p. 440-451, 1997.

HUETE, A. R. *et al.* Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 83, p. 195-213, 2002.

HURTADO, S. M. C. *et al.* Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, p. 300-309, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. (org.). **Levantamento sistemático da produção agrícola**: julho 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 17 ago. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. (org.). **Levantamento sistemático da produção agrícola**: junho 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 20 jul. 2020.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. Agricultura de precisão. *In*: BERNARDI, A. C. C. *et al.* (ed.) **Agricultura de precisão**: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 21-33

INAMASU, R. Y. *et al.* Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. *In*: INAMASU, R. Y. *et al.* (ed.). **Agricultura de precisão**: um novo olhar. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 14-26.

JACKSON, R. D.; HUETE, A. R. Interpreting vegetation indices. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 11, n. 3–4, p. 185–200, 1991.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 672 p.

JORDAN, C. F. Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. **Ecology**, Brooklyn, v. 50, n. 4, p. 663-666, 1969. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/1936256>.

JUSTICE, C. O. *et al.*, The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 36, n. 4, p. 1228-1249, 1998.

KUPLICH, T. M.; MOREIRA, A.; FONTANA, D. C. Série temporal de índice de vegetação sobre diferentes tipologias vegetais no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1116-1123, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001000014>

MACHADO, R. B. *et al.* **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2004. (Relatório técnico não publicado).

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

- MASSRUHÁ, S. S. F. M.; LEITE, A. A. M. M. **Agro 4.0: Rumo à agricultura digital. JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil**, 2017.
- MEDEIROS, F. A. *et al.*, Utilização de um veículo aéreo não-tripulado em atividades de imageamento Georeferenciado. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2375-2378, 2008.
- MELLO, D. C. de *et al.* Uso e ocupação do solo: comparação de índices NDVI e GNDVI e inferências sobre biomassa de dossel vegetal Cadernos de Agroecologia. *In: SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO: AGROECOLOGIA E A COMPREENSÃO DO SOLO COMO FONTE E BASE PARA A VIDA*, 5., 2020, [s. l.]. **Anais [...]** [S. l.: s. n.], 2020. v. 15, n. 1.
- MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, [s. l.], v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.
- MONTANARI, R. **Aspectos da produtividade do feijoeiro correlacionados com atributos do solo sob sistemas de manejo de elevado nível tecnológico**. 2009. 172 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2009.
- MONTEIRO, P. F. C. *et al.* Índices de vegetação simulados de diferentes sensores na estimativa das variáveis biofísicas do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 4, p. 433-441, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000400012>.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 320 p.
- MOREIRA, R. da C. **Influência do posicionamento e da largura de bandas de sensores remotos e dos efeitos atmosféricos na determinação de índices de vegetação**. 2000. 114 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000. (INPE-7528-TDI/735).
- NAUE, C. R. *et al.* Sensoriamento remoto como ferramenta aos estudos de doenças de plantas agrícolas: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 3, p. 190–195, 2010.
- OLIVEIRA, D. M. S.; LIMA, R. P.; VERBURG, E. E. J. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquido suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 280–285, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p280-285>.
- ORTH, D. M. *et al.* GPS: Global Positioning System - Ferramenta utilizada para Mapear Unidades de Conservação. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL*, 6., 2004, Florianópolis.. **Anais [...]** Florianópolis: [s. n.], 2004.

PATERNIANI, E.; NASS, L.L.; SANTOS, M. X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. *In: UDRY, C.W.; DUARTE, W. (org.) Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos.* Brasília: Paralelo 15, 2000. p. 11-41.

PEARSON, R. L.; MILLER, L. D. Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the short-grass Prairie, Pawnee National Grasslands, Colorado. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 8., ERIM, Ann Arbor. Proceedings [...]* [S. l.: s. n.], 1972. p. 1357-1381.

PEDRALI, L. D. *et al.* Sensoriamento remoto multiespectral para determinação de níveis de severidade de seca de ponteiros em *Eucalyptus* spp.. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, p. 224-234, 2019.

PEDRALI, L. D. **Aplicação de sensor multiespectral a bordo de VANT na determinação de graus de severidade de *Erwinia psidii* em *Eucalyptus urograndis*.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

PENG, S. *et al.* Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 987-990, 1993.

PENG, Y. *et al.* Remote estimation of gross primary production in maize and support for a new paradigm based on total crop chlorophyll content. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 115, p. 978-989, 2011.

PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 1, p. 59-65, 1992.

REINERT, D. J. *et al.* Qualidade física dos solos. *In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA*, 16., 2006, Aracaju. **Resumos [...]** Aracaju: SBCS, 2006. 1 CD-Rom.

RESENDE, O. *et al.* Avaliação da qualidade tecnológica de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados na presença de equipamento redutor de inóculo. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 143-151, 2004.

RIBEIRO, J. G.; MARINHO, Y. D; ESPINOSA, J. V. Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. *In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 2., 2018, Catalão. **Anais [...]** Catalão: [s. n.], 2018.

RICHARDSON, A. J.; WIEGAND, C. L. Distinguishing Vegetation From Soil Background Information. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, [s. l.], v. 43, n. 12, p. 1541-1552, 1977.

RODRIGUES, A. M. Feira Ligna Hanôver 2011. **Silva Lus.**, Lisboa, v. 19, n. 1, p. 131-132, 2011. Disponível em:
http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-63522011000100012&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 02 ago. 2020.

ROSENDO, J. D. S. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal Na Bacia Do Rio Araguari – MG: utilizando dados do Sensor Modis.** 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 821-828, 1999.

ROUSE, J. W. *et al.* **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation.** NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1974. 371 p.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *In: ERTS SYMPOSIUM*, 3rd., 1973, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: NASA, 1973. p. 309–317.

SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 56, p. 195-212, 2018.

SAMPAIO, H. S. *et al.* Comparação entre índices de vegetação obtidos por imagens aéreas com veículo aéreo não tripulado (VANT) e Satélite. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, [s. l.], v. 14, p. 111, 2020. DOI: 10.18011/bioeng2020v14n2p111-124.

SANTOS, G. G. **Impacto de sistemas de integração lavourapecuária na qualidade física do solo.** Goiânia: UFG, 2010. 122 p.

SANTOS, G. G. *et al.* Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1339-1348, 2011.

SANTOS, O. F. *et al.*, Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 36–42, 2017. Disponível em :<https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1185>.

SCHNUG, E.; HANEKLAUS, S.; LAMP, J. Continuous large scale yield mapping in oilseed rape fields and application of yield maps to CAF. **Oilseeds**, Washington, v. 9, p. 13-14, 1991.

SILVA, M. V. R. Aplicação do índice de vegetação ajustado ao solo-SAVI para a identificação de fragmentos de caatinga em cultivos de *Agave sisalana* Perrine na região Semiárida do Brasil. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR*, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]**, João Pessoa: [s. n.], 2015.

STEFANOSKI, D. C. *et al.* Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>.

TAVARES, L. A.F.; BENEZ, S. H.; SILVA, P. A. Características agronômicas e demanda energética de 478 cultivares de soja sob efeito dos sistemas de preparo do solo. **Revista Energia na Agricultura**, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 92-108, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2012v27n4p92-108>.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER Jr., J. J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, Baltimore, v. 102, n. 1, p. 18-22, 1966.

VIAN, A. L. *et al.*, Limites críticos de NDVI para estimativa do potencial produtivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, p. 91-100, 2018.

THEAGO, E. Q. *et al.* Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 6, p. 1826-1835, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600017>.

TURETTA, D. P. A.; CASTRO, S. S.; POLIDORO, C. J. **Solos, sustentabilidade e provisão de serviços ecossistêmicos**. São Paulo: Boletim informativo da SBCS, 2017.

VIAN, A. L. **Sensores de vegetação para estimativa in situ do potencial produtivo na cultura do milho**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

VICARI, M. B. **Estimativa de variáveis biofísicas da canola com dados espectrais multisensor**. 2015. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. *In*: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.

YAMAHA. **Precision agriculture**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.yamahamotorsports.com/motorsports/pages/precision-agriculture-rmax>. Acesso em: 02 jul. 2020.

ZHAO, D. L. *et al.* Corn (*Zea mays* L.) growth, leaf pigment concentration, photosynthesis and leaf hyperspectral reflectance properties as affected by nitrogen supply. **Plant and Soil**, The Hague, v. 257, p. 205-217, 2003.

2 PRODUTIVIDADE DO MILHO EM SISTEMAS DE MANEJO E REINTEGRAÇÃO DO PLANTIO DIRETO NOS SOLOS DO CERRADO

Resumo

O milho é uma das principais culturas agrícolas cultivadas e consumidas no mundo, sendo o Cerrado brasileiro representativo no cultivo deste cereal. O centro oeste é responsável por 44,8% de toda a produção agrícola do país. A crescente demanda de alimentos promove cada vez mais a busca por tecnologias que aumentem a produtividade das culturas de forma eficiente e com uso racional dos solos. A intensificação agricultura no cerrado brasileiro associado a más práticas de manejos e conservação dos solos promoveram danos na estrutura dos solos e queda de produtividade. O objetivo do trabalho foi avaliar produtividade do milho nas fases fenológicas, V4, V10 e R1, como indicativo de produção em um Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVd), de textura argilosa em função de 8 sistemas de manejo dos solos visando a reintegração do plantio direto no cerrado: SPDC – sistema plantio direto contínuo de 24,5 anos de implantação; CM/SPD – cultivo mínimo seguido de 10 safras consecutivas com SPD, e o mesmo para o GP/SPD – preparo convencional do solo com grade pesada e AA/SPD - arado de aiveca; CMC - cultivo mínimo, GPC - preparo convencional do solo com grade pesada; AAC- arado de aiveca contínuo de 10 safras e PR - preparo reduzido de 2ª safra, todos com 4 repetições. Foram avaliadas as produtividades de biomassa (matéria fresca de plantas) e matéria seca de plantas de milho em cada uma das fases avaliadas e componentes biométricos no momento da colheita. Manejo convencional reintegrado ao plantio direto, GP/SD apresentou resultado 17,6% maior que AAC e 14,0% maior que GPC para produtividade de grãos de milho. Já para produção de biomassa e matéria seca o manejo CM/SPD apresentou produtividades 19,3% e 19,7% superiores ao AAC. Os manejos conservacionistas CMC e PR demonstraram melhores resultados que os convencionais, porém inferiores aos sistemas reintegrados ao SPD. O SPDC com 24,5 anos de implantação apresentou na maioria dos atributos as maiores médias de produção juntamente com os sistemas reintegrados ao SPD.

Palavras-chave: Uso sustentável do solo. Sistemas de produção. Conservação do solo. Estrutura física do solo.

MAIZE PRODUCTIVITY IN MANAGEMENT SYSTEMS AND REINTEGRATION OF DIRECT PLANTING IN BRAZILIAN CERRADO SOILS

Abstract

Corn is one of the main agricultural crops grown and consumed in the world, and the Brazilian Cerrado is representative in the cultivation of this cereal. The west center is responsible for 44.8% of all agricultural production in the country. The growing demand for food increasingly promotes the search for technologies that increase crop productivity efficiently and with rational use of soils. The intensification of agriculture in the Brazilian savannah associated with poor soil management and conservation practices promoted damage to the soil structure and decreased productivity. The objective of this work was to evaluate corn productivity in the phenological phases, V4, V10 and R1, as an indication of production in a typical Dystrophic Red Latosol (LVd), with a clay texture in function of 8 soil management systems aiming at the reintegration of planting no cerrado: SPDC - 24.5 years of continuous no-tillage system; CM/SPD - minimum cultivation followed by 10th consecutive harvests with SPD, and the same for GP/SPD - conventional soil preparation with heavy harrow and AA / SPD - moldboard plow; CMC - minimum cultivation, GPC - conventional tillage with heavy harrow; AAC - continuous moldboard plow of 10 ° harvests and PR - reduced preparation of the 2nd crop, all with 4 repetitions. The productivity of biomass (fresh matter of plants) and dry matter of corn plants were evaluated in each of the evaluated phases and biometric components at the time of harvest. Conventional management reintegrated to no-tillage, GP/SD showed a result 17.6% higher than AAC and 14.0% higher than GPC for corn grain productivity. For biomass and dry matter production, the CM/SPD management showed productivity 19.3% and 19.7% higher than the AAC. The conservationist managements CMC and PR showed better results than the conventional ones, but inferior to the systems reintegrated to the SPD. The SPDC with 24.5 years of implementation presented in the majority of attributes the highest production averages together with the systems reintegrated to the SPD.

Keywords: Sustainable land use. Production systems. Soil conservation. Physical soil structure.

2.1 INTRODUÇÃO

Historicamente os solos do cerrado foram subaproveitados no passado e em alguns locais ainda não são utilizados em toda sua potencialidade, principalmente devido suas condições químicas desfavoráveis as culturas (EMBRAPA, 2020). O cerrado brasileiro é reconhecido como bioma de estratégica importância para a manutenção da biodiversidade e segurança alimentar (MACHADO *et al.*, 2004). Esta savana possui uma das biodiversidades mais ricas do mundo e sua área ocupa cerca de 24% de todo território nacional (EMBRAPA, 2020). Na porção cultivável desta região, cerca de 80,6 milhões de hectares, a cultura do milho é altamente representativa. Apesar dos solos do cerrado possuírem características morfológicas adequadas à agricultura, como relevo profundidade dos solos, as condições químicas dependem de certos cuidados. A alta acidez natural, altas concentrações de Fe e Al, baixa fertilidade natural e teores de MO médios de 25 a 30 g kg⁻¹, fazem com que cada vez mais sejam avaliados conjunto de práticas que busquem otimizar os cultivos destes solos.

Segundo Dutra e Silva (2017) as formações existentes no cerrado que vão de áreas abertas, savanas arbustivas até florestas foram ocupadas gradativamente no decorrer dos tempos. A expansão sobre as áreas de florestas no cerrado, que ocupavam cerca de 32% de seu território, ocorreram no início do século XX. Nesta época, o uso do fogo e as práticas convencionais de manejo dos solos se mostravam promissoras, onde a exploração da fertilidade natural dos solos ocorria por cerca de 20 a 30 anos e mediante declínio da produtividade as áreas eram destinadas a pecuária. (LOPES; GUILHERME, 2007).

De acordo Critical Ecosystem (2016) as formações savânicas, 61%, e campestres com cerca 7% não imprimiam interesses econômico a agricultura até o início dos anos de 1950. Estudos e preocupações ligadas a manutenção da fertilidade dos solos, inicialmente voltada à pecuária, e o surgimento de políticas de incentivo ao desmatamento, uso de defensivos e intensificação da monocultura promoveram a expansão da agricultura no cerrado (SILVA, 2020). Ekman e Macamo (2014) destacam que no Brasil, assim como no Paraguai, Indonésia, El Salvador, Moçambique, as savanas de solos inférteis se transformaram em áreas de interesse para a agricultura global.

No Brasil, o milho o segundo maior produto agrícola, perdendo apenas para a soja. Em 2019 a produção de milho atingiu os patamares de 100,5 milhões de toneladas nas duas safras. Somente na região centro-oeste a produção do grão foi de 53,6 milhões de toneladas, superando a produção de soja que foi de 53,3 milhões (IBGE, 2020). Apesar da acirrada concorrência em áreas com a cultura da soja, normalmente pela maior rentabilidade proporcionada pela

leguminosa, as estimativas de produção do cereal no cerrado para 2020 são promissoras. Dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA do IBGE estimam que a produção de milho para 2020 nesta região seja de 52 milhões de toneladas, o que representa 44,8% de toda a produção agrícola do centro oeste do país (IBGE, 2020).

As pressões exercidas a estes sistemas de produção no cerrado brasileiro no decorrer dos anos promoveram danos e é constante a busca por sistemas de produção mais eficientes que promovam o uso racional dos solos (STEFANOSKI, 2013). Sistemas de produção são caracterizados pelo conjunto de práticas ou técnicas adotadas no cultivo da cultura e são definidos através de fatores de produção (ALMEIDA, 2017). Hirakuriet *et al.* (2012) relatam que estes sistemas de produção são classificados dependendo do grau de complexidade e interação entre práticas ou manejos, podendo ser classificados em monocultura, sucessão, rotação, consórcio e integração. O manejo do solo é considerado uma das técnicas mais importantes para garantir a sustentabilidade do sistema, podendo ser considerada a atividade que talvez exerça a maior influência nos atributos de qualidade dos solos (HAMZA; ANDERSON, 2005).

Santos (2010) e Santos *et al.* (2011) relatam que na medida em que se intensifica os usos dos solos, estes sofrem alterações sendo estas geralmente adversas ao desenvolvimento das culturas. A estrutura dos solos pode ser avaliada por atributos físicos como densidade, macro e microporosidade, resistência mecânica a penetração, infiltração de água e estabilidade de agregados (AGUIAR, 2008). Reinert *et al.* (2006) compreende que os atributos que dão forma aos solos são os indicadores de estrutura, como geometria, aeração, tamanho e continuidade dos poros, infiltração e armazenamento de água.

Considerados solos adequados a mecanização por serem em maioria profundos e de relevos planos a suavemente ondulados, foram intensamente explorados com práticas de manejo convencionais.

Visando o aumento de produtividade torna-se constante a busca pela reintegração das condições agrícolas dos solos do cerrado a partir de sistemas de manejo conservacionistas que visem reestruturar as porções físicas químicas e biológicas deste ambiente. Sendo assim o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade do milho em sistemas de manejo dos solos para retomada do plantio direto no cerrado.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em uma área experimental da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão - FEPE, pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, nas coordenadas geográficas, Latitude 20° 20' 46,74" Sul e Longitude 51° 24' 27,85" Oeste, à 335 m de altitude. O solo foi classificado, segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SILVA *et al.*, 2018), como Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVd), de textura argilosa, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínico, férrico, muito profundo, moderadamente ácido. As condições de fertilidade dos solos da área experimental são demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo na área experimental, antes da instalação do experimento, profundidade 0,0 – 0,20m para cada um dos tratamentos de manejo dos solos.
Table 1. Chemical attributes of the soil in the experimental area, before the experiment was installed, depth 0.0 - 0.20m for each soil management treatment.

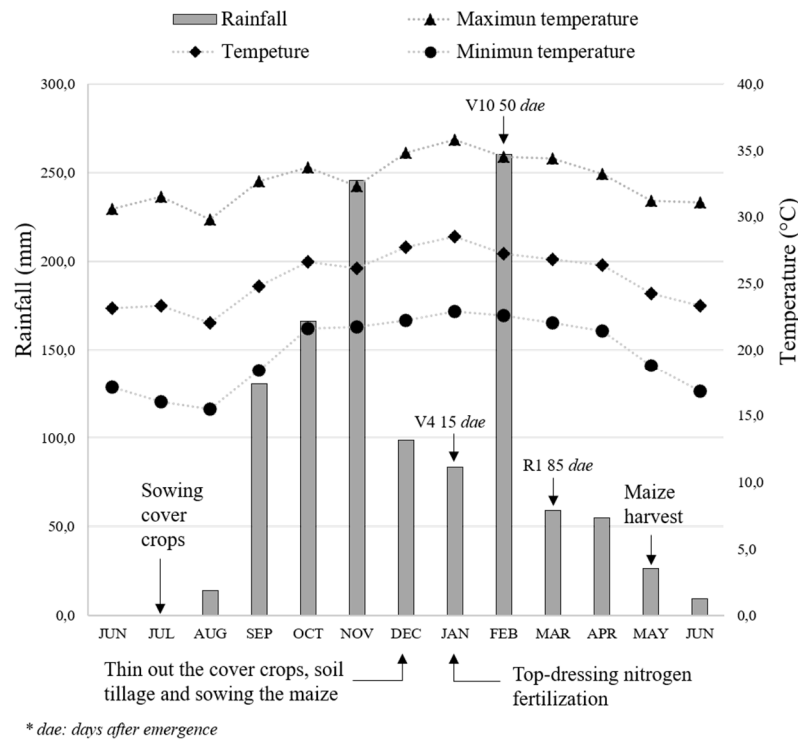
Manejos ¹	pH	P - resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	M.O	V	B
	(CaCl ₂)	(mg/dm ³)	(mmol _c /dm ³)			(g/dm ³)	(%)	(mg/dm ³)	
AAC	5,2	25,5	3,2	18,5	16,5	66,2	20,5	58,0	0,07
AAC/SPD	5,0	22,0	2,9	19,0	16,0	70,4	22,0	53,0	0,26
CM/SPD	5,3	34,0	3,1	27,0	23,5	83,1	23,0	63,0	0,25
CMC	5,1	36,0	3,3	20,5	17,0	74,8	22,5	54,5	0,22
GP/SPD	4,9	12,5	1,7	15,0	13,0	63,7	21,0	46,5	0,09
GPC	5,0	34,5	2,7	21,0	17,5	75,2	21,0	54,5	0,10
PR	5,2	37,5	3,3	25,5	21,5	79,8	23,0	62,5	0,13
SPDC	4,9	44,5	2,7	19,0	16,0	73,7	20,5	51,0	0,10

Nota 1: Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do DEFERS - Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos FEIS/UNESP, Campus de Ilha Solteira - SP.

Nota 2: ¹ Manejo do Solo (M): SPDC - sistema plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade media seguida da escarificador. Fonte: Dados da pesquisa.

O clima da região segundo a classificação de Koppën, Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seco no inverno, com precipitação média pluviométrica anual de 1370 mm, temperatura média anual de 23,5 °C e umidade relativa do ar entre 70 e 80 % (média anual). (HERNANDEZ *et al.*, 1995). As condições climáticas no decorrer do experimento estão apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Precipitação, temperatura máxima, mínima e média mensais durante o ciclo das plantas de cobertura e do milho cultivado em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVd).
Figure 2. Monthly precipitation, maximum, minimum and average temperature during cover cycle and maize cultivated in (Oxisol) typical Dystroferic Red Latosol (LVd).



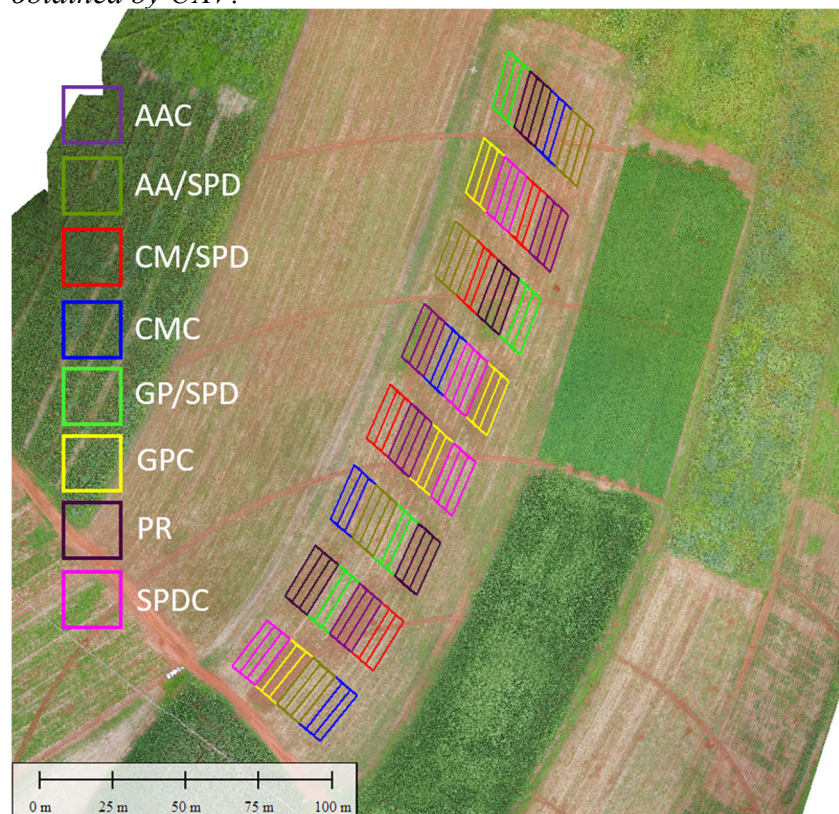
Fonte: Elaboração do próprio autor.

A área experimental vem sendo conduzido nos últimos 16 anos por sucessão de culturas de soja como principal no verão, e milho de outono-inverno. No inverno de 2018, cultivou-se a aveia preta (*Avena strigosa* L.) para cobertura do solo. Esta foi inicialmente dessecada para semeadura das culturas principais sob a palhada, nos sistemas plantio direto. A operação foi realizada com pulverizador de barras móveis de 14,00 m, marca Jacto, modelo CONDOR 800, espaçamento entre pontas de pulverização de 0,50m, controlador de vazão elétrico marca Spraying Systems, acoplado ao sistema levante hidráulico de três pontos e comando hidráulico de levante de barras, e acionamento pela TDP. O pulverizador foi acoplado a um trator de pneus 4x2 TDA, da marca New Holland, modelo TL-75-E de 57,41 kW de potência máxima no motor. A calda de pulverização foi composta por 1 L ha⁻¹ de adjuvante (óleo mineral), 2,0 kg ha⁻¹ de herbicida sistêmico (sal de amônio de glifosato 792,5 g kg⁻¹), à 250,0 L ha⁻¹ de taxa de aplicação para dessecação da aveia e controle das ervas daninhas existentes na área como trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), capim colônião (*Panicum maximum*), nabiça (*Raphanus Raphanistrum* L.), capim amargoso (*Elionurus candidus*) e guanxuma (*Sida rhombifolia* L.).

O experimento seguiu o delineamento de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições em 3 épocas de avaliações. No dia 20/11/2019, a área experimental foi estaqueada inicialmente em parcelas de 10×20 m (200 m^2) para localização dos oito sistemas de preparo do solo preexistentes, totalizando 32 parcelas experimentais e posteriormente para cada parcela, foram demarcada 3 sub-parcelas de $3,33 \times 20$ m ($66,6 \text{ m}^2$) a fim de gerar repetibilidade dos dados, totalizando 96 sub-parcelas amostrais. Os tratamentos foram os sistemas de manejo foram: SPDC – Sistema plantio direto contínuo de 24,5 anos de implantação; CM/SPD – Cultivo mínimo seguido de 10 safras consecutivas com SPD, e o mesmo para o GP/SPD – preparo convencional do solo com grade pesada e AA/SPD - arado de aiveca; CMC - cultivo mínimo; GPC - preparo convencional do solo com grade pesada, AAC - arado de aiveca contínuo de 10 safras e PR - preparo reduzido de 2ª safra (Figura 3).

Figura 3 - Representação de parcelas dos tratamentos de manejo e preparo dos solos sobre ortofoto georreferenciada obtida por VANT.

Figure 3 - Plot representation of soil management and tillage treatments on georeferenced orthophoto obtained by UAV.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

As operações mecanizadas realizadas na área foram as seguintes para os respectivos tratamentos. (Figuras de 4 a 16).

CMC – Cultivo mínimo: Operação de escarificação realizada utilizando implemento de arrasto com 5 hastes, espaçamento entre hastes de 0,40m, ponteira de 5cm, disco de corte de 22” e rolo destorroador marca Jan, modelo Jumbo Matic acoplado a um trator de pneus 4x4 TDA marca Valmet, modelo 985 T, potência de 73,6kW.

GPC - Preparo convencional do solo com grade pesada: Preparo primário efetuado com grade pesada de 14 discos recortados com diâmetro de 32” x 9,0 mm, espaçamento entre discos de 360 mm, peso 157 kg disco⁻¹, marca Super Tatu, modelo GAPCR 360 acoplado em trator de pneus 4x4 Valmet, modelo 148 T TDA, potência de 145 cv, seguido por preparo secundário com grade de 32 discos com diâmetro de 22” para destorroamento do solo e segunda operação de grade pesada.

AAC – Arado de aiveca contínuo: Preparo primário efetuado com arado aiveca marca Ikeda, modelo MF 3 R, composto por três aivecas modelo recortadas com largura de corte de 1200 mm, altura do chassis de 720 mm e peso total de 540 kg acoplados a um trator de pneus 4x4 TDA marca Valmet, modelo 985 T, potência de 73,6kW seguido por preparo secundário com grade de 32 discos com diâmetro de 22” para destorroamento do solo.

PR – Preparo reduzido: Preparo primário efetuado com grade de 32 discos com diâmetro de 22” e preparo secundário com operação de escarificação realizada utilizando implemento de arrasto com 5 hastes, espaçamento entre hastes de 0,40m, ponteira de 5cm, disco de corte de 22” e rolo destorroador marca Jan, modelo Jumbo Matic acoplado a um trator de pneus 4x4 TDA marca Valmet, modelo 985 T, potência de 73,6kW.

Nos tratamentos SPDC, GP/SPD, AA/SPD e CM/SPD foram realizadas semeadura direta.

Figura 4 – Cultivo mínimo contínuo CMC – Implemento de arrasto com 5 hastes e rolo destorroador, safra de verão 2018/2019.

Figure 4 - Minimum continuous cultivation CMC - scarification with 5-shank trailing implement and cutting roller, summer harvest 2018/2019.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 5 - Cultivo mínimo contínuo CMC – Operação de escarificação com Implemento de arrasto com 5 hastes e rolo destorroador, safra de verão 2018/2019.

Figure 5 - Minimum continuous cultivation CMC - Chiseling operation with 5-shank drag implement and cutting roller, summer harvest 2018/2019.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 6 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Preparo primário efetuado com grade pesada de 14 discos recortados com diâmetro de 32" x 9,0 mm, safra de verão 2018/2019.

Figure 6 - Conventional soil preparation with heavy harrow - GPC: Primary preparation carried out with a heavy harrow of 14 cut-out discs with a diameter of 32 "x 9.0 mm, summer harvest 2018/2019.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 7 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Resultado do preparo primário efetuado com grade pesada de 14 discos recortados com diâmetro de 32" x 9,0 mm, safra de verão 2018/2019.

Figure 7 - Conventional soil preparation with heavy harrow - GPC: Result of primary preparation carried out with heavy harrow of 14 cut-out discs with a diameter of 32 "x 9.0 mm, summer harvest 2018/2019.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 8 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Preparo secundário com grade de 32 discos com diâmetro de 22" para destorroamento do solo, safra de verão 2018/2019.
Figure 8 - Conventional tillage with a heavy harrow - GPC: Secondary tillage with a 32-disk harrow with a 22 "diameter for soil removal, 2018/2019 summer harvest.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 9 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Segunda operação de grade pesada efetuado com grade pesada de 14 discos recortados com diâmetro de 32" x 9,0 mm, safra de verão 2018/2019.
Figure 9 - Conventional soil preparation with heavy harrow - GPC: Second heavy harrow operation carried out with a heavy harrow of 14 cut-out discs with a diameter of 32 "x 9.0 mm, summer harvest 2018/2019.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 10 - Preparo convencional do solo com grade pesada - GPC: Resultado final após a segunda operação de grade pesada, safra de verão 2018/2019.

Figure 10 - Conventional tillage with heavy harrow - GPC: Final result after the second heavy harrow operation, summer harvest 2018/2019.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 11 - Arado de aiveca contínuo - AAC: Preparo primário efetuado com arado aiveca marca Ikeda, modelo MF 3 R, composto por três aivecas modelo recortadas, safra de verão 2018/2019.

Figure 11 - Continuous moldboard plow: Primary preparation made with Ikeda moldboard plow, model MF 3 R, composed of three cut-out moldboards, 2018/2019 summer harvest.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 12 - Arado de aiveca contínuo - AAC: Preparo secundário com grade de 32 discos com diâmetro de 22" para destorroamento do solo safra de verão 2018/2019.

Figure 12 - Continuous moldboard plow - AAC: Secondary preparation with a 32-disc harrow with a 22 "diameter for soil removal in the 2018/2019 summer harvest.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 13 - Preparo reduzido - PR: Preparo primário efetuado com grade de 32 discos com diâmetro de 22" e preparo secundário com operação de escarificação realizada utilizando implemento de arrasto com 5 hastes, safra de verão 2018/2019.

Figure 13 - Reduced preparation - PR: Primary preparation carried out with a grid of 32 discs with a 22 "diameter and secondary preparation with chiseling operation carried out using a 5-sided trailing implement, 2018/2019 summer harvest.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 14 - Visão geral da área experimental: Tratamento convencional e conservacionista. safra de verão 2018/2019.

Figure 14 - Overview of the experimental area: Conventional and conservationist treatment. 2018/2019 summer harvest.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 15 - Material vegetal proveniente de cultura de aveia preta (*Avena strigosa* L.) cultivada no inverno de 2018 para cobertura do solo.

*Figure 15 - Vegetable material from black oat (*Avena strigosa* L.) cultivated in winter 2018 for soil cover*



Fonte: Elaboração do próprio autor.

No dia 13/12/2018, semeou-se por meio de uma semeadora adubadora pantográfica, da marca Marchesan, modelo Suprema Ultra Flex, composta por 7 linhas desencontradas espaçadas em 0,45 m para plantio direto, por discos de corte de 16 polegadas para corte da palha, mecanismos sulcadores tipo disco duplo desencontrado defasado (16x15") no sistema de

deposição de adubo e para deposição de sementes, roda dupla controladora de profundidade, roda do tipo “V” de fechamento e compactação do sulco de semeadura, e mecanismos distribuidor e dosador de semente do tipo pneumática regulado para distribuir de aproximadamente 67.000 sementes ha⁻¹ do milho híbrido AG 8088 VTPRO 2, recomendado para a safra de verão. Foi realizado adubação de semeadura em toda a área utilizando 330 Kg ha⁻¹ de 08-28-16 na semeadura. A adubação nitrogenada em cobertura, utilizando como fonte ureia (45 % N), aos 15 dias após emergência (DAE), na dose de 100 kg ha⁻¹ de N sem incorporação na entre linha em área de irrigação suplementar.

Figura 16 - Visão geral da área experimental: Área semeada em com milho híbrido AG 8088 VTPRO 2 em 13/12/2018. safra de verão 2018/2019.

Figure 16 - Overview of the experimental area: Area sown in with hybrid corn AG 8088 VTPRO 2 on 12/13/2018. 2018/2019 summer harvest.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para demarcação digital das parcelas e sub-parcelas foi realizado levantamento topográfico de precisão utilizando receptores geodésicos GNSS (GPS e GLONASS) integrado, marca Sokkia, modelo *GRX 1*, L1/L2, e demarcação dos pontos de amostragens utilizando método RTK e software de ajustamento e transporte de ponto de apoio básico *Sokkia Spectrum Survey Office – SSO 8.2.1*. Estes pontos são necessários afim de garantir a real localização e exatidão das dimensões das parcelas, obtenção de coordenadas de amostragens com precisão.

Foram realizadas campanhas de avaliações nos estádios fenológicos de desenvolvimento do milho e respectivas épocas definidas por dias após a emergência da cultura relacionadas a

seguir: V4 – 15 DAE, V10 – 50 DAE e R1 – 85 DAE, conforme sugerido por Fancelli (2000) e obtidos os atributos de produtividade da cultura do milho, onde foram colhidas 3 plantas por parcelas para determinação da biomassa fresca e matéria seca de plantas, com auxílio de balança analítica e secagem em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C até atingir massa constante.

Aos 140 DAE, em 3 linhas centrais de 5 metros, ao centro das parcelas determinou-se a produtividade de grãos e massa de 1000 grãos, através da pesagem dos grãos colhidos com auxílio de balança analítica. A umidade dos grãos foi corrigida para 13%. (Figura 17)

Figura 17 - Avaliações: Analisador de umidade de impurezas.

Figure 17 - Evaluations: Impurity moisture analyzer.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

As características biométricas avaliadas foram altura da planta, altura de inserção de 1ª espiga, diâmetro do colmo, população inicial e final de plantas e índice de sobrevivência. As avaliações foram realizadas em 10 plantas presentes na sequência na linha semeadura em cada uma das parcelas experimentais.

Após a colheita do milho, foi realizada a avaliação de compactação dos solos a partir do levantamento de Resistência a Penetração – RP, utilizando penetrômetro eletrônico portátil modelo SoloTrack, marca Falker Automação Agrícola em cada uma das 32 parcelas de 200 m² referente aos tratamentos de manejo dos solos com 3 repetições, contabilizando 96 medições até 0,6 m de profundidade com resolução de 0,01 m. Em cada ponto de avaliação foram coletadas amostras para determinação da unidade do solo a base de massa, denominada

gravimétrica a cada 0,1 até 0,6 m, pelo método da estufa de 105 – 110°C por 24 horas para perda de massa de água.

Figura 18 – Avaliação da variável Resistência a Penetração – RP, utilizando penetrômetro eletrônico portátil modelo SoloTrack, marca Falker Automação Agrícola.

Figure 18 - Evaluation of the Penetration Resistance variable - RP, using a portable electronic penetrometer model SoloTrack, brand Falker Automação Agrícola.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 19 - Área experimental: Colheita mecanizada do milho realizada em 18/05/2019.

Figure 18 - Experimental area: Mechanized corn harvesting carried out on 05/18/2019.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Por meio do software R (R Core Team, 2015), dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de Levene, ambos à 0,01 e 0,05 de probabilidade ($p > 0,05$). Posteriormente, os dados normais foram submetidos à análise de

variância pelo teste F ($p < 0,05$) e quando significativos, a média entre tratamentos foi verificada pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar dos gráficos demonstrarem que nos tratamentos GPC, PR e AA/SPD ocorreram picos de RP ultrapassando o limite crítico proposto pela literatura de 2 Mpa, as médias dos tratamentos não apresentaram camadas compactadas. Estudos demonstram que apesar de indicativo de compactação do solo a RP não pode ser considerada como determinante para queda de produtividade. Reichert *et al.* (2003) relataram que um determinado atributo ou propriedade do solo não pode ser analisado de forma isolada uma vez que estes atuam de forma conjunta e complexa sobre os fatores de crescimento. Silva *et al.* (2004a) Complementa sobre importância dos bioporos para o crescimento do milho quando relacionado com porosidade de aeração e resistência do solo à penetração. Reichert *et al.* (2007) apresentam resultados de que o atributo de altura de plantas de milho não reduziu bruscamente para o valor de RP de 2 MPa porém apresentou um crescimento relativo da parte aérea de 69 % para o plantio direto e de 65 % para o plantio convencional. Para os tratamentos de PR (2 operações: grade média seguida de escarificador e posterior semeadura) foram encontradas indicadores de compactação em camadas de 0,15 a 0,20m de profundidade, podendo ser atribuído a formação de “pé de grade”, que é uma camada compactada logo abaixo da profundidade de corte da grade, de 0,15 a 0,20m, formada pela desestruturação inicial da camada de 0,0 a 0,20m e a pressão exercida pelo equipamento. Rosa (2011) estudando o efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador em atividade de escarificação encontrou resultados de compactação acima de 2 MPa nas camadas abaixo de 0,20m quando em sistema de semeadura direta com compactação adicional por trânsito de máquinas. O autor demonstra que nessas condições a haste subsoladora não promoveu a quebra da camada compactada. Quando utilizado somente a operação de escarificação em tratamento de semeadura direta sem compactação adicional o autor identificou influências positivas na macroporosidade - Ma e microporosidade - Mi que a escarificação promoveram nas das camadas de 0,23 a 0,26 m (logo abaixo da camada escarificada). Resultados similares podem ser verificados para o tratamento de o CMC (cultivo mínimo contínuo com escarificador), onde não foram encontrados índices de compactação dos solos. Rosa (2011) reitera que a operação de escarificação com subsolador não gera compactação abaixo da linha de trabalho promovendo aumento da Ma e redução da densidade do solo - Ds nas camadas em estudo. Secco e Reinert (1997) relataram o efeito benéfico da

escarificação com haste subsoladora, na qual a operação de escarificação proporcionou elevada porosidade total e baixa rugosidade superficial.

Tabela 2 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) médias de RP - Resistência mecânica a penetração avaliada após colheita do milho nas profundidades de 0 – 0,6m em função de sistemas de manejo do solo (M).

Table 2 - F values calculated, average coefficients of variation (CV) of RP - Mechanical resistance to penetration assessed after harvesting corn at depths of 0 - 0.6 m depending soil management systems (M).

Causas de variação	Resistência mecânica a penetração após colheita do milho (Mpa)						
	³ Profundidades (cm)						
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	
¹ Manejo do solo (M)	AAC	0,69 c	1,42	1,80	1,79	1,72	1,87
	AA/SPD	1,51 a	1,87	1,74	1,50	1,43	1,85
	CM/SPD	1,27 ab	1,80	1,70	1,73	1,37	1,67
	CMC	0,87 bc	1,53	1,54	1,47	1,37	1,66
	GP/SPD	1,25 ab	1,90	1,73	1,62	1,45	1,61
	GPC	0,82 bc	1,71	1,87	1,58	1,47	1,79
	PR	0,99 abc	1,87	1,84	1,51	1,40	1,66
	SPDC	1,08 abc	1,90	1,82	1,62	1,42	1,75
Valor de F	4,54 ^{ns}	2,52 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,41 ^{ns}	
² CV1 (%)	41,92	22,94	17,64	27,87	30,19	30,19	

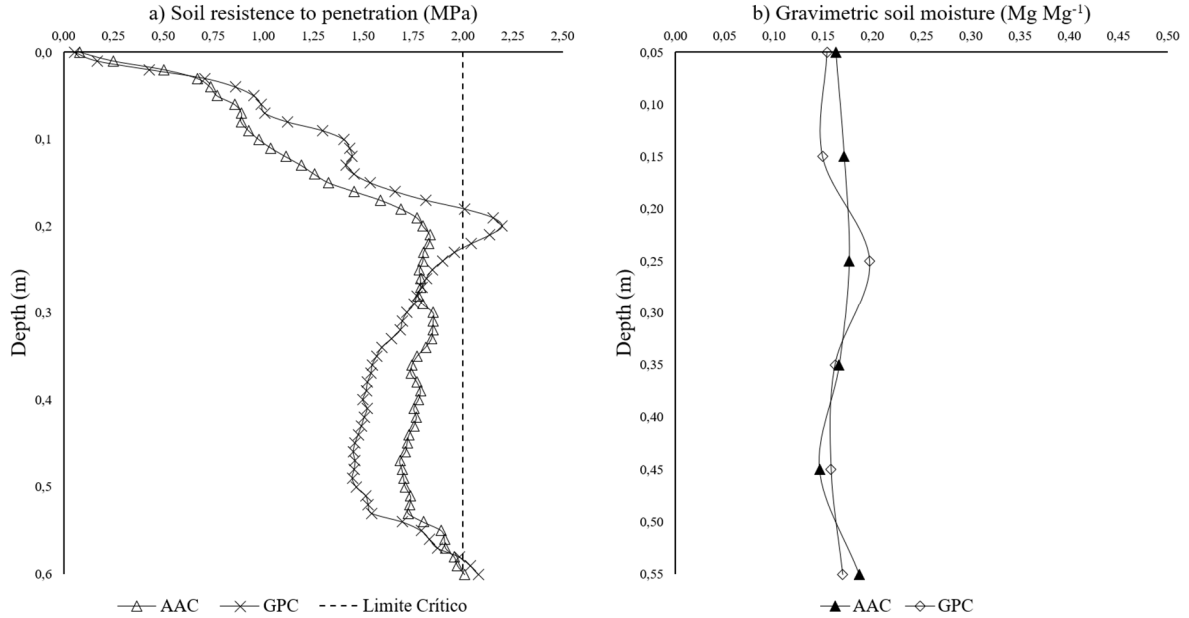
Nota: ¹ Manejo do Solo (M): SPDC - sistema plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador.

² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ Profundidades de avaliação de RP. ^{ns} não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 20 - Comportamento das variáveis a) RP – resistência a penetração e b) UG – umidade gravimétrica no perfil do solo em função dos manejos convencionais AAC e GPC.

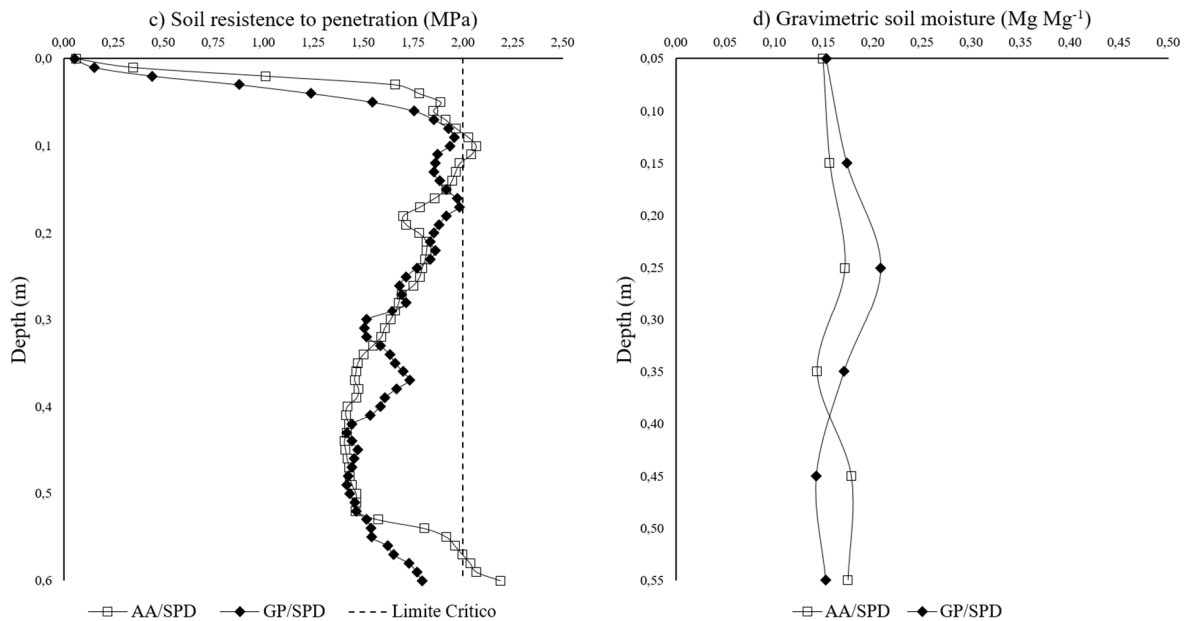
Figure 20 - Behavior of the variables a) RP - resistance to penetration and b) UG - gravimetric humidity in the soil profile as a function of the conventional managements AAC and GPC.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 21 - Comportamento das variáveis c) RP – resistência a penetração e d) UG – umidade gravimétrica no perfil do solo em função dos manejos convencionais AA/SPD e GP/SPD.

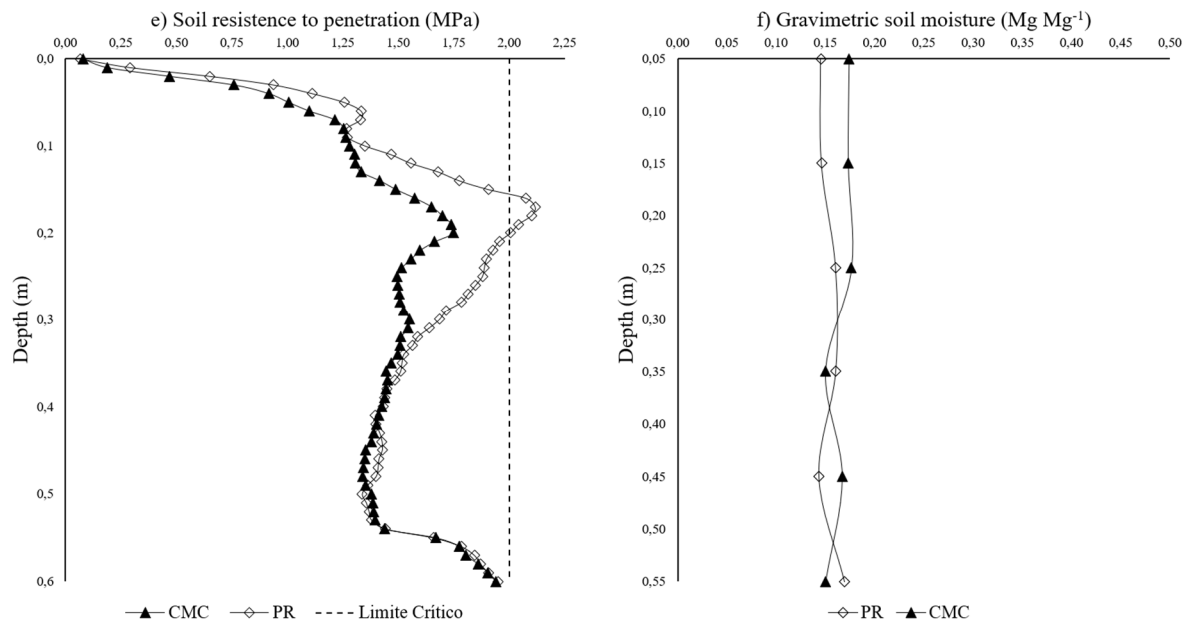
Figure 21 - Behavior of variables c) RP - resistance to penetration and d) UG - gravimetric humidity in the soil profile as a function of the conventional managements AA/SPD and GP/SPD.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 22 - Comportamento das variáveis e) RP – resistência a penetração e f) UG – umidade gravimétrica no perfil do solo em função dos manejos conservacionistas CMC e PR.

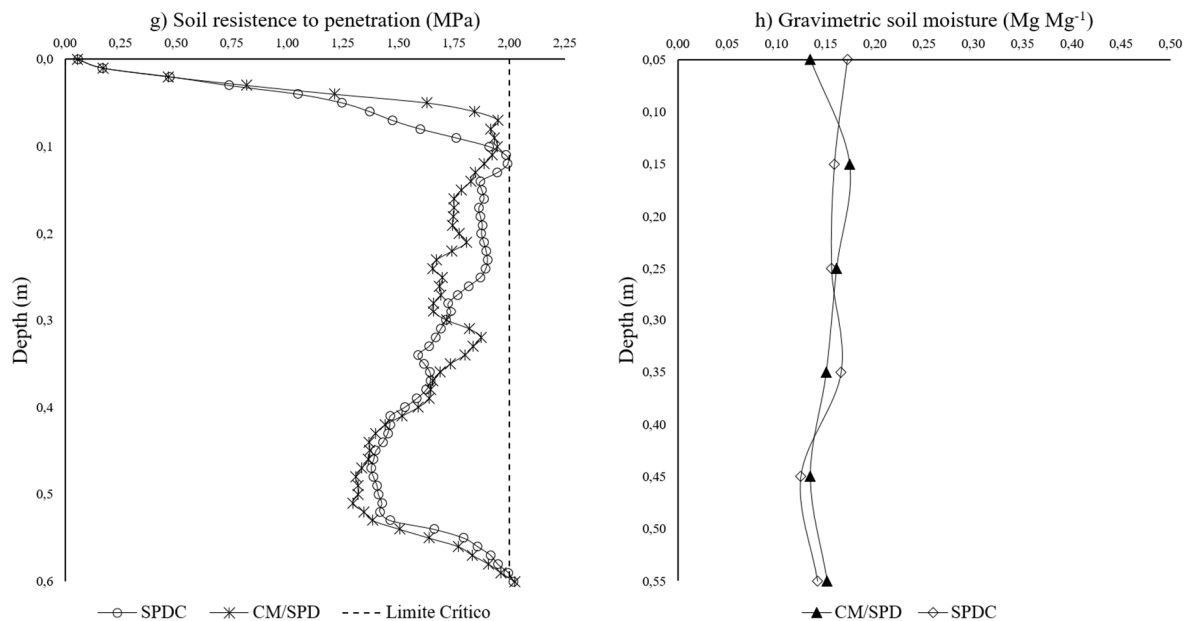
Figure 22 - Behavior of the variables e) RP - resistance to penetration and f) UG - gravimetric humidity in the soil profile as a function of conservation managements CMC and PR.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 23 - Comportamento das variáveis g) RP – resistência a penetração e h) UG – umidade gravimétrica no perfil do solo em função dos manejos conservacionistas SPDC e CM/SPD.

Figure 23 - Behavior of the variables e) RP - resistance to penetration and f) UG - gravimetric humidity in the soil profile as a function of the conservationist managements SPDC and CM/SPD.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Tabela 3 são apresentados os dados de produtividade de biomassa fresca e matéria seca onde foram observadas interações significativas a 0,05 e 0,001 de probabilidade entre manejos dos solos e estádios fenológicos respectivamente. Os tratamentos AAC/SPD e SPDC produziram respectivamente em V10, 38.583 kg ha⁻¹ e 37.965 kg ha⁻¹, superiores 32,53 e 30,41% em relação ao manejo AAC com 29.112 kg ha⁻¹ aos 50 dias após a emergência da cultura. Para a fase de início de florescimento, em R1, a produtividade de biomassa também alcançou a maior média para o manejo SPDC, atingindo 50.778 kg ha⁻¹, superior 17,88% em relação ao manejo AAC com 43.076 kg ha⁻¹. Os resultados de produtividade de matéria seca foram acompanhados para as duas épocas de avaliação V10 e R1, em que o manejo SPDC alcançou 10.429 kg ha⁻¹ de matéria seca em V10 e 15.872 kg ha⁻¹ em R1, superiores a 58,51% e 38,76% de manejo PR, nos mesmos estádios fenológicos.

Tabela 3 - Desdobramento da interação Manejo (M) e Épocas (E) - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de biomassa e matéria seca de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológico.

Table 3. Management (M) and Seasons (E) interaction split - Calculated F values, coefficients of variation (CV) and biomass and dry matter averages of cultivated maize plants as a function of different tillage system (M) and stages phenological development (E)

Causas de variação	Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)						
	Biomassa (kg ha ⁻¹)			Matéria seca (kg ha ⁻¹)			
	V4	V10	R1	V4	V10	R1	
	AAC	12.804 C	29.112 Bb	43.079 Aab	2.232 C	7.079 Bbc	12.511 Acd
	AA/SPD	15.646 C	38.583 Ba	48.063 Aab	2.776 C	9.299 Bab	13.843 Aabc
	CM/SPD	14.011 C	34.135 Bab	48.843 Aab	2.571 C	8.369 Babc	14.901 Aab
¹ Manejo do solo (M)	CMC	16.615 C	33.567 Bab	44.034 Aab	2.829 C	8.059 Bbc	12.689 Abcd
	GP/SPD	15.074 C	29.980 Bab	47.427 Aab	2.727 C	8.063 Bbc	14.780 Aab
	GPC	13.324 C	27.058 Bb	39.778 Ab	2.236 C	6.997 Bc	11.642 Acd
	PR	16.811 C	25.553 Bb	38.983 Ab	3.011 C	6.579 Bc	11.439 Ad
	SPDC	16.127 C	37.965 Ba	50.778 Aa	2.869 C	10.429 Ba	15.872 Aa
	M		4,06 **			11,08 ***	
Valor de F	E		444,76 ***			886,43 ***	
	M × E		1,93 *			2,98 ***	
² CV1 (%)			30,02			21,67	
³ CV2 (%)			22,80			22,01	

Nota: ¹ Manejo do Solo (M): SPDC - sistema plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ^{ns} não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras

minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os sistemas de manejo promoveram diferenças na altura de planta, altura média de inserção de 1ª espiga e Diâmetro do colmo podem ser observados na Tabela 4. Os manejos CMC e CM/SPD foram respectivamente 4,93 e 4,43% superiores ao manejo AAC, atingindo as alturas médias de plantas de 2,13 e 2,12 m, não diferindo significativamente em comparação aos demais tratamentos. Silva *et al.* (2015), estudando a produtividade de milho para ensilagem em sistemas de manejo convencional e plantio direto sob efeito de veranico, verificaram diferenças na ordem de 24,63% superiores na altura médias de plantas submetidas o manejo conservacionista.

Tabela 4 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) médias de altura média de plantas, altura média de inserção de 1ª espiga e Diâmetro médio de colmo de planta de milho em função de diferentes sistemas de manejo do solo (M).

Table 4 - Calculated F values, coefficients of variation (CV) and average plant height, average insertion height of 1st ear and average diameter of corn plant stalk depending on different soil management systems (M).

Causas de variação		Altura média de plantas (m)	Altura média inserção 1ª espiga (m)	Diâmetro colmo (mm)
1 Manejo do solo (M)	AAC	2,03 b	1,03	21,39 b
	AA/SPD	2,07 ab	1,09	21,92 ab
	CM/SD	2,12 a	1,08	22,25 ab
	CMC	2,13 a	1,03	22,46 ab
	GP/SPD	2,07 ab	1,02	22,51 ab
	GPC	2,07 ab	1,07	22,58 ab
	PR	2,08 ab	1,08	22,8 ab
	SPDC	2,08 ab	1,02	23,52 a
Valor de F	M	2,63 *	0,78 ^{ns}	2,65 ^{ns}
2 CV (%)		3,41	10,77	5,93

Nota: 1 Manejo do Solo (M): SPDC - sistema plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. 2 CV corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos). ^{ns} não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Tabela 5 segue os resultados de produtividade de grãos, massa de 1000 grãos e espigas por plantas de milho. Os tratamentos GP/SPD e SPDC se destacaram e alcançaram

médias de produtividades de grãos de 5.850 e 5.799 kg ha⁻¹, superiores em 17,58 e 16,56% em relação ao tratamento convencional AAC. O manejo GP/SPD também apresentou diferenças na ordem de 16,31 e 15,92% superiores as médias encontradas para os manejos GPC e PR. Podendo estar associados os valores mais altos de M.O e CTC, nas camadas mais superficiais (entre 0 e 0,20 m) para os tratamentos conservacionistas. Henriques (2018), relatou o maior acúmulo de carbono orgânico total nas camadas de 0,0 a 0,20 m nos tratamentos de plantio direto contínuo e cultivo mínimo, sendo estes superiores em 39,09 e 41,61%, respectivamente, ao preparo com arado de aiveca, Com a ausência de revolvimento do solo, a camada agricultável tende a acumular carbono orgânico (NUNES *et al.*, (2011), Isso ocorre pela redução da temperatura do solo e entrada de oxigênio, que conseqüentemente, decresce a atividade de microrganismos decompositores (COSTA *et al.*, 2003). Os atributos massa de 1000 grãos e número de espigas por plantas não apresentaram diferenças significativas. Beleze *et al* (2003) em avaliação híbridos de milho em diferentes estádios de Maturação relatam que alguns atributos fitotécnicos do milho estão mais associados a genética de material que aos sistemas de condução da cultura. Nascimento (2011) também identificaram resultados semelhantes avaliando a produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura.

Tabela 5 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) médias de número de espigas por planta de milho, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de milho cultivado em função de sistemas de manejo do solo (M).

Table 5 - Calculated F values, coefficients of variation (CV) and average number of ears per corn plant, mass of 1000 grains and productivity of corn grains grown according to soil management systems (M).

Causas de variação		Espigas (un. planta ⁻¹)	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
¹ Manejo do solo (M)	AAC	1,28	238,97	4.975 c
	AA/SPD	1,25	252,51	5.419 abc
	CM/SPD	1,14	251,10	5.695 ab
	CMC	1,22	241,77	5.229 abc
	GP/SPD	1,15	240,33	5.850 a
	GPC	1,22	237,81	5.030 bc
	PR	1,28	252,35	5.047 bc
	SPDC	1,18	240,19	5.799 a
Valor de F	M	1,24 ^{ns}	2,11 ^{ns}	2,25*
² CV (%)		13,95	6,25	15,53

Nota: ¹ Manejo do Solo (M): SPDC - sistema plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos). ^{ns} não significativo, * significativo a 0,05

de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 6 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de população inicial de plantas de milho, população final e taxa de sobrevivência em função de sistemas de manejo do solo (M).

Table 6 - Calculated F values, variation coefficients (CV) and average initial population of maize plants, final population and survival rate depending soil management systems (M).

Causas de variação		População inicial (Plantas ha ⁻¹)	População final (Plantas ha ⁻¹)	Taxa de sobrevivência (%)
¹ Manejo do solo (M)	AAC	61.111 c	43.704 b	72 ab
	AA/SPD	71.667 a	52.901 a	74 ab
	CM/SPD	65.185 bc	49.753 ab	76 a
	CMC	68.889 ab	43.951 b	64 b
	GP/SPD	67.593 ab	49.938 ab	74 ab
	GPC	61.667 c	43.333 b	70 ab
	PR	68.704 ab	46.296 ab	68 ab
	SPDC	68.889 ab	52.407 a	76 a
Valor de F	M	10,03 ^{ns}	5,95 ^{ns}	2,60 ^{ns}
² CV (%)		6,13	11,75	12,80

Nota: ¹ Manejo do Solo (M): SPDC - sistema plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos). ^{ns} não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de população de planta inicial, final e taxa de sobrevivência. Os manejos convencionais GPC e AAC propiciaram os piores resultados para estande de plantas inicial, com 61.111 e 61.667 plantas ha⁻¹, 14,52% e 13,95% abaixo que AA/SPD, manejo de aiveca reintegrado ao SPD por 10 safras consecutivas. O tratamento SPDC sistema plantio direto contínuo de 24,5 anos de implantação proporcionou o maior resultado de estande final e taxa de sobrevivência, seguido em população final pelos manejos reintegrados ao SPD e PR.

Tabela 7 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de biomassa e matéria seca de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M).
Table 7 - Calculated F values, coefficients of variation (CV) and averages of biomass and dry matter of corn plants grown as a function of different soil management systems (M).

Causas de variação		Biomassa final (kg ha ⁻¹)	Matéria seca final (kg ha ⁻¹)
¹ Manejo do solo (M)	AAC	12.880 b	11.093 b
	AA/SPD	15.380 ab	13.424 ab
	CM/SPD	15.956 a	13.810 a
	CMC	14.207 ab	12.281 ab
	GP/SPD	14.775 ab	12.652 ab
	GPC	13.767 ab	11.619 ab
	PR	13.093 ab	11.328 b
	SPDC	15.839 a	13.397 ab
Valor de F	M	3,24 ^{ns}	3,53 ^{ns}
³ CV (%)		15,86	15,38

Nota: ¹ Manejo do Solo (M): SPDC - sistema plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos). ^{ns} não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

As produtividades de biomassa de plantas de milho e massa seca de plantas também apresentaram resultados semelhantes aos atributos anteriores. A média para o tratamento CM/SPD foi 19,27 % superior quando comparado ao tratamento AAC para biomassa de plantas de milho, com 15.956 kg ha⁻¹, seguido pelo SPCD com 15.839 kg ha⁻¹. Para o atributo massa seca de plantas o manejo CM/SPD também atingiu a maior média de produção de 13.810 kg ha⁻¹, superior 19,7% a média do tratamento AAC. As segundas maiores médias para o atributo massa seca de planta foi para os tratamentos AA/SPD e SPDC com 13.424 e 13.397 kg ha⁻¹, reiterando os melhores resultados atribuídos aos sistemas conservacionistas.

2.4 CONCLUSÃO

Os sistemas de manejo influenciaram da produtividade do milho, sendo mais produtivos nos sistemas reintegrados ao SPD em comparação aos convencionais.

Manejo convencional reintegrado ao plantio direto, GP/SPD apresentou resultado 17,6% maior que AAC e 14,0% maior que GPC para produtividade de grãos de milho.

Para a produtividade de biomassa e matéria seca o manejo CM/SPD propiciou produtividades 19,3 e 19,7% superiores ao AAC.

Os manejos conservacionistas CMC e PR demonstraram melhores resultados que os convencionais, porém inferiores aos sistemas reintegrados ao SPD.

O SPDC com 24,5 anos de implantação se destacou com a maioria dos atributos as maiores médias de produção juntamente com os sistemas reintegrados ao SPD.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, 2008.
- ALBUQUERQUE, J. A. *et al.* Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 19, p. 115-119, 1995.
- BELEZE, J. R. F. I. *et al.* Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação: 1. Produtividade, características morfológicas e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 529-537, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000300004>.
- COSTA, F. S. *et al.* Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 527-535, 2003.
- CRITICAL ECOSYSTEM PARTNERSHIP FUND. **Perfil do ecossistema hotspot de biodiversidade do Cerrado**. [S. l.]: ISPN/ Conservação Internacional, 2016. 26 p.
- DUTRA E SILVA, S. **No Oeste, a terra e o céu**. A expansão da fronteira agrícola no Brasil Central. Rio de Janeiro: Mauad, 2017.
- EKMAN, S. M. S.; MACAMO, C. S. **Brazilian Development Cooperation in Agriculture**. A Scoping Study on ProSavana in Mozambique, with Implications for Forests. Bogor: CIFOR, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2020. v. 1. ISBN 978-85-7035-951-3
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. *In*: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.
- HAMZA, M. A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.
- HENRIQUES, H. J. R. **Sistemas de preparo de solo em área de plantio direto, nas culturas de soja e milho**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2018.
- HIRAKURI, M. H. *et al.* **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 24 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. (org.). **Levantamento sistemático da produção agrícola**: junho 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 20 jul. 2020.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. *In*: NOVAES, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS, 2007. p. 25-26.

MACHADO, R. B. *et al.* **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Brasília, DF: [s. n.], 2004.

NASCIMENTO, F. M. *et al.* Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 2, p. 193-201, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000200010>

REINERT, D. J. *et al.* Qualidade física dos solos. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006, Aracaju. **Resumos [...]** Aracaju: SBCS, 2006. 1 CD-Rom.

ROSA, P. A. L. **Acúmulo de matéria seca e extração de nutrientes por híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* no cerrado**. 2017. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de São Paulo - UNESP, Ilha Solteira, 2017.

SANTOS, G. G. **Impacto de sistemas de integração lavourapecuária na qualidade física do solo**. 2010. 122 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia, 2010.

SANTOS, G. G. *et al.* Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1339-1348, 2011.

SILVA, C. M. da. Entre Fênix e Ceres: A grande aceleração e a fronteira agrícola no Cerrado. **Varia hist.**, Belo Horizonte, v. 34, n. 65, p. 409-444, ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-87752018000200006>.

SILVA, F. A. *et al.* Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, p. 327-340, 2015.

STEFANOSKI, D. C. *et al.* Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1301-1309. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>.

YANO, E. H. **Sucessão de culturas em sistemas integrados de produção**. 2005. 129 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

3 UTILIZAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DO MILHO

Resumo

A crescente demanda de alimentos promove cada vez mais a busca por tecnologias que possam aumentar a produtividade das culturas em uma mesma unidade de área. O milho é uma das principais culturas agrícolas no mundo e a agricultura de precisão - AP é forte aliada para a gestão desta cultura. Utilizando sensores e veículos aéreos não tripulados como instrumentos para obtenção de informações, a AP vem obtendo bons resultados, permitindo a rápida tomada de decisão e adequação do processo produtivo com baixo custo. Sendo assim objetivou-se avaliar o comportamento espectral da cultura do milho nas fases fenológicas, V4, V10 e R1, como indicativo de produção em um Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVd), de textura argilosa em função de 8 sistemas de manejo dos solos: SPDC – sistema plantio direto contínuo de 24,5 anos de implantação; CM/SPD – cultivo mínimo seguido de 10^a safras consecutivas com SPD, e o mesmo para o GP/SPD – preparo convencional do solo com grade pesada e AA/SPD - arado de aiveca; CMC - cultivo mínimo, GPC - preparo convencional do solo com grade pesada; AAC- arado de aiveca contínuo de 10^o safras e PR - preparo reduzido de 2^a safra, todos com 4 repetições. Os atributos avaliados para as construção dos modelos de estimativa foram: BIO_{R1} – Biomassa de planta de milho em R1; MS_{R1} – Matéria seca de planta de milho em R1; BIO_{Final} - Biomassa de planta de milho na colheita (R6); MS_{Final} - Matéria seca de planta de milho na colheita (R6); PG – Produtividade de grãos secos; M₁₀₀₀ – Massa de 1000 grãos; ALT – Altura de planta; ALT_{1^a ESP} – Altura de inserção de 1^a espiga; DIA_{Colmo} - Diâmetro colmo de planta de milho; N_{ESP} – Número de espigas por planta de milho; ICF – índice de clorofila foliar). A partir dos números digitais dos índices (SR; NDVI; RVI; GNDVI; CLGreen; SAVI; EVI), mínimos, médios, máximos e totais extraídos das imagens em cada uma das fases foram submetidos a correlação de Pearson, gerando 11.832 combinações de modelos. Os melhores resultados foram destacados quando significativa no nível 0,01 e 0,05%, conforme classificação de Hopkins (2000). Os IVs demonstraram eficácia na detecção de diferenças radiométricas associadas aos atributos de produtividade do milho em função do manejo dos solos obtendo os respectivos coeficientes de determinação R²: BIO_{R1} 0,72; MS_{R1} 0,69; BIO_{final} 0,78; MS_{final} 0,85; PG 0,82; M₁₀₀₀ 0,66; ALT 0,90; ALT_{1^a ESP} 0,90; N_{ESP} 0,75; DIA_{Colmo} 0,71. Dentre os índices utilizados, os que possuem correção de cobertura de solo e resistência aos aerossóis, como SAVI e EVI, foram mais eficazes, principalmente na antecipação de resultados, permitindo a estimativa de atributos ainda nas fazes V4 e V10.. O SAVI foi índice mais eficiente para predição de produtividade de Biomassa e Grãos de milho em R6, antecipando o imageamento em V4.

Palavras-chave: Monitoramento agrícola. Estimativa de produção. Reflectância. Mecanização agrícola. Fotogrametria.

USE OF VEGETATION INDICES IN THE DEVELOPMENT OF MODELS OF MAIZE PRODUCTIVITY ESTIMATE

Abstract

The growing demand for food increasingly promotes the search for technologies that can increase the productivity of crops in the same area unit. Corn is one of the main agricultural crops in the world and precision agriculture - AP is a strong ally for the management of this crop. Using sensors and unmanned aerial vehicles as instruments to obtain information, AP has been obtaining good results, allowing for quick decision making and adaptation of the production process at low cost. Thus, the objective was to evaluate the spectral behavior of the corn crop in the phenological phases, V4, V10 and R1, as an indication of production in a typical Dystrophic Red Latosol (LVd), with a clay texture in function of 8 soil management systems: SPDC - 24.5 years of continuous no-tillage system; CM/SPD - minimum cultivation followed by 10th consecutive harvests with SPD, and the same for GP/SPD - conventional soil preparation with heavy harrow and AA/SPD - moldboard plow; CMC - minimum cultivation, GPC - conventional soil preparation with heavy harrow; AAC- continuous moldboard plow of 10 ° harvests and PR - reduced preparation of 2nd harvester, all with 4 repetitions. The attributes evaluated for the construction of the estimation models were: BIO R1 - Corn plant biomass in R1; MS R1 - Dry matter of corn plant in R1; Final BIO - Corn plant biomass at harvest (R6); Final MS - Corn plant dry matter at harvest (R6); PG - Productivity of dry grains; M1000 - Mass of 1000 grains; ALT - Height of plant; ALT 1ª ESP - Height of insertion of 1st ear; DIA Colmo - Corn plant stem diameter; N ESP - Number of ears per corn plant; ICF - leaf chlorophyll index). From the digital numbers of the indices (SR; NDVI; RVI; GNDVI; CLGreen; SAVI; EVI), minimum, average, maximum and totals extracted from the images in each phase were subjected to Pearson's correlation, generating 11,832 model combinations . The best results were highlighted when significant at the 0.01 and 0.05% level, according to Hopkins' classification (2000). The IVs showed efficacy in detecting radiometric differences associated with the corn productivity attributes as a function of soil management, obtaining the respective coefficients of determination R^2 : BIO_{R1} 0.72; MS_{R1} 0.69; BIO_{Final} 0.78; MS_{Final} 0.85; PG 0.82; M_{1000} 0.66; ALT 0.90; ALT 1ª ESP 0.90; N ESP 0.75; DIA_{Colmo} 0.71. Among the indexes used, those that have correction of soil cover and resistance to aerosols, such as SAVI and EVI, were more effective, mainly in the anticipation of results, allowing the estimation of attributes even in stages V4 and V10. SAVI was an index more efficient to predict productivity of Biomass and Corn grains in R6, anticipating imaging in V4.

Keywords: Agricultural monitoring. Production estimate. Reflectance. Agricultural mechanization. Photogrammetry.

3.1 INTRODUÇÃO

Considerado a segunda cultura mais cultivada no país, o milho tem local de destaque na região do cerrado brasileiro, representando atualmente cerca de 44,8% de toda a produção agrícola do centro oeste (IBGE, 2020). A expansão da agricultura no cerrado associado a baixa qualidade química dos solos desta região propiciou a intensificação das práticas convencionais de preparo dos solos, promovendo pressões nos sistemas de produção no decorrer dos anos. Excessivas pressões aos sistemas, a partir de manejos inadequados dos solos, intensificação e ou inadequado uso da mecanização resultaram em reduções significativas de produtividade. (SANTOS, 2010; SANTOS *et al.*, 2011) Os impactos ocasionados levaram a busca por sistemas produtivos mais racionais e neste contexto os sistemas conservacionistas ganharam destaque e passaram a integrar grande parte dos cultivos agrícolas no cerrado brasileiro. (STEFANOSKI, 2013)

O sistema plantio direto SPD é o mais representativo entre as técnicas de manejos conservacionistas. Tavares (2016) relata que a utilização do SPD é a forma mais eficiente de produção associada a manutenção da cobertura e estrutura dos solos e reitera que as inovações tecnológicas relacionadas ao manejo dos solos são as responsáveis por garantir elevados níveis de produtividade. Assim como a manutenção da estrutura física pela ausência de revolvimento o SPD também proporciona a permanência de material vegetal em cobertura proveniente das culturas anteriores e de plantas intencionalmente cultivadas como fonte de cobertura. Andreotti (2012) indica que a prática é uma excelente alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção, uma vez que pode restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos através da decomposição dos seus resíduos.

Para a redução de custos e aumento de produtividade, é cada vez mais comum a utilização de ferramentas tecnológicas que permitam monitorar e avaliar o comportamento das culturas, identificando assim a melhores práticas e mensurando resultados. Neste contexto surge a agricultura 4.0, que trata como novas tecnologias podem auxiliar o produtor rural através de uso racional dos recursos, aumentando seus ganhos e respeitando o meio ambiente. O Agro 4.0 se destaca, integrando tecnologias e soluções analíticas, otimizando os processos de produção agrícolas, processando grandes volumes de dados e construindo sistemas de suporte à tomada de decisões de manejo. (RODRIGUES, 2020)

Com a crescente demanda de alimentos, cada vez mais o setor agrícola busca por tecnologias que possam aumentar a produtividade das culturas em uma mesma unidade de área e a agricultura de precisão - AP é considerada forte aliada neste processo. Hatfield *et al.* (2008)

destaca que a coleta de informações via sensoriamento remoto - SR pode ser considerado um pilar da AP uma vez que ferramenta permite, entre outras capacidades, a estimativa de produção sem contato direto com a cultura, de forma rápida e não destrutiva.

O SR na agricultura se baseia na interpretação de resultados de reflectância de um alvo, ou seja, na interação de radiação eletromagnética com o solo ou a planta. Medeiros et al. (2008) já indicava os que dentre as aplicações das imagens digitais a extração de índices de vegetação chama atenção devido à alta aplicabilidade. Segundo Moreira (2000), os dados utilizados para determinação dos IV são os valores de dados espectrais de saída do sensor, como radiância, número digital e reflectância, sendo estes últimos os mais comuns. Desta forma os IVs Índices referem-se a equações matemáticas desenvolvidas com base em comprimentos de ondas do espectro eletromagnético e permitem a avaliação do comportamento espectral da vegetação (MOREIRA, 2005; BARBOSA, 2006). Contudo o que define a eficiência do monitoramento é o potencial do índice de vegetação em diagnosticar as diferenças espectrais de atributos específicos das culturas agrícolas. Com este comportamento não é padrão, onde cada equação ou composição de bandas espectrais com suas respectivas faixas de comprimento de onda, que definem o índice, atribuem ao pixel maiores ou menores valores, conforme a sensibilidade do índice. Desta forma, cabe a avaliação e respectiva correspondência destes valores a atributos do alvo, permitindo a construção de modelos de estimativa, previsão de atributos ou de monitoramento de indicadores das condições da superfície imageada. Segundo Dutra e Guimarães (2015) os equipamentos aéreos não tripulados se mostram adequados a acoplagem de diferentes sensores e eficientes para avaliação de dados de forma remota.

Buscando avaliar a eficiência de índices de vegetação para estimar de produtividade do milho o estudo utilizou ferramentas tecnológicas e interpretação do comportamento espectral da cultura em função de sistemas de manejo do solo e fases fenológicas do milho em região do Cerrado.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em uma área experimental da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão - FEPE, pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, nas coordenadas geográficas, Latitude 20° 20' 46,74" Sul e Longitude 51° 24' 27,85" Oeste, à 335 m de altitude. O solo foi classificado, segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SILVA *et al.*, 2018), como Latossolo Vermelho Distroférrico típico (LVd), de textura argilosa, A moderado, hipodistrófico, álico,

caulinítico, férrico, muito profundo, moderadamente ácido. As condições de fertilidade e dos atributos químicos dos solos da área experimental são demonstradas na Tabela 8.

Tabela 8 - Atributos químicos do solo na área experimental, antes da instalação do experimento, profundidade 0,0 – 0,20m para cada um dos tratamentos de manejo dos solos.
Table 8 - Chemical attributes of the soil in the experimental area, before the experiment was installed, depth 0.0 - 0.20m for each soil management treatment.

Manejes ¹	pH	P - resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	M.O	V	B
	(CaCl ₂)	(mg/dm ³)	(mmol _e /dm ³)			(g/dm ³)	(%)	(mg/dm ³)	
AAC	5,2	25,5	3,2	18,5	16,5	66,2	20,5	58,0	0,07
AA/SPD	5,0	22,0	2,9	19,0	16,0	70,4	22,0	53,0	0,26
CM/SPD	5,3	34,0	3,1	27,0	23,5	83,1	23,0	63,0	0,25
CMC	5,1	36,0	3,3	20,5	17,0	74,8	22,5	54,5	0,22
GP/SPD	4,9	12,5	1,7	15,0	13,0	63,7	21,0	46,5	0,09
GPC	5,0	34,5	2,7	21,0	17,5	75,2	21,0	54,5	0,10
PR	5,2	37,5	3,3	25,5	21,5	79,8	23,0	62,5	0,13
SPDC	4,9	44,5	2,7	19,0	16,0	73,7	20,5	51,0	0,10

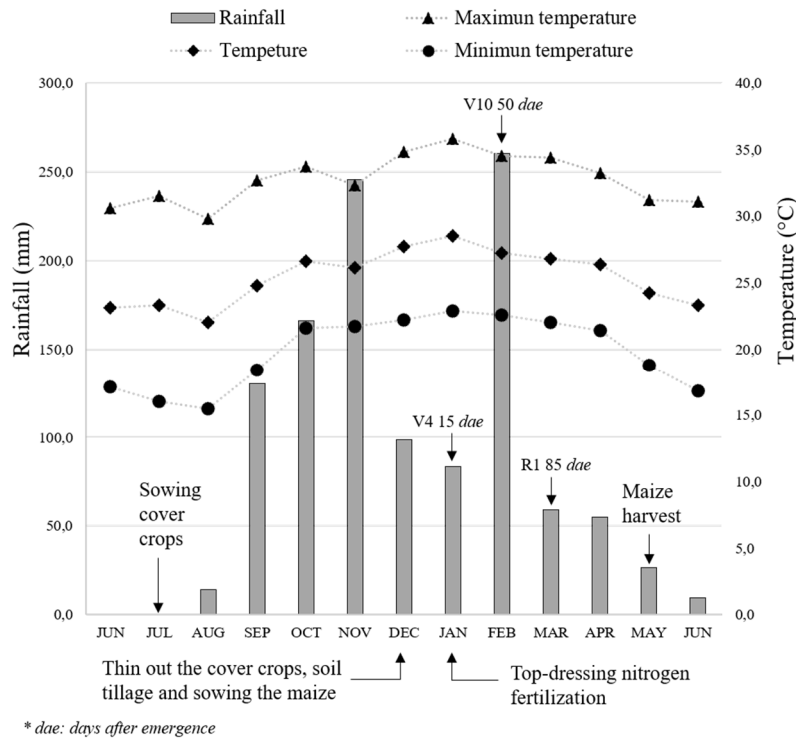
Nota 1: Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do DEFERS - Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos FEIS/UNESP, Campus de Ilha Solteira - SP.

Nota 2: ¹ Manejo do Solo (M): SPDC - sistema plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. Fonte: Dados da pesquisa.

O clima da região segundo a classificação de Koppën, Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seco no inverno, com precipitação média anual de 1370 mm, temperatura média anual de 23,5 °C e umidade relativa do ar entre 70 e 80 % (média anual). (HERNANDEZ *et al.*, 1995). As condições climáticas no decorrer do experimento estão apresentadas na Figura 24.

Figura 24 – Precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima e média mensais durante o ciclo das plantas de cobertura e do milho cultivado em Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVd).

Figure 24 - Monthly precipitation, maximum, minimum and average temperature during cover cycle and maize cultivated in (Oxisol) typical Dystroferic Red Latosol (LVd).



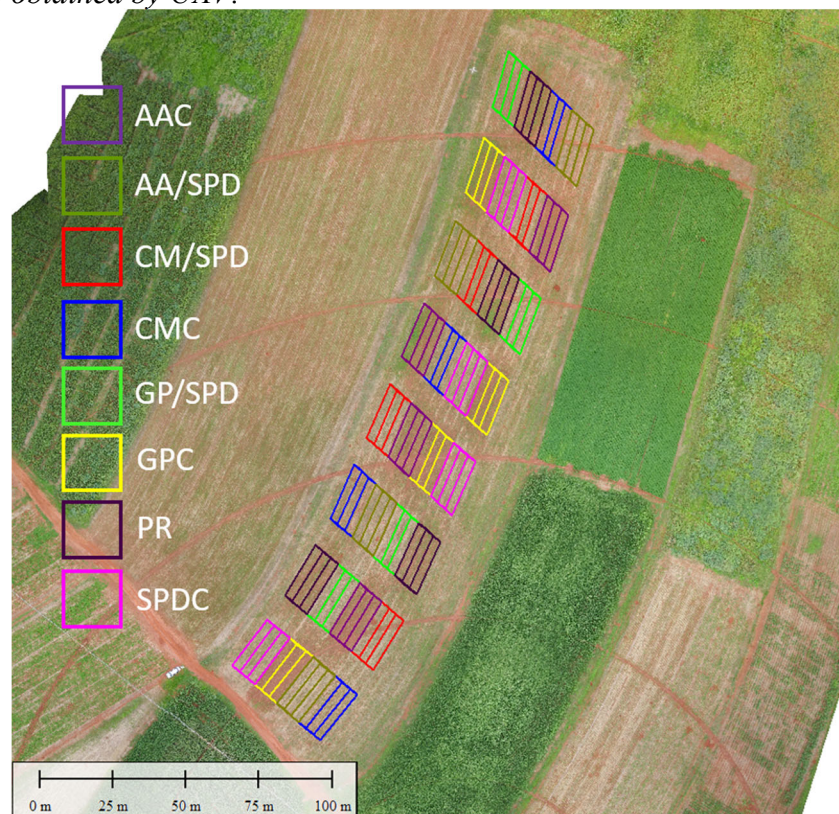
Fonte: Elaboração do próprio autor.

A área experimental vem sendo conduzido nos últimos 16 anos por sucessão de culturas de soja como principal no verão, e milho de outono-inverno. No inverno de 2018, cultivou-se a aveia preta (*Avena strigosa* L.) para cobertura do solo. Esta foi inicialmente dessecada para semeadura das culturas principais sob a palhada, nos sistemas plantio direto. A operação foi realizada com pulverizador de barras móveis de 14,00 m, marca Jacto, modelo CONDOR 80, espaçamento entre pontas de pulverização de 0,50m, controlador de vazão elétrico marca Spraying Systems, acoplado ao sistema levante hidráulico de três pontos e comando hidráulico de levante de barras, e acionamento pela TDP. O pulverizador foi acoplado a um trator de pneus 4x2 TDA, da marca New Holland, modelo TL-75-E de 57,41 kW de potência máxima no motor. A calda de pulverização foi composta por 1 L ha⁻¹ de adjuvante (óleo mineral), 2,0 kg ha⁻¹ de herbicida sistêmico (sal de amônio de glifosato 792,5 g kg⁻¹), à 250,0 L ha⁻¹ de taxa de aplicação para dessecação da aveia e controle das ervas daninhas existentes na área como trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), capim colônia (*Panicum maximum*), nabiça (*Raphanus Raphanistrum* L.), capim amargoso (*Elionurus candidus*) e guanxuma (*Sida rhombifolia* L.).

O experimento seguiu o delineamento de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições em 3 épocas de avaliações. No dia 20/11/2019, a área experimental foi estaqueada inicialmente em parcelas de 10×20 m (200 m^2) para localização dos oito sistemas de preparo do solo preexistentes, totalizando 32 parcelas experimentais e posteriormente para cada parcela, foram demarcada 3 sub-parcelas de $3,33 \times 20$ m ($66,6 \text{ m}^2$) a fim de gerar repetibilidade dos dados, totalizando 96 sub-parcelas amostrais. Os sistemas de manejo foram: SPDC – Sistema plantio direto contínuo de 24,5 anos de implantação; CM/SPD – Cultivo mínimo seguido de 10^a safras consecutivas com SPD, e o mesmo para o GP/SPD – preparo convencional do solo com grade pesada e AA/SPD - arado de aiveca; CMC - cultivo mínimo; GPC - preparo convencional do solo com grade pesada, AAC- arado de aiveca contínuo de 10^a safras e PR - preparo reduzido de 2^a safra. (Figura 25)

Figura 25 - Representação de parcelas dos tratamentos de manejo e preparo dos solos sobre ortofoto georreferenciada obtida por VANT.

Figure 25 - Plot representation of soil management and tillage treatments on georeferenced orthophoto obtained by UAV.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

As operações mecanizadas realizadas na área foram as seguintes para os respectivos tratamentos.

CMC – Cultivo mínimo: Operação de escarificação realizada utilizando implemento de arrasto com 5 hastes, espaçamento entre hastes de 0,40m, ponteira de 5cm, disco de corte de 22” e rolo destorroador marca Jan, modelo Jumbo Matic acoplado a um trator de pneus 4x4 TDA marca Valmet, modelo 985 T, potência de 73,6kW.

GPC - Preparo convencional do solo com grade pesada: Preparo primário efetuado com grade pesada de 14 discos recortados com diâmetro de 32” x 9,0 mm, espaçamento entre discos de 360 mm, peso 157 kg disco-1, marca Super Tatu, modelo GAPCR 360 acoplado em trator de pneus 4x4 Valmet, modelo 148 T TDA, potência de 145 cv, seguido por preparo secundário com grade de 32 discos com diâmetro de 22” para destorroamento do solo e segunda operação de grade pesada.

AAC – Arado de aiveca contínuo: Preparo primário efetuado com arado aiveca marca Ikeda, modelo MF 3 R, composto por três aivecas modelo recortadas com largura de corte de 1200 mm, altura do chassis de 720 mm e peso total de 540 kg acoplados a um trator de pneus 4x4 TDA marca Valmet, modelo 985 T, potência de 73,6kW seguido por preparo secundário com grade de 32 discos com diâmetro de 22” para destorroamento do solo.

PR – Preparo reduzido: Preparo primário efetuado com grade de 32 discos com diâmetro de 22” e preparo secundário com operação de escarificação realizada utilizando implemento de arrasto com 5 hastes, espaçamento entre hastes de 0,40m, ponteira de 5cm, disco de corte de 22” e rolo destorroador marca Jan, modelo Jumbo Matic acoplado a um trator de pneus 4x4 TDA marca Valmet, modelo 985 T, potência de 73,6kW.

Os tratamentos SPDC, GP/SPD, AA/SPD e CM/SPD foi realizada semeadura direta.

No dia 13/12/2018, semeou-se por meio de uma semeadora adubadora pantográfica, da marca Marchesan, modelo Suprema Ultra Flex, composta por 7 linhas desencontradas espaçadas em 0,45 m para plantio direto, por discos de corte de 16 polegadas para corte da palha, mecanismos sulcadores tipo disco duplo desencontrado defasado (16x15”) no sistema de deposição de adubo e para deposição de sementes, roda dupla controladora de profundidade, roda do tipo “V” de fechamento e compactação do sulco de semeadura, e mecanismos distribuidor e dosador de semente do tipo pneumática regulado para distribuir de aproximadamente 67.000 sementes ha⁻¹ do milho híbrido AG 8088 VTPRO 2, recomendado para a safra de verão (Figura 26). Foi realizado adubação de semeadura em toda a área utilizando 330 kg ha⁻¹ de 08-28-16 na semeadura. A adubação nitrogenada em cobertura,

utilizando como fonte ureia (45 % N), aos 15 dias após emergência (DAE), na dose de 100 kg ha⁻¹ de N sem incorporação na entre linha em área de irrigação suplementar.

Figura 26 - Visão geral da área experimental: Área semeada em com milho híbrido AG 8088 VTPRO 2 em 13/12/2018. safra de verão 2018/2019.

Figure 26 - Overview of the experimental area: Area sown in with hybrid corn AG 8088 VTPRO 2 on 12/13/2018. 2018/2019 summer harvest.

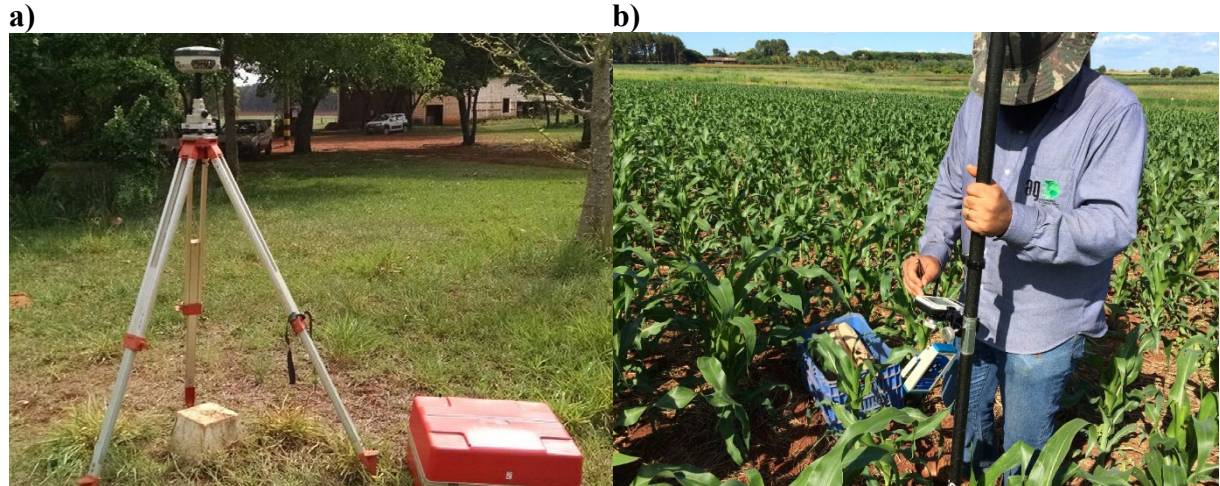


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para demarcação digital das parcelas e sub-parcelas foi realizado levantamento topográfico de precisão utilizando receptores geodésicos GNSS (GPS e GLONASS) integrado, marca Sokkia, modelo GRX 1, L1/L2, e demarcação dos pontos de amostragens utilizando método RTK e software de ajustamento e transporte de ponto de apoio básico Sokkia Spectrum Survey Office – SSO 8.2.1. (Figura 27 a)

Figura 27 – a) Receptor geodésico de frequência L1/L2 Sokkia GRX1, estacionado em ponto de apoio básico e b) localização topográfica das subparcelas para amostragem de dados utilizando tecnologia RTK.

Figure 27 – a) Geodesic frequency receiver L1 / L2 Sokkia GRX1, parked at a basic support point and b) topographic location of the subplots for data sampling using RTK technology.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A metodologia foi necessária para garantir a localização e exatidão das dimensões das parcelas e subparcelas, coleta de amostras com precisão (Figura 27 b), assim como permitir o georreferenciamento das imagens digitais a partir dos alvos implantados em campo.

As campanhas de aerofotogrametria foram obtidas a partir de levantamento aéreo não tripulado, utilizando sensores suborbitais acoplados a VANT Marca Sensefly, Modelo eBee (Figura 28), equipado com Câmera Canon S110 Chdk RED+NIR com dois espectros, vermelho e infravermelho próximo e câmera SenseFly S.O.D.A – RGB.

Figura 28 - Veículo aéreo não tripulado - VANT, marca Sensefly, modelo eBee.

Figure 28 - Unmanned aerial vehicle - UAV, Sensefly brand, eBee model.



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 29 - Câmera Canon S110 Chdk RED+NIR com dois espectros, vermelho e infravermelho próximo e câmera SenseFly S.O.D.A – RGB.

Figure 29 - Canon S110 Chdk RED + NIR camera with two spectra, red and near infrared and SenseFly S.O.D.A - RGB camera.

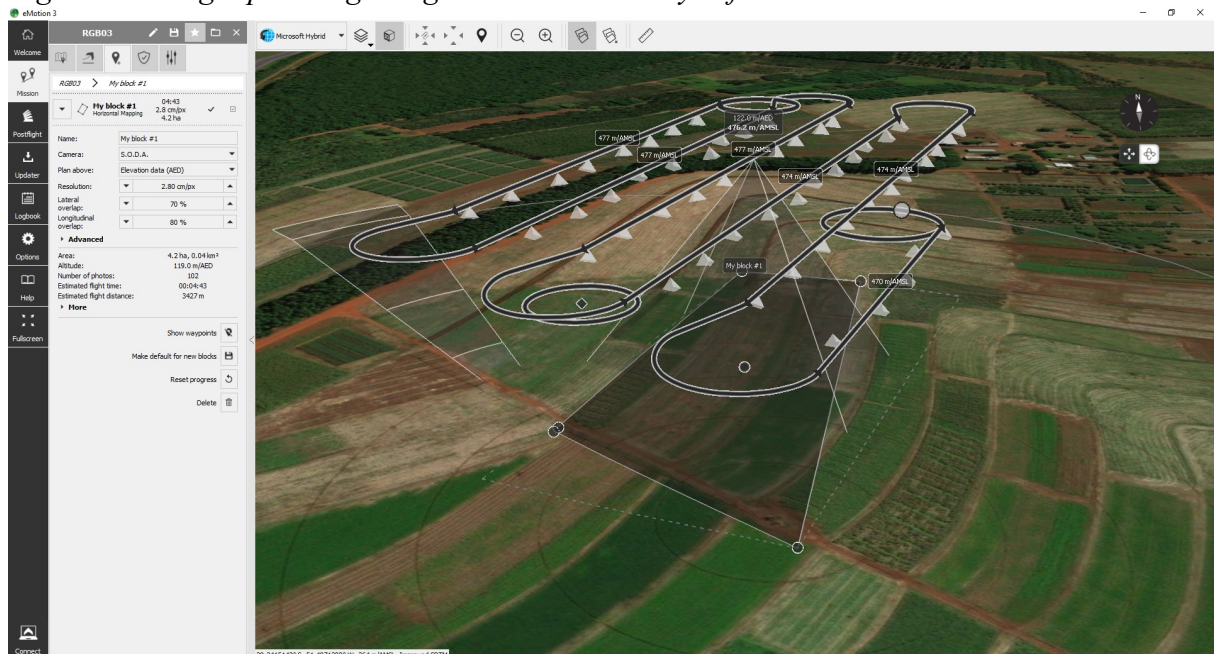


Fonte: Elaboração do próprio autor

O planejamento do voo foi realizado utilizando o software eMotion3 SenseFly e a altura do voo foi determinada para obtenção de GSD (*ground sample distance*) ou distância de amostra do solo de 0,030 a 0,035m. (Figura 30)

Figura 30 - Planejamento de voo utilizando software eMotion3 SenseFly.

Figure 30 - Flight planning using eMotion3 SenseFly software.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para processamento das ortofotos foram implantados e georreferenciados 6 alvos em pontos específicos nas bordas do experimento utilizando marcos de aço preso ao solo. No

momento do levantamento aerofotogramétrico, utilizou-se calcário aplicado ao solo em duas retas perpendiculares e interseccionadas ao meio de 2 por 2 metros, mantendo o marco georreferenciado na intersecção das retas permitindo a melhor visualização dos alvos para o processamento e georreferenciamento das imagens. (Figura 31)

As campanhas de voos e amostragens ocorreram nos estádios fenológicos de desenvolvimento do milho e respectivas épocas definidas por dias após a emergência da cultura relacionadas a seguir: V4 – 15 DAE, V10 – 50 DAE e R1 – 85 DAE, conforme sugerido por Fancelli (2000).

Figura 31 - Visão geral da área experimental em no estágio V4 e alvo demarcado no solo utilizando marco de aço para georreferenciamento e calcário para visualização em imagem digital.

Figure 31 - Overview of the experimental area in stage V4 and target marked on the ground using steel frame for georeferencing and limestone for visualization in digital image.



Fonte: Elaboração do próprio autor

Os dados digitais foram processados utilizando o software Pix4Dmapper *photogrammetry professional drone mapping*.

Foram realizadas campanhas de avaliações nos estádios fenológicos de desenvolvimento do milho e respectivas épocas definidas por dias após a emergência da cultura relacionadas a seguir: V4 – 15 DAE, V10 – 50 DAE e R1 – 85 DAE, conforme sugerido por Fancelli (2000) e obtidos os atributos de produtividade da cultura do milho, onde foram colhidas 3 plantas por parcelas para determinação da biomassa fresca e matéria seca de plantas, com auxílio de balança analítica e secagem em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C até atingir massa constante e foram ser realizadas leituras Índice de clorofila foliar (ICF), por meio do Clorofilômetro portátil marca ClorofiLOG, modelo CFL 1030, na última folha totalmente expandida contando do ápice para a base em V4 e leituras no terço médio dos limbos de folhas situadas opostamente e abaixo da espiga principal em V10 e R1. Aos 140 DAE, em 3 linhas centrais de 5 metros, ao

centro das parcelas determinou-se a produtividade de grãos e massa de 1000 grãos, através da pesagem dos grãos colhidos com auxílio de balança analítica. A unidade dos grãos foi corrigida para 13%.

As características biométricas avaliadas foram altura da planta, altura de inserção de 1ª espiga, diâmetro do colmo, população inicial e final de plantas e índice de sobrevivência. As avaliações foram realizadas em 10 plantas presentes na sequência na linha semeadura em cada uma das parcelas experimentais.

Após ao processamento das imagens digitais RGB e NIR, a partir de software GlobalMapper v.19, foram divididas as bandas espectrais da imagem RGB e calculados os índices de vegetação.

Tabela 9 - Relação de índices de vegetação e respectivas equações utilizados no estudo.
Table 9 - List of vegetation indices and respective equations used in the study.

Índice	Descrição	Autor	Equação
SR	Índice de vegetação de razão simples	Jordan (1969)	$SR = \frac{NIR}{Red}$
NDVI	Índice de vegetação por diferença normalizada	Rouse et al. (1973)	$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$
RVI	Índice de vegetação reverso	Richardson e Wiegand (1977)	$RVI = \frac{Red}{NIR}$
GNDVI	Índice de vegetação por diferença normalizada na banda do verde	Gitelson et al. (1996)	$GNDVI = \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$
CLGreen	Índice clorofila total	Gitelson et al. (2005)	$CLGreen = \left(\frac{NIR}{Green} \right) + 1$
SAVI*	Índice de vegetação ajustado ao solo	Huete (1988)	$SAVI = \left[\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} \right] + (1 + L)$
EVI**	Índice de vegetação melhorado	Huete et al. (1997) e Justice, (1998)	$EVI = G. \left[\frac{NIR - Red}{L + NIR + C1.Red - C2.Blue} \right]$

Nota: *Constante L que pode variar de 0 a 1 de acordo com a densidade da vegetação. valor 1 para áreas com pouca cobertura vegetal, 0,5 para cobertura intermediária, 0,25, quando o L é igual a 0.

** Fator de ajuste (G = 2,5), ajuste de fundo (L = 1) e coeficientes de resistência aos aerossóis (C1 = 6 e C2 = 7,5).
Fonte: Elaboração do autor.

A partir dos números digitais gerados nas imagens realizou-se a análise qualitativa dos índices de vegetação estudados. Utilizando o software QGIS 3.2.3 foram realizadas análises estatísticas das subparcelas a partir da ferramenta “Estatísticas Zonais”. Os parâmetros extraídos para os índices foram os valores acumulados da subparcela (total), máximo valor de pixel, mínimo valor de pixel e média dos valores de pixel da subparcela. Por meio do software R (R Core Team, 2015), dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de Levene, ambos à 0,05 de probabilidade ($p > 0,05$). Posteriormente, os dados normais foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e, quando significativos, a média entre tratamentos foi verificada pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Utilizando o software IBM SPSS Statistics procedeu-se ainda a análise de correlações de Pearson, para verificar o grau de relação entre as variáveis frente os tratamentos propostos, onde foi correlacionado os componentes de produtividade da cultura de milho como variável dependente e os índices máximos, mínimos, médios e totais como variáveis independentes para as épocas V4, V10 e R1.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Leves foram as variações de médias para o índice de vegetação razão simples (SR). O SR é baseado na razão da reflectância na região do infravermelho próximo e a banda do vermelho, onde os valores de índice crescem com o aumento da vegetação, produzindo um parâmetro que é altamente sensível à presença de vegetação densa (JORDAN, 1969). Decorrente de sua formulação o índice mostrou leve eficiência a variação dos manejos dos solos em V10, fase de intensificação do crescimento da cultura. Segundo Magalhães e Durães (2006) V10 é caracterizado pela alta taxa de desenvolvimento vegetativo e órgãos florais com o rápido desenvolvimento do pendão e caule alongado. Neste estágio ocorrem as maiores demandas de água e nutrientes e a planta intensifica o crescimento e acumulações no qual continuarão até o início da fase reprodutiva. Galvão, Formaggio e Breuning (2009) avaliando a relação de 17 índices de vegetação com a produtividade de soja destacaram que SR está associado a maior quantidade de pigmentos (folhas e carotenóides) com índices de correlação de produtividade de soja de 0,13.

Abaixo são apresentados os resultados demonstrando pequenas variações nas médias pelo teste de Tukey para os índices SR total, SR médio (Tabela 10) e SR máximo (Tabela 11) em V10. As fases fenológicas V4 pela baixa densidade da vegetação e R1 onde iniciam os processos fisiológicos da fase reprodutiva não tiveram variações identificadas pelo índice SR.

Tabela 10 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de SR total e SR médio para as sub-parcelas de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 10 - F values calculated, coefficients of variation (CV) and averages of total SR and average SR for the sub-plots of corn plants cultivated according to soil management systems (M) and phenological development stages (E).

Causas de variação	Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)						
	⁴ SR total			⁵ SR médio			
	V4	V10	R1	V4	V10	R1	
¹ Manejo do solo (M)	AAC	9.9705 C	195.484 Aab	141.950 B	1,491 C	2,949 Aabc	2,101 B
	AA/SPD	92.166 C	184.408 Aab	138.934 B	1,375 C	2,78 Aabc	2,051 B
	CM/SPD	94.977 C	183.710 Aab	152.309 B	1,429 C	2,792 Aabc	2,270 B
	CMC	97.774 C	185.844 Aab	130.839 B	1,454 C	2,79 Aabc	1,925 B
	GP/SPD	96.069 C	199.241 Aab	149.270B	1,440 C	3,020 Aab	2,215 B
	GPC	10.2665 C	184.222 Aab	136.272 B	1,525 C	2,759 Abc	2,001 B
	PR	10.0314 C	205.043 Aa	138.445 B	1,504 C	3,111 Aa	2,054 B
	SPDC	96.406 C	177.074 Ab	145.370B	1,435 C	2,663 Ac	2,143 B
	M	0,97 ^{ns}			1,19 ^{ns}		
Valor de F	E	1.367,69 ^{***}			1.580,34 ^{***}		
	M×E	4,05 ^{**}			4,73 ^{***}		
² CV1 (%)		17,47			17,93		
³ CV2 (%)		8,52			8,09		

Nota: ¹ Manejo do Solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ns não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade. ⁴ valor de SR total por sub-parcela. ⁵ valor SR médio, referente ao valor acumulado do índice por sub-parcela.

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 11 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de SR mínimo e SR máximo para as sub-parcelas de plantas de milho cultivadas em função de diferentes sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 11 - F values calculated, coefficients of variation (CV) and averages of minimum SR and maximum SR for the sub-plots of corn plants grown according to different soil management systems (M) and phenological stages of development (E).

Causas de variação		Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)					
		⁴ SR mínimo			⁵ SR máximo		
		V4	V10	R1	V4	V10	R1
¹ Manejo do solos (M)	AAC	1,096 Bab	1,180 A	1,058 C	2,196 B	62,104 Aab	48,226 A
	AA/SPD	1,043 Bb	1,166 A	1,048 B	2,029 B	29,982 Ab	36,517 A
	CM/SPD	1,069 Bb	1,193 A	1,062 B	2,023 B	44,583 Aab	59,726 A
	CMC	1,059 Bb	1,184 A	1,058 B	2,216 B	35,726 Aab	29,490 A
	GP/SPD	1,077 Bb	1,187 A	1,065 B	2,114 B	40,719 Aab	31,173 A
	GPC	1,151 Ba	1,216 A	1,070 C	2,197 B	32,161 Ab	42,788 A
	PR	1,101 Bab	1,183 A	1,058 C	2,168 B	77,824 Aa	20,191 B
	SPDC	1,090 Bab	1,199 A	1,071 B	2,045 B	27,218 Ab	46,134 A
Valor de F	M	1,85 ^{ns}			0,52 ^{ns}		
	E	384,87 ^{***}			118,72 ^{***}		
	M×E	2,46 ^{**}			5,06 ^{***}		
² CV1 (%)		6,74			176,37		
³ CV2 (%)		3,03			72,41		

Nota: 1 Manejo do Solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AAC/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade media seguida da escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ns não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade. ⁴ valor de SR mínimo por sub-parcela. ⁵ valor SR máximo, referente ao valor acumulado do índice por sub-parcela.

Fonte: Elaboração do autor.

O SR mínimo apresentou variações nas médias dos tratamentos na fase V4 onde a cobertura vegetal era escassa. O valor do índice decresce na medida que aumenta a reflectância na região do visível 650 – 660nm (vermelho) e aumenta a absorbância na região do infravermelho próximo entre 700 e 1200nm devido a maior quantidade de solo exposto. (Tabela 11)

O NDVI mínimo foi o mais sensível as variações da cultura do milho em função do manejo dos solos, significativo a 0,001 de probabilidade, porém sem interação significativa entre épocas e manejos. Atribuído ao fato de que na medida que a cultura se desenvolveu, ocorreu recobrimento total da área e conseqüentemente o aumento da taxa de absorção do comprimento de onda do espectro visível (vermelho) e maior reflectância do comprimento de onda do Infravermelho próximo, resultando em maior valor de pixels por sub-parcela com

valores acima de 0 porém ainda distantes de +1, resultando em menor sensibilidade do NDVI mínimo. Segundo Araújo (2016), o NDVI é dependente das condições de iluminação, uma vez que o processo fotossintético que é a absorção da radiação solar pela clorofila ocorre na faixa do visível, ou vermelho (650 – 660nm). É considerado, portanto, um índice de razão já que tecido foliar reflete essa radiação na faixa do infravermelho próximo (700 e 1200nm). Diante destes aspectos buscou-se mitigar as distorções provenientes das condições de iluminação realizando a tomada de imagens sempre no mesmo horário, próximo ao meio dia em dias de sol e céu relativamente limpo. Os valores obtidos de NDVI mínimo é atribuído a menor exposição dos solos devido a manutenção da palhada da cultura anterior para os tratamentos conservacionistas. Os manejos conservacionistas GP/SPD e SPDC apresentaram respectivamente valores de NDVI mínimo de 0,244 e 0,242, correspondendo a 62,67% e 61,33% superiores ao manejo GPC com 0,150, confirmando que a exposição dos solos reflete em valores de NDVI tendendo a 0, enquanto a cobertura vegetal, mesmo que morta eleva os valores do índice. Os comportamentos dos valores mínimo e acumulado do índice de vegetação por diferença normalizada para os estádios fenológicos do milho em função do manejo dos solos estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de NDVI mínimo e NDVI total para as sub-parcelas de plantas de milho cultivadas em função de diferentes sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 12 - Calculated F values, variation coefficients (CV) and means of minimum and total NDVI for the subplots of maize plants cultivated as a function of different soil management systems (M) and phenological stages of development (E).

Causas de variação	NDVI		
	⁴ Mínimo	⁵ Total	
¹ Manejo do solo (M)	AAC	0,191 bc	27.651
	AA/SPD	0,184 c	27.681
	CM/SPD	0,215 b	28.836
	CMC	0,157 de	27.627
	GP/SPD	0,244 a	28.831
	GPC	0,150 e	27.508
	PR	0,181 cd	28.117
	SPDC	0,242 a	29.164
Estádios fenológicos (E)	V4	0,008 C	15.281 C
	V10	0,209 B	36.197 A
	R1	0,368 A	33.052 B
Valor de F	M	41,40 ***	1,21 ns
	E	5.743 ***	2.929 ***
	M × E	0,60 ns	1,44 ns
² CV1 (%)		16,95	12,9
³ CV2 (%)		11,93	7,24

Nota: ¹ Manejo do Solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca;

AA/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida do escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ns não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade. ⁴ valor de NDVI mínimo por sub-parcela. ⁵ valor NDVI total, referente ao valor acumulado do índice por sub-parcela.

Fonte: Elaboração do autor.

De acordo com Gitelson *et al.* (2007), quanto mais densa a cobertura vegetal, os índices tendem a +1, pois maior é a reflectância na faixa de comprimento de onda do infravermelho próximo e maior absorção na faixa do visível. Solo descoberto ou com pouca vegetação apresenta valores positivos, porém distantes do máximo valor do índice, +1. Não houve interação significativa entre os valores de NDVI mínimos e total com os manejos dos solos em nenhuma das fases fenológicas avaliadas.

Os tratamentos CMC, PR e AAC mantiveram o mesmo comportamento, com os valores de NDVI mínimos de 0,157, 0,181 e 0,191 respectivamente. Apesar de 10 safras sob o sistema plantio direto o manejo AA/SPD permaneceu com baixos valores de NDVI mínimo, evidenciando pouca cobertura de palhada e plantas de milho neste tratamento no estágio de V4. Foi observado ligeiro atraso na emergência do milho e no desenvolvimento inicial neste tratamento resultando em plantas menores. Cunha (2004) destaca que o NDVI em comparação a outros índices de vegetação é mais sensível a vegetação esparsa, tendendo a perder eficiência na medida que aumenta o recobrimento da área de monitoramento.

O comportamento do NDVI mínimo, como esperado, foi o aumento gradativo do valor do índice quando comparados as três épocas, onde na medida em que a cultura se desenvolvia e promovia o maior recobrimento da área, menor era a sensibilidade do índice mínimo em detectar as diferenças de reflectância no tecido foliar, uma vez que aumentava a reflectância na faixa do infravermelho próximo. Este fato se deve ao processo de saturação do índice ocasionado a partir da estabilização do acúmulo de biomassa. Na medida em que se aumenta a reflectância da cultura, associado geralmente a aumento de área foliar e ou população de plantas, conseqüentemente aumenta o valor do NDVI e ocasiona a saturação do índice (SANGOI *et al.*, 2005; POVH *et al.*, 2008; ZANZARINI *et al.*, 2013). Gitelson (2004) reportou que o NDVI se torna insensível as variações espectrais da cultura quando a reflectância no comprimento de onda do infravermelho próximo (faixa do invisível) é maior que a absorção no comprimento de onda no espectro do vermelho (faixa do visível).

O NDVI total, que se refere ao valor acumulado do índice por sub-parcela, obteve valor de 36.197 no estágio V10, reduzindo 9,52% em comparação a R1. O estágio é caracterizado

pelo embonecamento e polinização, onde o florescimento começa quando os estigmas se projetam para fora da palha. A altura máxima da planta e o potencial do número dos grãos é determinado nesta fase, associado ao maior acúmulo de micronutrientes durante o ciclo, época de maior demanda da planta por estes elementos químicos (ROSA, 2017). A partir de R1, inicia-se o processo de maturidade fisiológica e a saída da água das folhas acarreta na degradação das proteínas e pigmentos fotossintetizantes, o que tornará a folha menos apta a absorver radiação eletromagnética e isso resultará no aumento dos valores de reflectância (PONZONI *et al.*, 2012).

Foram observadas interações significativas entre os manejos dos solos (M) e os NDVIs máximos e médios e estádios fenológicos (E), onde para o NDVI máximo ocorreram diferenças entre os tratamentos de manejo principalmente nos estádios V4 e V10, já para os estádios de desenvolvimento as diferenças foram observadas nos estádios V4 e R1 para o valor máximo do índice por sub-parcela onde o comportamento é atribuído ao processo de saturação do índice.

Tabela 13 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de NDVI máximo e NDVI médio de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 13 - Calculated F values, variation coefficients (CV) and means of maximum NDVI and average NDVI values of maize plants grown as a function of soil management systems (M) and phenological stages of development (E).

Causas de variação	Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)						
	⁴ NDVI máximo			⁵ NDVI médio			
	V4	V10	R1	V4	V10	R1	
¹ Manejo do solos (M)	AAC	0,624 Bab	0,819 A	0,831 Aab	0,277 C	0,710 A	0,646 B
	AA/SPD	0,589 Bb	0,818 A	0,801 Ab	0,300 C	0,697 A	0,637 B
	CM/SPD	0,628 Cab	0,820 B	0,849 Aa	0,323 C	0,721 A	0,670 B
	CMC	0,631 Bab	0,822 A	0,803 Ab	0,307 C	0,703 A	0,614 B
	GP/SPD	0,633 Bab	0,837 A	0,816 Aab	0,327 C	0,734 A	0,648 B
	GPC	0,638 Ba	0,812 A	0,795 Ab	0,283 C	0,708 A	0,625 B
	PR	0,641 Ba	0,830 A	0,825 Aab	0,327 C	0,721 A	0,620 B
	SPDC	0,628 Bab	0,815 A	0,836 Aab	0,326 C	0,725 A	0,668 A
Valor de F	M	1,83 ^{ns}			1,40 ^{ns}		
	E	1373,37 ^{***}			3848,10 ^{***}		
	M×E	2,63 ^{**}			1,90 [*]		
² CV1 (%)	5,87			13,32			
³ CV2 (%)	3,92			6,16			

Nota: ¹ Manejo do solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional;

GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ⁴ valor de NDVI máximo obtido por sub-parcela, ⁵ valor de NDVI médio obtido por sub-parcela. ns não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O comportamento do índice de vegetação reverso (RVI), apresentou diferenças nas médias dos tratamentos de manejo do solo pelo teste de Tukey para o RVI total e RVI médio em V4 e R1 (Tabela 14) e para o RVI máximo em V4 (Tabela 15). De acordo com Jackson *et al.* (1983) o RVI apresentou-se pouco sensível à presença de vegetação quando a cobertura foi menor que 50%. Foi observado saturação o índice no período de vegetação mais densa e uniforme.

Tabela 14 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de RVI total e RVI médio de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 14 - Calculated F values, coefficients of variation (CV) and average values of total RVI and average RVI of maize plants grown according to soil management systems (M) and phenological development stages (E).

Causas de variação	Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)						
	⁴ RVI total			⁵ RVI médio			
	V4	V10	R1	V4	V10	R1	
¹ Manejo do solo (M)	AAC	4.5308 Ab	28.388 C	37.424 Bab	0,677 Ab	0,429 C	0,554 Bab
	AA/SPD	49.127 Aa	27.443 C	37.299 Bab	0,733 Aa	0,413 C	0,551 Bab
	CM/SPD	46.905 Aab	28.399 C	35.262 Bab	0,706 Aab	0,432 C	0,525 Bab
	CMC	46.735 Aab	28.511 C	38.713 Ba	0,695 Aab	0,428 C	0,570 Ba
	GP/SPD	46.777 Aab	27.198 C	34.697 Bb	0,700 Aab	0,411 C	0,514 Bb
	GPC	44.687 Ab	28.045 C	38.378 Bab	0,661 Ab	0,420 C	0,563 Bab
	PR	44.655 Ab	27.479 C	36.539 Bab	0,669 Ab	0,415 C	0,542 Bab
	SPDC	47.152 Aab	28.534 C	36.165 Bab	0,702 Aab	0,429 C	0,533 Bab
Valor de F	M	0,93 ^{ns}			0,87 ^{ns}		
	E	2.181,25 ***			2.995,26 ***		
	M×E	5,13 **			7,37 ***		
² CV1 (%)	11,26			10,41			
³ CV2 (%)	5,21			4,39			

Nota: ¹ Manejo do solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de

aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ⁴ valor de RVI máximo obtido por sub-parcela, ⁵ valor de RVI médio obtido por sub-parcela. ns não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 15 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de RVI mínimo e RVI total de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 15 - F values calculated, coefficients of variation (CV) and mean values of minimum RVI and total RVI of maize plants grown according to soil management systems (M) and phenological stages of development (E).

Causas de variação	Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)						
	⁴ RVI mínimo			⁵ RVI máximo			
	V4	V10	R1	V4	V10	R1	
¹ Manejo do solo (M)	AAC	0,465 A	0,026 B	0,030 B	0,914 Bab	0,848 C	0,946 A
	AA/SPD	0,495 A	0,039 B	0,040 B	0,960 Aa	0,859 B	0,955 A
	CM/SPD	0,495 A	0,027 B	0,026 B	0,937 Aa	0,839 B	0,943 A
	CMC	0,454 A	0,035 B	0,046 B	0,944 Aa	0,846 B	0,945 A
	GP/SPD	0,472 A	0,030 B	0,040 B	0,930 Aa	0,845 B	0,940 A
	GPC	0,459 A	0,036 B	0,032 B	0,874 Bb	0,829 C	0,936 A
	PR	0,462 A	0,021 C	0,055 B	0,910 Bab	0,847 C	0,945 A
	SPDC	0,490 A	0,042 B	0,032 B	0,918 Aab	0,835 C	0,935 A
Valor de F	M	0,60 ^{ns}			1,92 ^{ns}		
	E	11.796,4 ***			377,69 ***		
	M×E	3,70 ***			2,54 ***		
² CV1 (%)	24,75			6,28			
³ CV2 (%)	12,64			2,95			

Nota: ¹ Manejo do solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ⁴ valor de RVI mínimo obtido por sub-parcela, ⁵ valor de RVI máximo obtido por sub-parcela. ns não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O GNDVI foi sensível a variação dos sistemas de manejo, afetando as médias dos índices, demonstrando ser possível detectar variações na cultura do milho a partir de imagens digitais. A variação das médias dos tratamentos pelo teste de Tukey foram mais representativas nas fases R1 para o GNDVI total e médio e nas fases V10 e R1 para o GNDVI máximo, confirmando a sensibilidade do índice para identificação de variação de concentração de clorofila na planta.

(Tabela 16) Na fase fenológica V10 ocorre a intensificação das acumulações de nutrientes e no início da fase reprodutiva (R1 – florescimento), a planta inicia a translocação de fotossintatos alterando a concentração de clorofila na folha. Nesta etapa já não existe a predominância de folhas verdes na planta, uma vez que o pendão já está presente em R1.

Segundo Sousa (2016) os maiores teores de N foliar na cultura do milho estão entre as fases V6 ao V10 com correlações positivas as leituras de clorofila indicando que as plantas aumentam a absorção de N em V6 com acúmulo mais acentuado em V10. Arnon (1975) relata que exigências de N no milho são variáveis durante o desenvolvimento da cultura alcançando pico entre o início do florescimento e formação de grãos.

Substituindo a banda vermelha pela banda verde o GNDVI se mostra mais sensível à concentração de clorofila pois o pico de reflectância desta organela ocorre na faixa de comprimento de onda de 540nm (GITELSON *et al.*, 1996), Kemerer (2007), observou que o índice foi eficiente a variação do dossel na biomassa das culturas avaliadas.

Tabela 16 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de GNDVI total, GNDVI médio e GNDVI máximo de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 16 - Calculated F values, coefficients of variation (CV) and average values of total GNDVI, average GNDVI and maximum GNDVI of maize plants grown according to soil management systems (M) and phenological development stages (E).

Causas de variação	Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)									
	⁴ GNDVI total			⁵ GNDVI médio			⁶ GNDVI máximo			
	V4	V10	R1	V4	V10	R1	V4	V10	R1	
¹ Manejo do solo (M)	AAC	913 B	3.738 A	-7.600 Cab	0,019 A	0,060 A	-0,112 Bab	0,238 B	0,812 Aab	0,854 Aa
	AA/SPD	1.134 B	5.153 A	-10.552 Cb	0,018 B	0,0780 A	-0,160 Cb	0,230 B	0,744 Aab	0,739 Ab
	CM/SPD	1.892 B	5.355 A	-2.811 Ca	0,027 B	0,082 A	-0,045 Ca	0,212 C	0,792 Bab	0,859 Aa
	CMC	2.118 A	3.103 A	-11.868 Cb	0,032 A	0,051 A	-0,179 Bb	0,235 B	0,781 Aab	0,734 Ab
	GP/SPD	2.354 B	5.531 A	-7.126 Cab	0,036 B	0,084 A	-0,106 Cab	0,227 C	0,788 Aab	0,751 Ab
	GPC	789 A	2.209 A	-6.881 Bab	0,014 A	0,0350 A	-0,100 Bab	0,248 C	0,754 Bab	0,813 Aab
	PR	3.147 A	4.622 A	-10.105 Bb	0,048 A	0,0710 A	-0,151 Bb	0,250 C	0,828 Aa	0,733 Bb
	SPDC	2.092 A	3.594 A	-3.407 Ba	0,030 A	0,055 A	-0,049 Ba	0,210 C	0,729 Bb	0,812 Aab
Valor de F	M	1,13 ^{ns}			1,06 ^{ns}			1,60 ^{ns}		
	E	439,78 ***			407,04 ***			3.832,4 ***		
	M×E	5,79 **			5,47 ***			6,80 ***		
² CV1 (%)	-1.334,007			-1.524,99			16,87			
³ CV2 (%)	-550,65			-664,66			8,41			

Nota: ¹ Manejo do solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ⁴ valor de GNDVI total obtido por sub-parcela, ⁵ valor

de GNDVI médio obtido por sub-parcela, ⁶ valor de GNDVI máximo o obtido por sub-parcela ns não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O CLGreen apresentou comportamento semelhante ao GNDVI. Proposto por Gitelson *et al.* (2005) este índice caracteriza o teor de clorofila total na planta. As variações das médias ocorreram nas fases R1 para o CLGreen total e CLGreen médio e nas fases V10 e R1 para o CLGreen máximo.

Tabela 17 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de CLGreen total, CLGreen médio e CLGreen máximo de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 17 - F values calculated, coefficients of variation (CV) and average values of total CLGreen, average CLGreen and maximum CLGreen of corn plants grown according to soil management systems (M) and phenological development stages (E).

Causas de variação	Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)									
	⁴ CLGreen total			⁵ CLGreen médio			⁶ CLGreen máximo			
	V4	V10	R1	V4	V10	R1	V4	V10	R1	
¹ Manejo do solo (M)	AAC	4.156 B	17.789 A	-8.772 Cab	0,053 B	0,269 A	-0,119 Cab	0,626 C	9,517 Bab	13,643 Aab
	AAC/SD	2.689 B	16.693A	-13.559 Cb	0,040 B	0,252 A	-0,206 Cb	0,598 B	6,012 Ab	7,041 Ac
	CM/SD	3.953 B	19.203 A	1.527 Ba	0,060 B	0,294 A	0,026 Ba	0,540 C	8,209 Bab	15,669 Aa
	CMC	4.988 B	13.747 A	-16.541 Cb	0,075 B	0,207 A	-0,250 Cb	0,614 B	7,911 Aab	6,530 Ac
	GP/SD	5.350 B	20.324 A	-8.746 Cab	0,082 B	0,309 A	-0,131 Cab	0,589 B	8,317 Aab	6,462 Ac
	GPC	2.959 B	10.068 A	-8.242 Cab	0,048 B	0,153 A	-0,119 Cab	0,662 B	6,464 Aab	9,136 Abc
	PR	7.365 B	19.248 A	-14.373 Cb	0,112 B	0,294 A	-0,215 Cb	0,669 B	11,613 Aa	5,948 Bc
	SPDC	4.678 B	12.356 A	-9.328 Ba	0,067 B	0,187 A	-0,011 Ba	0,535 C	5,559 Bb	10,596 Aabc
Valor de F	M	1,10 ^{ns}			1,16 ^{ns}			1,95 ^{ns}		
	E	436,68 ***			398,59 ***			242,79 ***		
	M×E	6,65 **			6,34 ***			8,11 ***		
² CV1 (%)	355,62			343,19			96,70			
³ CV2 (%)	146,05			149,05			49,53			

Nota: 1 Manejo do solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10^a safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade media seguida da escarificador.

² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ⁴ valor de CLGreen total obtido por sub-parcela, ⁵ valor de CLGreen médio obtido por sub-parcela, ⁶ valor de CLGreen máximo o obtido por sub-parcela ns não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para minimizar o efeito do solo Huete *et al.* (1988) desenvolveram o índice de vegetação ajustado para o solo – SAVI. Neste contexto os autores sugeriram considerar uma constante

“L”, que pode variar de 0 a 1, assim adota-se o valor 1 para áreas com pouca cobertura vegetal, 0,5 para cobertura intermediária, 0,25 e quando o L é igual a 0 o SAVI é idêntico ao NDVI. Para a fase V4 foi utilizado L=1 e para as fases L=0,5 para as fases V10 e R1. Segundo Gilabert *et al.* (2002) ao considerar o fator de ajuste conforme densidade de vegetação o SAVI minimiza os efeitos da reflectância do solo.

O índice SAVI mínimo e SAVI máximo enfatizaram mais a influência de solo exposto, especialmente em V4 e em R1 onde foram identificados problemas com acamamento de plantas devido a fortes ventos.

Tabela 18 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de SAVI médio, SAVI mínimo e SAVI total de plantas de milho cultivadas em função de sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 18 - Calculated F values, coefficients of variation (CV) and mean values of average SAVI, minimum SAVI and total SAVI of maize plants grown according to soil management systems (M) and phenological development stages (E).

Causas de variação	Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)									
	⁴ SAVI médio			⁵ SAVI mínimo			⁵ SAVI máximo			
	V4	V10	R1	V4	V10	R1	V4	V10	R1	
¹ Manejo do solo (M)	AAC	2,194 Aab	1,916 B	1,801 Cab	2,045 Aab	1,582 B	1,528 C	2,367 B	2,448 A	2,440 A
	AAC/SD	2,155 Ab	1,927 B	1,802 Cab	2,021 Ab	1,576 B	1,523 C	2,338 B	2,423 A	2,423 A
	CM/SD	2,174 Aab	1,912 B	1,827 Cab	2,033 Ab	1,588 B	1,530 C	2,337 B	2,446 A	2,451 A
	CMC	2,182 Aab	1,915 B	1,784 Cb	2,029 Ab	1,584 B	1,528 C	2,375 B	2,431 A	2,411 A
	GP/SD	2,177 Aab	1,934 B	1,834 Ca	2,037 Ab	1,585 B	1,531 C	2,355 B	2,44 A	2,422 A
	GPC	2,205 Aa	1,921 B	1,792 Cab	2,069 Aa	1,596 B	1,533 C	2,371 B	2,43 A	2,437 A
	PR	2,199 Aab	1,931 B	1,808 Cab	2,048 Aab	1,583 B	1,528 C	2,367 B	2,457 A	2,395 B
	SPDC	2,176 Aab	1,911 B	1,818 Cab	2,043 Aab	1,590 B	1,534 C	2,342 B	2,419 A	2,437 A
Valor de F	M	0,80 ^{ns}			2,00 ^{ns}			0,49 ^{ns}		
	E	7.683,70 ***			34.131,00 ***			229,35***		
	M×E	5,90 **			3,00 ***			4,31 ***		
² CV1 (%)	2,51			1,88			2,69			
³ CV2 (%)	1,09			0,86			1,18			

Nota: ¹ Manejo do solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade media seguida da escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ⁴ valor de SAVI médio obtido por sub-parcela, ⁵ valor de SAVI mínimo obtido por sub-parcela, ⁶ valor de SAVI total o obtido por sub-parcela ns não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para os tratamentos de manejos dos solos o EVI demonstrou eficiência na detecção de diferenças nas médias para as épocas R1 com o EVI médio e V10 através do EVI máximo. (Tabela 19)

O EVI foi desenvolvido a fim de minimizar os problemas de saturação presentes no NDVI. Utilizando de fatores de ajustes garante a correção da luz refletida se mostrando mais sensível a variações na estrutura da planta. (GAO *et al.*, 2000). Definidos empiricamente pelos autores para o fator de ajuste, ajuste de fundo e coeficientes de resistência aos aerossóis são: $G = 2,5$; $C1 = 6$; $C2 = 7,5$; e $L = 1$. (HUETE *et al.*, 1997; JUSTICE, 1998). Com a correção da luz refletida reduzindo a influência do sinal refletido pelo solo e da atmosfera sobre a resposta do dossel o índice permite aprimorar a detecção da vegetação em regiões com maiores densidades de biomassa. (HUETE *et al.*, 2002; GALFORD *et al.*, 2008)

Tabela 19 - Valores de F calculados, coeficientes de variação (CV) e médias de valores de EVI médio e EVI total de plantas de milho cultivadas em função de diferentes sistemas de manejo do solo (M) e estádios fenológicos de desenvolvimento (E).

Table 19 - F values calculated, coefficients of variation (CV) and mean values of average EVI and total EVI of maize plants grown according to different soil management systems (M) and phenological stages of development (E).

Causas de variação	Estádios fenológicos de desenvolvimento do milho (E)						
	⁵ EVI médio			⁶ EVI máximo			
	V4	V10	R1	V4	V10	R1	
¹ Manejo do solo (M)	AAC	0,383 C	1,160 A	0,798 Bab	0,896 C	4,348 Aa	2,288 B
	AAC/SD	0,429 C	1,113 A	0,756 Bab	0,967 B	2,666 Ac	2,123 A
	CM/SD	0,489 C	1,171 A	0,846 Ba	1,101 B	3,019 Abc	2,740 A
	CMC	0,421 C	1,075 A	0,724 Bb	1,032 C	2,952 Abc	2,140 B
	GP/SD	0,484 C	1,176 A	0,834 Bab	1,017 C	3,302 Aabc	2,139 B
	GPC	0,404 C	1,148 A	0,822 Bab	0,884 B	3,405 Aabc	2,869 A
	PR	0,417 C	1,162 A	0,790 Bab	0,914 C	4,160 Aab	2,067 B
	SPDC	0,493 C	1,151 A	0,841 Bab	1,041 B	2,787 Ac	2,605 B
Valor de F	M	2,20 ^{ns}			0,83 ^{ns}		
	E	3.957,70***			228,32***		
	M×E	2,70 ***			3,85***		
² CV1 (%)	17,36			58,60			
³ CV2 (%)	6,90			34,37			

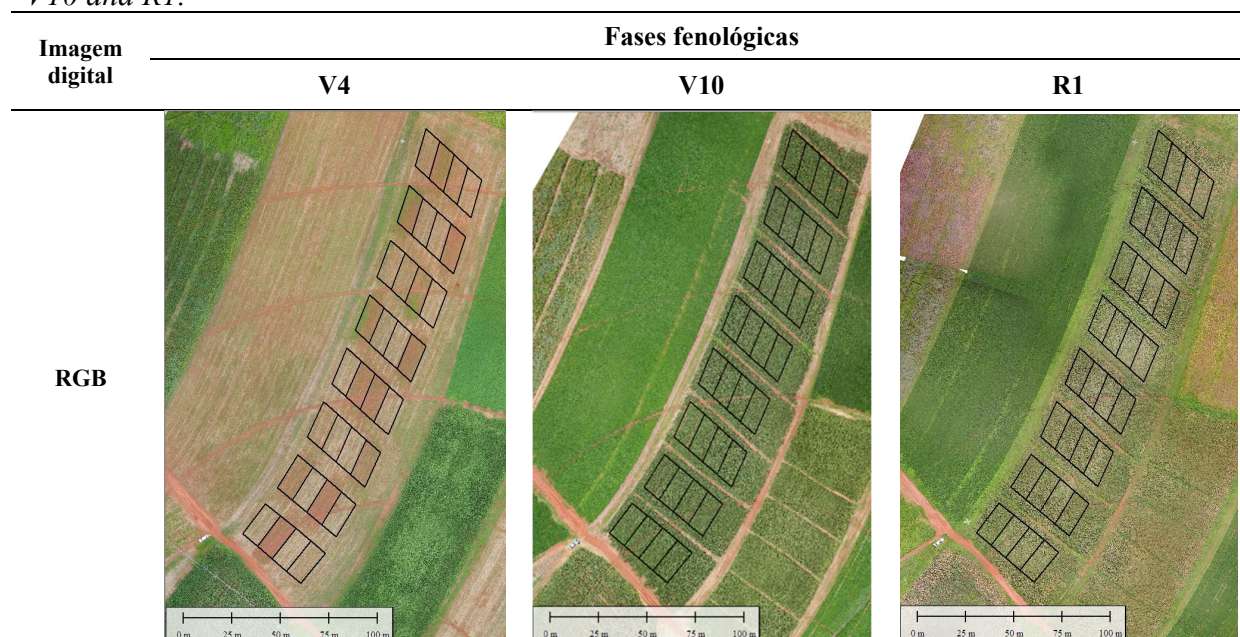
Nota: ¹ Manejo do solo (M): SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² CV1 corresponde ao coeficiente de variação das parcelas (manejo dos solos) e ³ CV2 ao coeficiente de variação das sub-parcelas (estádios fenológicos de desenvolvimento). ⁴ valor de EVI médio obtido por sub-parcela, ⁵ valor de EVI mínimo obtido por sub-parcela, ^{ns} não significativo, * significativo a 0,05 de probabilidade, ** significativo a 0,01 de probabilidade e *** significativo a 0,001 de probabilidade. Letras minúsculas classificam sistemas e manejo e letras maiúsculas estádios fenológicos de desenvolvimento, pelo segundo de Tukey a 0,05 de probabilidade.

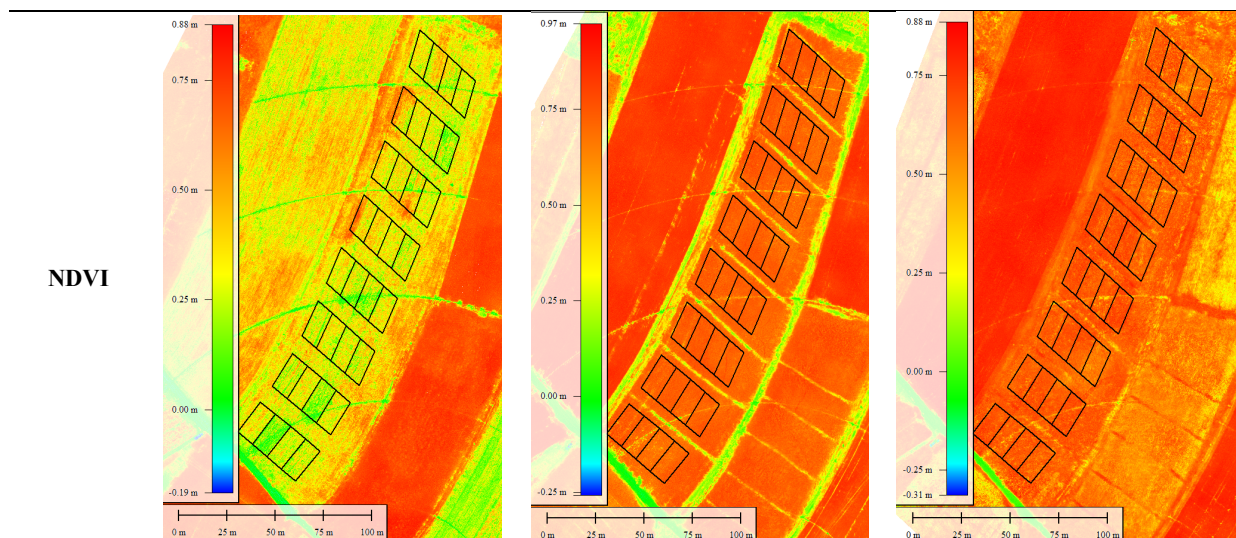
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os resultados de extração dos índices (SR; NDVI; RVI; GNDVI; CLGreen; SAVI; EVI e ICF), épocas de tomada de imagens digitais, componentes de produtividade e atributos fitotécnicos da cultura foram submetidos a correlação de Pearson, sendo destacados os melhores resultados quando significativa no nível 0,01 e ao nível 0,05. Os IVs e atributos fitotécnicos correlacionados produziram 493 combinações distintas por tratamento de manejo do solo e 1.449 quando considerados as épocas de imageamento (V4, V10 e R1). Todos os dados geraram um total de 11.832 combinações de modelos para predição de atributos específicos. (APÊNDICE A) Em seguida foram classificados os coeficientes de correlação de acordo com Hopkins (2000) destacado para cada tratamento e atributo o IV de melhor desempenho e época de melhor imageamento para a predição deste atributo. Para desenvolvimento dos modelos, foram utilizadas equações de regressão ajustadas ao melhor modelo.

Figura 32 - Imagens digitais RGB e NDVI obtidas nas fases fenológicas do milho, V4, V10 e R1.

Figure 32 - RGB and NDVI digital images obtained in the phenological phases of corn, V4, V10 and R1.

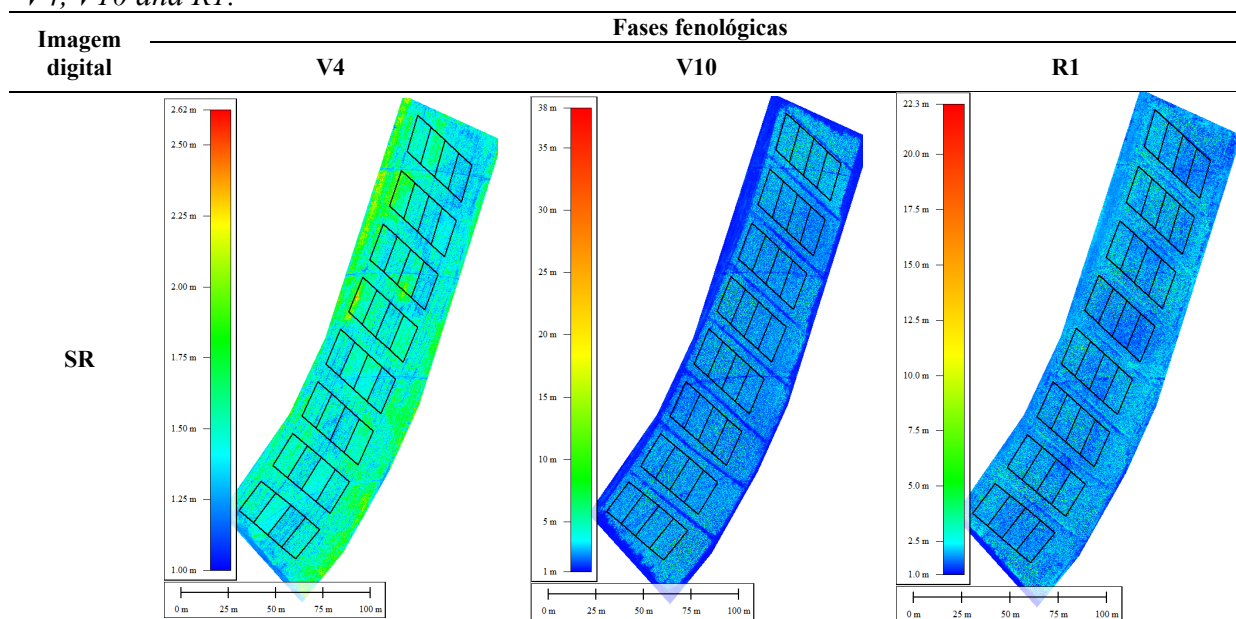


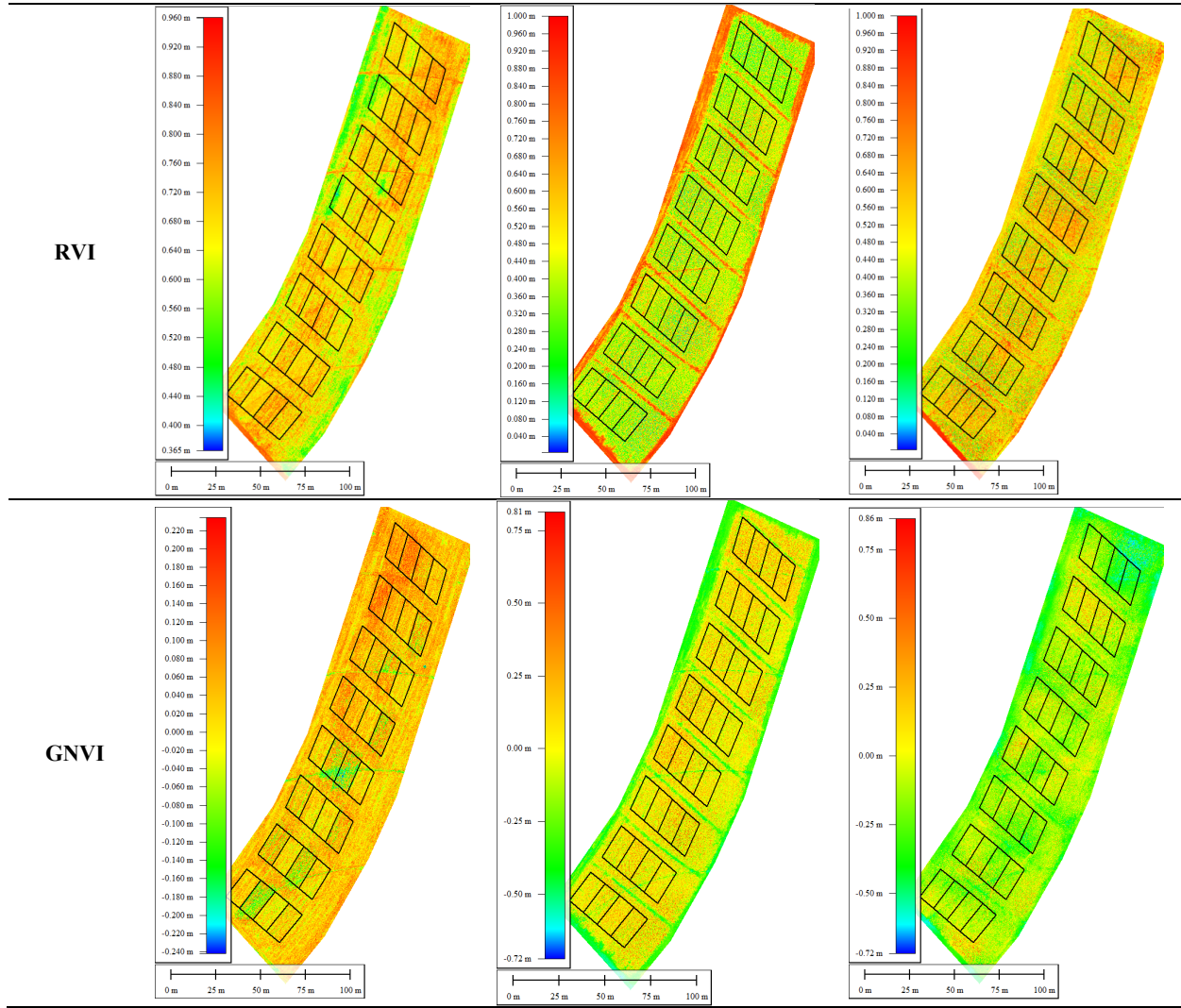


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 33 - Imagens digitais SR, RVI e GNDVI obtidas nas fases fenológicas milho, V4, V10 e R1.

Figure 33 - SR, RVI and GNDVI digital images obtained in the phenological phases of corn, V4, V10 and R1.

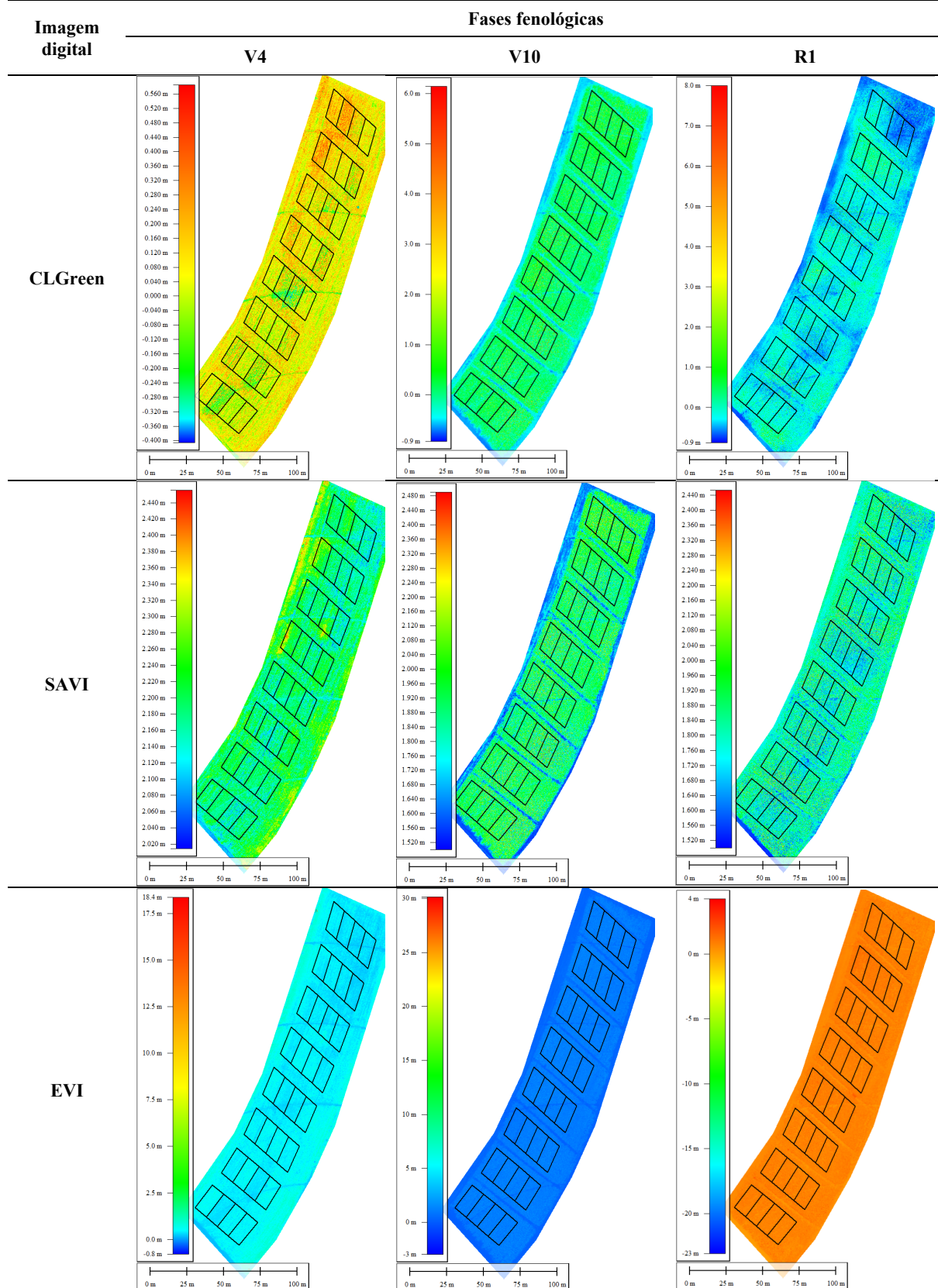




Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 34 - Imagens digitais CLGreen, SAVI e EVI obtidas nas fases fenológicas milho, V4, V10 e R1.

Figure 39 - CLGreen, SAVI and EVI digital images obtained in the phenological phases of corn, V4, V10 and R1.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 20 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais nos estádio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos CM/SPD.

Table 20 - Pearson's correlation coefficients between yield components, corn phytotechnical attributes and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V4 corn development stages for the treatment of soil management CM / SPD.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo CM/SPD																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PG	M ₁₀₀₀	ALT	ALT ^{1°} ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V4																
ICF _{V4}	0,183	0,079	0,295	0,153	0,021	-0,383	0,102	0,128	0,055	-0,516	-0,483	0,235	0,580*	-0,120	1,000	0,062	0,031
NDVI total	0,573	0,425	-0,127	-0,212	-0,296	0,222	0,324	0,333	0,389	-0,154	0,535	0,164	-0,178	-0,158	-0,321	0,262	-0,330
NDVI méd	0,450	0,352	-0,225	-0,191	-0,330	0,328	0,040	0,033	0,104	-0,070	0,485	-0,070	-0,373	-0,113	-0,402	0,217	-0,411
NDVI mín	0,005	0,073	-0,200	-0,136	-0,395	0,062	-0,201	-0,240	-0,229	0,044	0,379	-0,138	-0,372	-0,237	-0,468	0,333	-0,314
NDVI máx	0,219	0,063	0,057	-0,094	0,256	0,209	0,436	0,480	0,531	0,117	0,445	0,314	-0,015	-0,348	-0,295	0,272	0,347
EVI total	0,526	0,462	0,170	-0,245	-0,149	-0,253	0,698*	0,723**	0,734**	-0,249	0,344	0,613*	0,329	-0,561	0,238	0,570	0,014
EVI méd	0,515	0,485	0,115	-0,258	-0,211	-0,210	0,578*	0,595*	0,624*	-0,203	0,369	0,535	0,230	-0,604*	0,206	0,626*	-0,041
EVI mín	-0,039	-0,224	0,355	0,099	0,163	-0,262	0,390	0,431	0,487	-0,238	0,137	0,453	0,340	-0,596*	0,388	0,158	0,368
EVI máx	0,279	0,166	0,558	0,266	0,307	-0,352	0,600*	0,659*	0,623*	-0,071	0,079	0,574	0,693*	-0,325	0,419	0,267	0,294
SR total	0,533	0,357	0,067	-0,195	-0,010	0,021	0,756**	0,798**	0,845**	-0,167	0,434	0,587*	0,216	-0,301	-0,002	0,315	0,164
SR méd	0,404	0,330	-0,231	-0,238	-0,145	0,373	0,184	0,195	0,316	0,058	0,513	0,120	-0,318	-0,321	-0,287	0,360	-0,029
SR mín	-0,025	-0,163	0,056	0,005	-0,345	-0,191	-0,098	-0,086	-0,013	-0,271	0,247	0,192	0,004	-0,480	0,168	0,164	-0,068
SR máx	0,334	0,257	0,136	0,028	0,025	0,103	0,576	0,588*	0,650*	0,173	0,549	0,272	-0,023	-0,163	-0,474	0,232	-0,019
SAVI total	0,431	0,250	0,218	-0,101	0,068	-0,192	0,834**	0,881**	0,871**	-0,244	0,241	0,662*	0,452	-0,189	0,167	0,184	0,222
SAVI méd	0,393	0,324	-0,232	-0,249	-0,137	0,370	0,187	0,198	0,320	0,058	0,516	0,127	-0,315	-0,335	-0,285	0,361	-0,018
SAVI mín	-0,031	-0,167	0,062	0,004	-0,341	-0,201	-0,094	-0,083	-0,012	-0,277	0,240	0,194	0,013	-0,482	0,177	0,161	-0,068
SAVI máx	0,330	0,252	0,139	0,034	0,026	0,099	0,583*	0,596*	0,658*	0,173	0,548	0,280	-0,017	-0,166	-0,468	0,236	-0,006
RVI total	0,082	-0,027	0,352	0,109	0,146	-0,429	0,555	0,588*	0,492	-0,247	-0,178	0,455	0,603*	0,094	0,350	-0,111	0,190
RVI méd	-0,385	-0,320	0,233	0,256	0,131	-0,368	-0,190	-0,200	-0,322	-0,057	-0,518	-0,132	0,313	0,344	0,283	-0,362	0,009
RVI mín	-0,328	-0,250	-0,140	-0,038	-0,027	-0,096	-0,586*	-0,599*	-0,662*	-0,173	-0,547	-0,284	0,014	0,167	0,464	-0,238	0,000
RVI máx	0,038	0,171	-0,068	-0,003	0,338	0,210	0,089	0,079	0,010	0,283	-0,232	-0,196	-0,020	0,485	-0,185	-0,159	0,067
GNDVI total	0,083	0,004	-0,531	-0,222	-0,255	0,592*	-0,484	-0,493	-0,390	0,218	0,305	-0,433	-0,774**	0,135	-0,650*	-0,021	-0,208
GNDVI méd	-0,094	-0,130	-0,469	-0,234	-0,043	0,620*	-0,330	-0,358	-0,258	0,228	0,233	-0,518	-0,810**	0,173	-0,724**	-0,198	-0,150
GNDVI mín	-0,040	-0,045	-0,380	-0,539	-0,265	0,161	0,124	0,069	0,073	-0,400	0,095	-0,174	-0,426	0,037	-0,278	-0,236	-0,343
GNDVI máx	-0,386	-0,389	0,194	0,235	0,796**	0,274	0,338	0,366	0,417	0,175	0,033	0,183	0,236	0,027	0,007	-0,391	0,757**
CL Green total	-0,059	-0,111	-0,465	-0,233	-0,036	0,630*	-0,275	-0,297	-0,188	0,239	0,276	-0,463	-0,789**	0,171	-0,738**	-0,193	-0,117
CL Green méd	-0,094	-0,137	-0,461	-0,217	-0,031	0,626*	-0,335	-0,361	-0,259	0,227	0,232	-0,515	-0,801**	0,172	-0,711**	-0,203	-0,138
CL Green mín	-0,044	-0,043	-0,385	-0,538	-0,272	0,160	0,116	0,062	0,070	-0,394	0,104	-0,163	-0,421	0,036	-0,275	-0,239	-0,338
CL Green máx	-0,380	-0,389	0,188	0,239	0,793**	0,278	0,336	0,365	0,414	0,159	0,026	0,189	0,244	0,034	0,026	-0,393	0,764**

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 21 - Coeficientes de determinação (R^2) para os atributos fitotécnicos e componentes de produtividade da cultura do milho em função dos manejos, épocas de imageamento e índice de vegetação.

Table 21 - Determination coefficients (R^2) for the phytotechnical attributes and productivity components of the corn crop as a function of the management, times of imaging and vegetation index.

¹ Tratamentos	² Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - R^2										Fase fenológica
	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PGS	M ₁₀₀₀	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	
AAC	0,45	0,43	0,44	0,46	0,53	0,45	0,89	0,52	0,23	0,76	V4
	0,48	0,57	0,50	0,50	0,57	0,49	0,83	0,38	0,13	0,76	V10
	0,43	0,37	0,43	0,44	0,48	0,50	0,59	0,44	0,26	0,78	R1
AAC/SD	0,39	0,22	0,43	0,52	0,45	0,31	0,60	0,77	0,43	0,63	V4
	0,31	0,52	0,49	0,48	0,35	0,10	0,73	0,77	0,46	0,76	V10
	0,42	0,54	0,64	0,57	0,37	0,43	0,48	0,66	0,54	0,73	R1
CM/SD	0,65	0,40	0,79	0,85	0,82	0,41	0,31	0,46	0,67	0,37	V4
	0,70	0,32	0,67	0,76	0,77	0,22	0,90	0,69	0,69	0,33	V10
	0,35	0,45	0,72	0,74	0,73	0,27	0,56	0,61	0,64	0,46	R1
CMC	0,44	0,56	0,65	0,58	0,57	0,21	0,55	0,62	0,62	0,17	V4
	0,43	0,29	0,62	0,70	0,68	0,35	0,52	0,76	0,39	0,63	V10
	0,66	0,15	0,58	0,54	0,50	0,24	0,44	0,73	0,44	0,33	R1
GP/SD	0,18	0,50	0,84	0,81	0,63	0,28	0,72	0,85	0,71	0,48	V4
	0,19	0,13	0,41	0,52	0,59	0,43	0,73	0,67	0,74	0,61	V10
	0,25	0,16	0,60	0,70	0,67	0,38	0,90	0,85	0,53	0,49	R1
GPC	0,27	0,33	0,27	0,32	0,56	0,47	0,27	0,58	0,73	0,49	V4
	0,17	0,21	0,38	0,45	0,79	0,22	0,26	0,49	0,46	0,12	V10
	0,56	0,57	0,28	0,28	0,60	0,21	0,61	0,71	0,67	0,16	R1
PR	0,38	0,22	0,57	0,61	0,67	0,33	0,64	0,81	0,58	0,36	V4
	0,72	0,69	0,66	0,62	0,66	0,45	0,67	0,76	0,59	0,49	V10
	0,36	0,24	0,59	0,58	0,67	0,41	0,56	0,90	0,53	0,51	R1
SPDC	0,36	0,54	0,28	0,38	0,55	0,18	0,50	0,65	0,43	0,28	V4
	0,36	0,54	0,28	0,38	0,55	0,18	0,50	0,65	0,43	0,28	V10
	0,26	0,29	0,51	0,46	0,59	0,67	0,78	0,73	0,38	0,20	R1

Nota: ¹ Tratamento de manejo do solo: SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos: BIO_{R1} – Biomassa de planta de milho em R1; MS_{R1} – Matéria seca de planta de milho em R1; BIO_{Final} - Biomassa de planta de milho na colheita; MS_{Final} - Matéria seca de planta de milho na colheita; PG – Produtividade de grãos secos; M₁₀₀₀ – Massa de 1000 grãos; ALT – Altura de planta; ALT 1ª ESP – Altura de inserção de 1ª espiga; DIA COL - Diâmetro colmo de planta de milho; N ESP – Número de espigas por planta de milho. Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 22 – Índices de vegetação (IV) de melhor desempenho para predição de atributos fitotécnicos e componentes de produtividade da cultura do milho em função dos manejos e épocas de imageamento.

Table 22 - Vegetation indices (IV) with better performance for predicting phytotechnical attributes and components of corn crop productivity according to the management and times of imaging.

Tratamentos	² Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos (IV)										Fase fenológica
	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PG	M ₁₀₀₀	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	
AAC	GNDVI total	EVI máx	SAVI total	SAVI total	SAVI total	EVI máx	NDVI máx	GNDVI máx	NDVI máx	GNDVI máx	V4
	NDVI máx	NDVI mín	NDVI total	NDVI total	NDVI total	RVI méd	GNDVI máx	SR mín	ICF	SR mín	V10
	SAVI total	NDVI total	SAVI total	SAVI total	SAVI total	GNDVI méd	RVI mín	NDVI máx	SR méd	SAVI total	R1
AAC/SD	SR méd	ICF	SR total	SR total	SR total	EVI total	EVI total	EVI mín	EVI méd	EVI mín	V4
	NDVI total	ICF	RVI total	RVI total	RVI total	NDVI total	EVI mín	GNDVI mín	CL Green mín	EVI máx	V10
	NDVI máx	NDVI máx	CL Green total	CL Green total	SAVI total	ICF	RVI total	NDVI máx	ICF	NDVI méd	R1
CM/SD	GNDVI máx	CL Green total	SAVI total	SAVI total	SAVI total	ICF	SAVI máx	SAVI total	GNDVI méd	EVI méd	V4
	RVI total	NDVI mín	SAVI total	SAVI total	NDVI total	GNDVI méd	SR total	RVI méd	RVI méd	RVI méd	V10
	CL Green	RVI mín	SAVI total	SAVI total	SAVI total	RVI mín	SR máx	NDVI total	GNDVI max	EVI mín	R1
CMC	NDVI total	EVI méd	EVI total	EVI total	EVI méd	SAVI máx	NDVI máx	NDVI máx	NDVI mín	EVI máx	V4
	NDVI mín	NDVI mín	NDVI máx	NDVI mín	NDVI mín	NDVI mín	SAVI total	NDVI mín	EVI max	EVI mín	V10
	EVI máx	SR máx	ICF	ICF	EVI máx	EVI máx	ICF	ICF	SR mín	RVI max	R1
GP/SD	SR mín	EVI máx	ICF	ICF	ICF	CL Green mín	GNDVI total	RVI méd	CL Green total	GNDVI total	V4
	EVI méd	SR total	SR total	RVI mín	RVI mín	SR total	EVI med	SR mín	SR mín	NDVI max	V10
	CL Green total	CL Green total	ICF	ICF	ICF	NDVI mín	GNDVI max	EVI max	RVI médio	NDVI max	R1
GPC	EVI total	EVI total	SAVI total	SAVI total	SAVI total	ICF	SR total	SR máx	RVI mín	RVI máx	V4
	RVI mín	EVI total	SR máx	SR máx	EVI máx	EVI máx	ICF	GNDVI méd	GNDVI total	SAVI máx	V10
	CL Green mín	CL Green mín	NDVI máx	SAVI total	SAVI total	NDVI máx	SAVI máx	CL Green total	EVI méd	ICF	R1
PR	EVI mín	SR méd	EVI total	EVI total	SAVI total	EVI total	CL Green méd	EVI méd	EVI máx	NDVI máx	V4
	SR máx	SR máx	GNDVI médi	GNDVI médio	GNDVI médio	RVI total	CL Green médio	GNDVI médio	RVI médio	NDVI máx	V10
	NDVI méd	NDVI méd	NDVI máx	NDVI máx	GNDVI máx	CL Green máx	NDVI mín	NDVI mín	EVI mín	EVI máx	R1
SPDC	EVI	NDVI méd	NDVI total	EVI mín	EVI total	SAVI total	SR total	SR total	NDVI méd	NDVI mín	V4
	EVI mín	NDVI méd	NDVI total	EVI mín	EVI total	SAVI total	SR total	SR total	NDVI méd	NDVI mín	V10
	EVI máx	CL Green mín	SR méd	CL Green méd	NDVI total	EVI mín	SAVI total	SAVI total	CL Green total	GNDVI máximo	R1

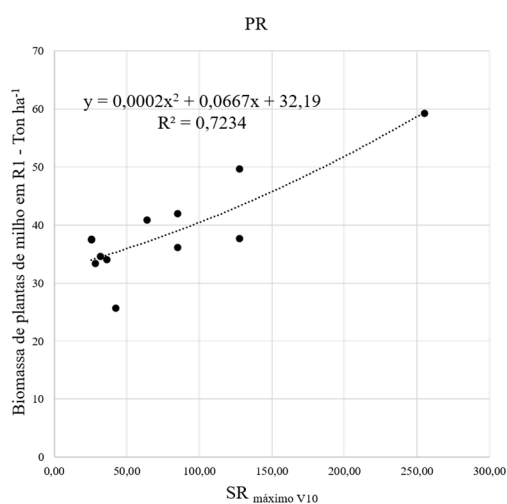
Nota: ¹ Tratamento de manejo do solo: SPDC - sistema de plantio direto contínuo; CMC - cultivo mínimo contínuo com escarificador; CM/SPD - cultivo mínimo alternado para plantio direto; GPC - sistema de preparo convencional; GP/SPD - grade pesada substituído para sistema de plantio direto; AAC - sistema convencional com arado de aiveca; AA/SPD, 10ª safra com SPD e PR - preparo reduzido contínuo com grade média seguida da escarificador. ² Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos: BIO_{R1} – Biomassa de planta de milho em R1; MS_{R1} – Matéria seca de planta de milho em R1; BIO_{Final} - Biomassa de planta de milho na colheita (R6); MS_{Final} - Matéria seca de planta de milho na colheita (R6); PG – Produtividade de grãos secos; M₁₀₀₀ – Massa de 1000 grãos; ALT – Altura de planta; ALT 1ª ESP – Altura de inserção de 1ª espiga; DIA COL - Diâmetro colmo de planta de milho; N ESP – Número de espigas por planta de milho. Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Figura 35 e Figura 36 estão os modelos de predição para os atributos (BIO_{R1} – Biomassa de planta de milho em R1; MS_{R1} – Matéria seca de planta de milho em R1; BIO_{Final} - Biomassa de planta de milho na colheita (R6); MS_{Final} - Matéria seca de planta de milho na colheita (R6); PG – Produtividade de grãos secos; M_{1000} – Massa de 1000 grãos; ALT – Altura de planta; $ALT_{1^a\ ESP}$ – Altura de inserção de 1ª espiga; DIA COL - Diâmetro colmo de planta de milho; N ESP – Número de espigas por planta de milho) avaliados e os índices que se destacaram (SR, SAVI, EVI, NDVI, CLGreen) nas épocas de imageamento V4, V10 e R1, para os sistemas de manejo PR, CM/SD, SPCD, GP/SD, AAC.

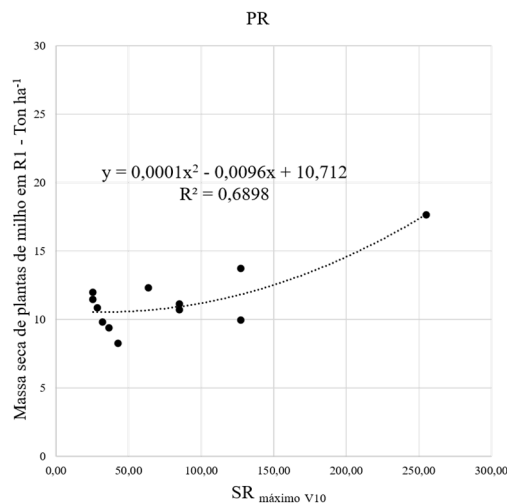
Figura 35 - Modelos de predição para os atributos: a) BIO_{R1} – Biomassa de planta de milho em R1; MS_{R1} ; b) Matéria seca de planta de milho em R1; c) BIO_{Final} - Biomassa de planta de milho na colheita (R6) e d) MS_{Final} - Matéria seca de planta de milho na colheita (R6).

Figure 35 - Prediction models for the attributes: a) BIO_{R1} - Corn plant biomass in R1; MS_{R1} ; b) Corn plant dry matter in R1; c) BIO_{Final} - Corn plant biomass at harvest (R6) and d) MS_{Final} - Corn plant dry matter at harvest (R6).

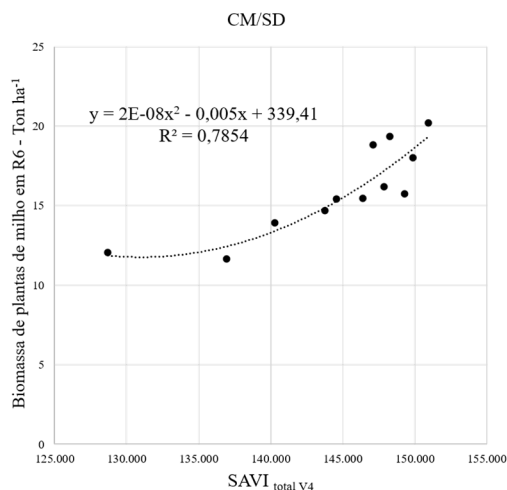
a)



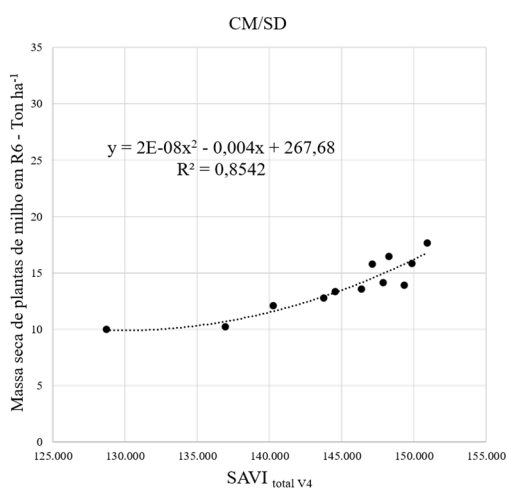
b)



c)



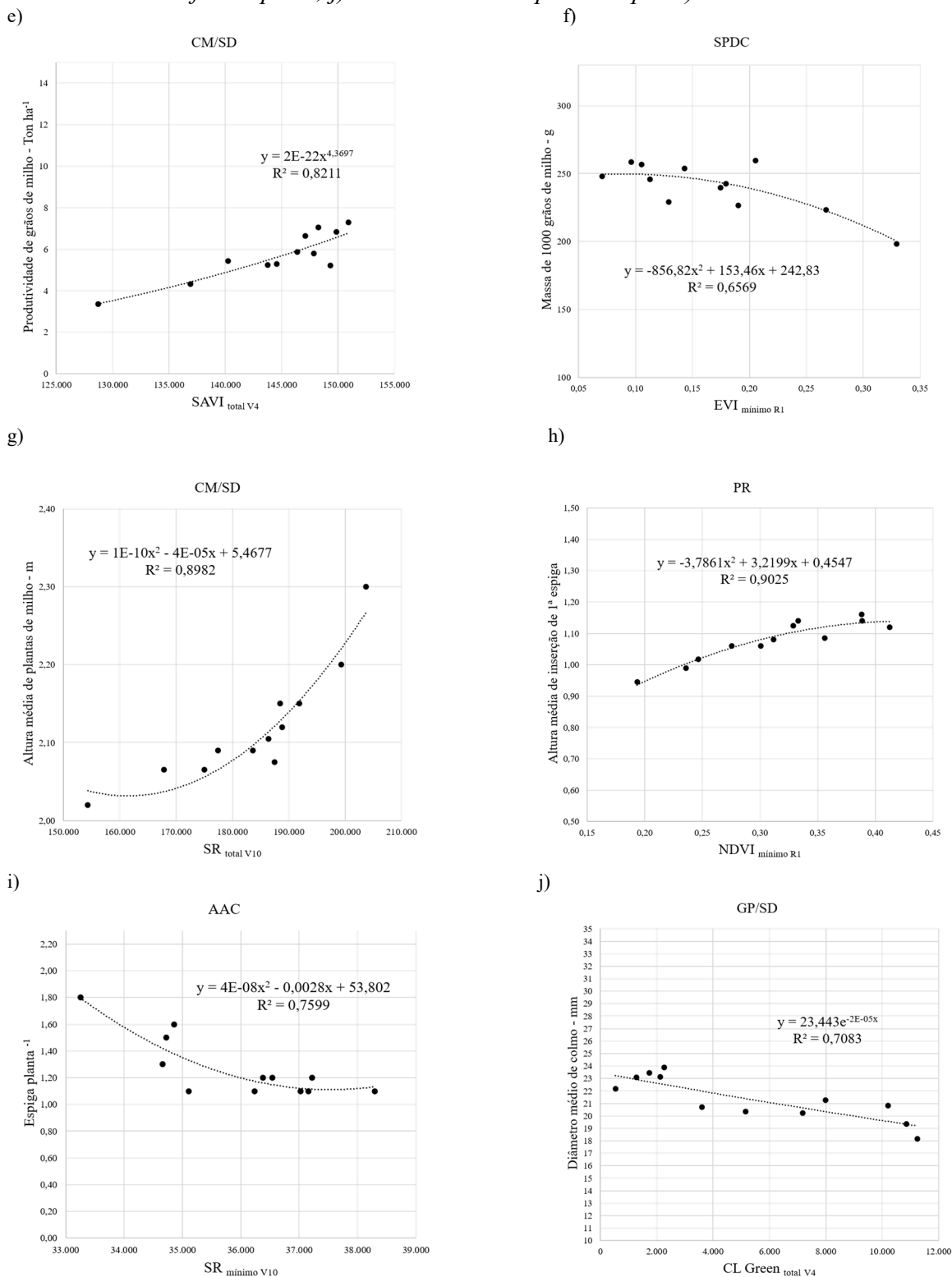
d)



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 36 - Modelos de predição para os atributos: e) PG – Produtividade de grãos secos; f) M_{1000} – Massa de 1000 grãos; g) ALT – Altura de planta; h) ALT 1^a ESP – Altura de inserção de 1^a espiga; i) DIA Colmo - Diâmetro colmo de planta de milho; j) N ESP – Número por planta de milho).

Figure 36 - Prediction models for the attributes: e) PG - Dry grain yield; f) M_{1000} - Mass of 1000 grains; g) ALT - Height of plant; h) ALT 1^a ESP - Height of insertion of 1st ear; i) DIA Colmo - Stem diameter of corn plant; j) N ESP - Number per corn plant).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.4 CONCLUSÕES

Os IVs e a metodologia proposta demonstraram eficácia na detecção as diferenças radiométricas associadas aos atributos de produtividade do milho para cada sistema de manejo do solo.

Dentre os índices utilizados, os que possuem correção de cobertura de solo e resistência aos aerossóis, como SAVI e EVI, foram mais eficazes, principalmente na antecipação de resultados, permitindo a estimativa de atributos ainda nas fazes V4 e V10.

O SAVI foi índice mais eficiente para predição de produtividade de Biomassa e Grãos de milho em R6, antecipando o imageamento em V4.

As avaliações demonstraram ser possível prever atributos fitotécnicos e componentes de produção do milho a partir de imageamentos antecipados, melhorando as precisões na medida em que a cultura se desenvolve.

A escolha do IV está associada ao desenvolvimento da cultura em função do manejo do solo, sendo a época de imageamento e a composição do índice (máximo, mínimo, médio ou total) determinante na eficácia da estimativa.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. L. **Estimativa da produtividade e evapotranspiração do milho irrigado utilizando um modelo multiespectral e imagens do Satélite Landsat 8**. 2016. 94 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.
- ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Berna: International Potash Institute, 1975. 452 p.
- CANDIAGO, S. *et al.* Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images. **Remote Sensing**, Ottawa, v. 7, p. 4026–4047, 2015.
- EASTMAN, J. R. **Idrisi Andes: guide to GIS and Image Processing**. Worcester: Clark Laboratory, 2006. 284 p.
- GALFORD, G. L. *et al.* Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 112, n. 2, p. 576-587, 2008.
- GALVÃO, L. S.; FORMAGGIO, A. R.; BREUNING, F. M. Relações entre índices de vegetação e produtividade de soja com dados de visada fora do nadir do sensor Hyperion/EO-1. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 14., 2009, Natal. **Anais [...]** São Jose dos Campos: INPE, 2009. p. 1095-1102.
- GAO, X. *et al.* Optical-biophysical relationships of vegetation spectra without background contamination. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 74, n. 3, p. 609-620, 2000.
- GILABERT, M. A. *et al.* A generalized soil-adjusted vegetation index. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 82, p. 303–310, 2002.
- GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M.N.; LICHTENTHALER, H.K. Detection of red edge position and chlorophyll content by reflectance measurements near 700 nm. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 148, n. 3-4, p. 501-508, 1996.
- GITELSON, A. A. Wide Dynamic Range Vegetation Index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 161, n. 2, p. 165–173, 2004.
- GITELSON, A. A. Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. **Geophysical Research Letters**, [s. l.], v. 32, n. 8, p. L08403, 2005.
- HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient: a new view of statistics**, 2000. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso em: 29 ago. 2019.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 25, p. 295-309, 1988.
- HUETE, A. R. *et al.* A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 59, n. 3, p. 440-451, 1997.

- HUETE, A. R. *et al.* Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 83, p. 195-213, 2002.
- JACKSON, R. D. Spectral indices in n-space. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 13, p. 409-421, 1983.
- JACKSON, R. D.; SLATER, P. N.; PINTER JR., P. J. Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmospheres. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 13, n. 3, p. 187-208, 1983.
- KEMERER, A. *et al.* **Comparación de índices espectrales para la predicción del IAF en campos de maíz. Congreso de teledetección: hacia mejor entendimiento de la dinámica global y regional.** Asociación Española Teledetección. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: https://eprints.ucm.es/31423/1/TFM_Juan_Diaz_Cervignon.pdf. Acessado em: 20 jun. 2020.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular técnica, 76).
- POELKING, E. L.; LAUERMAN, A.; DALMOLIN, R. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais [...]** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4145-4150.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação.** 2. ed. Cubatão: Oficina de Textos, 2012. 160 p.
- POVH, F. P. *et al.* Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 1075–1083, 2008.
- ROSA, D. P. da *et al.* Cultivo mínimo: efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 1199-1205, 2011.
- ROSA, P. A. L. **Acúmulo de matéria seca e extração de nutrientes por híbridos de milho inoculados com Azospirillum brasilense no cerrado.** 2017.101 f. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2017.
- SANGOI, L. *et al.* Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira Agrociência**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 35-31, 2005.
- SOUSA, R. *et al.* Leituras de clorofila e teores de n em fases fenológicas do milho. **Colloquium Agrariae**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 57-63, 2016.
- ZANZARINI, F. V. *et al.* Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat / ETM + com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 608–614, 2013.

APÊNDICE A - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PERSON

A1 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos AAC.

A1 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, corn phytotechnical attributes and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V4 corn development stages for the treatment of AAC soil management.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo AAC (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V4																
ICF_{V4}	0,481	0,505	0,291	0,342	0,328	0,260	0,253	0,228	0,250	0,090	0,028	0,084	0,032	0,058	1,000	-0,151	0,131
NDVI total	-0,359	-0,341	-0,140	0,177	-0,004	0,378	0,184	0,169	0,204	0,029	0,331	-0,325	-0,373	-0,084	-0,192	0,376	-0,579*
NDVI méd	-0,403	-0,381	-0,175	0,146	-0,052	0,349	0,138	0,122	0,154	0,003	0,330	-0,357	-0,356	-0,026	-0,217	0,371	-0,597*
NDVI mín	-0,386	-0,354	-0,189	0,185	-0,174	0,305	-0,013	-0,027	0,019	-0,176	0,139	-0,543	-0,411	0,184	-0,017	0,225	-0,622*
NDVI máx	-0,368	-0,340	-0,118	0,220	0,047	0,400	0,217	0,199	0,240	0,091	0,495	-0,108	-0,461	-0,268	-0,223	0,385	-0,559
EVI total	-0,126	-0,175	0,114	0,363	0,395	0,589*	0,507	0,503	0,551	0,392	0,359	0,007	-0,310	-0,448	-0,059	0,391	-0,424
EVI méd	-0,226	-0,266	0,042	0,316	0,309	0,557	0,437	0,430	0,474	0,344	0,377	-0,065	-0,307	-0,351	-0,115	0,395	-0,495
EVI mín	-0,527	-0,525	-0,369	-0,075	-0,203	0,237	-0,012	-0,023	-0,005	-0,003	0,296	-0,418	-0,203	0,193	-0,411	0,409	-0,665*
EVI máx	-0,174	-0,222	-0,018	0,165	0,428	0,609*	0,513	0,519	0,564	0,478	0,211	-0,057	-0,145	-0,409	-0,241	0,481	-0,383
SR total	-0,086	-0,129	0,103	0,337	0,339	0,537	0,455	0,456	0,505	0,323	0,258	-0,050	-0,387	-0,460	-0,039	0,332	-0,388
SR méd	-0,350	-0,374	-0,083	0,217	0,097	0,435	0,254	0,246	0,286	0,174	0,284	-0,260	-0,382	-0,186	-0,177	0,327	-0,583*
SR mín	-0,558	-0,555	-0,517	-0,313	-0,324	0,101	-0,141	-0,152	-0,166	-0,052	0,051	-0,570	-0,016	0,500	-0,391	0,238	-0,642*
SR máx	-0,288	-0,292	-0,088	0,150	0,196	0,475	0,361	0,353	0,373	0,275	0,169	-0,181	-0,435	-0,314	-0,130	0,172	-0,507
SAVI total	0,421	0,362	0,393	0,419	0,633*	0,503	0,627*	0,644*	0,690*	0,467	0,135	0,365	-0,226	-0,765**	0,216	0,226	0,123
SAVI méd	-0,338	-0,367	-0,068	0,242	0,104	0,441	0,257	0,249	0,293	0,186	0,334	-0,221	-0,378	-0,199	-0,177	0,358	-0,581*
SAVI mín	-0,555	-0,547	-0,530	-0,328	-0,332	0,095	-0,147	-0,158	-0,174	-0,060	0,052	-0,566	-0,014	0,507	-0,395	0,239	-0,639*
SAVI máx	-0,244	-0,245	-0,058	0,188	0,245	0,507	0,404	0,396	0,418	0,331	0,268	-0,061	-0,440	-0,392	-0,117	0,210	-0,470
RVI total	0,580*	0,586*	0,265	-0,068	0,208	-0,228	0,037	0,055	0,028	0,035	-0,321	0,414	0,303	-0,166	0,300	-0,287	0,705*
RVI méd	0,330	0,362	0,059	-0,257	-0,108	-0,444	-0,259	-0,251	-0,297	-0,193	-0,364	0,197	0,375	0,207	0,176	-0,376	0,579*
RVI mín	0,223	0,222	0,043	-0,205	-0,267	-0,519	-0,421	-0,413	-0,437	-0,355	-0,312	0,006	0,438	0,425	0,110	-0,227	0,449
RVI máx	0,552	0,540	0,543	0,342	0,339	-0,090	0,152	0,164	0,180	0,067	-0,052	0,562	0,012	-0,512	0,398	-0,239	0,635*
GNDVI total	-0,613*	-0,535	-0,353	-0,092	-0,668*	-0,223	-0,571	-0,579*	-0,544	-0,554	0,065	-0,684*	-0,242	0,492	-0,385	0,190	-0,421
GNDVI méd	-0,525	-0,455	-0,215	0,101	-0,482	-0,057	-0,389	-0,406	-0,358	-0,542	0,197	-0,607*	-0,204	0,429	-0,254	0,306	-0,465
GNDVI mín	-0,433	-0,352	-0,095	0,171	-0,322	0,059	-0,277	-0,284	-0,229	-0,398	-0,168	-0,722**	-0,331	0,283	0,003	0,025	-0,336
GNDVI máx	0,021	0,081	0,197	-0,007	0,370	0,012	0,193	0,180	0,162	0,375	0,240	0,623*	0,326	-0,398	-0,048	-0,048	0,452
CL Green total	-0,408	-0,328	-0,297	-0,039	-0,517	-0,110	-0,335	-0,355	-0,344	-0,419	0,349	-0,471	-0,219	0,383	-0,255	0,317	-0,417
CL Green méd	-0,522	-0,453	-0,220	0,099	-0,495	-0,067	-0,400	-0,417	-0,369	-0,538	0,220	-0,592*	-0,207	0,430	-0,257	0,313	-0,464
CL Green mín	-0,445	-0,370	-0,101	0,165	-0,317	0,067	-0,262	-0,269	-0,216	-0,380	-0,157	-0,722**	-0,339	0,270	-0,022	0,033	-0,356
CL Green máx	0,011	0,069	0,191	-0,015	0,361	0,003	0,189	0,176	0,156	0,369	0,236	0,618*	0,318	-0,401	-0,068	-0,053	0,446

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A2 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V10 para o tratamento de manejo dos solos AAC.

A2 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, corn phytotechnical attributes and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V10 corn development stages for the treatment of AAC soil management.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo AAC (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1° ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V10																
ICF _{V10}	0,137	0,095	-0,117	0,048	0,393	0,520	0,388	0,393	0,458	0,416	0,624*	0,233	0,363	-0,122	-0,151	1,000	-0,172
NDVI total	0,485	0,423	0,500	0,524	0,652*	0,478	0,673*	0,683*	0,719**	0,451	0,318	0,480	-0,207	-0,801**	0,250	0,266	0,157
NDVI méd	-0,100	-0,131	0,189	0,437	0,191	0,363	0,369	0,350	0,372	0,176	0,653*	0,098	-0,287	-0,318	-0,062	0,400	-0,380
NDVI mín	-0,246	-0,254	0,118	0,242	-0,338	-0,190	-0,222	-0,257	-0,253	-0,469	0,195	-0,558	0,006	0,462	0,089	0,128	-0,313
NDVI máx	0,219	0,207	0,007	0,215	0,663*	0,697*	0,587*	0,576*	0,643*	0,256	0,166	0,399	-0,093	-0,420	0,268	0,307	-0,262
EVI total	0,145	0,087	0,329	0,555	0,452	0,527	0,508	0,508	0,567	0,441	0,646*	0,359	-0,235	-0,567	0,116	0,479	-0,164
EVI méd	-0,119	-0,157	0,150	0,458	0,219	0,443	0,316	0,306	0,360	0,314	0,736**	0,183	-0,223	-0,302	-0,023	0,514	-0,361
EVI mín	-0,231	-0,325	0,343	0,492	0,014	0,110	0,114	0,100	0,124	-0,163	0,125	-0,429	-0,063	0,108	-0,036	0,161	-0,369
EVI máx	-0,308	-0,335	-0,036	0,211	-0,236	0,015	-0,127	-0,129	-0,083	-0,025	0,681*	0,000	-0,248	-0,122	-0,396	0,531	-0,325
SR total	0,100	0,032	0,273	0,493	0,344	0,439	0,419	0,424	0,477	0,420	0,661*	0,356	-0,274	-0,552	0,008	0,471	-0,178
SR méd	-0,049	-0,104	0,167	0,431	0,211	0,390	0,311	0,311	0,361	0,353	0,715**	0,264	-0,269	-0,410	-0,082	0,494	-0,284
SR mín	-0,246	-0,287	0,106	0,026	-0,208	-0,275	-0,355	-0,347	-0,323	-0,481	-0,768**	-0,597*	0,072	0,357	-0,020	-0,400	-0,011
SR máx	-0,105	-0,227	0,177	0,376	-0,057	0,084	0,090	0,089	0,124	0,157	0,672*	0,096	-0,297	-0,265	-0,200	0,427	-0,351
SAVI total	0,529	0,454	0,481	0,459	0,656*	0,435	0,605*	0,628*	0,671*	0,513	0,213	0,549	-0,132	-0,795**	0,254	0,219	0,268
SAVI méd	0,078	-0,018	0,302	0,517	0,389	0,457	0,429	0,439	0,496	0,497	0,659*	0,427	-0,220	-0,562	-0,022	0,454	-0,178
SAVI mín	-0,252	-0,295	0,111	0,036	-0,203	-0,268	-0,352	-0,344	-0,318	-0,479	-0,761**	-0,594*	0,070	0,351	-0,023	-0,393	-0,017
SAVI máx	0,070	-0,077	0,285	0,477	0,306	0,331	0,319	0,316	0,375	0,508	0,831**	0,436	-0,045	-0,376	0,073	0,547	-0,239
RVI total	0,321	0,422	-0,072	-0,377	-0,007	-0,257	-0,088	-0,087	-0,134	-0,270	-0,689*	-0,129	0,188	0,119	0,226	-0,411	0,474
RVI méd	-0,108	0,006	-0,342	-0,539	-0,420	-0,457	-0,446	-0,459	-0,518	-0,518	-0,612*	-0,440	0,212	0,586*	0,009	-0,426	0,157
RVI mín	-0,069	0,077	-0,285	-0,478	-0,313	-0,337	-0,321	-0,318	-0,378	-0,512	-0,831**	-0,440	0,041	0,376	-0,082	-0,547	0,238
RVI máx	0,258	0,301	-0,115	-0,044	0,199	0,262	0,350	0,341	0,313	0,478	0,754**	0,593*	-0,068	-0,346	0,026	0,387	0,021
GNDVI total	0,057	0,084	-0,133	0,097	0,341	0,534	0,526	0,508	0,510	0,370	0,777**	0,423	-0,100	-0,337	-0,144	0,606*	-0,328
GNDVI méd	0,077	0,071	0,084	0,280	0,393	0,482	0,538	0,517	0,527	0,390	0,848**	0,465	-0,051	-0,399	-0,071	0,587*	-0,249
GNDVI mín	-0,084	-0,025	-0,085	-0,013	-0,290	-0,111	-0,126	-0,155	-0,171	-0,436	0,076	-0,559	0,045	0,446	0,067	0,207	-0,208
GNDVI máx	0,136	0,117	0,193	0,394	0,422	0,476	0,477	0,459	0,490	0,508	0,906**	0,559	-0,007	-0,401	0,149	0,542	-0,129
CL Green total	0,091	0,086	0,115	0,326	0,385	0,480	0,516	0,497	0,515	0,386	0,879**	0,487	-0,068	-0,418	-0,049	0,601*	-0,221
CL Green méd	0,055	0,054	0,088	0,300	0,354	0,462	0,486	0,467	0,483	0,376	0,880**	0,468	-0,056	-0,386	-0,081	0,605*	-0,230
CL Green mín	-0,114	-0,043	-0,109	-0,016	-0,317	-0,109	-0,148	-0,177	-0,192	-0,473	0,053	-0,580*	-0,001	0,452	0,050	0,181	-0,228
CL Green máx	0,180	0,197	0,108	0,297	0,413	0,496	0,504	0,484	0,498	0,475	0,877**	0,527	0,058	-0,308	0,147	0,564	-0,109

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A3 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho R1 para o tratamento de manejo dos solos AAC.

A3 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, corn phytotechnical attributes and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the R1 corn development stages for the treatment of AAC soil management.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo AAC (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	R1																
ICF_{R10}	0,402	0,569	0,237	-0,176	0,192	-0,238	0,053	0,062	0,006	0,210	-0,124	0,377	0,419	-0,270	0,131	-0,172	1,000
NDVI total	0,206	0,260	0,257	0,395	0,582*	0,586*	0,591*	0,592*	0,650*	0,333	0,274	0,307	-0,334	-0,788**	0,113	0,331	0,042
NDVI méd	-0,360	-0,217	-0,107	0,229	0,194	0,525	0,292	0,268	0,326	0,049	0,434	-0,073	-0,437	-0,409	-0,177	0,421	-0,365
NDVI mín	0,094	0,137	0,259	0,345	0,491	0,477	0,583*	0,576*	0,590*	0,490	0,536	0,378	-0,216	-0,714**	-0,035	0,350	0,040
NDVI máx	-0,224	-0,156	-0,219	-0,285	-0,383	-0,320	-0,308	-0,326	-0,359	-0,681*	-0,535	-0,659*	-0,001	0,464	-0,166	-0,223	-0,142
EVI total	0,169	0,365	0,011	0,063	0,458	0,455	0,614*	0,571	0,543	0,133	0,375	0,283	-0,243	-0,558	0,159	0,186	0,035
EVI méd	-0,229	-0,020	-0,270	-0,159	0,022	0,194	0,209	0,155	0,111	-0,138	0,342	-0,050	-0,169	-0,056	-0,060	0,119	-0,205
EVI mín	-0,164	0,039	-0,528	-0,598*	-0,220	-0,090	-0,078	-0,112	-0,187	-0,336	-0,195	-0,337	0,137	0,393	-0,151	-0,038	-0,055
EVI máx	0,269	0,409	-0,120	-0,107	0,098	0,161	0,217	0,186	0,146	0,276	0,434	0,216	-0,057	-0,077	0,479	0,079	0,135
SR total	-0,077	-0,034	0,240	0,466	0,366	0,481	0,443	0,429	0,486	0,086	0,296	0,030	-0,474	-0,619*	-0,001	0,271	-0,229
SR méd	-0,376	-0,299	0,049	0,356	0,113	0,384	0,237	0,210	0,260	-0,098	0,336	-0,198	-0,502	-0,358	-0,155	0,269	-0,439
SR mín	0,005	0,103	-0,408	-0,508	-0,218	-0,178	-0,085	-0,114	-0,192	-0,359	-0,267	-0,251	0,113	0,425	0,000	-0,187	-0,102
SR máx	-0,187	-0,080	-0,234	0,162	-0,167	0,271	-0,031	-0,047	0,012	-0,156	0,658*	-0,026	-0,393	-0,059	-0,093	0,549	-0,378
SAVI total	0,498	0,473	0,455	0,415	0,667*	0,439	0,631*	0,643*	0,680*	0,366	0,054	0,423	-0,196	-0,811**	0,265	0,128	0,268
SAVI méd	-0,332	-0,239	0,055	0,300	0,184	0,385	0,325	0,291	0,319	-0,161	0,201	-0,209	-0,476	-0,373	-0,140	0,163	-0,416
SAVI mín	0,004	0,103	-0,413	-0,512	-0,219	-0,176	-0,085	-0,114	-0,192	-0,356	-0,262	-0,249	0,112	0,424	-0,004	-0,182	-0,103
SAVI máx	-0,151	0,021	-0,174	0,198	0,157	0,523	0,233	0,204	0,262	0,140	0,747**	0,154	-0,263	-0,232	0,090	0,573	-0,246
RVI total	0,664*	0,559	0,311	0,068	0,344	-0,008	0,177	0,219	0,226	0,444	-0,115	0,528	0,275	-0,302	0,321	-0,033	0,587*
RVI méd	0,319	0,219	-0,018	-0,243	-0,166	-0,364	-0,323	-0,288	-0,306	0,193	-0,155	0,239	0,463	0,333	0,143	-0,134	0,418
RVI mín	0,150	-0,022	0,169	-0,201	-0,164	-0,526	-0,237	-0,208	-0,267	-0,147	-0,749**	-0,161	0,259	0,238	-0,095	-0,572	0,241
RVI máx	-0,002	-0,102	0,418	0,516	0,220	0,175	0,085	0,113	0,191	0,354	0,257	0,247	-0,111	-0,422	0,007	0,177	0,105
GNDVI total	-0,606*	-0,448	-0,226	0,019	-0,451	-0,134	-0,419	-0,460	-0,436	-0,705*	0,090	-0,547	-0,090	0,504	-0,183	0,068	-0,350
GNDVI méd	-0,589*	-0,425	-0,200	0,047	-0,422	-0,113	-0,401	-0,442	-0,413	-0,707*	0,088	-0,542	-0,088	0,477	-0,163	0,084	-0,327
GNDVI mín	0,029	0,187	-0,230	-0,312	-0,165	-0,103	0,005	-0,027	-0,097	-0,266	0,074	-0,276	0,258	0,370	-0,031	0,156	0,080
GNDVI máx	-0,538	-0,462	-0,286	0,135	-0,233	0,211	-0,245	-0,257	-0,176	-0,191	0,594*	-0,086	-0,082	0,224	-0,331	0,567	-0,454
CL Green total	-0,514	-0,430	-0,163	0,182	-0,344	0,032	-0,272	-0,305	-0,261	-0,587*	0,282	-0,431	-0,156	0,407	-0,187	0,260	-0,508
CL Green méd	-0,591*	-0,410	-0,154	0,124	-0,347	-0,035	-0,336	-0,379	-0,338	-0,661*	0,183	-0,480	-0,128	0,358	-0,156	0,156	-0,311
CL Green mín	0,025	0,196	-0,246	-0,326	-0,166	-0,097	0,002	-0,029	-0,101	-0,277	0,050	-0,274	0,248	0,370	-0,034	0,133	0,092
CL Green máx	-0,395	-0,302	-0,238	0,077	-0,256	0,115	-0,281	-0,286	-0,226	-0,091	0,588*	-0,058	0,110	0,317	-0,235	0,552	-0,207

Nota: ** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). * A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A4 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos AA/SPD.

A4- Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, corn phytotechnical attributes and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V4 corn development stages for the AA / SPD soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo AA/SPD (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V4																
ICF _{V4}	0,353	0,164	0,221	0,156	-0,249	-0,307	0,304	0,238	0,335	0,243	0,181	-0,323	0,041	0,032	1,000	-0,143	0,340
NDVI total	-0,033	0,039	0,432	0,186	0,451	0,051	0,416	0,496	0,443	0,037	0,044	0,175	0,437	-0,136	0,120	0,017	0,193
NDVI méd	0,263	0,358	0,027	-0,082	0,219	-0,004	0,014	0,072	0,027	-0,057	-0,331	-0,080	0,195	0,184	-0,038	0,113	-0,241
NDVI mín	0,606*	0,538	0,280	0,212	0,082	-0,222	-0,062	-0,148	-0,024	-0,094	-0,072	-0,552	-0,190	0,631*	0,318	0,233	-0,365
NDVI máx	0,334	0,548	-0,029	-0,018	-0,009	-0,108	-0,119	-0,026	-0,038	-0,095	-0,202	-0,137	0,257	-0,090	-0,350	0,162	-0,257
EVI total	-0,531	-0,582*	0,560	0,330	0,205	-0,029	0,522	0,646*	0,604*	0,266	0,635*	0,631*	0,620*	-0,754**	0,283	-0,107	0,853**
EVI méd	-0,501	-0,559	0,502	0,280	0,195	-0,024	0,481	0,621*	0,565	0,277	0,584*	0,651*	0,636*	-0,758**	0,281	-0,109	0,822**
EVI mín	-0,479	-0,624*	0,227	0,182	0,245	0,198	0,095	0,274	0,180	0,174	0,465	0,871**	0,277	-0,794**	-0,053	-0,126	0,584*
EVI máx	-0,332	-0,298	0,580*	0,400	-0,014	-0,250	0,410	0,581*	0,501	0,239	0,592*	0,507	0,576*	-0,752**	0,044	0,269	0,690*
SR total	-0,502	-0,508	0,566	0,323	0,403	0,128	0,639*	0,709**	0,662*	0,163	0,501	0,513	0,489	-0,625*	0,223	-0,221	0,727**
SR méd	-0,243	-0,187	0,232	0,006	0,460	0,210	0,419	0,532	0,434	0,116	0,024	0,443	0,505	-0,458	0,106	-0,250	0,384
SR mín	-0,651*	-0,608*	-0,117	0,018	0,046	0,218	-0,226	-0,115	-0,167	-0,251	0,158	0,674*	0,199	-0,315	-0,578*	-0,004	0,105
SR máx	-0,416	-0,415	-0,107	-0,101	0,060	0,254	0,378	0,425	0,383	0,090	0,090	0,446	0,341	-0,696*	0,326	-0,632*	0,598*
SAVI total	-0,501	-0,535	0,577*	0,385	0,280	0,061	0,584*	0,620*	0,605*	0,146	0,594*	0,426	0,367	-0,551	0,220	-0,153	0,706*
SAVI méd	-0,253	-0,191	0,224	0,005	0,459	0,218	0,424	0,536	0,434	0,104	0,014	0,444	0,499	-0,457	0,094	-0,252	0,378
SAVI mín	-0,654*	-0,610*	-0,116	0,020	0,040	0,213	-0,220	-0,109	-0,161	-0,254	0,161	0,674*	0,203	-0,321	-0,571	-0,006	0,112
SAVI máx	-0,405	-0,400	-0,074	-0,074	0,048	0,227	0,416	0,463	0,417	0,078	0,099	0,434	0,351	-0,701*	0,352	-0,612*	0,611*
RVI total	-0,329	-0,406	0,423	0,373	-0,021	-0,082	0,300	0,266	0,314	0,084	0,579*	0,138	0,045	-0,252	0,159	0,015	0,454
RVI méd	0,260	0,195	-0,219	-0,004	-0,459	-0,223	-0,427	-0,538	-0,434	-0,095	-0,006	-0,445	-0,494	0,455	-0,085	0,252	-0,374
RVI mín	0,399	0,392	0,059	0,062	-0,041	-0,213	-0,433	-0,481	-0,432	-0,071	-0,103	-0,428	-0,355	0,702*	-0,364	0,602*	-0,617*
RVI máx	0,656*	0,612*	0,114	-0,022	-0,033	-0,209	0,215	0,104	0,156	0,258	-0,163	-0,675*	-0,207	0,326	0,565	0,009	-0,119
GNDVI total	0,299	0,379	-0,413	-0,451	0,256	0,234	-0,493	-0,495	-0,430	0,066	-0,557	-0,134	-0,057	0,323	-0,247	-0,152	-0,439
GNDVI méd	0,413	0,546	-0,241	-0,342	0,220	0,052	-0,496	-0,500	-0,438	-0,032	-0,550	-0,224	-0,062	0,414	-0,340	0,105	-0,517
GNDVI mín	0,093	0,139	0,414	0,529	-0,173	-0,300	-0,177	-0,105	-0,019	-0,207	0,297	-0,003	0,025	0,095	-0,231	0,589*	-0,082
GNDVI máx	-0,196	-0,058	-0,502	-0,421	0,015	0,275	-0,430	-0,408	-0,356	0,021	-0,318	0,218	0,045	-0,191	-0,408	-0,313	-0,049
CL Green total	0,400	0,531	-0,218	-0,344	0,280	0,081	-0,471	-0,475	-0,414	-0,010	-0,544	-0,206	-0,047	0,403	-0,336	0,080	-0,498
CL Green méd	0,425	0,554	-0,291	-0,331	0,227	0,116	-0,461	-0,467	-0,420	-0,090	-0,577*	-0,237	-0,114	0,403	-0,347	0,037	-0,563
CL Green mín	0,080	0,129	0,400	0,530	-0,185	-0,292	-0,180	-0,106	-0,017	-0,208	0,301	0,002	0,033	0,083	-0,236	0,575	-0,077
CL Green máx	-0,206	-0,072	-0,506	-0,422	0,011	0,278	-0,425	-0,403	-0,351	0,025	-0,310	0,223	0,049	-0,198	-0,397	-0,325	-0,038

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A5 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V10 para o tratamento de manejo dos solos AA/SPD.

A5 - Pearson's correlation coefficients (r) between the yield components, phytotechnical attributes of corn and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V10 corn development stages for the AA / SPD soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo AA/SPD (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V10																
ICF _{V10}	0,215	0,283	0,452	0,168	-0,262	-0,655*	-0,257	-0,213	-0,179	0,292	0,128	-0,156	0,079	0,269	-0,143	1,000	0,012
NDVI total	-0,538	-0,642*	0,389	0,145	0,510	0,292	0,409	0,506	0,467	0,322	0,455	0,711**	0,419	-0,698*	0,218	-0,367	0,754**
NDVI méd	-0,173	-0,275	-0,148	-0,290	0,450	0,377	-0,107	0,009	-0,047	0,301	-0,103	0,565	0,212	-0,378	0,039	-0,364	0,240
NDVI mín	-0,242	-0,433	0,100	0,091	0,369	0,348	0,075	0,208	0,183	0,234	0,240	0,642*	0,177	-0,542	0,238	-0,357	0,444
NDVI máx	0,360	0,127	0,131	0,082	0,407	0,219	-0,086	-0,150	-0,025	0,157	-0,072	-0,167	-0,315	0,408	0,495	-0,186	-0,119
EVI total	-0,620*	-0,652*	0,561	0,420	0,164	0,023	0,474	0,530	0,523	0,149	0,649*	0,541	0,328	-0,619*	0,124	-0,042	0,770**
EVI méd	-0,705*	-0,712**	0,388	0,347	0,016	0,021	0,211	0,313	0,297	0,127	0,533	0,694*	0,252	-0,648*	-0,080	0,106	0,717**
EVI mín	-0,543	-0,691*	0,582*	0,542	0,108	-0,001	0,405	0,533	0,493	0,175	0,760**	0,642*	0,319	-0,628*	0,195	0,082	0,725**
EVI máx	-0,488	-0,663*	-0,113	-0,028	-0,068	0,150	-0,026	0,129	0,038	0,156	0,490	0,780**	0,312	-0,858**	-0,026	-0,342	0,537
SR total	-0,453	-0,428	0,402	0,368	-0,040	-0,113	-0,142	-0,100	0,032	0,073	0,559	0,378	0,171	-0,302	-0,249	0,244	0,432
SR méd	-0,200	-0,138	0,096	0,164	-0,179	-0,141	-0,489	-0,458	-0,308	-0,015	0,231	0,178	-0,003	-0,019	-0,411	0,340	0,055
SR mín	-0,552	-0,496	0,116	0,051	0,097	0,083	0,380	0,319	0,221	-0,290	0,093	0,180	0,080	0,039	-0,134	-0,048	0,120
SR máx	-0,461	-0,331	0,240	0,506	0,018	0,164	-0,007	0,055	0,148	-0,365	0,404	0,333	0,122	-0,310	-0,485	0,021	0,144
SAVI total	-0,502	-0,532	0,605*	0,452	0,180	-0,018	0,406	0,434	0,475	0,137	0,671*	0,402	0,291	-0,488	0,107	-0,007	0,673*
SAVI méd	-0,010	0,045	0,084	0,154	-0,187	-0,183	-0,530	-0,516	-0,363	-0,023	0,141	0,023	-0,107	0,120	-0,386	0,408	-0,087
SAVI mín	-0,562	-0,504	0,120	0,058	0,102	0,092	0,391	0,333	0,234	-0,292	0,095	0,189	0,087	0,027	-0,133	-0,055	0,129
SAVI máx	-0,397	-0,305	0,278	0,412	-0,018	0,027	-0,131	-0,056	0,061	-0,222	0,405	0,426	0,179	-0,402	-0,352	0,069	0,297
RVI total	-0,281	-0,338	0,240	0,100	0,255	0,156	0,680*	0,685*	0,574	0,087	0,233	0,213	0,265	-0,388	0,388	-0,375	0,450
RVI méd	-0,033	-0,089	-0,085	-0,155	0,182	0,189	0,533	0,523	0,371	0,028	-0,119	0,016	0,130	-0,157	0,383	-0,423	0,123
RVI mín	0,394	0,305	-0,280	-0,408	0,017	-0,022	0,136	0,060	-0,058	0,216	-0,405	-0,430	-0,181	0,404	0,345	-0,069	-0,302
RVI máx	0,571	0,511	-0,123	-0,064	-0,107	-0,099	-0,401	-0,345	-0,246	0,293	-0,098	-0,198	-0,094	-0,017	0,131	0,062	-0,137
GNDVI total	-0,085	-0,054	0,207	0,268	-0,183	-0,207	-0,423	-0,386	-0,240	-0,039	0,310	0,148	-0,015	-0,070	-0,322	0,366	0,077
GNDVI méd	-0,003	0,041	0,114	0,197	-0,215	-0,211	-0,498	-0,466	-0,321	-0,064	0,197	0,079	-0,059	0,012	-0,350	0,376	-0,031
GNDVI mín	-0,532	-0,671*	0,581*	0,363	0,389	0,093	0,251	0,406	0,429	0,300	0,749**	0,785**	0,612*	-0,706*	0,172	-0,136	0,787**
GNDVI máx	-0,197	-0,007	0,090	0,028	-0,060	-0,111	-0,400	-0,432	-0,240	0,023	0,031	-0,014	0,080	0,141	-0,403	0,259	0,030
CL Green total	-0,166	-0,121	0,148	0,225	-0,212	-0,182	-0,431	-0,399	-0,254	-0,055	0,299	0,177	0,005	-0,089	-0,352	0,318	0,096
CL Green méd	-0,077	-0,017	0,051	0,152	-0,244	-0,186	-0,510	-0,484	-0,339	-0,084	0,179	0,103	-0,042	0,000	-0,381	0,331	-0,022
CL Green mín	-0,518	-0,651*	0,599*	0,380	0,386	0,083	0,268	0,424	0,451	0,310	0,751**	0,767**	0,624*	-0,702*	0,187	-0,123	0,792**
CL Green máx	-0,213	-0,032	0,069	-0,012	-0,024	-0,103	-0,478	-0,496	-0,318	0,034	0,020	0,034	0,088	0,180	-0,492	0,315	-0,023

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A6 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho R1 para o tratamento de manejo dos solos AA/SPD.

A6 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the R1 corn development stages for AA/SPD soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo AA/SPD (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	R1																
ICF _{R10}	-0,556	-0,553	0,605*	0,313	0,053	-0,196	0,313	0,421	0,512	0,430	0,672*	0,578*	0,727**	-0,707*	0,340	0,012	1,000
NDVI total	-0,482	-0,561	0,584*	0,398	0,251	0,043	0,541	0,628*	0,607*	0,247	0,654*	0,558	0,425	-0,721**	0,298	-0,157	0,823**
NDVI méd	-0,367	-0,483	0,470	0,306	0,232	0,056	0,415	0,561	0,519	0,336	0,561	0,655*	0,456	-0,820**	0,343	-0,168	0,813**
NDVI mín	-0,311	-0,429	0,292	0,087	0,119	-0,020	0,190	0,353	0,341	0,522	0,488	0,630*	0,574	-0,787**	0,355	-0,160	0,798**
NDVI máx	0,202	0,441	0,074	-0,012	-0,504	-0,559	-0,088	-0,243	-0,111	-0,226	-0,311	-0,613*	-0,094	0,564	0,077	0,470	-0,167
EVI total	-0,254	-0,365	0,139	0,060	0,266	0,251	0,640*	0,609*	0,481	0,053	0,087	0,183	-0,023	-0,255	0,431	-0,382	0,358
EVI méd	0,069	-0,046	-0,281	-0,245	0,154	0,292	0,378	0,320	0,155	-0,035	-0,378	-0,074	-0,289	0,089	0,387	-0,385	-0,092
EVI mín	0,387	0,483	-0,389	-0,360	-0,100	-0,064	-0,336	-0,465	-0,490	-0,170	-0,548	-0,631*	-0,436	0,814**	-0,383	0,278	-0,803**
EVI máx	-0,584*	-0,545	0,217	0,092	0,263	0,211	0,608*	0,683*	0,543	0,007	0,284	0,537	0,456	-0,652*	0,055	-0,345	0,566
SR total	-0,243	-0,371	0,120	0,062	0,277	0,277	0,631*	0,604*	0,479	0,021	0,075	0,214	-0,030	-0,274	0,469	-0,435	0,360
SR méd	-0,025	-0,166	-0,168	-0,146	0,210	0,316	0,458	0,414	0,261	-0,040	-0,241	0,050	-0,216	-0,045	0,455	-0,453	0,059
SR mín	0,462	0,587*	-0,376	-0,251	-0,200	-0,100	-0,493	-0,596*	-0,529	-0,161	-0,536	-0,650*	-0,419	0,793**	-0,360	0,325	-0,780**
SR máx	-0,343	-0,237	0,163	0,121	0,101	0,078	0,437	0,470	0,323	-0,323	0,138	0,397	0,128	-0,628*	-0,202	-0,209	0,321
SAVI total	-0,429	-0,513	0,481	0,326	0,269	0,109	0,625*	0,628*	0,588*	0,122	0,489	0,339	0,213	-0,448	0,344	-0,228	0,629*
SAVI méd	0,104	-0,060	-0,188	-0,173	0,187	0,269	0,381	0,314	0,182	-0,020	-0,307	-0,077	-0,305	0,123	0,509	-0,388	-0,047
SAVI mín	0,464	0,588*	-0,376	-0,251	-0,200	-0,101	-0,492	-0,596*	-0,529	-0,160	-0,537	-0,653*	-0,421	0,796**	-0,356	0,326	-0,781**
SAVI máx	-0,659*	-0,630*	0,287	0,202	0,283	0,249	0,652*	0,701*	0,583*	-0,059	0,351	0,534	0,367	-0,609*	0,052	-0,342	0,583*
RVI total	-0,453	-0,368	0,548	0,415	0,036	-0,159	0,139	0,210	0,296	0,116	0,682*	0,364	0,465	-0,494	-0,213	0,175	0,551
RVI méd	-0,149	0,020	0,200	0,185	-0,180	-0,257	-0,352	-0,277	-0,150	0,018	0,334	0,121	0,340	-0,179	-0,513	0,365	0,091
RVI mín	0,664*	0,637*	-0,285	-0,202	-0,286	-0,254	-0,653*	-0,701*	-0,584*	0,059	-0,349	-0,533	-0,366	0,599*	-0,054	0,343	-0,580*
RVI máx	-0,466	-0,589*	0,376	0,251	0,201	0,101	0,490	0,595*	0,528	0,160	0,537	0,656*	0,423	-0,799**	0,353	-0,326	0,782**
GNDVI total	-0,181	-0,285	0,315	0,238	0,032	-0,023	0,703*	0,701*	0,602*	0,070	0,304	0,119	0,167	-0,351	0,571	-0,218	0,489
GNDVI méd	-0,199	-0,311	0,321	0,239	0,061	0,002	0,699*	0,698*	0,600*	0,082	0,321	0,140	0,164	-0,358	0,558	-0,230	0,496
GNDVI mín	-0,363	-0,428	0,174	0,052	0,061	0,030	0,585*	0,617*	0,517	0,058	0,269	0,328	0,409	-0,481	0,454	-0,365	0,557
GNDVI máx	-0,216	-0,304	0,205	0,131	0,072	0,060	0,682*	0,673*	0,545	0,044	0,221	0,153	0,121	-0,384	0,475	-0,303	0,445
CL Green total	-0,194	-0,287	0,301	0,237	0,049	0,008	0,721**	0,711**	0,607*	0,032	0,269	0,109	0,136	-0,327	0,551	-0,232	0,463
CL Green méd	-0,209	-0,311	0,305	0,237	0,076	0,029	0,715**	0,707*	0,603*	0,047	0,285	0,129	0,134	-0,333	0,540	-0,243	0,468
CL Green mín	-0,353	-0,428	0,170	0,038	0,073	0,033	0,571	0,603*	0,506	0,076	0,276	0,335	0,416	-0,485	0,461	-0,375	0,559
CL Green máx	-0,241	-0,238	0,180	0,122	0,074	0,071	0,702*	0,677*	0,522	-0,128	0,112	0,129	0,056	-0,380	0,273	-0,268	0,351

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A7 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos CM/SPD.

A7 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, corn phytotechnical attributes and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V4 corn development stages for CM/SPD soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo CM/SPD (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V4																
ICF_{V4}	0,183	0,079	0,295	0,153	0,021	-0,383	0,102	0,128	0,055	-0,516	-0,483	0,235	0,580*	-0,120	1,000	0,062	0,031
NDVI total	0,573	0,425	-0,127	-0,212	-0,296	0,222	0,324	0,333	0,389	-0,154	0,535	0,164	-0,178	-0,158	-0,321	0,262	-0,330
NDVI méd	0,450	0,352	-0,225	-0,191	-0,330	0,328	0,040	0,033	0,104	-0,070	0,485	-0,070	-0,373	-0,113	-0,402	0,217	-0,411
NDVI mín	0,005	0,073	-0,200	-0,136	-0,395	0,062	-0,201	-0,240	-0,229	0,044	0,379	-0,138	-0,372	-0,237	-0,468	0,333	-0,314
NDVI máx	0,219	0,063	0,057	-0,094	0,256	0,209	0,436	0,480	0,531	0,117	0,445	0,314	-0,015	-0,348	-0,295	0,272	0,347
EVI total	0,526	0,462	0,170	-0,245	-0,149	-0,253	0,698*	0,723**	0,734**	-0,249	0,344	0,613*	0,329	-0,561	0,238	0,570	0,014
EVI méd	0,515	0,485	0,115	-0,258	-0,211	-0,210	0,578*	0,595*	0,624*	-0,203	0,369	0,535	0,230	-0,604*	0,206	0,626*	-0,041
EVI mín	-0,039	-0,224	0,355	0,099	0,163	-0,262	0,390	0,431	0,487	-0,238	0,137	0,453	0,340	-0,596*	0,388	0,158	0,368
EVI máx	0,279	0,166	0,558	0,266	0,307	-0,352	0,600*	0,659*	0,623*	-0,071	0,079	0,574	0,693*	-0,325	0,419	0,267	0,294
SR total	0,533	0,357	0,067	-0,195	-0,010	0,021	0,756**	0,798**	0,845**	-0,167	0,434	0,587*	0,216	-0,301	-0,002	0,315	0,164
SR méd	0,404	0,330	-0,231	-0,238	-0,145	0,373	0,184	0,195	0,316	0,058	0,513	0,120	-0,318	-0,321	-0,287	0,360	-0,029
SR mín	-0,025	-0,163	0,056	0,005	-0,345	-0,191	-0,098	-0,086	-0,013	-0,271	0,247	0,192	0,004	-0,480	0,168	0,164	-0,068
SR máx	0,334	0,257	0,136	0,028	0,025	0,103	0,576	0,588*	0,650*	0,173	0,549	0,272	-0,023	-0,163	-0,474	0,232	-0,019
SAVI total	0,431	0,250	0,218	-0,101	0,068	-0,192	0,834**	0,881**	0,871**	-0,244	0,241	0,662*	0,452	-0,189	0,167	0,184	0,222
SAVI méd	0,393	0,324	-0,232	-0,249	-0,137	0,370	0,187	0,198	0,320	0,058	0,516	0,127	-0,315	-0,335	-0,285	0,361	-0,018
SAVI mín	-0,031	-0,167	0,062	0,004	-0,341	-0,201	-0,094	-0,083	-0,012	-0,277	0,240	0,194	0,013	-0,482	0,177	0,161	-0,068
SAVI máx	0,330	0,252	0,139	0,034	0,026	0,099	0,583*	0,596*	0,658*	0,173	0,548	0,280	-0,017	-0,166	-0,468	0,236	-0,006
RVI total	0,082	-0,027	0,352	0,109	0,146	-0,429	0,555	0,588*	0,492	-0,247	-0,178	0,455	0,603*	0,094	0,350	-0,111	0,190
RVI méd	-0,385	-0,320	0,233	0,256	0,131	-0,368	-0,190	-0,200	-0,322	-0,057	-0,518	-0,132	0,313	0,344	0,283	-0,362	0,009
RVI mín	-0,328	-0,250	-0,140	-0,038	-0,027	-0,096	-0,586*	-0,599*	-0,662*	-0,173	-0,547	-0,284	0,014	0,167	0,464	-0,238	0,000
RVI máx	0,038	0,171	-0,068	-0,003	0,338	0,210	0,089	0,079	0,010	0,283	-0,232	-0,196	-0,020	0,485	-0,185	-0,159	0,067
GNDVI total	0,083	0,004	-0,531	-0,222	-0,255	0,592*	-0,484	-0,493	-0,390	0,218	0,305	-0,433	-0,774**	0,135	-0,650*	-0,021	-0,208
GNDVI méd	-0,094	-0,130	-0,469	-0,234	-0,043	0,620*	-0,330	-0,358	-0,258	0,228	0,233	-0,518	-0,810**	0,173	-0,724**	-0,198	-0,150
GNDVI mín	-0,040	-0,045	-0,380	-0,539	-0,265	0,161	0,124	0,069	0,073	-0,400	0,095	-0,174	-0,426	0,037	-0,278	-0,236	-0,343
GNDVI máx	-0,386	-0,389	0,194	0,235	0,796**	0,274	0,338	0,366	0,417	0,175	0,033	0,183	0,236	0,027	0,007	-0,391	0,757**
CL Green total	-0,059	-0,111	-0,465	-0,233	-0,036	0,630*	-0,275	-0,297	-0,188	0,239	0,276	-0,463	-0,789**	0,171	-0,738**	-0,193	-0,117
CL Green méd	-0,094	-0,137	-0,461	-0,217	-0,031	0,626*	-0,335	-0,361	-0,259	0,227	0,232	-0,515	-0,801**	0,172	-0,711**	-0,203	-0,138
CL Green mín	-0,044	-0,043	-0,385	-0,538	-0,272	0,160	0,116	0,062	0,070	-0,394	0,104	-0,163	-0,421	0,036	-0,275	-0,239	-0,338
CL Green máx	-0,380	-0,389	0,188	0,239	0,793**	0,278	0,336	0,365	0,414	0,159	0,026	0,189	0,244	0,034	0,026	-0,393	0,764**

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A8 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V10 para o tratamento de manejo dos solos CM/SPD.

A8 - Pearson's correlation coefficients (r) between the yield components, phytotechnical attributes of corn and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V10 corn development stages for CM/SPD soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo CM/SPD (r)																	
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}	
	V10																	
ICF _{V10}	0,612*	0,687*	-0,134	-0,303	-0,570	-0,235	0,081	0,092	0,132	0,225	0,209	0,260	-0,115	-0,502	0,062	1,000	-0,203	
NDVI total	0,454	0,328	0,085	-0,202	-0,165	-0,203	0,767**	0,806**	0,831**	-0,244	0,387	0,739**	0,391	-0,244	0,118	0,252	0,151	
NDVI méd	0,332	0,426	-0,438	-0,414	-0,728**	0,086	0,060	0,053	0,214	-0,005	0,713**	0,427	-0,219	-0,357	-0,235	0,402	-0,160	
NDVI mín	0,284	0,321	-0,549	-0,299	-0,407	0,538	0,016	0,019	0,225	0,139	0,774**	0,257	-0,387	-0,089	-0,464	0,117	0,033	
NDVI máx	0,020	0,205	-0,240	-0,013	-0,185	0,052	-0,060	-0,089	-0,043	-0,230	-0,199	0,150	0,158	0,011	0,632*	0,104	0,146	
EVI total	0,502	0,511	-0,084	-0,110	-0,504	-0,073	0,343	0,387	0,536	0,109	0,733**	0,730**	0,240	-0,221	-0,091	0,303	-0,002	
EVI méd	0,161	0,356	-0,357	-0,040	-0,658*	0,179	-0,496	-0,495	-0,293	0,411	0,643*	0,124	-0,267	-0,110	-0,319	0,213	-0,238	
EVI mín	0,013	0,015	0,144	-0,032	-0,250	-0,138	0,167	0,196	0,316	0,102	0,831**	0,501	0,165	-0,370	-0,407	-0,039	-0,069	
EVI máx	-0,349	-0,386	-0,316	-0,150	0,207	0,423	0,030	0,073	0,187	-0,045	0,611*	0,511	0,096	-0,102	-0,240	-0,378	0,734**	
SR total	0,452	0,400	-0,062	-0,009	-0,422	0,021	0,219	0,280	0,426	0,073	0,860**	0,769**	0,286	-0,340	-0,101	0,344	0,129	
SR méd	0,265	0,318	-0,225	0,043	-0,531	0,177	-0,284	-0,246	-0,060	0,264	0,842**	0,433	-0,012	-0,293	-0,242	0,311	-0,003	
SR mín	-0,367	-0,589*	0,609*	0,414	0,555	-0,411	0,330	0,387	0,324	-0,217	-0,291	0,337	0,673*	-0,035	0,467	-0,441	0,511	
SR máx	0,415	0,327	-0,434	-0,208	-0,516	0,427	-0,274	-0,262	-0,137	0,094	0,629*	-0,016	-0,465	-0,066	-0,502	0,225	-0,309	
SAVI total	0,384	0,213	0,280	-0,040	0,050	-0,283	0,788**	0,843**	0,828**	-0,264	0,245	0,741**	0,579*	-0,214	0,261	0,158	0,251	
SAVI méd	0,185	0,160	0,205	0,123	-0,250	-0,254	0,058	0,125	0,226	-0,094	0,611*	0,787**	0,589*	-0,542	0,342	0,249	0,217	
SAVI mín	-0,368	-0,590*	0,608*	0,413	0,550	-0,414	0,327	0,384	0,320	-0,219	-0,291	0,337	0,673*	-0,036	0,469	-0,440	0,509	
SAVI máx	0,428	0,419	-0,512	-0,327	-0,732**	0,303	-0,391	-0,398	-0,305	0,003	0,558	-0,059	-0,478	-0,057	-0,432	0,280	-0,511	
RVI total	0,290	0,172	0,011	-0,153	0,152	0,008	0,685*	0,681*	0,615*	-0,082	-0,167	0,074	-0,011	0,271	-0,131	0,011	0,033	
RVI méd	-0,130	-0,057	-0,336	-0,133	0,112	0,364	-0,171	-0,242	-0,301	0,218	-0,474	-0,812**	-0,715**	0,571	-0,476	-0,180	-0,269	
RVI mín	-0,428	-0,421	0,512	0,329	0,737**	-0,298	0,394	0,401	0,309	-0,001	-0,553	0,061	0,479	0,056	0,429	-0,282	0,517	
RVI máx	0,369	0,591*	-0,607*	-0,412	-0,546	0,416	-0,324	-0,381	-0,318	0,220	0,291	-0,338	-0,672*	0,037	-0,470	0,440	-0,508	
GNDVI total	0,293	0,637*	-0,364	-0,090	-0,602*	0,150	-0,131	-0,170	-0,005	0,441	0,445	0,097	-0,256	-0,003	-0,236	0,401	-0,277	
GNDVI méd	0,254	0,604*	-0,360	-0,063	-0,598*	0,151	-0,209	-0,248	-0,081	0,468	0,423	0,051	-0,276	-0,002	-0,234	0,390	-0,281	
GNDVI mín	0,414	0,455	-0,419	-0,198	-0,398	0,450	0,219	0,211	0,412	0,256	0,667*	0,181	-0,411	-0,005	-0,504	0,209	-0,093	
GNDVI máx	0,541	0,668*	-0,570	-0,157	-0,642*	0,480	-0,266	-0,292	-0,177	0,276	0,512	-0,105	-0,518	0,120	-0,466	0,472	-0,394	
CL Green total	0,302	0,628*	-0,372	-0,028	-0,613*	0,189	-0,218	-0,249	-0,078	0,495	0,487	0,090	-0,261	0,028	-0,278	0,402	-0,261	
CL Green méd	0,258	0,589*	-0,365	-0,002	-0,605*	0,187	-0,295	-0,327	-0,155	0,519	0,458	0,041	-0,281	0,027	-0,273	0,388	-0,265	
CL Green mín	0,426	0,460	-0,427	-0,195	-0,410	0,464	0,199	0,190	0,386	0,232	0,662*	0,157	-0,424	0,003	-0,503	0,212	-0,121	
CL Green máx	0,587*	0,666*	-0,470	-0,118	-0,521	0,486	-0,172	-0,188	-0,084	0,276	0,511	-0,103	-0,464	0,144	-0,491	0,413	-0,398	

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A9 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho R1 para o tratamento de manejo dos solos CM/SPD.

A9 - Pearson's correlation coefficients between yield components, phytotechnical attributes of corn and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the R1 corn development stages for CM/SPD soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo CM/SPD (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	R1																
ICF_{R10}	-0,495	-0,526	-0,029	0,074	0,505	0,187	0,114	0,165	0,248	0,160	0,203	0,442	0,218	-0,204	0,031	-0,203	1,000
NDVI total	0,257	0,159	0,283	0,085	0,003	-0,295	0,755**	0,799**	0,815**	-0,118	0,337	0,765**	0,570	-0,176	0,147	0,142	0,304
NDVI méd	-0,286	-0,086	0,098	0,411	-0,244	-0,146	-0,092	-0,093	0,039	0,384	0,517	0,392	0,223	-0,133	-0,172	0,068	0,237
NDVI mín	-0,070	0,037	-0,400	-0,393	-0,223	0,203	0,211	0,177	0,275	0,098	0,427	0,171	-0,405	-0,365	-0,398	0,366	0,220
NDVI máx	-0,307	-0,357	0,590*	0,367	0,302	-0,589*	-0,042	-0,027	-0,166	-0,134	-0,614*	-0,089	0,526	0,184	0,484	-0,398	-0,064
EVI total	0,035	0,186	-0,187	-0,105	-0,227	-0,099	0,081	0,048	0,044	0,108	-0,253	-0,053	-0,076	0,366	0,024	-0,049	-0,116
EVI méd	-0,227	0,027	-0,319	-0,049	-0,246	0,061	-0,458	-0,518	-0,508	0,263	-0,344	-0,469	-0,380	0,415	-0,107	-0,135	-0,247
EVI mín	-0,001	0,070	-0,354	-0,121	-0,198	0,166	-0,286	-0,360	-0,477	-0,255	-0,582*	-0,637*	-0,377	0,623*	0,028	-0,221	-0,478
EVI máx	-0,132	-0,114	-0,298	-0,383	-0,259	0,027	-0,254	-0,240	-0,154	-0,060	0,161	0,109	-0,133	-0,015	-0,052	-0,313	-0,022
SR total	0,228	0,446	0,072	0,061	-0,125	-0,261	0,355	0,326	0,316	0,144	-0,286	0,137	0,226	0,207	0,317	0,216	-0,077
SR méd	0,017	0,350	-0,059	0,109	-0,180	-0,143	-0,105	-0,160	-0,154	0,311	-0,389	-0,218	-0,036	0,289	0,215	0,156	-0,204
SR mín	-0,065	0,155	-0,376	-0,186	-0,302	0,044	-0,397	-0,465	-0,508	0,122	-0,466	-0,528	-0,436	0,372	-0,029	0,057	-0,349
SR máx	0,052	0,002	-0,413	-0,043	-0,476	0,397	-0,315	-0,303	-0,115	0,233	0,725**	0,079	-0,432	-0,005	-0,615*	-0,037	-0,061
SAVI total	0,361	0,273	0,280	-0,029	0,090	-0,332	0,804**	0,833**	0,781**	-0,228	-0,046	0,561	0,533	-0,056	0,357	0,160	0,170
SAVI méd	0,010	0,256	0,114	0,092	0,020	-0,289	0,089	0,043	-0,030	0,060	-0,608*	-0,166	0,169	0,228	0,469	0,118	-0,134
SAVI mín	-0,060	0,159	-0,380	-0,187	-0,308	0,046	-0,398	-0,466	-0,510	0,119	-0,463	-0,526	-0,437	0,371	-0,028	0,061	-0,351
SAVI máx	-0,037	0,055	-0,565	-0,009	-0,365	0,595*	-0,409	-0,428	-0,244	0,421	0,513	-0,189	-0,597*	0,353	-0,704*	-0,190	-0,067
RVI total	0,216	-0,071	0,048	-0,106	0,020	0,094	0,398	0,464	0,515	-0,163	0,623*	0,531	0,158	-0,259	-0,281	-0,016	0,245
RVI méd	-0,009	-0,235	-0,141	-0,086	-0,047	0,314	-0,121	-0,076	0,010	-0,014	0,634*	0,151	-0,202	-0,212	-0,503	-0,113	0,121
RVI mín	0,043	-0,053	0,568	0,010	0,359	-0,599*	0,409	0,429	0,245	-0,425	-0,507	0,194	0,601*	-0,358	0,704*	0,193	0,064
RVI máx	0,056	-0,163	0,384	0,189	0,314	-0,048	0,400	0,468	0,511	-0,117	0,460	0,524	0,437	-0,371	0,028	-0,064	0,353
GNDVI total	-0,049	0,268	-0,456	-0,223	-0,367	0,164	-0,330	-0,410	-0,373	0,341	-0,199	-0,491	-0,580*	0,326	-0,289	0,104	-0,362
GNDVI méd	-0,121	0,109	-0,328	0,046	-0,351	0,156	-0,527	-0,587*	-0,559	0,235	-0,190	-0,500	-0,387	0,542	-0,213	-0,240	-0,434
GNDVI mín	-0,044	0,084	-0,303	-0,076	-0,515	0,041	-0,578*	-0,636*	-0,659*	0,106	-0,085	-0,543	-0,489	0,336	-0,372	-0,052	-0,644*
GNDVI máx	0,047	0,276	-0,638*	-0,160	-0,472	0,525	-0,470	-0,503	-0,320	0,507	0,433	-0,215	-0,634*	0,266	-0,599*	0,020	-0,162
CL Green total	-0,084	0,183	-0,332	0,063	-0,359	0,163	-0,496	-0,555	-0,507	0,315	-0,161	-0,461	-0,377	0,527	-0,206	-0,175	-0,403
CL Green méd	-0,103	0,170	-0,318	0,071	-0,345	0,152	-0,512	-0,571	-0,527	0,318	-0,173	-0,467	-0,366	0,518	-0,195	-0,178	-0,398
CL Green mín	-0,086	0,043	-0,305	-0,052	-0,472	0,067	-0,589*	-0,649*	-0,674*	0,105	-0,113	-0,569	-0,490	0,376	-0,371	-0,103	-0,615*
CL Green máx	0,174	0,407	-0,416	-0,010	-0,587*	0,262	-0,529	-0,534	-0,349	0,565	0,501	-0,014	-0,348	0,121	-0,402	0,171	-0,231

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A10 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos CMC.

A10 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the V4 corn development stages for CM/SPD soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo CMC (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V4																
ICF _{V4}	-0,222	-0,143	-0,266	-0,350	0,115	0,074	-0,391	-0,424	-0,338	-0,137	-0,188	-0,464	0,084	-0,174	1,000	-0,504	-0,542
NDVI total	-0,011	-0,072	-0,593*	-0,383	-0,661*	-0,088	-0,226	-0,370	-0,283	0,370	-0,299	-0,425	-0,392	0,179	-0,044	-0,371	-0,250
NDVI méd	-0,068	-0,072	-0,723**	-0,554	-0,615*	-0,081	-0,416	-0,542	-0,441	0,331	-0,460	-0,611*	-0,473	0,159	0,256	-0,524	-0,443
NDVI mín	0,398	0,551	-0,525	-0,374	-0,385	-0,120	-0,364	-0,279	-0,367	0,279	-0,488	-0,361	-0,763**	0,369	-0,278	0,074	-0,492
NDVI máx	-0,226	-0,133	-0,772**	-0,758**	-0,502	-0,245	-0,541	-0,623*	-0,524	0,435	-0,711**	-0,773**	-0,528	0,295	0,243	-0,547	-0,559
EVI total	-0,127	-0,340	0,529	0,641*	0,334	0,456	0,793**	0,738**	0,736**	-0,220	0,363	0,626*	0,546	-0,271	-0,534	0,399	0,668*
EVI méd	-0,202	-0,413	0,485	0,594*	0,382	0,518	0,792**	0,728**	0,746**	-0,242	0,276	0,568	0,542	-0,312	-0,437	0,338	0,640*
EVI mín	-0,151	-0,249	0,504	0,356	0,401	-0,004	0,314	0,332	0,292	-0,038	0,304	0,197	0,739**	-0,165	0,154	-0,117	0,231
EVI máx	-0,101	-0,314	0,564	0,679*	0,388	0,504	0,753**	0,680*	0,696*	-0,306	0,490	0,588*	0,650*	-0,403	-0,232	0,319	0,528
SR total	-0,049	-0,227	0,121	0,281	-0,218	0,081	0,435	0,327	0,351	0,205	0,153	0,259	0,108	0,042	-0,657*	0,205	0,442
SR méd	-0,251	-0,327	-0,460	-0,308	-0,383	0,080	-0,062	-0,202	-0,091	0,279	-0,402	-0,368	-0,266	0,074	0,005	-0,314	-0,069
SR mín	-0,281	-0,267	-0,207	-0,027	-0,023	0,267	0,155	0,078	0,116	0,082	-0,270	-0,387	-0,278	0,247	0,214	0,334	0,099
SR máx	-0,608*	-0,626*	-0,453	-0,493	-0,278	-0,128	-0,193	-0,338	-0,212	0,447	-0,550	-0,590*	-0,040	0,312	0,188	-0,401	-0,139
SAVI total	0,092	-0,072	0,429	0,526	-0,021	0,049	0,550	0,507	0,468	0,079	0,423	0,527	0,291	0,000	-0,778**	0,433	0,562
SAVI méd	-0,229	-0,304	-0,476	-0,319	-0,397	0,078	-0,048	-0,188	-0,076	0,265	-0,397	-0,351	-0,287	0,074	-0,028	-0,308	-0,062
SAVI mín	-0,282	-0,270	-0,204	-0,024	-0,021	0,269	0,159	0,083	0,121	0,079	-0,267	-0,382	-0,274	0,246	0,212	0,336	0,106
SAVI máx	-0,626*	-0,639*	-0,452	-0,510	-0,275	-0,154	-0,195	-0,342	-0,210	0,440	-0,542	-0,595*	-0,021	0,315	0,189	-0,410	-0,141
RVI total	0,209	0,126	0,670*	0,641*	0,254	-0,010	0,463	0,520	0,414	-0,096	0,595*	0,640*	0,436	-0,052	-0,584*	0,543	0,485
RVI méd	0,214	0,288	0,487	0,326	0,405	-0,077	0,042	0,180	0,068	-0,256	0,396	0,341	0,302	-0,074	0,047	0,304	0,060
RVI mín	0,634*	0,645*	0,450	0,517	0,273	0,165	0,196	0,345	0,210	-0,437	0,537	0,596*	0,012	-0,316	-0,191	0,414	0,143
RVI máx	0,284	0,273	0,201	0,021	0,020	-0,271	-0,164	-0,087	-0,125	-0,077	0,265	0,377	0,271	-0,245	-0,209	-0,338	-0,113
GNDVI total	0,354	0,567	-0,706*	-0,707*	-0,396	-0,274	-0,740**	-0,684*	-0,675*	0,197	-0,429	-0,492	-0,698*	0,190	0,388	-0,392	-0,905**
GNDVI méd	0,325	0,537	-0,705*	-0,711**	-0,364	-0,244	-0,752**	-0,695*	-0,683*	0,147	-0,434	-0,507	-0,665*	0,163	0,465	-0,425	-0,906**
GNDVI mín	0,404	0,526	0,039	0,043	0,209	0,164	-0,168	-0,007	-0,131	-0,205	-0,001	0,269	-0,100	0,004	-0,060	0,234	-0,353
GNDVI máx	-0,103	-0,013	-0,050	-0,082	0,012	-0,056	-0,411	-0,393	-0,448	0,396	-0,176	-0,378	0,080	0,324	0,457	0,019	-0,548
CL Green total	0,335	0,547	-0,734**	-0,738**	-0,438	-0,310	-0,766**	-0,718**	-0,703*	0,228	-0,445	-0,530	-0,711**	0,211	0,389	-0,424	-0,909**
CL Green méd	0,304	0,516	-0,731**	-0,741**	-0,401	-0,276	-0,777**	-0,728**	-0,710**	0,175	-0,451	-0,545	-0,677*	0,181	0,470	-0,456	-0,911**
CL Green mín	0,406	0,532	0,022	0,026	0,194	0,155	-0,191	-0,031	-0,153	-0,193	-0,016	0,250	-0,115	0,007	-0,052	0,218	-0,377
CL Green máx	-0,095	-0,004	-0,042	-0,075	0,018	-0,059	-0,408	-0,386	-0,444	0,403	-0,176	-0,374	0,073	0,326	0,450	0,028	-0,545

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A11 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V10 para o tratamento de manejo dos solos CMC.

A11 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the V10 corn development stages for CMC soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo CMC (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V10																
ICF _{V10}	-0,121	-0,144	0,423	0,566	0,413	0,471	0,558	0,600*	0,502	0,061	0,004	0,334	0,053	0,244	-0,504	1,000	0,437
NDVI total	0,186	0,060	0,458	0,550	0,159	0,150	0,704*	0,693*	0,665*	-0,053	0,393	0,603*	0,161	-0,156	-0,803**	0,545	0,551
NDVI méd	0,216	0,232	0,055	0,134	0,325	0,306	0,590*	0,612*	0,667*	-0,228	-0,073	0,268	-0,361	-0,389	-0,373	0,341	0,150
NDVI mín	0,323	0,202	0,661*	0,712**	0,619*	0,521	0,684*	0,751**	0,718**	-0,578*	0,577*	0,871**	0,402	-0,676*	-0,210	0,370	0,416
NDVI máx	0,037	-0,074	0,420	0,467	0,306	0,290	0,705*	0,678*	0,704*	-0,246	0,291	0,578*	0,243	-0,364	-0,675*	0,413	0,448
EVI total	0,318	0,149	0,214	0,416	-0,290	0,020	0,177	0,102	0,064	-0,029	0,590*	0,249	0,298	-0,123	-0,135	0,012	0,153
EVI méd	0,319	0,202	-0,051	0,160	-0,399	-0,004	-0,126	-0,209	-0,220	-0,045	0,432	-0,057	0,154	-0,139	0,299	-0,283	-0,165
EVI mín	0,518	0,399	0,316	0,395	0,243	0,232	0,369	0,408	0,391	-0,469	0,510	0,450	0,279	-0,719**	0,136	-0,258	0,061
EVI máx	-0,076	-0,243	0,277	0,487	0,125	0,492	0,488	0,366	0,408	-0,322	0,455	0,305	0,477	-0,291	0,040	0,254	0,235
SR total	0,366	0,311	0,222	0,383	0,039	0,252	0,111	0,115	0,053	-0,250	0,486	0,298	0,270	-0,204	0,098	0,181	-0,153
SR méd	0,362	0,366	0,040	0,185	0,023	0,250	-0,104	-0,087	-0,135	-0,294	0,344	0,102	0,158	-0,212	0,405	0,008	-0,395
SR mín	0,250	0,350	-0,309	-0,429	-0,245	-0,406	-0,572	-0,584*	-0,498	-0,002	0,039	-0,404	-0,270	-0,290	0,708**	-0,685*	-0,616*
SR máx	0,302	0,408	-0,163	-0,056	0,039	0,241	-0,310	-0,253	-0,308	-0,274	0,036	-0,108	-0,057	-0,090	0,472	-0,004	-0,623*
SAVI total	0,297	0,159	0,476	0,595*	0,004	0,079	0,411	0,405	0,324	-0,037	0,590*	0,556	0,349	-0,077	-0,535	0,406	0,352
SAVI méd	0,450	0,469	-0,007	0,117	-0,090	0,101	-0,287	-0,250	-0,318	-0,194	0,334	0,024	0,070	-0,158	0,473	-0,115	-0,464
SAVI mín	0,252	0,348	-0,291	-0,410	-0,243	-0,407	-0,558	-0,571	-0,485	-0,001	0,057	-0,392	-0,263	-0,296	0,699*	-0,673*	-0,597*
SAVI máx	0,231	0,279	-0,161	0,049	0,047	0,428	-0,178	-0,134	-0,220	-0,343	0,020	-0,125	0,074	-0,023	0,498	0,032	-0,476
RVI total	-0,347	-0,429	0,230	0,158	0,121	-0,038	0,515	0,474	0,507	0,160	-0,079	0,246	0,108	0,133	-0,749**	0,334	0,650*
RVI méd	-0,472	-0,496	0,022	-0,095	0,118	-0,059	0,327	0,286	0,355	0,175	-0,333	-0,004	-0,037	0,157	-0,489	0,150	0,476
RVI mín	-0,231	-0,278	0,161	-0,054	-0,045	-0,434	0,171	0,128	0,215	0,336	-0,016	0,127	-0,074	0,017	-0,490	-0,039	0,472
RVI máx	-0,255	-0,347	0,276	0,393	0,241	0,407	0,545	0,560	0,474	0,002	-0,073	0,382	0,257	0,302	-0,690*	0,663*	0,581*
GNDVI total	0,225	0,291	-0,114	-0,056	-0,094	0,020	-0,392	-0,375	-0,417	-0,031	0,133	-0,195	0,054	0,022	0,563	-0,129	-0,574
GNDVI méd	0,450	0,516	-0,108	0,002	-0,055	0,088	-0,328	-0,267	-0,339	-0,128	0,168	-0,099	-0,071	-0,092	0,550	-0,125	-0,562
GNDVI mín	0,448	0,357	0,526	0,618*	0,432	0,437	0,336	0,417	0,357	-0,318	0,484	0,707*	0,203	-0,547	-0,025	0,282	0,124
GNDVI máx	0,383	0,381	0,144	0,392	0,104	0,468	0,077	0,135	0,017	-0,453	0,341	0,256	0,116	-0,103	0,106	0,396	-0,129
CL Green total	0,399	0,437	-0,018	0,120	0,003	0,190	-0,174	-0,134	-0,201	-0,174	0,239	0,006	0,037	-0,114	0,424	0,019	-0,474
CL Green méd	0,389	0,447	-0,082	0,044	-0,004	0,177	-0,245	-0,200	-0,261	-0,187	0,182	-0,057	-0,005	-0,106	0,509	-0,040	-0,537
CL Green mín	0,472	0,374	0,538	0,650*	0,426	0,457	0,380	0,457	0,395	-0,345	0,515	0,729**	0,204	-0,561	-0,061	0,312	0,152
CL Green máx	0,362	0,325	0,163	0,444	0,042	0,502	0,085	0,121	0,008	-0,455	0,406	0,332	0,148	-0,089	0,048	0,433	-0,042

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A12 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho R1 para o tratamento de manejo dos solos CMC.

A12 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the R1 corn development stages for CMC soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo CMC (r)																
	BIO V4	MS V4	BIO V10	MS V10	BIO R1	MS R1	BIO Final	MS Final	PSG	M1000	ALT	ALT 1° ESP	DIA COL	N ESP	ICF V4	ICF V10	ICF R1
	R1																
ICF R10	-0,118	-0,335	0,637*	0,694*	0,249	0,229	0,724**	0,701*	0,654*	-0,278	0,536	0,653*	0,558	-0,120	-0,542	0,437	1,000
NDVI total	0,078	-0,098	0,573	0,614*	0,161	0,076	0,679*	0,655*	0,621*	-0,052	0,476	0,591*	0,409	-0,194	-0,742**	0,373	0,652*
NDVI méd	-0,003	-0,170	0,534	0,526	0,260	0,088	0,690*	0,663*	0,668*	-0,112	0,351	0,470	0,389	-0,360	-0,587*	0,175	0,619*
NDVI mín	0,203	0,088	0,529	0,508	0,024	-0,198	0,141	0,189	0,103	0,106	0,385	0,280	0,134	-0,154	-0,316	0,094	0,514
NDVI máx	0,011	-0,124	0,110	0,206	-0,123	0,072	0,101	0,016	0,017	0,018	0,293	0,035	0,469	-0,116	0,102	-0,223	-0,054
EVI total	0,185	0,065	0,003	0,123	-0,429	-0,264	0,223	0,142	0,144	0,228	0,214	0,019	-0,050	0,051	-0,548	-0,041	0,266
EVI méd	0,131	0,087	-0,348	-0,246	-0,563	-0,348	-0,114	-0,203	-0,159	0,277	-0,087	-0,389	-0,304	0,074	-0,150	-0,381	-0,073
EVI mín	0,253	0,381	-0,761**	-0,721**	-0,573	-0,339	-0,683*	-0,661*	-0,660*	0,196	-0,486	-0,617*	-0,571	0,210	0,249	-0,654*	-0,684*
EVI máx	0,519	0,496	-0,336	-0,192	-0,774**	-0,456	-0,599*	-0,591*	-0,684*	0,454	0,078	-0,233	-0,319	0,311	-0,050	-0,399	-0,358
SR total	0,161	0,030	0,372	0,404	-0,078	-0,143	0,507	0,465	0,462	0,015	0,412	0,419	0,143	-0,155	-0,793**	0,251	0,534
SR méd	0,132	0,073	0,088	0,063	-0,186	-0,296	0,261	0,211	0,269	0,014	0,167	0,079	-0,131	-0,243	-0,538	-0,087	0,290
SR mín	0,433	0,594*	-0,588*	-0,507	-0,371	-0,187	-0,601*	-0,468	-0,584*	0,216	-0,468	-0,371	-0,629*	0,401	0,119	-0,242	-0,574
SR máx	0,526	0,499	-0,165	-0,127	-0,565	-0,390	-0,556	-0,532	-0,599*	0,129	0,281	0,046	-0,028	0,003	-0,022	-0,505	-0,380
SAVI total	0,138	-0,014	0,482	0,547	0,020	0,003	0,571	0,545	0,501	0,030	0,469	0,557	0,294	-0,054	-0,804**	0,435	0,579*
SAVI méd	0,123	0,056	0,097	0,093	-0,122	-0,205	0,350	0,307	0,357	-0,006	0,126	0,124	-0,114	-0,245	-0,585*	-0,036	0,322
SAVI mín	0,432	0,591*	-0,588*	-0,506	-0,375	-0,187	-0,600*	-0,468	-0,585*	0,218	-0,468	-0,371	-0,627*	0,405	0,116	-0,243	-0,569
SAVI máx	0,511	0,456	-0,155	-0,056	-0,626*	-0,364	-0,590*	-0,585*	-0,666*	0,141	0,338	-0,070	0,004	0,036	0,165	-0,527	-0,341
RVI total	0,042	-0,075	0,481	0,552	0,124	0,160	0,344	0,349	0,257	0,063	0,433	0,528	0,434	0,150	-0,424	0,532	0,391
RVI méd	-0,129	-0,063	-0,077	-0,082	0,122	0,189	-0,353	-0,312	-0,360	0,000	-0,100	-0,117	0,126	0,233	0,590*	0,036	-0,305
RVI mín	-0,512	-0,457	0,154	0,053	0,626*	0,362	0,590*	0,586*	0,665*	-0,138	-0,342	0,074	-0,002	-0,032	-0,174	0,527	0,340
RVI máx	-0,431	-0,588*	0,588*	0,505	0,378	0,187	0,600*	0,468	0,586*	-0,219	0,467	0,372	0,625*	-0,408	-0,114	0,243	0,565
GNDVI total	-0,118	-0,354	0,393	0,471	0,056	0,177	0,666*	0,552	0,611*	-0,220	0,457	0,478	0,486	-0,343	-0,470	0,071	0,697*
GNDVI méd	-0,108	-0,338	0,404	0,477	0,048	0,145	0,662*	0,553	0,605*	-0,157	0,441	0,476	0,457	-0,302	-0,527	0,112	0,692*
GNDVI mín	-0,072	-0,276	0,516	0,482	0,035	-0,104	0,465	0,409	0,416	0,102	0,391	0,435	0,407	-0,209	-0,589*	0,055	0,678*
GNDVI máx	0,171	-0,014	0,102	0,240	-0,550	-0,269	-0,007	-0,114	-0,124	0,231	0,433	0,093	0,159	0,030	-0,328	-0,173	0,279
CL Green total	-0,101	-0,343	0,421	0,508	0,059	0,188	0,676*	0,560	0,615*	-0,240	0,503	0,500	0,510	-0,352	-0,459	0,093	0,707*
CL Green méd	-0,094	-0,328	0,428	0,509	0,051	0,155	0,672*	0,562	0,609*	-0,176	0,483	0,495	0,479	-0,311	-0,516	0,132	0,703*
CL Green mín	-0,068	-0,275	0,539	0,498	0,049	-0,104	0,464	0,412	0,416	0,080	0,416	0,453	0,436	-0,227	-0,569	0,042	0,691*
CL Green máx	0,179	-0,017	-0,020	0,160	-0,677*	-0,256	-0,082	-0,191	-0,218	0,155	0,437	0,090	0,180	0,143	-0,304	-0,238	0,305

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A13 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estádio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos GP/SPD.

A13 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V4 corn development stages for CMC soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo GP/SPD (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V4																
ICF _{V4}	0,732**	0,585*	0,296	0,291	0,024	0,003	0,891**	0,872**	0,765**	0,069	0,496	0,584*	0,521	-0,492	1,000	0,594*	0,748**
NDVI total	-0,009	-0,071	-0,064	-0,091	-0,263	-0,352	-0,087	-0,189	-0,230	0,018	-0,366	-0,604*	-0,039	-0,084	-0,025	0,345	0,100
NDVI méd	-0,227	-0,255	-0,007	-0,109	-0,152	-0,339	-0,311	-0,409	-0,454	0,016	-0,622*	-0,774**	-0,223	0,061	-0,222	0,181	-0,132
NDVI mín	-0,631*	-0,678*	-0,076	-0,030	0,105	0,063	-0,486	-0,600*	-0,602*	0,321	-0,647*	-0,730**	-0,528	0,569	-0,583*	-0,266	-0,533
NDVI máx	-0,261	-0,261	-0,069	-0,185	0,027	-0,191	-0,271	-0,409	-0,551	0,078	-0,494	-0,695*	-0,218	0,286	-0,150	0,038	-0,289
EVI total	0,703*	0,481	0,000	-0,001	-0,213	-0,160	0,707*	0,704*	0,705*	0,025	0,507	0,440	0,740**	-0,602*	0,739**	0,488	0,784**
EVI méd	0,681*	0,439	0,025	-0,031	-0,157	-0,157	0,678*	0,680*	0,678*	0,050	0,440	0,442	0,761**	-0,614*	0,741**	0,424	0,753**
EVI mín	-0,329	-0,423	0,189	0,069	-0,060	-0,267	-0,052	-0,110	-0,021	-0,296	-0,580*	-0,646*	-0,415	0,196	-0,109	0,186	-0,066
EVI máx	0,488	0,337	-0,151	-0,062	0,193	0,414	0,656*	0,671*	0,712**	0,138	0,496	0,632*	0,648*	-0,389	0,583*	0,178	0,665*
SR total	0,124	0,073	-0,037	-0,003	-0,189	-0,210	0,206	0,105	0,069	-0,128	-0,164	-0,443	0,005	-0,057	0,170	0,500	0,300
SR méd	-0,457	-0,413	0,127	-0,037	0,134	-0,155	-0,358	-0,456	-0,506	-0,170	-0,841**	-0,912**	-0,501	0,377	-0,347	0,088	-0,320
SR mín	-0,617*	-0,543	0,160	0,002	-0,018	-0,267	-0,431	-0,463	-0,378	-0,414	-0,839**	-0,826**	-0,784**	0,359	-0,461	-0,058	-0,370
SR máx	0,110	0,090	-0,233	-0,265	-0,384	-0,383	-0,042	-0,069	0,027	-0,422	-0,119	-0,417	0,090	-0,282	0,004	0,456	0,081
SAVI total	0,447	0,363	-0,118	0,032	-0,304	-0,131	0,469	0,427	0,425	-0,036	0,394	0,134	0,344	-0,320	0,419	0,495	0,551
SAVI méd	-0,475	-0,424	0,136	-0,031	0,111	-0,182	-0,384	-0,476	-0,520	-0,188	-0,842**	-0,918**	-0,524	0,380	-0,369	0,073	-0,341
SAVI mín	-0,621*	-0,549	0,158	-0,001	-0,020	-0,270	-0,435	-0,468	-0,385	-0,409	-0,838**	-0,830**	-0,781**	0,362	-0,462	-0,063	-0,373
SAVI máx	0,095	0,074	-0,215	-0,258	-0,379	-0,393	-0,042	-0,070	0,027	-0,436	-0,151	-0,441	0,070	-0,275	0,004	0,456	0,092
RVI total	0,596*	0,509	-0,157	0,047	-0,252	0,049	0,553	0,588*	0,615*	0,100	0,798**	0,690*	0,565	-0,449	0,506	0,267	0,574
RVI méd	0,486	0,431	-0,142	0,027	-0,097	0,199	0,400	0,489	0,530	0,198	0,841**	0,921**	0,539	-0,383	0,382	-0,064	0,354
RVI mín	-0,088	-0,067	0,207	0,255	0,376	0,398	0,042	0,070	-0,027	0,442	0,165	0,451	-0,061	0,272	-0,003	-0,455	-0,098
RVI máx	0,625*	0,555	-0,157	0,003	0,022	0,273	0,439	0,473	0,391	0,405	0,838**	0,833**	0,779**	-0,364	0,463	0,068	0,376
GNDVI total	-0,718**	-0,539	0,121	0,021	0,219	0,005	-0,632*	-0,670*	-0,670*	-0,237	-0,844**	-0,840**	-0,814**	0,634*	-0,720**	-0,220	-0,656*
GNDVI méd	-0,720**	-0,554	0,176	0,063	0,124	-0,115	-0,624*	-0,657*	-0,645*	-0,293	-0,812**	-0,852**	-0,833**	0,602*	-0,675*	-0,184	-0,644*
GNDVI mín	-0,435	-0,319	0,301	0,192	-0,022	-0,269	-0,278	-0,308	-0,264	-0,516	-0,713**	-0,808**	-0,728**	0,360	-0,352	0,252	-0,315
GNDVI máx	0,032	0,090	-0,292	-0,342	-0,010	-0,022	-0,272	-0,236	-0,191	-0,292	0,100	-0,113	0,208	0,111	-0,366	-0,021	-0,433
CL Green total	-0,720**	-0,554	0,162	0,053	0,114	-0,120	-0,621*	-0,657*	-0,645*	-0,294	-0,821**	-0,865**	-0,840**	0,596*	-0,672*	-0,173	-0,635*
CL Green méd	-0,717**	-0,549	0,181	0,066	0,130	-0,110	-0,619*	-0,650*	-0,636*	-0,299	-0,814**	-0,848**	-0,831**	0,600*	-0,675*	-0,180	-0,640*
CL Green mín	-0,439	-0,323	0,299	0,187	-0,017	-0,263	-0,279	-0,307	-0,259	-0,520	-0,723**	-0,804**	-0,735**	0,353	-0,354	0,245	-0,311
CL Green máx	0,044	0,101	-0,288	-0,333	-0,019	-0,026	-0,268	-0,232	-0,187	-0,285	0,114	-0,105	0,219	0,103	-0,363	-0,012	-0,428

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A14 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V10 para o tratamento de manejo dos solos GP/SPD.

A14 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the V10 corn development stages for CMC soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo GP/SD (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V10																
ICF _{V10}	0,673*	0,688*	0,492	0,452	-0,073	-0,227	0,612*	0,617*	0,522	-0,350	0,085	-0,001	0,275	-0,392	0,594*	1,000	0,587*
NDVI total	0,276	0,219	-0,181	0,045	-0,331	-0,068	0,327	0,301	0,350	-0,005	0,409	0,145	0,178	-0,191	0,219	0,326	0,388
NDVI méd	-0,748**	-0,638*	-0,118	0,026	-0,046	0,071	-0,604*	-0,614*	-0,484	-0,037	-0,404	-0,492	-0,783**	0,589*	-0,780**	-0,413	-0,636*
NDVI mín	0,529	0,368	-0,073	-0,020	-0,034	0,127	0,423	0,490	0,497	0,285	0,722**	0,756**	0,853**	-0,443	0,442	-0,030	0,533
NDVI máx	-0,746**	-0,684*	-0,025	0,043	0,117	0,075	-0,520	-0,618*	-0,638*	0,161	-0,535	-0,636*	-0,805**	0,763**	-0,615*	-0,383	-0,718**
EVI total	0,595*	0,498	-0,040	0,147	-0,407	-0,199	0,502	0,506	0,483	0,102	0,730**	0,478	0,490	-0,399	0,494	0,404	0,511
EVI méd	0,563	0,480	0,076	0,238	-0,432	-0,282	0,361	0,396	0,336	0,228	0,829**	0,614*	0,466	-0,331	0,415	0,223	0,281
EVI mín	-0,011	-0,273	0,228	0,301	-0,330	-0,326	0,262	0,215	0,277	0,236	0,067	-0,071	0,000	-0,030	0,219	0,118	0,312
EVI máx	0,491	0,571	-0,188	-0,121	-0,386	-0,270	0,221	0,224	0,123	-0,065	0,664*	0,472	0,291	-0,440	0,506	0,260	0,125
SR total	0,393	0,450	0,457	0,327	-0,172	-0,345	0,294	0,444	0,530	-0,653*	0,159	0,218	0,089	-0,283	0,148	0,400	0,345
SR méd	0,102	0,192	0,460	0,269	-0,007	-0,258	0,021	0,161	0,235	-0,577*	-0,103	0,049	-0,123	-0,063	-0,088	0,140	0,026
SR mín	-0,745**	-0,653*	-0,019	-0,008	0,027	-0,048	-0,597*	-0,665*	-0,612*	-0,056	-0,765**	-0,807**	-0,856**	0,567	-0,686*	-0,242	-0,610*
SR máx	0,636*	0,632*	0,202	0,031	-0,113	-0,269	0,535	0,625*	0,604*	-0,419	0,323	0,485	0,333	-0,484	0,520	0,307	0,565
SAVI total	0,481	0,432	0,030	0,178	-0,362	-0,199	0,496	0,516	0,575	-0,245	0,456	0,218	0,289	-0,349	0,374	0,554	0,583*
SAVI méd	-0,306	-0,171	0,441	0,306	0,023	-0,202	-0,276	-0,169	-0,053	-0,567	-0,406	-0,321	-0,501	0,238	-0,422	0,022	-0,274
SAVI mín	-0,751**	-0,663*	-0,019	-0,002	0,028	-0,041	-0,600*	-0,669*	-0,615*	-0,042	-0,756**	-0,803**	-0,853**	0,575	-0,689*	-0,248	-0,619*
SAVI máx	0,626*	0,556	0,216	0,130	-0,120	-0,174	0,603*	0,708**	0,745**	-0,323	0,532	0,674*	0,391	-0,450	0,562	0,279	0,490
RVI total	0,473	0,341	-0,350	-0,195	-0,143	0,095	0,443	0,366	0,283	0,377	0,540	0,393	0,567	-0,352	0,525	0,191	0,465
RVI méd	0,381	0,241	-0,425	-0,304	-0,032	0,184	0,330	0,235	0,116	0,546	0,464	0,396	0,568	-0,300	0,482	0,002	0,328
RVI mín	-0,625*	-0,555	-0,217	-0,133	0,119	0,171	-0,603*	-0,709**	-0,746**	0,321	-0,536	-0,676*	-0,392	0,448	-0,562	-0,279	-0,486
RVI máx	0,756**	0,670*	0,019	-0,003	-0,028	0,036	0,602*	0,671*	0,617*	0,029	0,748**	0,798**	0,851**	-0,580*	0,691*	0,252	0,626*
GNDVI total	0,043	0,133	0,334	0,267	-0,232	-0,307	-0,052	0,115	0,274	-0,556	0,154	0,215	-0,155	-0,126	-0,130	0,052	-0,051
GNDVI méd	-0,043	0,056	0,338	0,248	-0,163	-0,270	-0,126	0,033	0,179	-0,526	0,060	0,148	-0,216	-0,045	-0,198	-0,020	-0,143
GNDVI mín	0,441	0,311	0,044	0,049	-0,210	-0,098	0,398	0,523	0,634*	0,021	0,535	0,744**	0,471	-0,517	0,342	-0,095	0,601*
GNDVI máx	0,444	0,445	0,350	0,175	-0,135	-0,293	0,354	0,499	0,569	-0,456	0,226	0,462	0,207	-0,467	0,350	0,206	0,435
CL Green total	0,327	0,390	0,327	0,200	-0,158	-0,277	0,173	0,340	0,437	-0,536	0,277	0,401	0,125	-0,307	0,121	0,158	0,183
CL Green méd	0,219	0,291	0,332	0,184	-0,095	-0,245	0,080	0,240	0,331	-0,507	0,175	0,328	0,044	-0,217	0,035	0,070	0,069
CL Green mín	0,454	0,319	0,057	0,061	-0,184	-0,076	0,422	0,543	0,645*	0,039	0,528	0,745**	0,484	-0,513	0,360	-0,081	0,620*
CL Green máx	0,488	0,517	0,270	0,045	-0,089	-0,310	0,354	0,464	0,464	-0,463	0,118	0,352	0,195	-0,449	0,363	0,224	0,449

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A15 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho R1 para o tratamento de manejo dos solos GP/SPD.

A15 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the R1 corn development stages for CMC soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo GP/SD (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	R1																
ICF _{R10}	0,669*	0,527	0,361	0,318	-0,095	-0,129	0,764**	0,812**	0,820**	-0,112	0,273	0,409	0,529	-0,631*	0,748**	0,587*	1,000
NDVI total	0,476	0,331	-0,081	0,140	-0,353	-0,077	0,527	0,543	0,629*	0,010	0,705*	0,466	0,443	-0,333	0,431	0,387	0,468
NDVI méd	0,192	0,027	0,042	0,231	-0,240	-0,006	0,295	0,364	0,530	0,028	0,652*	0,518	0,266	-0,095	0,170	0,080	0,052
NDVI mín	0,498	0,282	-0,231	-0,049	-0,149	0,171	0,459	0,475	0,515	0,552	0,633*	0,784**	0,618*	-0,551	0,515	0,000	0,501
NDVI máx	-0,506	-0,339	0,340	0,282	0,158	-0,062	-0,376	-0,387	-0,424	-0,348	-0,354	-0,560	-0,587*	0,678*	-0,460	-0,036	-0,603*
EVI total	-0,389	-0,239	0,020	0,158	0,023	0,057	-0,313	-0,413	-0,494	0,079	-0,418	-0,606*	-0,574	0,414	-0,335	0,118	-0,328
EVI méd	-0,642*	-0,450	0,107	0,136	0,191	0,097	-0,574	-0,651*	-0,725**	0,052	-0,680*	-0,728**	-0,769**	0,591*	-0,570	-0,133	-0,625*
EVI mín	-0,593*	-0,422	0,023	-0,065	0,372	0,168	-0,475	-0,566	-0,657*	-0,079	-0,817**	-0,762**	-0,759**	0,661*	-0,562	-0,192	-0,615*
EVI máx	0,565	0,436	-0,109	-0,008	-0,041	0,180	0,420	0,479	0,456	0,406	0,782**	0,873**	0,798**	-0,499	0,514	-0,030	0,469
SR total	0,389	0,382	-0,020	0,183	-0,359	-0,166	0,314	0,305	0,314	-0,085	0,404	0,091	0,219	-0,233	0,225	0,527	0,369
SR méd	-0,457	-0,258	0,292	0,276	0,040	-0,104	-0,599*	-0,564	-0,561	-0,180	-0,464	-0,528	-0,577*	0,443	-0,656*	-0,048	-0,661*
SR mín	-0,668*	-0,461	0,079	0,002	0,300	0,109	-0,600*	-0,666*	-0,743**	-0,072	-0,803**	-0,754**	-0,799**	0,625*	-0,615*	-0,241	-0,663*
SR máx	0,539	0,389	-0,148	-0,188	0,018	0,093	0,416	0,442	0,379	0,384	0,522	0,755**	0,698*	-0,544	0,584*	-0,108	0,482
SAVI total	0,406	0,356	-0,098	0,084	-0,316	-0,119	0,418	0,385	0,388	-0,051	0,405	0,128	0,270	-0,271	0,350	0,487	0,485
SAVI méd	-0,645*	-0,445	0,220	0,183	0,101	-0,078	-0,610*	-0,642*	-0,655*	-0,222	-0,725**	-0,814**	-0,801**	0,582*	-0,662*	-0,055	-0,649*
SAVI mín	-0,669*	-0,461	0,075	-0,003	0,304	0,114	-0,601*	-0,668*	-0,747**	-0,067	-0,801**	-0,751**	-0,796**	0,626*	-0,616*	-0,247	-0,664*
SAVI máx	0,555	0,395	-0,247	-0,169	-0,004	0,180	0,461	0,451	0,356	0,511	0,717**	0,779**	0,759**	-0,409	0,575	-0,089	0,445
RVI total	0,674*	0,511	-0,185	-0,064	-0,240	-0,013	0,652*	0,665*	0,680*	0,110	0,736**	0,652*	0,712**	-0,556	0,648*	0,305	0,713**
RVI méd	0,657*	0,459	-0,203	-0,164	-0,116	0,065	0,609*	0,649*	0,668*	0,209	0,745**	0,830**	0,812**	-0,596*	0,660*	0,067	0,648*
RVI mín	-0,552	-0,392	0,251	0,170	0,004	-0,183	-0,459	-0,448	-0,352	-0,515	-0,721**	-0,776**	-0,759**	0,400	-0,571	0,090	-0,439
RVI máx	0,669*	0,461	-0,071	0,007	-0,308	-0,118	0,602*	0,669*	0,750**	0,063	0,800**	0,748**	0,793**	-0,627*	0,616*	0,253	0,665*
GNDVI total	-0,373	-0,364	0,033	0,187	-0,391	-0,299	-0,312	-0,311	-0,212	-0,100	0,169	-0,196	-0,407	0,354	-0,336	-0,095	-0,521
GNDVI méd	-0,315	-0,307	0,026	0,197	-0,396	-0,287	-0,253	-0,255	-0,163	-0,105	0,217	-0,170	-0,363	0,335	-0,294	-0,044	-0,460
GNDVI mín	-0,456	-0,366	-0,057	0,127	-0,144	0,010	-0,392	-0,382	-0,349	0,119	0,257	0,069	-0,469	0,492	-0,392	-0,443	-0,679*
GNDVI máx	0,629*	0,467	-0,265	-0,136	-0,257	-0,024	0,466	0,486	0,455	0,316	0,942**	0,831**	0,751**	-0,436	0,541	0,032	0,341
CL Green total	-0,177	-0,204	0,018	0,198	-0,463	-0,319	-0,175	-0,152	-0,043	-0,073	0,389	0,010	-0,193	0,194	-0,199	-0,021	-0,376
CL Green méd	-0,140	-0,165	0,013	0,203	-0,454	-0,301	-0,134	-0,115	-0,016	-0,074	0,416	0,026	-0,165	0,191	-0,173	0,009	-0,337
CL Green mín	-0,450	-0,354	-0,051	0,130	-0,135	0,013	-0,390	-0,382	-0,358	0,120	0,254	0,066	-0,470	0,495	-0,385	-0,435	-0,682*
CL Green máx	0,681*	0,516	-0,226	-0,105	-0,365	-0,131	0,474	0,514	0,522	0,224	0,938**	0,817**	0,780**	-0,577*	0,580*	0,153	0,412

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A16 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estádio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos GPC.

A16 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, corn phytotechnical attributes and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V4 corn development stages for CMC soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo GPC (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1° ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V4																
ICF _{V4}	0,468	0,352	0,224	0,219	-0,303	-0,181	-0,357	-0,366	-0,330	-0,574	0,153	0,294	0,693*	0,458	1,000	-0,298	-0,101
NDVI total	-0,239	-0,141	-0,503	-0,334	0,255	0,415	-0,127	-0,193	-0,376	-0,068	-0,066	-0,538	-0,688*	-0,187	-0,587*	-0,251	0,391
NDVI méd	-0,248	-0,150	-0,495	-0,324	0,220	0,383	-0,169	-0,238	-0,416	-0,087	-0,038	-0,547	-0,691*	-0,182	-0,562	-0,265	0,404
NDVI mín	-0,214	-0,113	-0,363	-0,269	0,339	0,370	-0,093	-0,170	-0,420	0,036	-0,007	-0,553	-0,737**	-0,309	-0,513	-0,272	0,404
NDVI máx	-0,305	-0,221	-0,691*	-0,472	0,074	0,332	-0,154	-0,205	-0,243	-0,094	-0,017	-0,583*	-0,666*	-0,174	-0,521	-0,329	0,335
EVI total	-0,216	-0,137	-0,290	-0,174	0,519	0,573	0,131	0,106	0,049	0,119	-0,324	-0,384	-0,518	-0,217	-0,659*	0,117	0,073
EVI méd	-0,256	-0,139	-0,318	-0,160	0,400	0,487	-0,084	-0,137	-0,248	0,011	-0,161	-0,463	-0,627*	-0,201	-0,645*	-0,030	0,218
EVI mín	-0,620*	-0,605*	-0,114	0,028	-0,035	0,101	-0,232	-0,282	-0,334	-0,072	-0,198	-0,566	-0,578*	-0,424	-0,500	0,216	0,240
EVI máx	-0,120	-0,052	-0,226	-0,128	0,234	0,184	-0,103	-0,197	-0,444	-0,109	0,194	-0,425	-0,560	-0,228	-0,505	-0,287	0,363
SR total	-0,305	-0,273	-0,413	-0,359	0,393	0,489	0,277	0,290	0,293	0,203	-0,500	-0,441	-0,511	-0,328	-0,613*	0,155	0,009
SR méd	-0,386	-0,273	-0,494	-0,339	0,235	0,405	-0,121	-0,167	-0,276	-0,002	-0,221	-0,617*	-0,760**	-0,295	-0,653*	-0,110	0,299
SR mín	-0,641*	-0,581*	-0,402	-0,331	-0,237	-0,094	-0,142	-0,166	-0,275	0,007	-0,154	-0,694*	-0,729**	-0,640*	-0,453	-0,140	0,244
SR máx	-0,361	-0,290	-0,714**	-0,646*	0,028	0,209	-0,147	-0,184	-0,258	-0,070	-0,240	-0,750**	-0,833**	-0,255	-0,595*	-0,282	0,383
SAVI total	0,021	-0,062	-0,001	-0,097	0,241	0,182	0,475	0,541	0,664*	0,256	-0,397	0,092	0,162	-0,103	-0,075	0,311	-0,306
SAVI méd	-0,378	-0,268	-0,493	-0,332	0,225	0,396	-0,125	-0,175	-0,294	-0,011	-0,190	-0,608*	-0,753**	-0,288	-0,648*	-0,127	0,317
SAVI mín	-0,634*	-0,574	-0,382	-0,316	-0,235	-0,102	-0,132	-0,157	-0,274	0,018	-0,143	-0,682*	-0,720**	-0,650*	-0,437	-0,142	0,241
SAVI máx	-0,344	-0,274	-0,716**	-0,653*	0,045	0,215	-0,150	-0,189	-0,269	-0,057	-0,217	-0,749**	-0,842**	-0,245	-0,587*	-0,299	0,401
RVI total	0,271	0,149	0,345	0,178	-0,033	-0,184	0,337	0,409	0,567	0,145	-0,089	0,469	0,614*	0,145	0,421	0,261	-0,394
RVI méd	0,373	0,265	0,491	0,327	-0,218	-0,390	0,127	0,180	0,306	0,017	0,171	0,602*	0,748**	0,284	0,644*	0,137	-0,327
RVI mín	0,337	0,266	0,716**	0,655*	-0,053	-0,216	0,150	0,191	0,274	0,051	0,206	0,748**	0,845**	0,241	0,583*	0,307	-0,408
RVI máx	0,627*	0,566	0,364	0,304	0,232	0,109	0,123	0,148	0,272	-0,027	0,133	0,670*	0,712**	0,659*	0,422	0,145	-0,239
GNDVI total	-0,248	-0,253	-0,531	-0,353	0,020	0,253	-0,319	-0,407	-0,557	-0,254	0,044	-0,596*	-0,609*	-0,060	-0,356	-0,314	0,553
GNDVI méd	-0,255	-0,267	-0,548	-0,371	0,016	0,255	-0,319	-0,406	-0,544	-0,255	0,035	-0,611*	-0,611*	-0,062	-0,347	-0,316	0,551
GNDVI mín	-0,328	-0,304	-0,506	-0,395	0,155	0,330	-0,155	-0,225	-0,401	-0,098	-0,174	-0,662*	-0,743**	-0,216	-0,529	-0,169	0,501
GNDVI máx	-0,532	-0,513	-0,474	-0,500	-0,268	-0,219	0,014	0,031	0,178	0,282	-0,098	-0,473	-0,640*	-0,283	-0,602*	0,090	0,220
CL Green total	-0,259	-0,262	-0,555	-0,378	0,006	0,246	-0,313	-0,398	-0,540	-0,252	0,033	-0,609*	-0,621*	-0,067	-0,365	-0,319	0,551
CL Green méd	-0,264	-0,274	-0,570	-0,393	0,000	0,246	-0,315	-0,400	-0,531	-0,254	0,026	-0,622*	-0,622*	-0,069	-0,354	-0,322	0,549
CL Green mín	-0,338	-0,304	-0,519	-0,408	0,154	0,333	-0,147	-0,214	-0,383	-0,095	-0,195	-0,671*	-0,756**	-0,227	-0,548	-0,166	0,486
CL Green máx	-0,528	-0,509	-0,491	-0,514	-0,281	-0,224	0,006	0,023	0,166	0,264	-0,096	-0,479	-0,638*	-0,281	-0,596*	0,068	0,221

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A17 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V10 para o tratamento de manejo dos solos GPC.

A17 - Pearson's correlation coefficients (r) between the yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the V10 corn development stage for the treatment of GPC soil management.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo GPC (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V10																
ICF _{V10}	-0,447	-0,424	0,538	0,519	0,027	0,018	0,071	0,115	0,351	0,261	-0,484	0,120	0,018	-0,085	-0,298	1,000	-0,220
NDVI total	0,090	0,060	-0,219	-0,111	0,237	0,405	0,280	0,313	0,418	-0,077	-0,344	0,082	0,164	0,166	-0,225	0,168	-0,186
NDVI méd	-0,082	0,025	-0,363	-0,101	-0,015	0,259	-0,354	-0,420	-0,510	-0,371	0,113	-0,251	-0,309	0,156	-0,320	-0,270	0,309
NDVI mín	-0,005	0,093	-0,238	-0,070	0,132	0,170	-0,253	-0,352	-0,575	-0,208	0,366	-0,283	-0,420	-0,028	-0,316	-0,417	0,391
NDVI máx	-0,368	-0,469	-0,160	0,032	0,117	0,381	-0,085	-0,087	0,187	-0,134	-0,437	-0,269	-0,104	0,084	-0,334	0,522	-0,025
EVI total	-0,138	-0,214	-0,428	-0,311	0,252	0,457	0,137	0,130	0,319	-0,140	-0,444	-0,361	-0,220	0,067	-0,383	0,194	0,019
EVI méd	-0,248	-0,217	-0,527	-0,296	0,057	0,341	-0,343	-0,421	-0,386	-0,362	-0,092	-0,582*	-0,547	0,070	-0,435	-0,149	0,376
EVI mín	-0,208	-0,346	0,082	0,225	-0,038	-0,071	-0,492	-0,570	-0,446	-0,290	0,301	-0,254	-0,081	0,116	-0,126	0,115	0,157
EVI máx	0,120	0,105	-0,002	-0,095	0,204	0,087	0,447	0,523	0,873**	0,406	-0,173	0,287	0,203	0,186	-0,142	0,385	-0,359
SR total	0,011	-0,047	-0,140	-0,178	0,191	0,231	0,412	0,477	0,770**	0,134	-0,468	0,038	0,130	0,077	-0,172	0,375	-0,326
SR méd	-0,176	-0,106	-0,483	-0,342	0,073	0,314	-0,011	-0,012	0,306	-0,151	-0,362	-0,340	-0,337	0,177	-0,489	0,168	-0,013
SR mín	-0,354	-0,371	-0,335	-0,184	0,117	0,270	-0,173	-0,258	-0,447	-0,053	0,018	-0,540	-0,619*	-0,228	-0,418	-0,106	0,532
SR máx	0,499	0,517	0,090	0,020	0,272	0,146	0,581*	0,632*	0,741**	0,241	0,055	0,546	0,476	0,244	0,160	0,018	-0,340
SAVI total	0,072	-0,035	0,071	-0,033	0,180	0,117	0,436	0,501	0,666*	0,196	-0,360	0,161	0,277	-0,012	0,035	0,341	-0,327
SAVI méd	-0,321	-0,348	-0,402	-0,200	0,061	0,335	-0,329	-0,399	-0,241	-0,379	-0,265	-0,596*	-0,482	0,106	-0,432	0,130	0,296
SAVI mín	-0,353	-0,374	-0,322	-0,172	0,114	0,264	-0,172	-0,258	-0,446	-0,054	0,024	-0,533	-0,608*	-0,226	-0,410	-0,099	0,531
SAVI máx	0,519	0,555	0,270	0,162	0,337	0,145	0,539	0,585*	0,665*	0,211	-0,010	0,575	0,496	0,252	0,157	0,128	-0,377
RVI total	0,218	0,161	0,230	0,046	0,095	-0,086	0,503	0,593*	0,649*	0,348	-0,148	0,420	0,444	-0,066	0,241	0,177	-0,414
RVI méd	0,316	0,359	0,345	0,147	-0,063	-0,311	0,356	0,436	0,327	0,381	0,202	0,584*	0,468	-0,087	0,396	-0,111	-0,337
RVI mín	-0,518	-0,555	-0,276	-0,167	-0,339	-0,145	-0,538	-0,584*	-0,663*	-0,211	0,012	-0,575	-0,495	-0,250	-0,154	-0,132	0,378
RVI máx	0,352	0,377	0,312	0,163	-0,112	-0,258	0,171	0,257	0,444	0,054	-0,028	0,527	0,599*	0,225	0,404	0,092	-0,529
GNDVI total	-0,265	-0,197	-0,779**	-0,643*	-0,117	0,153	-0,215	-0,254	-0,296	-0,093	0,000	-0,596*	-0,677*	-0,101	-0,374	-0,446	0,435
GNDVI méd	-0,220	-0,197	-0,759**	-0,603*	-0,114	0,194	-0,348	-0,390	-0,233	-0,283	-0,111	-0,626*	-0,568	0,129	-0,308	-0,294	0,339
GNDVI mín	0,013	0,091	-0,351	-0,328	0,078	-0,011	-0,200	-0,285	-0,536	-0,127	0,358	-0,440	-0,549	-0,192	-0,257	-0,610*	0,379
GNDVI máx	0,324	0,310	0,163	-0,047	-0,103	-0,336	0,181	0,283	0,440	0,148	0,014	0,392	0,515	0,047	0,416	-0,105	-0,587*
CL Green total	-0,157	-0,112	-0,830**	-0,724**	-0,104	0,179	-0,149	-0,154	0,036	-0,113	-0,149	-0,516	-0,516	0,108	-0,312	-0,316	0,230
CL Green méd	-0,168	-0,117	-0,806**	-0,690*	-0,127	0,162	-0,198	-0,212	-0,045	-0,144	-0,115	-0,529	-0,530	0,103	-0,289	-0,336	0,268
CL Green mín	0,011	0,077	-0,365	-0,332	0,084	0,005	-0,200	-0,290	-0,526	-0,154	0,349	-0,457	-0,553	-0,167	-0,280	-0,589*	0,396
CL Green máx	0,327	0,326	0,055	-0,151	-0,059	-0,281	0,173	0,277	0,409	0,175	0,008	0,337	0,436	0,036	0,364	-0,187	-0,555

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A18 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho R1 para o tratamento de manejo dos solos GPC.

A18 - Pearson's correlation coefficients (r) between the yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the R1 corn development stage for the treatment of GPC soil management.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo GPC (r)																
	BIO _{v4}	MS _{v4}	BIO _{v10}	MS _{v10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{v4}	ICF _{v10}	ICF _{R1}
	R1																
ICF_{R10}	0,311	0,329	-0,273	-0,158	0,294	0,560	0,279	0,160	-0,257	0,019	0,177	0,047	-0,307	0,386	-0,101	-0,220	1,000
NDVI total	0,168	0,099	0,072	-0,013	0,323	0,290	0,395	0,455	0,586*	0,162	-0,429	0,199	0,266	0,127	-0,003	0,354	-0,291
NDVI méd	0,215	0,246	-0,048	-0,021	0,506	0,598*	0,115	0,126	0,167	-0,035	-0,466	0,059	0,020	0,353	-0,190	0,272	-0,040
NDVI mín	-0,050	0,027	0,337	0,337	0,372	0,212	-0,021	-0,059	-0,324	0,089	-0,055	0,043	-0,194	-0,055	-0,465	0,272	0,142
NDVI máx	-0,234	-0,302	-0,675*	-0,575	-0,092	0,340	-0,406	-0,411	-0,176	-0,455	-0,624*	-0,693*	-0,382	0,183	-0,003	-0,058	0,181
EVI total	-0,236	-0,196	-0,834**	-0,732**	0,227	0,499	0,015	-0,004	0,042	-0,051	-0,427	-0,707*	-0,712**	-0,125	-0,494	-0,224	0,270
EVI méd	-0,256	-0,188	-0,802**	-0,666*	0,142	0,428	-0,154	-0,196	-0,198	-0,134	-0,286	-0,728**	-0,760**	-0,101	-0,467	-0,310	0,373
EVI mín	-0,368	-0,317	-0,841**	-0,731**	-0,158	0,182	-0,292	-0,311	-0,272	-0,239	-0,326	-0,788**	-0,722**	-0,162	-0,349	-0,359	0,316
EVI máx	0,013	-0,034	-0,173	-0,108	0,168	0,091	-0,064	-0,169	-0,499	0,058	0,494	-0,196	-0,394	-0,033	-0,290	-0,332	0,630*
SR total	-0,247	-0,246	-0,620*	-0,601*	0,249	0,483	0,152	0,182	0,401	0,043	-0,708**	-0,566	-0,490	-0,096	-0,371	0,133	-0,005
SR méd	-0,314	-0,267	-0,736**	-0,659*	0,196	0,500	-0,050	-0,050	0,121	-0,066	-0,636*	-0,724**	-0,685*	-0,086	-0,436	-0,004	0,164
SR mín	-0,307	-0,184	-0,752**	-0,621*	-0,022	0,272	-0,172	-0,202	-0,231	-0,115	-0,224	-0,670*	-0,746**	-0,190	-0,425	-0,358	0,334
SR máx	-0,246	-0,267	0,202	-0,086	0,120	-0,041	-0,085	-0,022	0,185	0,149	-0,749**	-0,347	-0,237	-0,183	0,006	0,511	-0,267
SAVI total	0,003	-0,079	-0,196	-0,275	0,227	0,274	0,393	0,456	0,661*	0,158	-0,535	-0,069	0,048	-0,010	-0,078	0,279	-0,244
SAVI méd	-0,240	-0,206	-0,761**	-0,666*	0,176	0,514	-0,099	-0,110	0,066	-0,157	-0,593*	-0,700*	-0,638*	0,039	-0,383	-0,046	0,224
SAVI mín	-0,301	-0,177	-0,752**	-0,621*	-0,025	0,267	-0,170	-0,200	-0,232	-0,115	-0,215	-0,664*	-0,742**	-0,188	-0,420	-0,367	0,334
SAVI máx	-0,011	-0,012	0,048	-0,108	0,385	0,424	0,174	0,195	0,349	0,110	-0,773**	-0,212	-0,208	0,113	-0,034	0,509	-0,001
RVI total	0,232	0,156	0,683*	0,536	-0,059	-0,387	0,327	0,376	0,300	0,270	0,309	0,681*	0,676*	-0,076	0,352	0,204	-0,374
RVI méd	0,211	0,184	0,764**	0,667*	-0,176	-0,520	0,105	0,119	-0,058	0,180	0,583*	0,689*	0,619*	-0,076	0,363	0,057	-0,239
RVI mín	0,003	0,002	-0,042	0,111	-0,388	-0,433	-0,180	-0,200	-0,350	-0,108	0,771**	0,208	0,207	-0,121	0,032	-0,504	-0,009
RVI máx	0,294	0,169	0,752**	0,622*	0,027	-0,263	0,168	0,199	0,233	0,114	0,206	0,658*	0,737**	0,187	0,416	0,375	-0,334
GNDVI total	-0,247	-0,245	-0,688*	-0,579*	0,006	0,321	-0,356	-0,417	-0,397	-0,400	-0,350	-0,822**	-0,666*	-0,047	-0,203	-0,301	0,392
GNDVI méd	-0,242	-0,252	-0,709**	-0,605*	0,019	0,342	-0,327	-0,384	-0,347	-0,389	-0,385	-0,825**	-0,655*	-0,041	-0,193	-0,286	0,380
GNDVI mín	0,153	0,163	-0,200	-0,006	0,670*	0,745**	0,058	-0,059	-0,229	0,037	0,168	-0,178	-0,378	0,209	-0,321	-0,081	0,534
GNDVI máx	0,142	0,063	-0,706*	-0,796**	-0,034	0,111	0,153	0,199	0,176	0,071	-0,184	-0,258	-0,145	-0,004	0,189	-0,518	0,112
CL Green total	-0,293	-0,282	-0,727**	-0,625*	0,014	0,335	-0,304	-0,354	-0,319	-0,329	-0,403	-0,842**	-0,710**	-0,098	-0,252	-0,272	0,372
CL Green méd	-0,287	-0,285	-0,741**	-0,641*	0,020	0,350	-0,288	-0,334	-0,288	-0,324	-0,423	-0,841**	-0,698*	-0,088	-0,241	-0,263	0,366
CL Green mín	0,151	0,169	-0,195	-0,017	0,688*	0,749**	0,060	-0,056	-0,230	0,046	0,135	-0,200	-0,405	0,191	-0,328	-0,077	0,527
CL Green máx	0,151	0,066	-0,706*	-0,798**	-0,056	0,055	0,153	0,205	0,238	0,102	-0,115	-0,226	-0,106	0,008	0,197	-0,526	0,050

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A19 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos PR.

A19 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the V4 corn development stage for the treatment of PR soil management.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo PR (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1 ^a ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V4																
ICF _{V4}	0,848**	0,831**	-0,085	0,045	-0,312	-0,229	-0,074	-0,149	-0,222	0,098	0,545	0,114	0,530	0,423	1,000	-0,105	-0,397
NDVI total	0,292	0,212	-0,017	0,173	-0,115	0,053	-0,284	-0,329	-0,164	-0,080	-0,002	-0,286	-0,301	-0,440	0,059	-0,403	-0,158
NDVI méd	0,305	0,149	-0,018	0,148	-0,034	0,108	-0,523	-0,558	-0,461	-0,214	-0,123	-0,454	-0,325	-0,421	0,093	-0,588*	-0,281
NDVI mín	0,475	0,308	0,422	0,540	0,140	0,305	-0,187	-0,223	-0,232	0,310	0,413	0,065	0,349	-0,030	0,510	-0,073	-0,283
NDVI máx	0,258	0,068	0,010	0,165	-0,150	0,006	-0,100	-0,131	-0,096	-0,265	0,057	-0,110	0,105	-0,569	0,139	-0,362	-0,124
EVI total	-0,210	-0,046	0,331	0,235	0,133	0,113	0,746**	0,752**	0,773**	0,563	0,398	0,868**	0,487	0,201	0,053	0,698*	0,383
EVI méd	-0,173	-0,072	0,443	0,330	0,257	0,239	0,642*	0,647*	0,626*	0,544	0,402	0,897**	0,553	0,157	0,136	0,583*	0,274
EVI mín	-0,187	-0,191	0,349	0,121	0,521	0,371	0,063	0,115	0,072	0,330	0,088	0,240	-0,094	0,307	-0,035	0,256	0,062
EVI máx	0,148	0,185	0,328	0,244	0,132	0,103	0,478	0,449	0,337	0,184	0,437	0,818**	0,671*	0,111	0,401	0,293	0,001
SR total	-0,347	-0,139	0,199	0,124	0,048	0,022	0,624*	0,670*	0,796**	0,450	0,044	0,479	0,122	0,100	-0,251	0,679*	0,630*
SR méd	-0,398	-0,410	0,461	0,339	0,484	0,448	-0,092	0,013	0,116	0,192	-0,518	-0,047	-0,206	-0,219	-0,345	0,095	0,510
SR mín	-0,168	-0,196	-0,105	-0,234	0,189	0,057	-0,485	-0,424	-0,383	-0,034	-0,348	-0,478	-0,576*	0,299	-0,148	-0,119	0,019
SR máx	0,053	-0,084	0,076	0,105	0,036	0,093	0,201	0,227	0,212	-0,108	-0,007	0,091	0,232	-0,418	0,075	-0,110	0,270
SAVI total	-0,241	-0,010	0,054	0,016	-0,118	-0,133	0,700*	0,714**	0,818**	0,426	0,223	0,529	0,198	0,192	-0,154	,704*	0,505
SAVI méd	-0,410	-0,419	0,467	0,338	0,490	0,448	-0,082	0,026	0,126	0,204	-0,519	-0,039	-0,196	-0,197	-0,347	0,119	0,525
SAVI mín	-0,166	-0,194	-0,096	-0,228	0,191	0,059	-0,479	-0,418	-0,377	-0,035	-0,342	-0,465	-0,570	0,297	-0,144	-0,112	0,023
SAVI máx	0,040	-0,095	0,083	0,113	0,044	0,104	0,195	0,221	0,207	-0,103	-0,021	0,087	0,228	-0,424	0,061	-0,113	0,277
RVI total	-0,015	0,204	-0,192	-0,157	-0,362	-0,351	0,670*	0,627*	0,676*	0,290	0,461	0,494	0,269	0,276	0,032	,578*	0,190
RVI méd	0,417	0,424	-0,470	-0,335	-0,494	-0,448	0,075	-0,035	-0,132	-0,210	0,520	0,035	0,190	0,183	0,348	-0,134	-0,535
RVI mín	-0,034	0,100	-0,086	-0,117	-0,048	-0,108	-0,192	-0,218	-0,205	0,100	0,028	-0,086	-0,226	0,426	-0,054	0,114	-0,280
RVI máx	0,163	0,192	0,089	0,223	-0,194	-0,060	0,473	0,412	0,371	0,036	0,338	0,454	0,565	-0,296	0,141	0,106	-0,026
GNDVI total	-0,024	-0,132	-0,090	-0,103	0,169	0,130	-0,621*	-0,571	-0,510	-0,369	-0,591*	-0,773**	-0,668*	-0,266	-0,268	-0,538	-0,097
GNDVI méd	-0,016	-0,131	-0,092	-0,099	0,168	0,133	-0,657*	-0,608*	-0,553	-0,367	-0,597*	-0,790**	-0,659*	-0,251	-0,248	-0,558	-0,113
GNDVI mín	0,044	-0,097	0,014	0,098	0,229	0,293	-0,609*	-0,587*	-0,525	-0,155	-0,404	-0,731**	-0,583*	-0,342	-0,246	-0,572	-0,088
GNDVI máx	0,115	0,141	-0,035	0,068	-0,234	-0,187	-0,366	-0,311	-0,332	-0,184	-0,500	-0,489	0,189	0,165	0,073	-0,004	0,469
CL Green total	-0,047	-0,148	-0,092	-0,109	0,167	0,124	-0,620*	-0,566	-0,503	-0,365	-0,615*	-0,778**	-0,670*	-0,252	-0,283	-0,521	-0,071
CL Green méd	-0,037	-0,146	-0,094	-0,105	0,166	0,128	-0,658*	-0,605*	-0,549	-0,364	-0,619*	-0,794**	-0,661*	-0,239	-0,261	-0,544	-0,091
CL Green mín	0,022	-0,116	0,010	0,089	0,221	0,280	-0,639*	-0,614*	-0,547	-0,167	-0,444	-0,747**	-0,595*	-0,329	-0,254	-0,571	-0,086
CL Green máx	0,112	0,144	-0,034	0,074	-0,234	-0,183	-0,355	-0,300	-0,321	-0,167	-0,493	-0,484	0,196	0,169	0,069	0,005	0,481

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A20 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V10 para o tratamento de manejo dos solos PR.

A20 - Pearson's correlation coefficients (r) between the yield components, phytotechnical attributes of corn and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the V10 corn development stage for the treatment of PR soil management.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo PR (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V10																
ICF _{V10}	-0,411	-0,250	0,279	0,162	-0,112	-0,150	0,473	0,519	0,611*	0,493	0,202	0,609*	0,368	0,452	-0,105	1,000	0,497
NDVI total	-0,129	0,120	-0,152	-0,177	-0,249	-0,287	0,620*	0,624*	0,717**	0,379	0,261	0,406	0,130	0,375	-0,032	0,649*	0,456
NDVI méd	0,285	0,322	-0,584*	-0,581*	-0,287	-0,382	-0,387	-0,384	-0,397	-0,132	-0,071	-0,518	-0,335	0,583*	0,340	-0,225	-0,031
NDVI mín	-0,491	-0,416	0,372	0,083	0,520	0,320	0,483	0,576*	0,455	0,250	-0,120	0,524	0,258	0,189	-0,237	0,478	0,465
NDVI máx	0,234	0,370	-0,682*	-0,667*	-0,591*	-0,678*	-0,370	-0,391	-0,329	-0,240	-0,139	-0,343	-0,243	0,625*	0,426	-0,123	-0,235
EVI total	-0,031	0,216	0,011	-0,012	-0,054	-0,079	0,665*	0,642*	0,678*	0,358	0,292	0,593*	0,258	0,197	0,051	0,443	0,292
EVI méd	0,370	0,351	0,001	0,012	0,236	0,212	-0,216	-0,266	-0,398	-0,166	-0,007	0,020	0,054	-0,055	0,365	-0,600*	-0,389
EVI mín	0,082	-0,005	-0,299	-0,369	0,077	-0,015	-0,015	0,023	-0,022	-0,069	-0,010	-0,381	-0,298	0,076	0,052	-0,207	-0,080
EVI máx	-0,317	-0,273	0,524	0,346	0,388	0,301	0,076	0,108	-0,001	0,118	-0,171	0,503	0,420	0,086	-0,028	0,233	-0,093
SR total	-0,391	-0,314	0,339	0,122	0,633*	0,463	-0,093	-0,010	-0,029	-0,031	-0,614*	-0,026	-0,323	-0,127	-0,402	-0,133	0,193
SR méd	-0,306	-0,311	0,307	0,115	0,637*	0,484	-0,350	-0,272	-0,314	-0,163	-0,686*	-0,231	-0,392	-0,178	-0,341	-0,356	0,029
SR mín	0,088	0,035	-0,563	-0,494	-0,388	-0,393	-0,464	-0,453	-0,358	-0,240	-0,204	-0,759**	-0,548	0,167	-0,002	-0,255	-0,174
SR máx	-0,294	-0,295	0,824**	0,632*	0,845**	0,774**	0,075	0,135	0,061	0,308	-0,224	0,361	0,143	-0,182	-0,232	0,090	0,045
SAVI total	-0,327	-0,080	-0,055	-0,122	-0,130	-0,192	0,547	0,580*	0,709**	0,282	-0,002	0,314	-0,043	0,193	-0,292	0,613*	0,512
SAVI méd	-0,266	-0,293	-0,164	-0,262	0,136	0,012	-0,623*	-0,547	-0,481	-0,423	-0,793**	-0,723**	-0,731**	-0,097	-0,405	-0,398	0,027
SAVI mín	0,095	0,042	-0,574	-0,498	-0,409	-0,410	-0,455	-0,446	-0,349	-0,244	-0,190	-0,755**	-0,543	0,164	0,000	-0,248	-0,172
SAVI máx	-0,318	-0,266	0,424	0,193	0,599*	0,432	-0,201	-0,131	-0,136	-0,026	-0,510	0,042	-0,282	-0,036	-0,276	-0,073	0,012
RVI total	0,086	0,217	0,184	0,231	-0,099	-0,020	0,768**	0,719**	0,702*	0,518	0,666*	0,791**	0,646*	0,159	0,234	0,586*	0,185
RVI méd	0,246	0,275	0,248	0,325	-0,032	0,080	0,624*	0,553	0,467	0,441	0,754**	0,765**	0,759**	0,075	0,395	0,373	-0,031
RVI mín	0,317	0,264	-0,420	-0,188	-0,594*	-0,426	0,203	0,133	0,137	0,027	0,511	-0,039	0,286	0,032	0,275	0,072	-0,012
RVI máx	-0,101	-0,049	0,583*	0,502	0,427	0,424	0,448	0,441	0,342	0,248	0,179	0,751**	0,538	-0,162	-0,002	0,241	0,170
GNDVI total	0,114	0,073	-0,187	-0,160	0,089	0,046	-0,782**	-0,757**	-0,756**	-0,451	-0,680*	-0,824**	-0,566	-0,089	-0,101	-0,692*	-0,189
GNDVI méd	0,115	0,052	-0,181	-0,154	0,095	0,057	-0,812**	-0,787**	-0,791**	-0,452	-0,668*	-0,835**	-0,561	-0,093	-0,084	-0,708**	-0,217
GNDVI mín	-0,032	0,072	0,124	-0,054	0,307	0,137	-0,052	0,007	-0,123	0,129	-0,233	0,129	0,187	0,521	0,239	0,083	0,253
GNDVI máx	-0,261	-0,282	0,484	0,315	0,702*	0,594*	-0,191	-0,130	-0,256	-0,052	-0,519	0,072	0,011	-0,194	-0,200	-0,285	0,076
CL Green total	-0,093	-0,096	0,199	0,089	0,495	0,384	-0,503	-0,454	-0,523	-0,265	-0,680*	-0,370	-0,333	-0,137	-0,175	-0,528	-0,110
CL Green méd	-0,074	-0,105	0,177	0,076	0,476	0,373	-0,580*	-0,531	-0,601*	-0,294	-0,689*	-0,436	-0,357	-0,141	-0,156	-0,575	-0,154
CL Green mín	-0,046	0,059	0,109	-0,071	0,318	0,144	-0,042	0,015	-0,116	0,106	-0,248	0,131	0,162	0,487	0,212	0,052	0,241
CL Green máx	-0,307	-0,280	0,438	0,226	0,628*	0,486	0,005	0,058	-0,054	0,011	-0,376	0,303	0,083	-0,087	-0,148	-0,106	0,071

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A21 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho R1 para o tratamento de manejo dos solos PR.

A21 - Pearson's correlation coefficients (r) between the yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indexes in the R1 corn development stage for the treatment of PR soil management.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo PR (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	R1																
ICF _{R10}	-0,422	-0,301	0,225	0,197	0,132	0,128	0,241	0,323	0,358	0,297	-0,295	0,120	0,138	0,102	-0,397	0,497	1,000
NDVI total	-0,091	0,083	-0,293	-0,201	-0,495	-0,442	0,342	0,342	0,517	0,213	0,135	0,003	-0,067	0,209	-0,139	0,523	0,399
NDVI méd	0,086	0,095	-0,474	-0,303	-0,578*	-0,485	-0,283	-0,286	-0,117	-0,135	-0,112	-0,615*	-0,375	0,082	-0,084	0,012	0,103
NDVI mín	-0,075	-0,027	0,280	0,148	0,046	0,004	0,750**	0,729**	0,738**	0,416	0,714**	0,916**	0,443	0,171	0,161	0,710**	0,018
NDVI máx	0,303	0,204	-0,283	-0,156	-0,212	-0,167	-0,766**	-0,762**	-0,756**	-0,420	-0,437	'-0,896**	-0,350	-0,015	0,108	-0,571	-0,307
EVI total	0,153	0,222	-0,443	-0,278	-0,559	-0,451	0,176	0,112	0,291	0,144	0,441	-0,117	-0,258	0,107	-0,001	0,222	-0,090
EVI méd	0,318	0,212	-0,455	-0,263	-0,441	-0,320	-0,365	-0,432	-0,323	-0,162	0,232	-0,534	-0,420	-0,053	0,098	-0,310	-0,420
EVI mín	-0,183	-0,268	-0,125	-0,089	0,175	0,184	-0,521	-0,487	-0,432	-0,153	-0,463	'-0,769**	'-0,690*	-0,227	-0,464	-0,427	-0,077
EVI máx	0,150	0,134	0,034	0,207	0,267	0,398	-0,195	-0,240	-0,188	-0,013	-0,155	-0,372	-0,432	-0,563	-0,264	-0,634*	-0,138
SR total	-0,239	-0,073	-0,195	-0,171	-0,399	-0,377	0,394	0,400	0,595*	0,296	0,195	0,134	-0,124	0,223	-0,230	0,648*	0,304
SR méd	-0,159	-0,138	-0,309	-0,244	-0,437	-0,392	-0,136	-0,129	0,078	0,036	0,000	-0,361	-0,433	0,122	-0,236	0,269	0,002
SR mín	0,088	0,064	-0,435	-0,330	-0,223	-0,216	'-0,640*	'-0,645*	'-0,585*	-0,362	-0,386	'-0,856**	'-0,654*	0,020	-0,211	-0,452	-0,133
SR máx	-0,141	-0,186	-0,054	-0,004	0,021	0,047	-0,576*	-0,552	-0,407	-0,371	-0,610*	-0,563	-0,630*	-0,391	-0,391	-0,435	0,082
SAVI total	-0,219	0,002	-0,057	-0,068	-0,249	-0,250	0,648*	0,652*	0,783**	0,399	0,274	0,428	0,119	0,233	-0,158	0,721**	0,430
SAVI méd	-0,115	-0,112	-0,277	-0,221	-0,392	-0,352	-0,106	-0,097	0,084	0,059	0,055	-0,341	-0,383	0,140	-0,189	0,277	0,014
SAVI mín	0,089	0,067	-0,436	-0,328	-0,226	-0,217	'-0,641*	'-0,646*	'-0,586*	-0,358	-0,382	'-0,856**	'-0,652*	0,022	-0,209	-0,451	-0,132
SAVI máx	-0,049	-0,097	-0,047	0,009	0,114	0,137	'-0,637*	'-0,621*	-0,519	-0,297	-0,563	-0,575	'-0,606*	-0,297	-0,275	-0,539	0,030
RVI total	-0,075	0,107	0,203	0,143	0,160	0,121	0,615*	0,611*	0,552	0,267	0,156	0,654*	0,437	0,060	0,043	0,320	0,332
RVI méd	0,099	0,105	0,267	0,208	0,375	0,333	0,125	0,116	-0,061	-0,052	-0,049	0,361	0,388	-0,127	0,185	-0,251	-0,007
RVI mín	0,045	0,093	0,046	-0,010	-0,118	-0,141	0,638*	0,623*	0,523	0,293	0,559	0,574	0,603*	0,293	0,271	0,542	-0,027
RVI máx	-0,091	-0,069	0,436	0,326	0,229	0,218	0,641*	0,647*	0,586*	0,354	0,379	0,856**	0,650*	-0,023	0,208	0,450	0,131
GNDVI total	0,428	0,417	-0,334	-0,154	-0,538	-0,417	0,159	0,111	0,109	0,173	0,543	-0,082	0,312	0,341	0,435	0,234	-0,009
GNDVI méd	0,406	0,417	-0,326	-0,156	-0,532	-0,419	0,244	0,195	0,197	0,207	0,577*	-0,008	0,333	0,349	0,420	0,292	0,027
GNDVI mín	0,461	0,430	-0,384	-0,169	-0,369	-0,241	0,116	0,056	0,079	0,010	0,423	-0,323	-0,073	-0,040	0,164	-0,121	-0,074
GNDVI máx	0,261	0,123	-0,220	-0,094	0,026	0,066	-0,673*	-0,694*	-0,810**	-0,559	-0,433	-0,744**	-0,277	-0,304	-0,035	-0,846**	-0,319
CL Green total	0,447	0,442	-0,331	-0,141	-0,552	-0,425	0,166	0,113	0,105	0,167	0,550	-0,066	0,350	0,340	0,454	0,230	-0,016
CL Green méd	0,427	0,440	-0,324	-0,145	-0,545	-0,426	0,246	0,193	0,187	0,198	0,584*	0,004	0,369	0,346	0,441	0,283	0,015
CL Green mín	0,461	0,434	-0,402	-0,189	-0,387	-0,263	0,115	0,053	0,071	-0,007	0,419	-0,325	-0,067	-0,026	0,168	-0,121	-0,092
CL Green máx	0,212	0,048	-0,288	-0,203	0,011	0,013	-0,628*	-0,637*	-0,754**	-0,621*	-0,414	-0,770**	-0,354	-0,302	-0,090	-0,805**	-0,308

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A22 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V4 para o tratamento de manejo dos solos SPDC.

A22 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the V4 corn development stage for the SPDC soil management treatment

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo SPDC (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V4																
ICF _{V4}	0,825**	0,756**	0,198	0,245	0,253	0,323	0,371	0,166	-0,009	-0,040	0,328	0,297	0,200	0,166	1,000	-0,187	-0,073
NDVI total	-0,481	-0,464	0,064	-0,043	0,075	0,004	0,288	0,346	0,359	-0,103	-0,182	-0,328	-0,349	0,052	-0,220	-0,079	0,214
NDVI méd	-0,438	-0,508	0,214	0,174	0,108	0,109	0,197	0,130	-0,012	-0,321	0,171	0,081	-0,658*	0,073	-0,151	-0,209	0,158
NDVI mín	-0,478	-0,441	0,404	0,249	-0,056	-0,216	0,197	0,133	0,339	-0,040	-0,008	-0,037	-0,541	0,516	-0,053	0,175	0,512
NDVI máx	0,014	-0,210	0,189	0,204	0,539	0,568	0,521	0,469	0,117	0,195	0,034	-0,131	-0,022	-0,162	0,134	0,116	-0,118
EVI total	-0,064	0,120	-0,037	-0,199	0,176	-0,016	0,410	0,538	0,724**	0,402	-0,493	-0,589*	0,521	0,057	0,173	0,407	0,360
EVI méd	-0,048	0,120	0,073	-0,083	0,258	0,066	0,472	0,553	0,656*	0,365	-0,373	-0,459	0,449	0,082	0,271	0,418	0,422
EVI mín	-0,093	0,074	0,091	-0,069	0,579*	0,335	0,432	0,609*	0,718**	0,240	-0,503	-0,567	0,267	0,058	0,091	0,392	0,345
EVI máx	0,476	0,474	-0,261	-0,210	0,008	0,103	0,013	0,104	-0,120	-0,054	0,024	0,176	0,475	-0,363	0,459	-0,271	-0,157
SR total	-0,391	-0,203	-0,211	-0,386	-0,023	-0,234	0,185	0,387	0,645*	0,359	-0,707*	-0,851**	0,436	-0,020	-0,391	0,280	0,109
SR méd	-0,724**	-0,646*	0,169	0,042	0,128	-0,068	0,097	0,072	-0,034	-0,090	-0,171	-0,277	-0,273	0,027	-0,602*	0,068	0,048
SR mín	-0,270	-0,009	0,231	0,035	0,494	0,170	0,406	0,552	0,605*	-0,041	-0,353	-0,398	0,067	0,063	-0,055	0,264	0,463
SR máx	-0,370	-0,387	0,313	0,186	0,278	0,087	0,102	0,062	-0,308	-0,060	-0,160	-0,141	-0,137	0,217	-0,180	-0,210	-0,149
SAVI total	-0,143	0,027	-0,297	-0,434	-0,081	-0,229	0,153	0,376	0,700*	0,419	-0,690*	-0,803**	0,568	-0,032	-0,193	0,276	0,094
SAVI méd	-0,722**	-0,641*	0,152	0,024	0,119	-0,077	0,076	0,049	-0,036	-0,095	-0,182	-0,285	-0,275	0,033	-0,610*	0,067	0,031
SAVI mín	-0,267	-0,008	0,232	0,038	0,496	0,174	0,406	0,550	0,606*	-0,040	-0,349	-0,395	0,063	0,064	-0,054	0,269	0,464
SAVI máx	-0,351	-0,369	0,311	0,186	0,279	0,092	0,100	0,049	-0,320	-0,065	-0,153	-0,137	-0,136	0,227	-0,160	-0,221	-0,162
RVI total	0,241	0,343	-0,333	-0,383	-0,136	-0,160	0,091	0,294	0,615*	0,409	-0,493	-0,540	0,624*	-0,046	0,141	0,205	0,065
RVI méd	0,720**	0,636*	-0,139	-0,011	-0,113	0,083	-0,061	-0,033	0,037	0,097	0,191	0,291	0,275	-0,037	0,615*	-0,067	-0,020
RVI mín	0,342	0,359	-0,309	-0,186	-0,280	-0,094	-0,099	-0,043	0,325	0,068	0,149	0,135	0,136	-0,231	0,150	0,226	0,169
RVI máx	0,264	0,007	-0,233	-0,041	-0,497	-0,177	-0,406	-0,548	-0,606*	0,039	0,344	0,392	-0,060	-0,065	0,052	-0,273	-0,465
GNDVI total	-0,640*	-0,648*	-0,070	-0,099	-0,227	-0,260	-0,423	-0,495	-0,317	-0,184	-0,097	-0,111	-0,538	0,169	-0,736**	-0,072	-0,227
GNDVI méd	-0,649*	-0,663*	-0,084	-0,118	-0,294	-0,297	-0,388	-0,497	-0,274	-0,195	-0,071	-0,108	-0,605*	0,237	-0,638*	-0,103	-0,178
GNDVI mín	-0,699*	-0,555	-0,025	-0,175	-0,198	-0,343	-0,254	-0,275	0,240	0,055	-0,370	-0,385	-0,432	0,504	-0,459	0,271	0,257
GNDVI máx	-0,499	-0,489	-0,112	-0,165	-0,450	-0,472	0,008	-0,122	-0,080	-0,255	0,012	-0,201	-0,284	-0,087	-0,550	-0,295	-0,258
CL Green total	-0,636*	-0,650*	-0,071	-0,093	-0,230	-0,254	-0,425	-0,496	-0,336	-0,183	-0,085	-0,101	-0,533	0,155	-0,740**	-0,082	-0,237
CL Green méd	-0,645*	-0,665*	-0,082	-0,109	-0,289	-0,288	-0,398	-0,505	-0,303	-0,197	-0,059	-0,093	-0,600*	0,217	-0,656*	-0,110	-0,195
CL Green mín	-0,708*	-0,555	-0,026	-0,178	-0,191	-0,344	-0,268	-0,284	0,236	0,062	-0,386	-0,395	-0,420	0,508	-0,475	0,283	0,259
CL Green máx	-0,494	-0,488	-0,112	-0,161	-0,443	-0,462	0,010	-0,122	-0,086	-0,256	0,021	-0,195	-0,286	-0,096	-0,550	-0,293	-0,262

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A23 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho V10 para o tratamento de manejo dos solos SPDC.

A23 - Pearson's correlation coefficients (r) between yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the V10 corn development stage for the SPDC soil management treatment

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo SPDC (r)																
	BIO _{V4}	MS _{V4}	BIO _{V10}	MS _{V10}	BIO _{R1}	MS _{R1}	BIO _{Final}	MS _{Final}	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF _{V4}	ICF _{V10}	ICF _{R1}
	V10																
ICF _{V10}	-0,352	-0,386	0,345	0,323	0,213	0,132	0,276	0,263	0,297	0,792**	-0,063	-0,185	0,261	0,141	-0,187	1,000	0,533
NDVI total	-0,144	0,028	-0,203	-0,363	-0,104	-0,282	0,167	0,443	0,815**	0,292	-0,622*	-0,642*	0,411	-0,001	-0,140	0,260	0,274
NDVI méd	-0,216	-0,199	0,359	0,260	-0,019	-0,160	0,057	0,178	0,264	-0,442	0,207	0,458	-0,602*	0,114	-0,009	-0,048	0,532
NDVI mín	-0,084	-0,334	0,352	0,435	-0,341	-0,211	0,098	-0,087	-0,263	-0,333	0,709**	0,711**	-0,645*	-0,042	-0,041	-0,186	0,081
NDVI máx	-0,438	-0,101	-0,128	-0,356	-0,048	-0,342	-0,128	-0,094	0,530	0,117	-0,653*	-0,684*	0,044	0,480	-0,262	0,337	0,236
EVI total	-0,431	-0,386	0,001	-0,130	-0,300	-0,424	-0,069	0,023	0,448	0,098	-0,386	-0,453	-0,254	0,366	-0,425	0,087	0,130
EVI méd	-0,388	-0,474	0,259	0,225	-0,230	-0,254	-0,197	-0,294	-0,127	-0,261	0,159	0,177	-0,762**	0,411	-0,329	-0,134	0,055
EVI mín	-0,387	-0,513	0,448	0,385	-0,139	-0,200	0,053	-0,027	-0,048	-0,297	0,276	0,314	-0,779**	0,343	-0,187	-0,152	0,220
EVI máx	0,183	0,157	-0,261	-0,259	-0,259	-0,223	-0,097	-0,126	0,278	0,219	-0,019	0,130	0,257	-0,114	0,184	0,436	0,057
SR total	-0,194	-0,129	0,159	0,036	-0,181	-0,311	0,148	0,310	0,597*	0,225	-0,284	-0,308	-0,016	0,319	-0,080	0,208	0,437
SR méd	-0,163	-0,242	0,495	0,465	-0,118	-0,154	0,037	0,005	0,029	-0,145	0,308	0,381	-0,595*	0,421	0,036	-0,007	0,428
SR mín	-0,075	-0,223	0,233	0,362	-0,308	-0,128	-0,091	-0,340	-0,737**	-0,419	0,715**	0,668*	-0,506	-0,064	-0,044	-0,458	-0,131
SR máx	-0,190	-0,206	0,338	0,351	-0,305	-0,253	0,083	0,127	0,162	0,134	0,298	0,314	-0,245	0,220	0,062	0,224	0,693*
SAVI total	-0,111	0,044	-0,262	-0,398	-0,111	-0,255	0,158	0,380	0,728**	0,413	-0,659*	-0,758**	0,528	0,012	-0,152	0,273	0,128
SAVI méd	-0,385	-0,435	0,442	0,320	-0,131	-0,284	0,127	0,111	0,239	-0,119	0,065	0,087	-0,567	0,410	-0,198	0,046	0,333
SAVI mín	-0,072	-0,223	0,242	0,371	-0,297	-0,118	-0,086	-0,333	-0,739**	-0,417	0,717**	0,670*	-0,507	-0,063	-0,040	-0,458	-0,127
SAVI máx	-0,094	-0,110	0,369	0,325	-0,419	-0,437	0,138	0,081	0,138	0,141	0,276	0,310	-0,115	0,321	0,198	0,170	0,543
RVI total	0,138	0,305	-0,461	-0,507	-0,024	-0,060	0,047	0,255	0,490	0,428	-0,600*	-0,688*	,769**	-0,189	0,002	0,211	-0,051
RVI méd	0,442	0,491	-0,406	-0,263	0,137	0,312	-0,174	-0,156	-0,304	0,096	-0,002	0,005	0,531	-0,372	0,257	-0,070	-0,294
RVI mín	0,092	0,107	-0,369	-0,323	0,422	0,444	-0,139	-0,080	-0,137	-0,140	-0,274	-0,308	0,109	-0,322	-0,201	-0,168	-0,538
RVI máx	0,070	0,222	-0,249	-0,379	0,288	0,110	0,082	0,327	0,740**	0,416	-0,719**	-0,672*	0,508	0,061	0,037	0,458	0,124
GNDVI total	-0,339	-0,450	-0,036	-0,010	-0,263	-0,201	-0,466	-0,413	-0,229	-0,482	0,118	0,287	-0,819**	0,105	-0,474	-0,341	-0,117
GNDVI méd	-0,325	-0,437	-0,023	0,008	-0,254	-0,188	-0,468	-0,435	-0,267	-0,500	0,150	0,320	-0,831**	0,111	-0,452	-0,351	-0,125
GNDVI mín	-0,293	-0,474	0,279	0,362	-0,221	-0,093	0,007	-0,108	-0,137	-0,372	0,630*	0,646*	-0,821**	-0,065	-0,208	-0,020	0,274
GNDVI máx	0,282	0,106	-0,024	0,228	-0,095	0,280	-0,218	-0,365	-0,455	-0,176	0,642*	0,619*	-0,451	-0,045	0,280	-0,151	0,038
CL Green total	-0,265	-0,380	0,021	0,066	-0,269	-0,183	-0,465	-0,438	-0,291	-0,454	0,188	0,348	-0,806**	0,168	-0,381	-0,350	-0,082
CL Green méd	-0,251	-0,368	0,037	0,088	-0,255	-0,166	-0,463	-0,459	-0,332	-0,475	0,226	0,387	-0,820**	0,170	-0,356	-0,358	-0,092
CL Green mín	-0,301	-0,460	0,271	0,349	-0,229	-0,107	-0,007	-0,124	-0,132	-0,378	0,623*	0,641*	-0,817**	-0,049	-0,201	-0,012	0,298
CL Green máx	0,251	0,074	-0,021	0,223	-0,035	0,336	-0,150	-0,250	-0,328	-0,200	0,622*	0,596*	-0,500	-0,092	0,273	-0,129	0,123

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

A24 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes de produtividade, atributos fitotécnicos do milho e índices de vegetação máximos, mínimos, médios e totais no estágio de desenvolvimento do milho R1 para o tratamento de manejo dos solos SPDC.

A24 - Pearson's correlation coefficients (r) between the yield components, phytotechnical attributes of maize and maximum, minimum, average and total vegetation indices in the R1 corn development stage for the SPDC soil management treatment.

índices	Componentes de produtividade e atributos fitotécnicos - Tratamento Manejo SPDC (r)																
	BIO V4	MS V4	BIO V10	MS V10	BIO R1	MS R1	BIO Final	MS Final	PSG	M1000	ALT	ALT 1ª ESP	DIA COL	N ESP	ICF V4	ICF V10	ICF R1
	R1																
ICF R10	-0,476	-0,347	0,520	0,435	0,104	-0,042	0,345	0,471	0,346	0,208	0,148	0,157	-0,087	0,091	-0,073	0,533	1,000
NDVI total	0,208	0,370	-0,049	-0,154	0,141	0,014	0,395	0,597*	0,692*	0,322	-0,370	-0,405	0,605*	-0,063	0,342	0,251	0,371
NDVI méd	0,424	0,498	0,283	0,253	0,338	0,277	0,488	0,558	0,331	0,048	0,165	0,225	0,313	-0,062	0,714**	0,113	0,503
NDVI mín	-0,070	-0,004	0,364	0,272	0,170	0,045	0,578*	0,577*	0,481	0,397	0,074	0,021	0,319	0,024	0,358	0,582*	0,701*
NDVI máx	0,018	0,077	0,030	-0,041	0,123	0,002	-0,379	-0,371	-0,388	-0,675*	-0,092	0,122	-0,510	0,277	-0,065	-0,702*	-0,389
EVI total	-0,449	-0,311	-0,362	-0,414	-0,186	-0,250	-0,635*	-0,491	-0,179	-0,443	-0,396	-0,286	-0,439	0,086	-0,704*	-0,407	-0,328
EVI méd	-0,371	-0,306	-0,224	-0,225	-0,147	-0,154	-0,619*	-0,575	-0,404	-0,553	-0,109	0,022	-0,603*	0,081	-0,580*	-0,460	-0,330
EVI mín	0,025	0,123	-0,480	-0,445	-0,194	-0,130	-0,648*	-0,587*	-0,366	-0,759**	-0,101	0,064	-0,452	-0,083	-0,280	-0,752**	-0,529
EVI máx	-0,434	-0,502	0,122	0,251	-0,435	-0,229	-0,156	-0,228	-0,257	0,064	0,406	0,236	-0,424	0,042	-0,409	0,097	0,321
SR total	-0,262	-0,042	-0,621*	-0,726**	0,007	-0,119	-0,619*	-0,309	0,153	-0,351	-0,773**	-0,571	-0,094	-0,037	-0,556	-0,335	-0,369
SR méd	-0,242	-0,076	-0,538	-0,597*	0,024	-0,052	-0,698*	-0,463	-0,106	-0,530	-0,544	-0,303	-0,321	-0,033	-0,531	-0,460	-0,425
SR mín	0,043	0,046	-0,504	-0,418	0,123	0,239	-0,681*	-0,566	-0,442	-0,443	-0,253	-0,096	-0,322	-0,088	-0,319	-0,538	-0,632*
SR máx	-0,150	-0,290	0,537	0,599*	-0,115	-0,026	0,279	0,121	0,015	0,212	0,618*	0,574	-0,332	0,164	0,184	0,478	0,672*
SAVI total	-0,152	0,071	-0,558	-0,696*	-0,038	-0,190	-0,192	0,126	0,585*	0,143	-0,879**	-0,851**	0,422	-0,076	-0,349	0,031	-0,145
SAVI méd	-0,195	-0,013	-0,615*	-0,685*	0,067	-0,021	-0,637*	-0,371	-0,003	-0,441	-0,650*	-0,427	-0,152	-0,103	-0,498	-0,407	-0,454
SAVI mín	0,045	0,050	-0,505	-0,421	0,124	0,238	-0,682*	-0,565	-0,440	-0,444	-0,258	-0,099	-0,316	-0,088	-0,317	-0,540	-0,632*
SAVI máx	-0,006	-0,241	0,285	0,417	-0,373	-0,159	0,174	-0,069	-0,052	0,175	0,677*	0,559	-0,326	0,037	0,126	0,345	0,314
RVI total	0,148	0,041	0,461	0,482	-0,128	-0,089	0,649*	0,481	0,264	0,570	0,367	0,106	0,356	0,092	0,406	0,469	0,465
RVI méd	0,180	-0,001	0,629*	0,701*	-0,077	0,012	0,623*	0,351	-0,021	0,419	0,668*	0,446	0,116	0,119	0,486	0,390	0,457
RVI mín	0,001	0,240	-0,277	-0,411	0,377	0,159	-0,168	0,075	0,057	-0,172	-0,677*	-0,559	0,327	-0,032	-0,123	-0,339	-0,302
RVI máx	-0,047	-0,055	0,507	0,424	-0,125	-0,237	0,683*	0,563	0,438	0,445	0,263	0,101	0,311	0,089	0,316	0,542	0,632*
GNDVI total	-0,193	-0,219	-0,265	-0,206	-0,099	-0,027	-0,663*	-0,576*	-0,502	-0,592*	-0,014	0,196	-0,599*	-0,054	-0,482	-0,547	-0,420
GNDVI méd	-0,201	-0,216	-0,297	-0,243	-0,119	-0,050	-0,676*	-0,581*	-0,478	-0,591*	-0,046	0,161	-0,585*	-0,059	-0,502	-0,550	-0,431
GNDVI mín	0,017	-0,240	0,418	0,484	0,212	0,308	0,008	0,026	-0,466	-0,126	0,344	0,501	-0,442	0,141	0,169	-0,308	0,044
GNDVI máx	0,005	-0,138	0,471	0,581*	-0,158	-0,031	-0,117	-0,325	-0,606*	-0,180	0,644*	0,656*	-0,525	0,306	0,103	-0,191	0,130
CL Green total	-0,201	-0,221	-0,260	-0,211	-0,130	-0,066	-0,669*	-0,600*	-0,490	-0,582*	-0,030	0,166	-0,608*	-0,002	-0,485	-0,545	-0,430
CL Green méd	-0,206	-0,218	-0,282	-0,235	-0,146	-0,083	-0,676*	-0,604*	-0,474	-0,584*	-0,047	0,146	-0,600*	-0,006	-0,496	-0,547	-0,437
CL Green mín	0,023	-0,231	0,406	0,470	0,203	0,298	-0,006	0,014	-0,468	-0,132	0,337	0,500	-0,439	0,144	0,172	-0,316	0,037
CL Green máx	-0,071	-0,191	0,493	0,546	-0,157	-0,090	-0,100	-0,223	-0,341	-0,137	0,493	0,557	-0,587*	0,424	0,094	-0,091	0,301

Nota: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Fonte: Elaboração do próprio autor.

APÊNDICE B – PROCESSAMENTO DE DADOS FOTOGRAMÉTRICOS

- !** **Important:** Click on the different icons for:
- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
 - i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	nir01
Processed	2019-01-15 16:48:13
Camera Model Name(s)	CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048 (Red,Green,NIR)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.52 cm / 1.38 in
Area Covered	0.094 km ² / 9.3997 ha / 0.0363 sq. mi. / 23.2393 acres
Time for Initial Processing (without report)	19m:29s

Quality Check



? Images	median of 83356 keypoints per image	✓
? Dataset	35 out of 35 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	0.85% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 24352.8 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 3 GCPs (3 3D), mean RMS error = 0.015 m	✓

? Preview

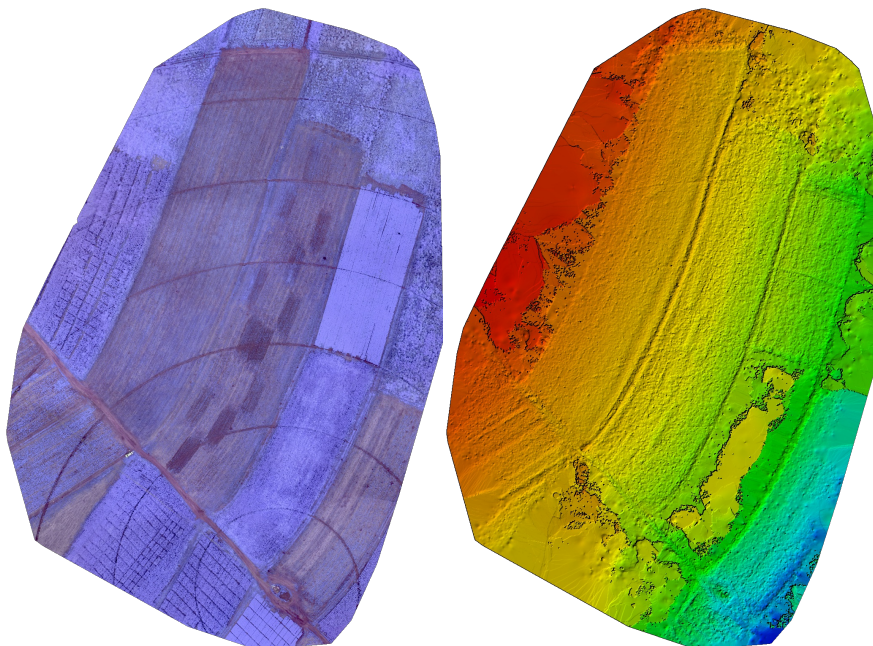


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	35 out of 35
Number of Geolocated Images	35 out of 35

Initial Image Positions

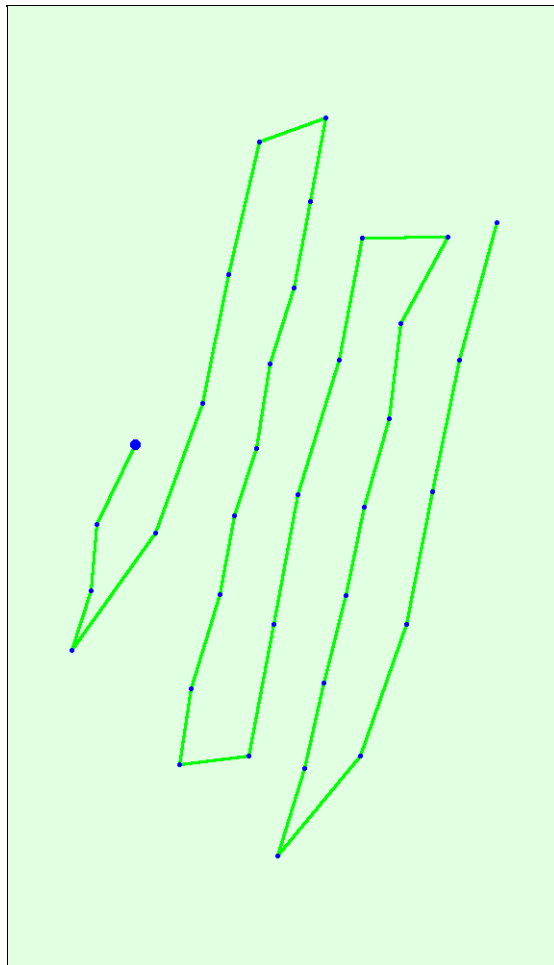
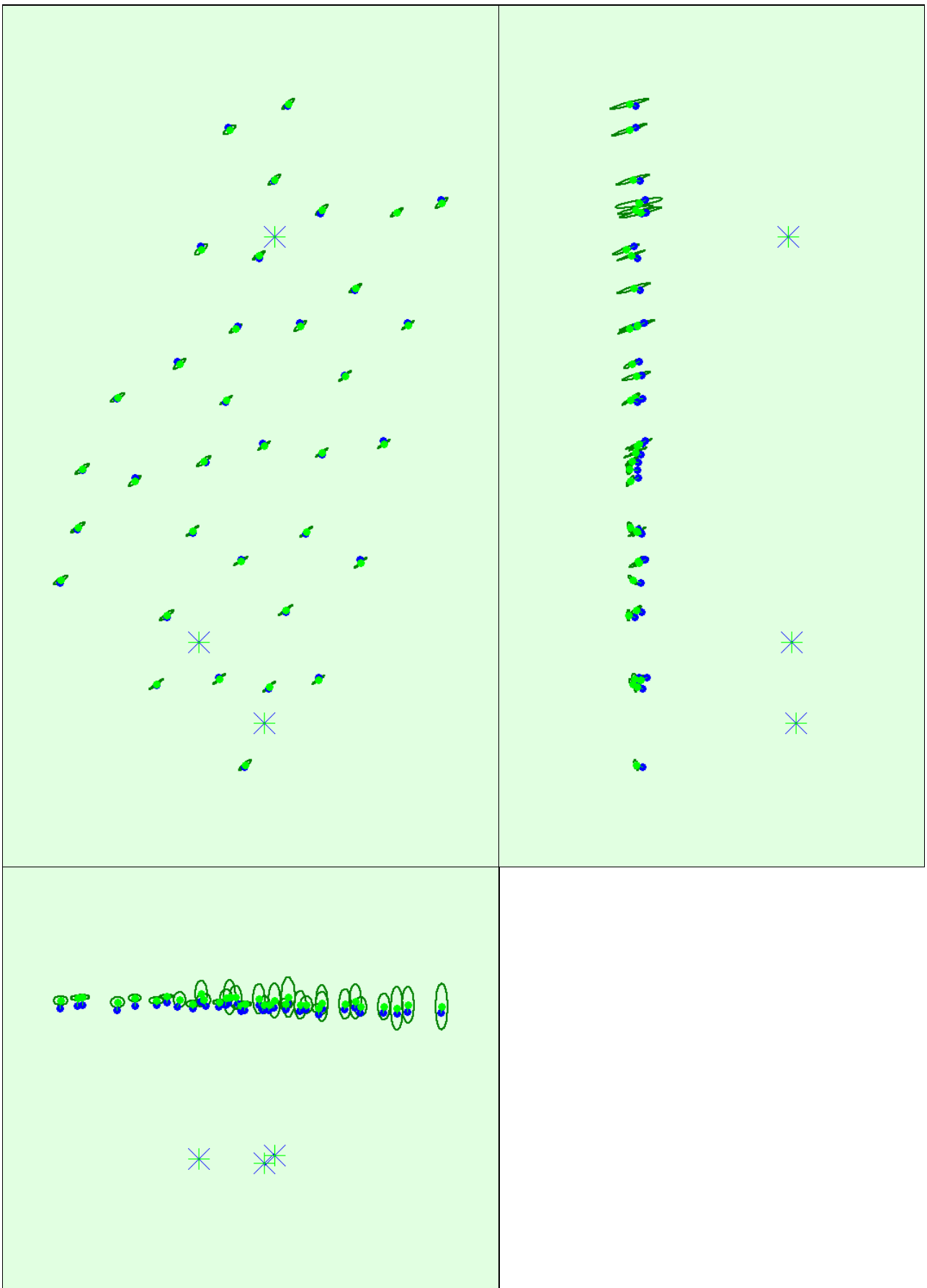


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 10x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.378	0.302	0.585	0.228	0.158	nan
Sigma	0.016	0.013	0.378	0.069	0.080	nan

Overlap

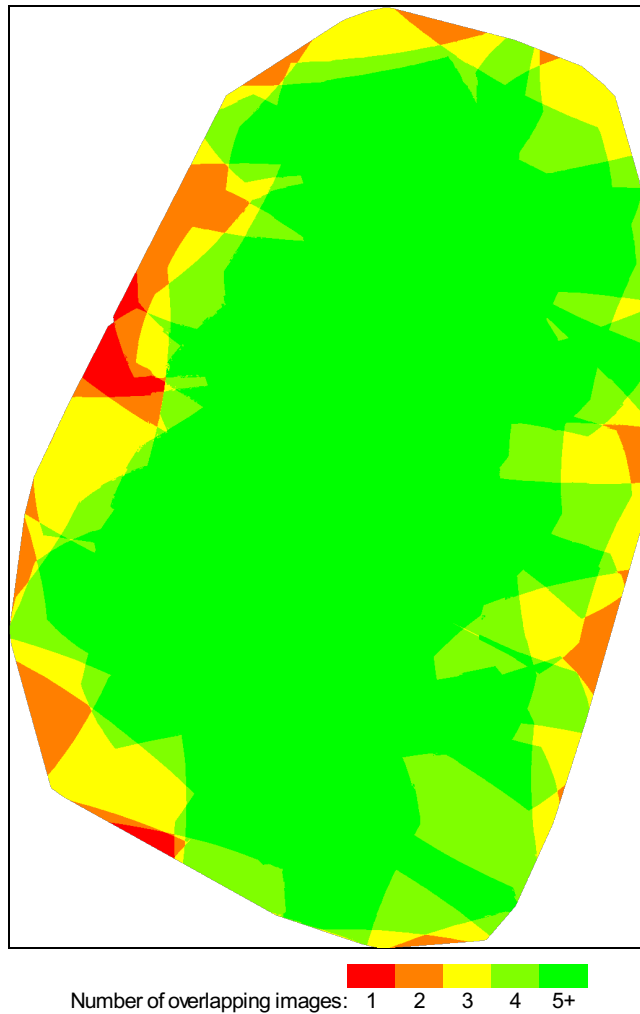


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details



Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	878861
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	340577
Mean Reprojection Error [pixels]	0.248

Internal Camera Parameters

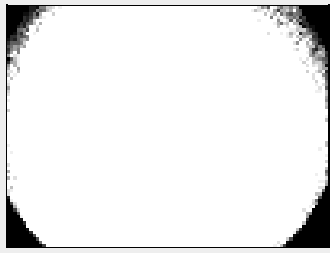
CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048 (Red,Green,NIR). Sensor Dimensions: 6.240 [mm] x 4.698 [mm]



EXIF ID: CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	2854.363 [pixel] 4.400 [mm]	2024.003 [pixel] 3.120 [mm]	1524.003 [pixel] 2.349 [mm]	-0.266	0.079	-0.013	0.000	0.000
Optimized Values	2878.730 [pixel] 4.438 [mm]	1987.816 [pixel] 3.064 [mm]	1430.240 [pixel] 2.205 [mm]	-0.264	0.084	-0.015	0.000	0.000

Uncertainties (Sigma)	3.626 [pixel] 0.006 [mm]	0.641 [pixel] 0.001 [mm]	0.904 [pixel] 0.001 [mm]	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
-----------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the re-projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	83356	24353
Min	68227	8443
Max	88564	39609
Mean	82290	25110

3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	220401
In 3 Images	70313
In 4 Images	30775
In 5 Images	12640
In 6 Images	4806
In 7 Images	1246
In 8 Images	315
In 9 Images	69
In 10 Images	11
In 11 Images	1

2D Keypoint Matches



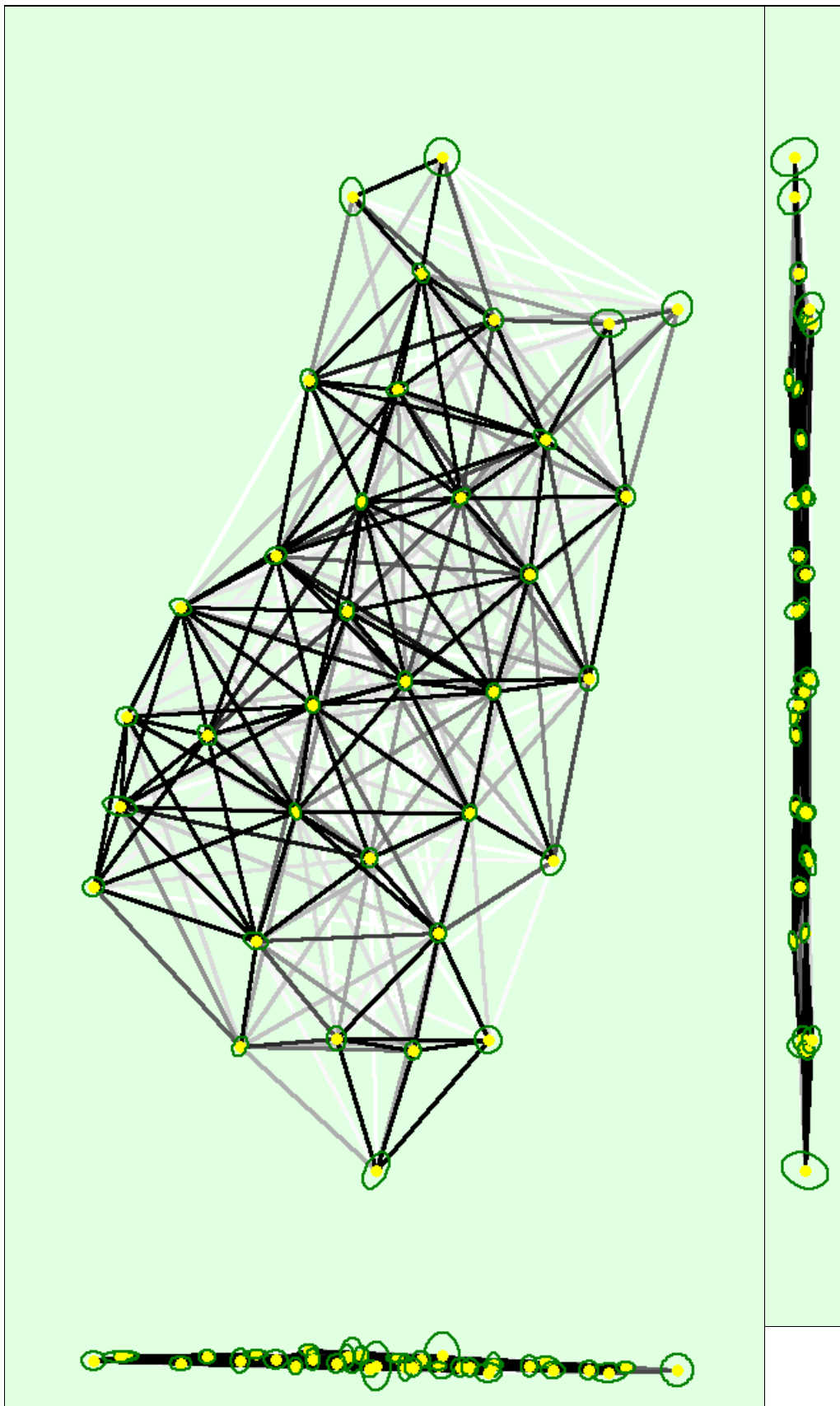


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.040	0.043	0.036	0.042	0.031	0.012
Sigma	0.012	0.013	0.018	0.020	0.013	0.005

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
PC01 (3D)	0.005/ 0.005	0.018	-0.026	-0.035	2.671	6 / 6
PC02 (3D)	0.005/ 0.005	-0.012	0.016	-0.003	1.234	6 / 6
PC03 (3D)	0.005/ 0.005	-0.000	-0.003	0.001	1.149	6 / 6
Mean [m]		0.002043	-0.004506	-0.012333		
Sigma [m]		0.012402	0.017312	0.016085		
RMS Error [m]		0.012569	0.017889	0.020269		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-8.00	0.00	0.00	0.00
-8.00	-6.40	0.00	0.00	0.00
-6.40	-4.80	0.00	0.00	0.00
-4.80	-3.20	0.00	0.00	0.00
-3.20	-1.60	0.00	2.86	0.00
-1.60	0.00	54.29	54.29	45.71
0.00	1.60	45.71	17.14	54.29
1.60	3.20	0.00	25.71	0.00
3.20	4.80	0.00	0.00	0.00
4.80	6.40	0.00	0.00	0.00
6.40	8.00	0.00	0.00	0.00
8.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.350231	0.160919	-3.643584
Sigma [m]		0.451262	1.331093	0.628995
RMS Error [m]		0.571226	1.340785	3.697477

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-0.345605	0.111728	-3.622587

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00

Mean of Geolocation Accuracy [m]	4.848857	4.848857	4.711257
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.225610	0.225610	0.219102

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	3.505
Phi	4.465
Kappa	8.975

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details



System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7600U CPU @2.80GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 620 (Driver: 24.20.100.6286)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S
Output Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S

Processing Options



Detected Template	NDM POLO*
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: yes
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Alternative Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes Bundle Adjustment: Classic

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/4 (Quarter image size, Fast)
Point Density	Low (Fast)
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	no
Advanced: Matching Window Size	7x7 pixels
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no
Time for Point Cloud Densification	01m:09s

Results



Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	255828
Average Density (per m ³)	6.49

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.53 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Index Calculator: Reflectance Map	Generated: yes Resolution: 1 x GSD (3.53 [cm/pixel]) Merge Tiles: yes
Index Calculator: Indices	ndvi
Index Calculator: Index Values	Polygon Shapefile [cm/grid]: 400
Time for Reflectance Map Generation	27m:04s
Time for Index Map Generation	01m:25s

Camera Radiometric Correction



Camera Name	Band	Radiometric Correction Type
CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048	Red Green NIR	Camera Only

- !** **Important:** Click on the different icons for:
- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
 - i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	nir02
Processed	2019-03-18 10:40:08
Camera Model Name(s)	CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048 (Red,Green,NIR)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.49 cm / 1.37 in
Area Covered	0.1019 km ² / 10.1879 ha / 0.0394 sq. mi. / 25.188 acres
Time for Initial Processing (without report)	18m:21s

Quality Check



? Images	median of 78759 keypoints per image	✓
? Dataset	37 out of 37 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	0.06% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 12869.5 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 4 GCPs (4 3D), mean RMS error = 0.01 m	✓

? Preview

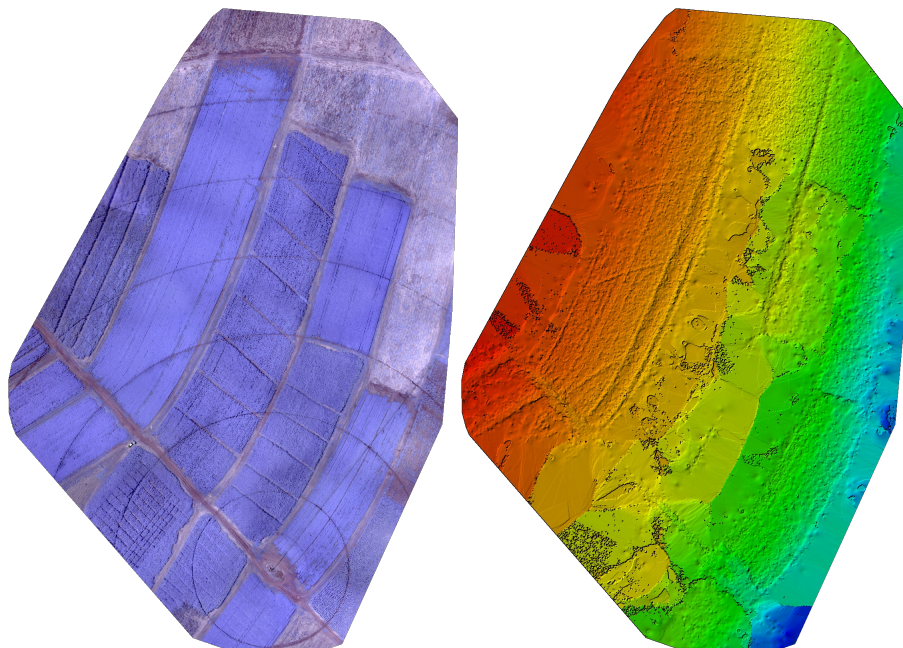


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	37 out of 37
Number of Geolocated Images	37 out of 37

Initial Image Positions

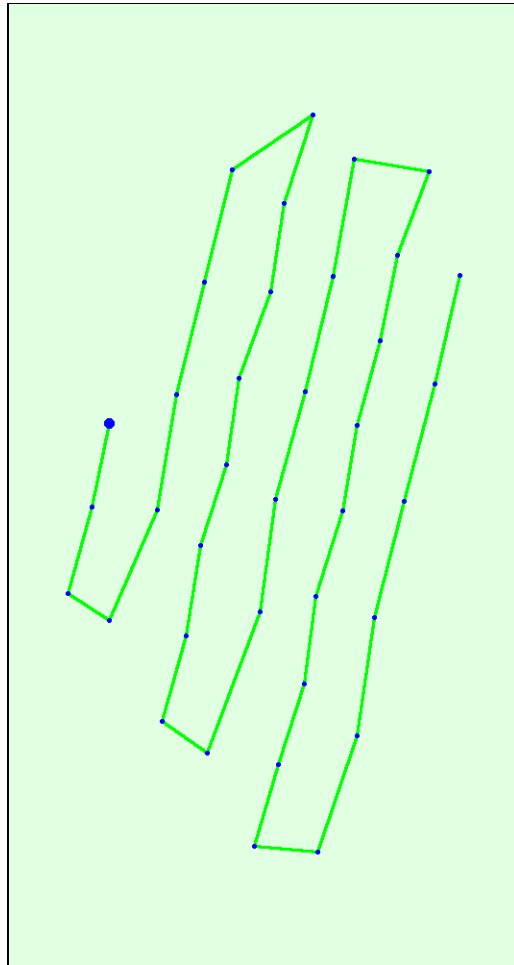
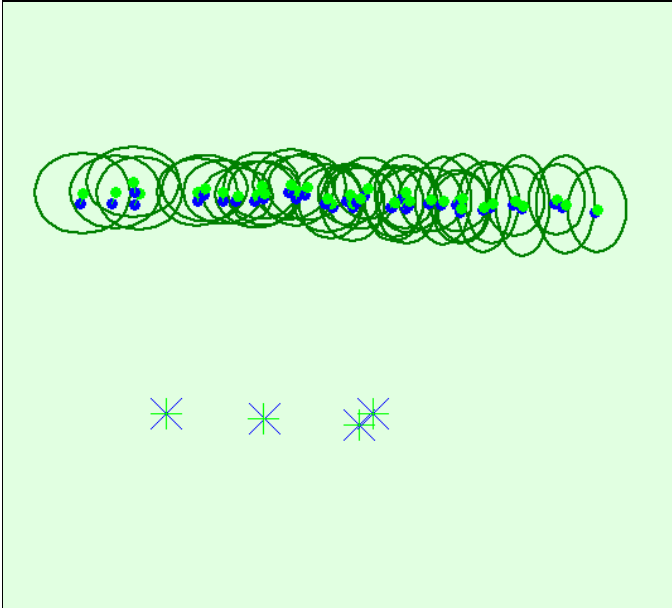
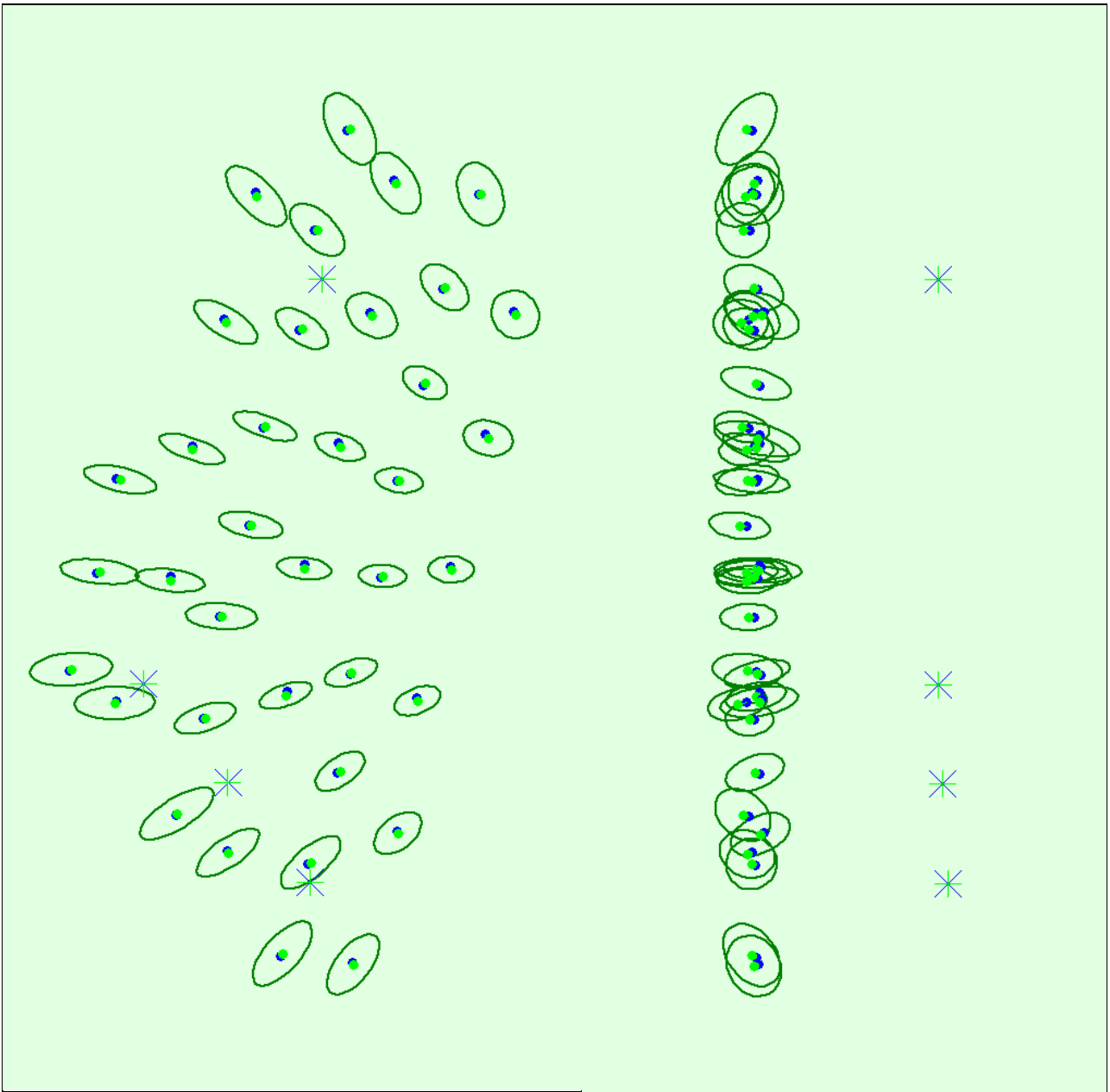


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 100x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

🔍 Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.142	0.098	0.152	0.065	0.079	0.016
Sigma	0.025	0.034	0.022	0.023	0.021	0.006

🔍 Overlap

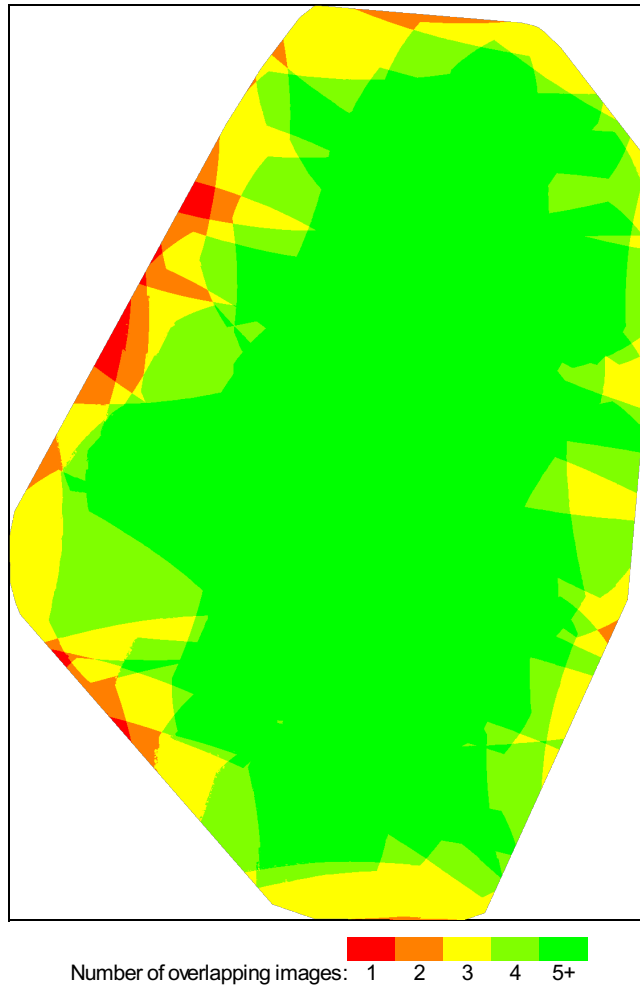


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details



Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	470548
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	199340
Mean Reprojection Error [pixels]	0.282

🔍 Internal Camera Parameters

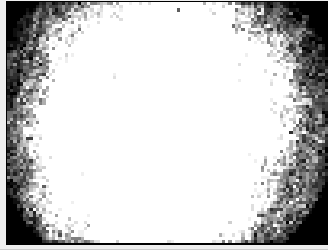
📷 CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048 (Red,Green,NIR). Sensor Dimensions: 6.240 [mm] x 4.698 [mm]



EXIF ID: CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	2854.363 [pixel] 4.400 [mm]	2024.003 [pixel] 3.120 [mm]	1524.003 [pixel] 2.349 [mm]	-0.266	0.079	-0.013	0.000	0.000

Optimized Values	2852.615 [pixel] 4.397 [mm]	1989.186 [pixel] 3.066 [mm]	1444.814 [pixel] 2.227 [mm]	-0.257	0.075	-0.011	-0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	3.749 [pixel] 0.006 [mm]	0.791 [pixel] 0.001 [mm]	1.067 [pixel] 0.002 [mm]	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the re-projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

? 2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	78759	12869
Min	56924	4187
Max	82585	23593
Mean	76558	12718

? 3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	150248
In 3 Images	33538
In 4 Images	10536
In 5 Images	3444
In 6 Images	1103
In 7 Images	340
In 8 Images	103
In 9 Images	28

? 2D Keypoint Matches



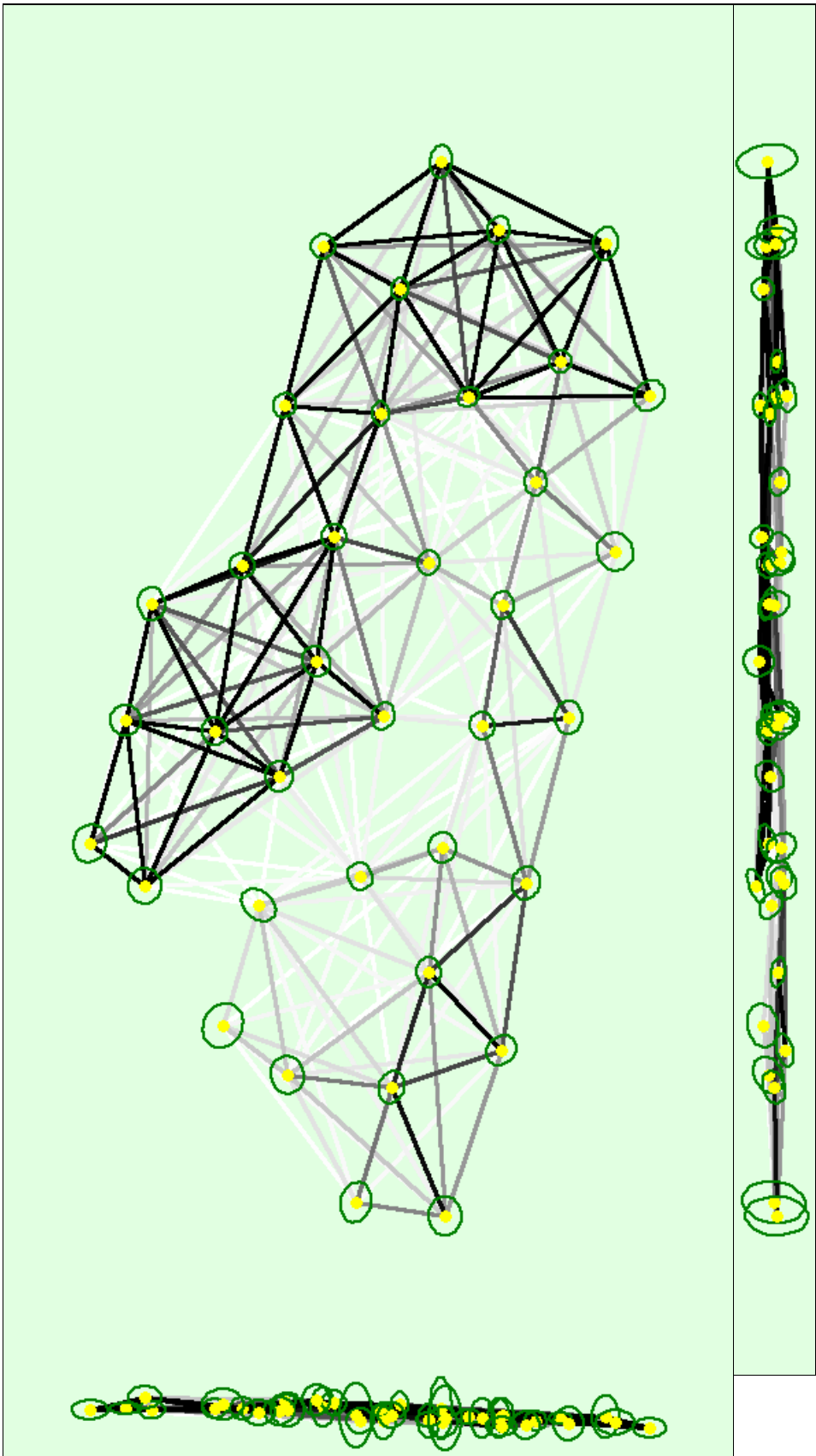


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.053	0.060	0.054	0.056	0.047	0.018
Sigma	0.010	0.011	0.025	0.023	0.017	0.004

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
APOIO 01 (3D)	0.005/ 0.005	0.003	-0.008	0.003	1.065	7 / 7
APOIO 02 (3D)	0.005/ 0.005	0.019	0.019	-0.012	1.590	6 / 6
APOIO 03 (3D)	0.005/ 0.005	0.003	-0.006	0.000	1.303	6 / 6
APOIO 04 (3D)	0.005/ 0.005	-0.024	-0.000	0.005	1.730	6 / 6
Mean [m]		0.000057	0.001112	-0.000872		
Sigma [m]		0.015533	0.010455	0.006766		
RMS Error [m]		0.015533	0.010514	0.006822		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-8.19	0.00	0.00	0.00
-8.19	-6.55	0.00	0.00	0.00
-6.55	-4.91	0.00	0.00	0.00
-4.91	-3.28	0.00	0.00	0.00
-3.28	-1.64	0.00	0.00	8.11
-1.64	0.00	62.16	54.05	35.14
0.00	1.64	37.84	43.24	56.76
1.64	3.28	0.00	2.70	0.00
3.28	4.91	0.00	0.00	0.00
4.91	6.55	0.00	0.00	0.00
6.55	8.19	0.00	0.00	0.00
8.19	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.865303	0.630900	-2.412863
Sigma [m]		0.527331	1.065009	1.057272
RMS Error [m]		1.013325	1.237853	2.634337

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-0.881185	0.599475	-2.362874

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00

[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	4.945649	4.945649	4.272189
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.196046	0.196046	0.171153

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	4.805
Phi	4.235
Kappa	27.952

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details



System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7600U CPU @ 2.80GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 620 (Driver: 24.20.100.6286)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit


Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S
Output Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S

Processing Options



Detected Template	 NDM POLO*
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: yes
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Alternative Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes Bundle Adjustment: Classic

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/4 (Quarter image size, Fast)
Point Density	Low (Fast)
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	no
Advanced: Matching Window Size	7x7 pixels
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no
Time for Point Cloud Densification	01m:

Results



Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	215991
Average Density (per m ³)	6.5

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.5 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Index Calculator: Reflectance Map	Generated: yes Resolution: 1 x GSD (3.5 [cm/pixel]) Merge Tiles: yes
Index Calculator: Indices	ndvi
Index Calculator: Index Values	Polygon Shapefile [cm/grid]: 400
Time for Reflectance Map Generation	27m:12s
Time for Index Map Generation	01m:33s

Camera Radiometric Correction



Camera Name	Band	Radiometric Correction Type
CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048	Red Green NIR	Camera Only

- !** **Important:** Click on the different icons for:
- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
 - i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary **i**

Project	nir3_rev1
Processed	2019-03-26 09:48:59
Camera Model Name(s)	CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048 (Red,Green,NIR)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.46 cm / 1.36 in
Area Covered	0.1145 km ² / 11.4508 ha / 0.0442 sq. mi. / 28.3102 acres
Time for Initial Processing (without report)	23m:41s

Quality Check **i**

? Images	median of 62156 keypoints per image	✓
? Dataset	48 out of 51 images calibrated (94%), all images enabled	⚠
? Camera Optimization	0.56% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 6475.13 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 4 GCPs (4 3D), mean RMS error = 0.012 m	✓

? Preview **i**

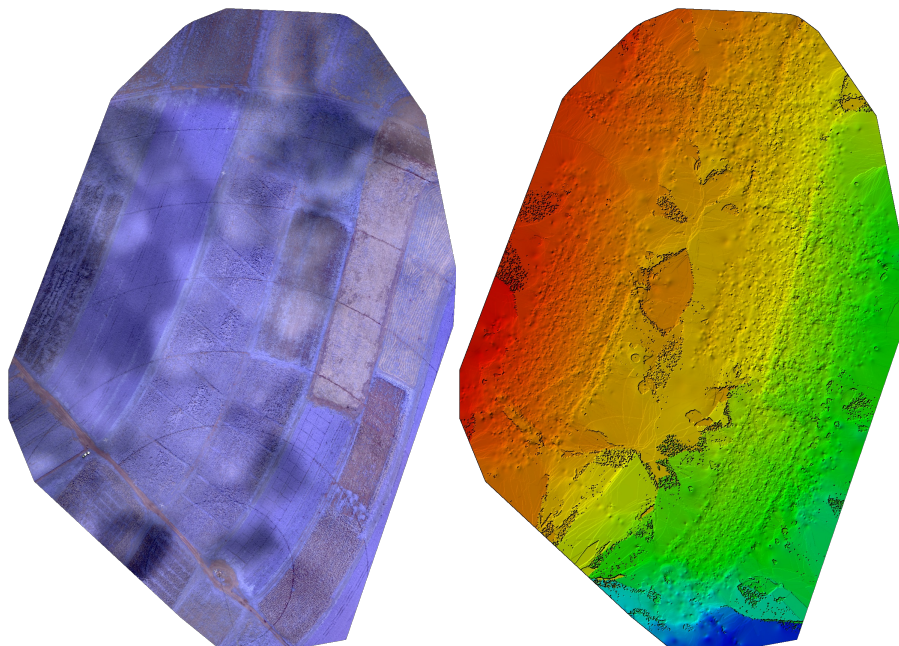


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	48 out of 51
Number of Geolocated Images	51 out of 51

Initial Image Positions

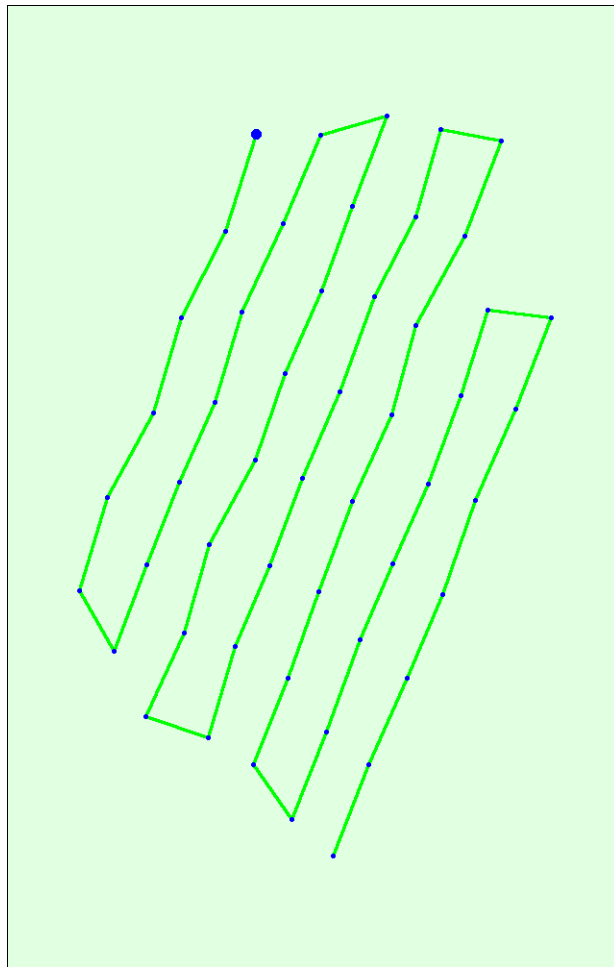
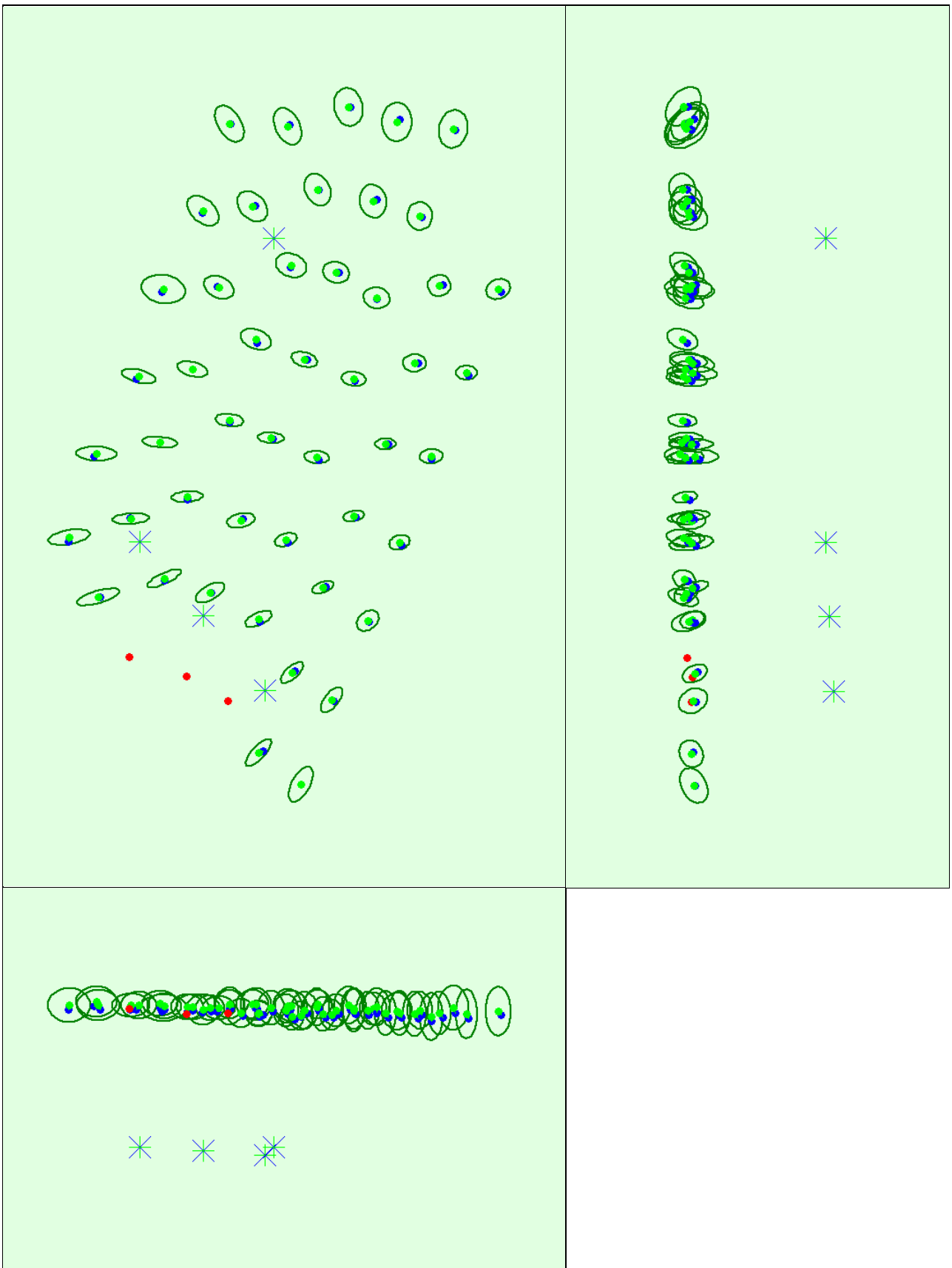


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 50x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images. Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

? Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.185	0.140	0.215	0.102	0.096	0.026

Sigma	0.038	0.057	0.046	0.029	0.031	0.009
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Overlap

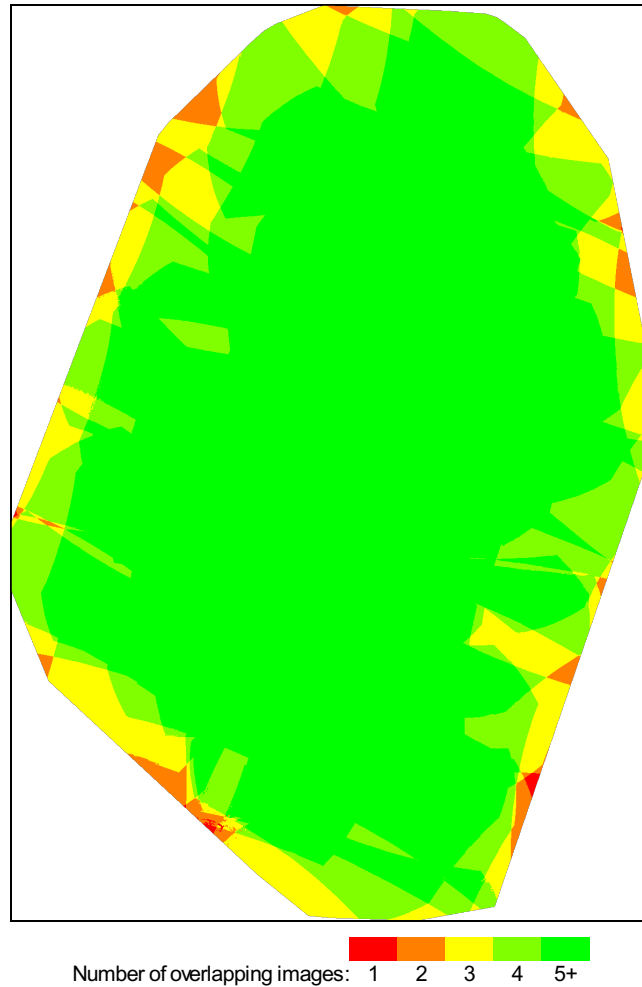


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

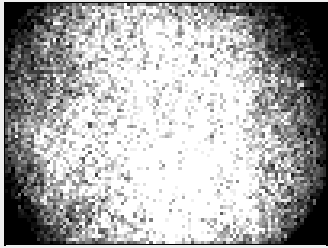
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	366210
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	164484
Mean Reprojection Error [pixels]	0.256

Internal Camera Parameters

CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048 (Red,Green,NIR). Sensor Dimensions: 6.240 [mm] x 4.698 [mm]

EXIF ID: CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	2854.363 [pixel] 4.400 [mm]	2024.003 [pixel] 3.120 [mm]	1524.003 [pixel] 2.349 [mm]	-0.266	0.079	-0.013	0.000	0.000
Optimized Values	2838.128 [pixel] 4.375 [mm]	1981.969 [pixel] 3.055 [mm]	1456.379 [pixel] 2.245 [mm]	-0.253	0.072	-0.009	0.000	0.000
Uncertainties (Sigma)	4.898 [pixel] 0.008 [mm]	0.977 [pixel] 0.002 [mm]	1.411 [pixel] 0.002 [mm]	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the re-projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	62156	6475
Min	28240	1466
Max	80281	18323
Mean	61454	7629

3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	137029
In 3 Images	20148
In 4 Images	5309
In 5 Images	1576
In 6 Images	369
In 7 Images	46
In 8 Images	7

2D Keypoint Matches



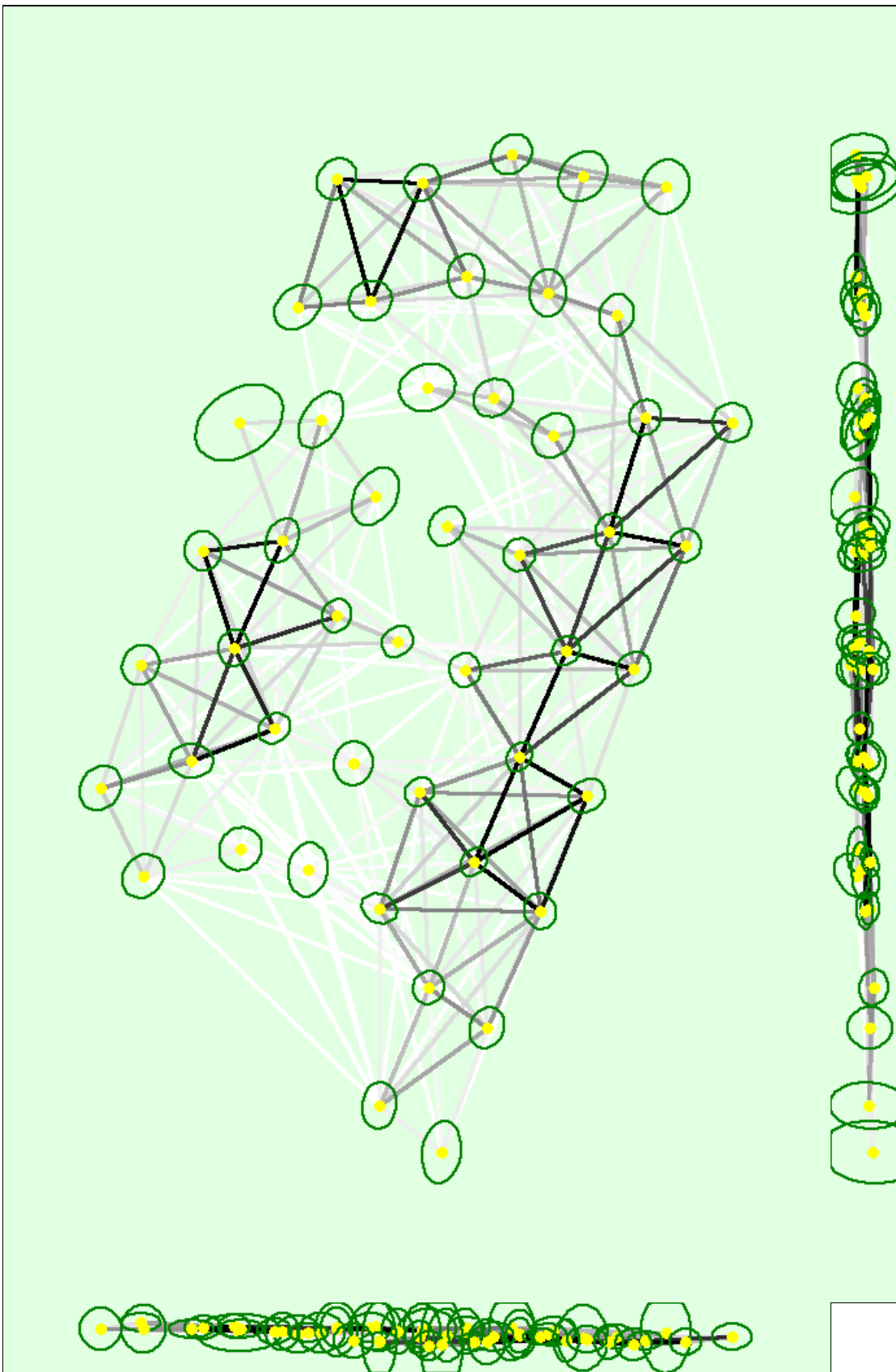


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties



X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
------	------	------	----------------	--------------	----------------

Mean	0.086	0.092	0.082	0.086	0.065	0.025
Sigma	0.021	0.021	0.041	0.034	0.024	0.008

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
APIO 01 (3D)	0.005/ 0.005	-0.011	-0.007	-0.028	1.728	5 / 5
APIO 02 (3D)	0.005/ 0.005	0.016	-0.005	0.022	2.783	8 / 8
APIO 03 (3D)	0.005/ 0.005	-0.005	-0.004	0.001	2.315	7 / 7
APIO 04 (3D)	0.005/ 0.005	-0.008	0.016	-0.010	2.428	7 / 7
Mean [m]		-0.001723	0.000348	-0.003929		
Sigma [m]		0.010641	0.009338	0.018140		
RMS Error [m]		0.010780	0.009345	0.018560		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-8.07	0.00	0.00	0.00
-8.07	-6.46	0.00	0.00	0.00
-6.46	-4.84	0.00	0.00	0.00
-4.84	-3.23	0.00	0.00	0.00
-3.23	-1.61	8.33	2.08	0.00
-1.61	0.00	39.58	45.83	62.50
0.00	1.61	50.00	39.58	35.42
1.61	3.23	2.08	12.50	2.08
3.23	4.84	0.00	0.00	0.00
4.84	6.46	0.00	0.00	0.00
6.46	8.07	0.00	0.00	0.00
8.07	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.689406	-0.456216	-2.449898
Sigma [m]		1.013287	1.073317	0.514602
RMS Error [m]		1.225574	1.166252	2.503361

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.705723	-0.452013	-2.453015

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00

Mean of Geolocation Accuracy [m]	4.965688	4.965688	4.446792
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.176066	0.176066	0.184320

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	4.129
Phi	4.689
Kappa	24.006

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details



System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7600U CPU @2.80GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 620 (Driver: 24.20.100.6286)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S
Output Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S

Processing Options



Detected Template	NDM POLO*
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: yes
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Alternative Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes Bundle Adjustment: Classic

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/4 (Quarter image size, Fast)
Point Density	Low (Fast)
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	no
Advanced: Matching Window Size	7x7 pixels
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no
Time for Point Cloud Densification	01m:02s

Results



Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	233919
Average Density (per m ³)	6.84

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.46 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Index Calculator: Reflectance Map	Generated: yes Resolution: 1 x GSD (3.46 [cm/pixel]) Merge Tiles: yes
Index Calculator: Indices	ndvi
Index Calculator: Index Values	Polygon Shapefile [cm/grid]: 400
Time for Reflectance Map Generation	35m:22s
Time for Index Map Generation	01m:52s

Camera Radiometric Correction



Camera Name	Band	Radiometric Correction Type
CanonPowerShotS110_5.2_4048x3048	Red Green NIR	Camera Only

- !** **Important:** Click on the different icons for:
 - ?** Help to analyze the results in the Quality Report
 - i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	rgb01
Processed	2019-01-15 09:47:26
Camera Model Name(s)	S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.03 cm / 1.19 in
Area Covered	0.1295 km ² / 12.9538 ha / 0.05 sq. mi. / 32.0261 acres
Time for Initial Processing (without report)	25m:13s

Quality Check



? Images	median of 81316 keypoints per image	✓
? Dataset	45 out of 45 images calibrated (100%), all images enabled	✓
? Camera Optimization	1.53% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 18805.3 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 3 GCPs (3 3D), mean RMS error = 0.005 m	✓

? Preview

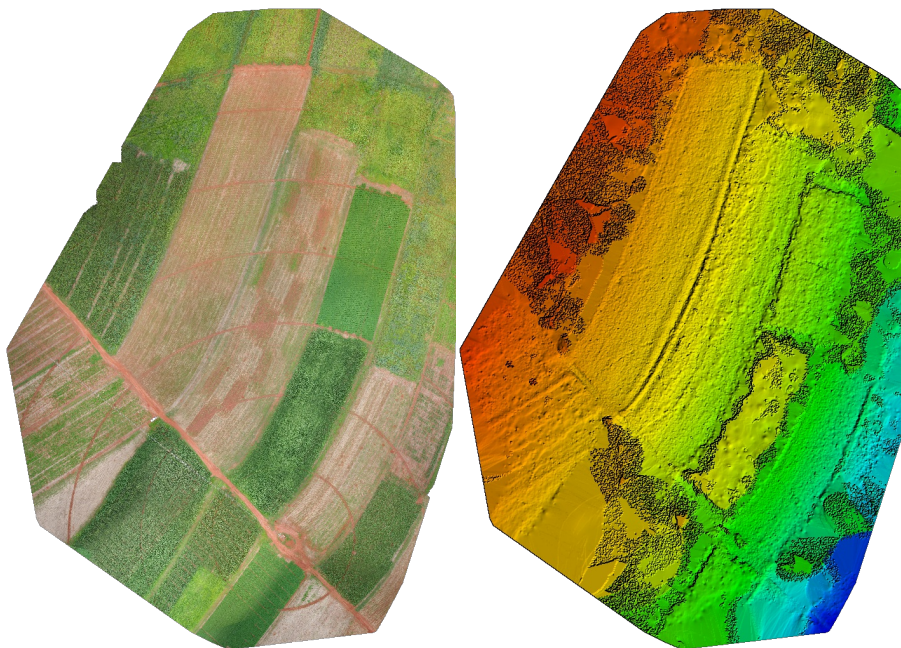
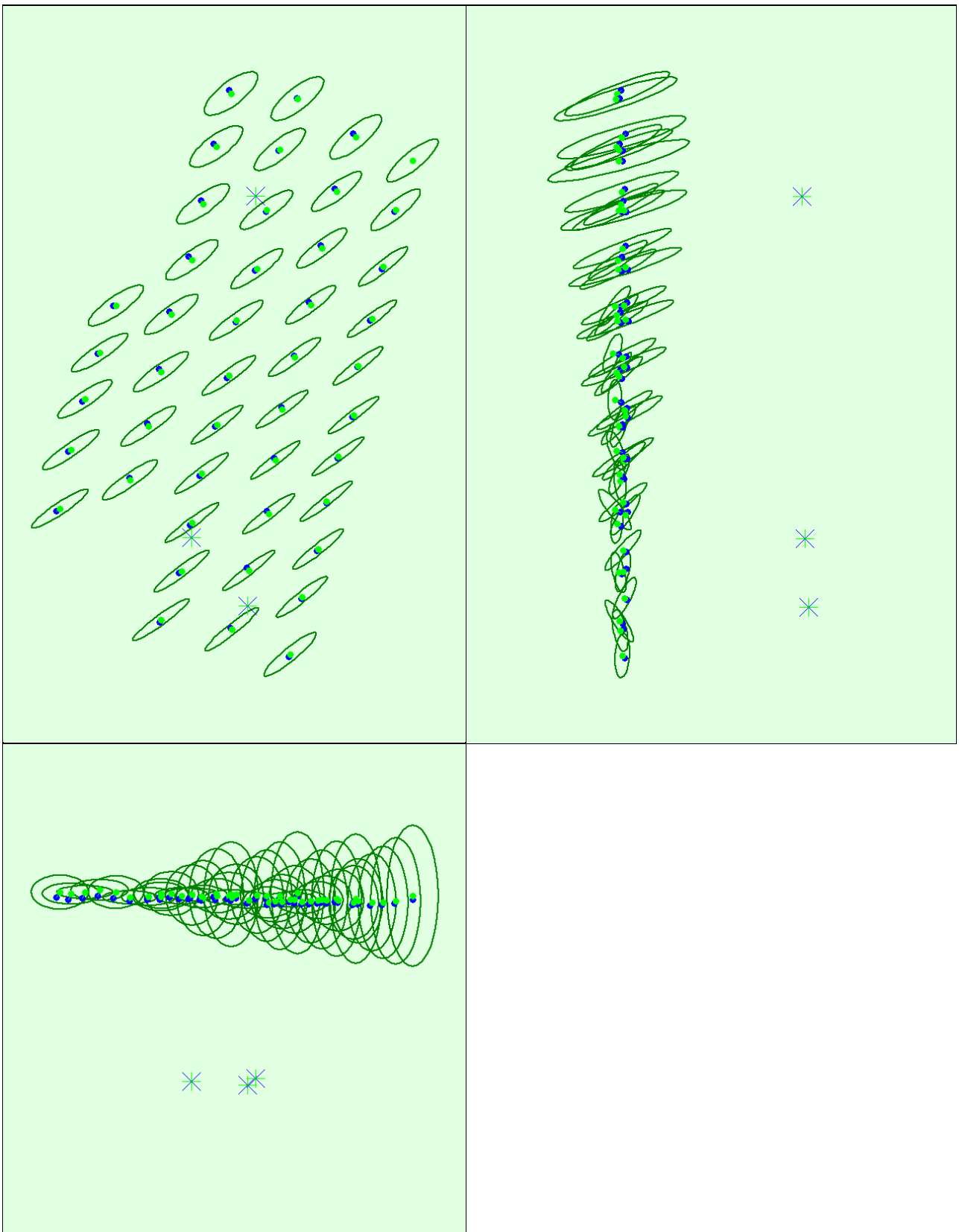


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.



Uncertainty ellipses 50x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

? Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.378	0.291	0.421	0.155	0.116	0.028
Sigma	0.015	0.011	0.272	0.057	0.057	0.012

Overlap

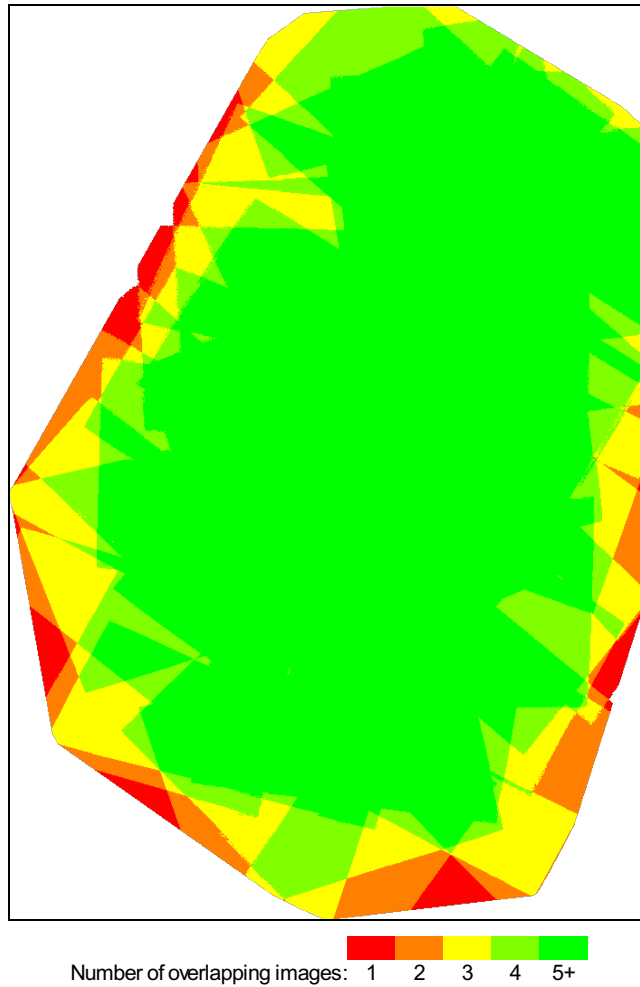


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details



Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	838860
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	323331
Mean Reprojection Error [pixels]	0.174

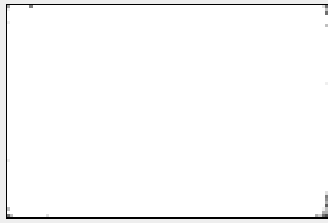
Internal Camera Parameters

S.O.D.A._10.6_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 13.133 [mm] x 8.755 [mm]



EXIF ID: S.O.D.A._10.6_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	4430.420 [pixel] 10.633 [mm]	2725.000 [pixel] 6.540 [mm]	1811.670 [pixel] 4.348 [mm]	0.033	-0.209	0.315	0.000	0.000
Optimized Values	4362.269 [pixel] 10.469 [mm]	2688.124 [pixel] 6.451 [mm]	1791.810 [pixel] 4.300 [mm]	0.029	-0.183	0.264	-0.003	-0.005
Uncertainties (Sigma)	2.943 [pixel] 0.007 [mm]	0.770 [pixel] 0.002 [mm]	0.910 [pixel] 0.002 [mm]	0.001	0.003	0.004	0.000	0.000



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the re-projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

? 2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	81316	18805
Min	74545	2533
Max	88877	31232
Mean	80794	18641

? 3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	224143
In 3 Images	53929
In 4 Images	21560
In 5 Images	11209
In 6 Images	6178
In 7 Images	3210
In 8 Images	1702
In 9 Images	899
In 10 Images	329
In 11 Images	114
In 12 Images	43
In 13 Images	13
In 14 Images	2

? 2D Keypoint Matches



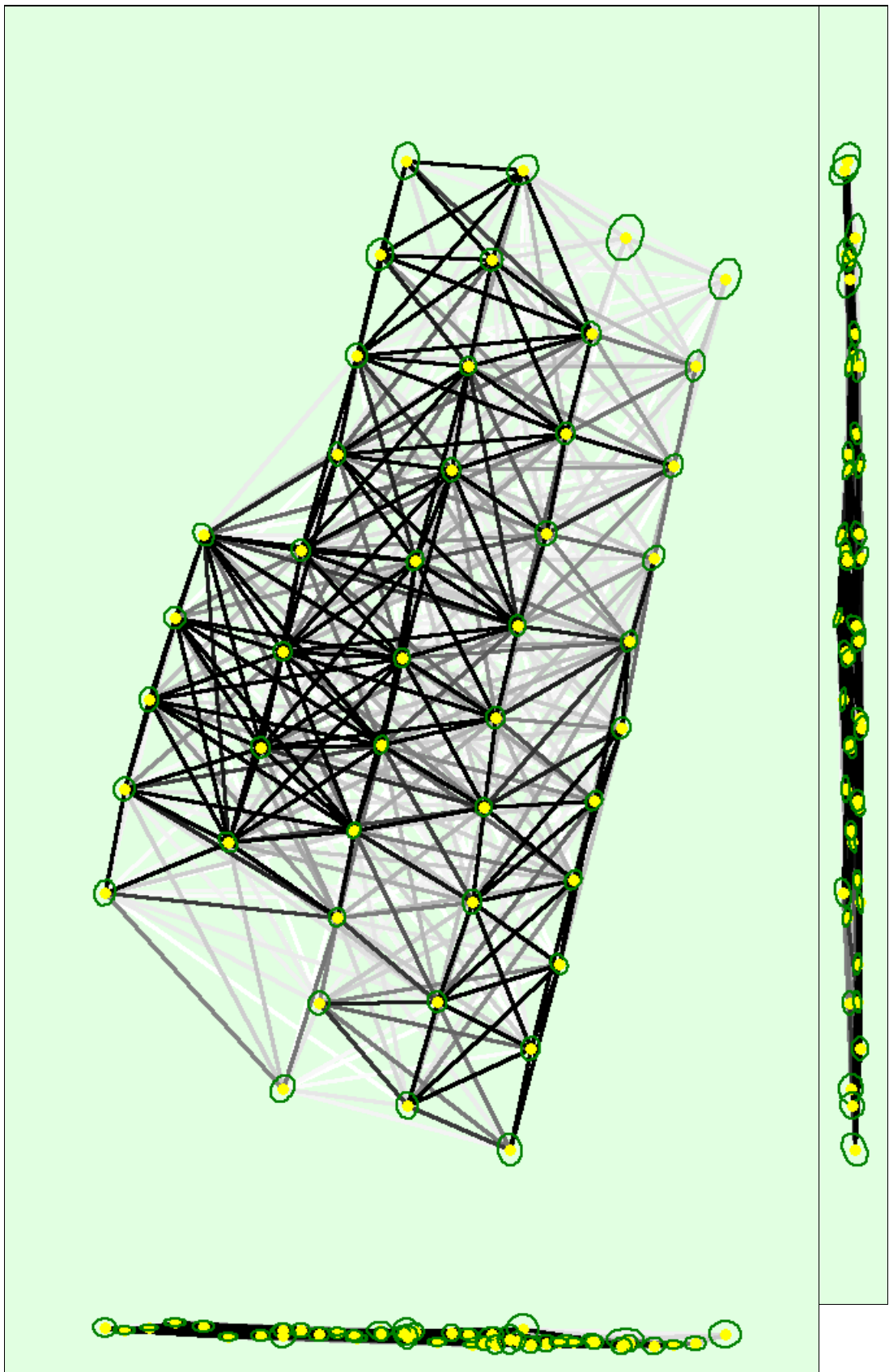


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties



X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
------	------	------	----------------	--------------	----------------

Mean	0.041	0.049	0.028	0.028	0.025	0.010
Sigma	0.009	0.012	0.012	0.012	0.010	0.003

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
PC01 (3D)	0.005/ 0.005	0.003	-0.013	-0.010	1.369	6 / 6
PC02 (3D)	0.005/ 0.005	0.000	0.010	0.006	1.145	9 / 9
PC03 (3D)	0.005/ 0.005	-0.001	-0.003	0.001	1.379	7 / 7
Mean [m]		0.000599	-0.001943	-0.001063		
Sigma [m]		0.001862	0.009203	0.006775		
RMS Error [m]		0.001956	0.009406	0.006858		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-7.16	0.00	0.00	0.00
-7.16	-5.73	0.00	0.00	0.00
-5.73	-4.30	0.00	0.00	0.00
-4.30	-2.87	0.00	0.00	0.00
-2.87	-1.43	0.00	24.44	8.89
-1.43	0.00	51.11	33.33	31.11
0.00	1.43	48.89	11.11	60.00
1.43	2.87	0.00	31.11	0.00
2.87	4.30	0.00	0.00	0.00
4.30	5.73	0.00	0.00	0.00
5.73	7.16	0.00	0.00	0.00
7.16	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-1.274189	0.211694	-2.378928
Sigma [m]		0.558184	1.607557	0.659164
RMS Error [m]		1.391089	1.621436	2.468561

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-1.272745	0.240568	-2.352511

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	4.310889	4.310889	3.650067

Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.179220	0.179220	0.248327
--	----------	----------	----------

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	2.686
Phi	4.121
Kappa	8.387

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details



System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7600U CPU @2.80GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 620 (Driver: 24.20.100.6286)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S
Output Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S

Processing Options



Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes Bundle Adjustment: Classic

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	4
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: High Resolution Color Balancing: yes
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Matching Window Size	7x7 pixels
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no
Time for Point Cloud Densification	14m:47s

Time for 3D Textured Mesh Generation	11m:49s
--------------------------------------	---------

Results



Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	6025621
Average Density (per m ³)	92.55

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.04 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: yes
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (3.04 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 10 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	12m:44s
Time for Orthomosaic Generation	17m:05s
Time for DTM Generation	05m:29s
Time for Contour Lines Generation	02s

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 3.1.22

- Important:** Click on the different icons for:
 - Help to analyze the results in the Quality Report
 - Additional information about the sections

Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary

Project	rgb2
Processed	2019-03-19 08:18:14
Camera Model Name(s)	S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.05 cm / 1.2 in
Area Covered	0.1307 km ² / 13.0676 ha / 0.0505 sq. mi. / 32.3075 acres
Time for Initial Processing (without report)	21m:12s

Quality Check

Images	median of 75405 keypoints per image	✓
Dataset	46 out of 46 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	0.92% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 7965.15 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, 4 GCPs (4 3D), mean RMS error = 0.016 m	✓

Preview

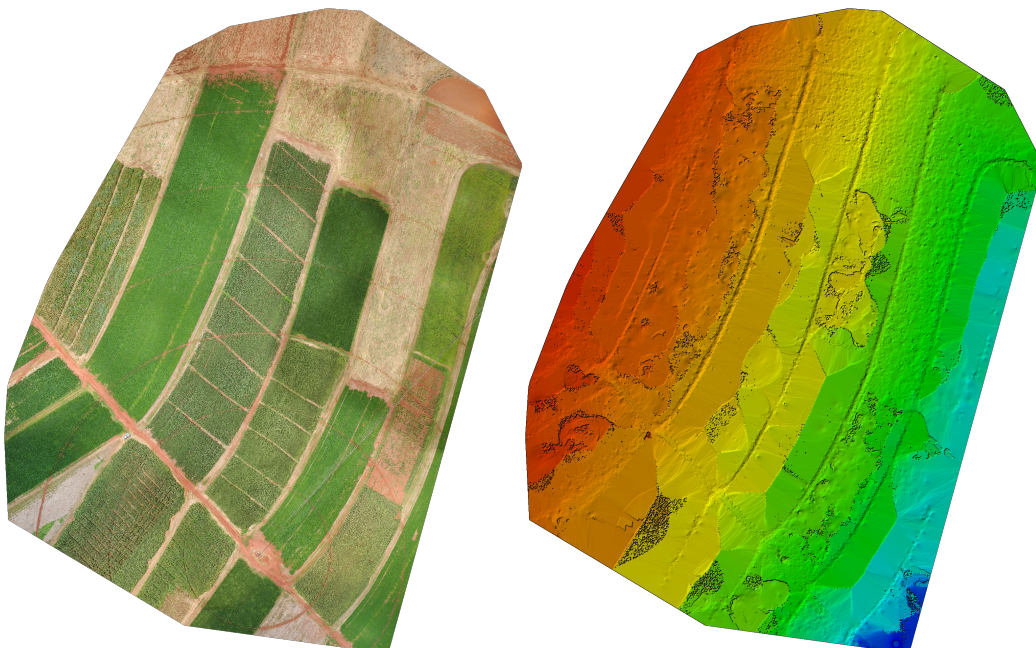
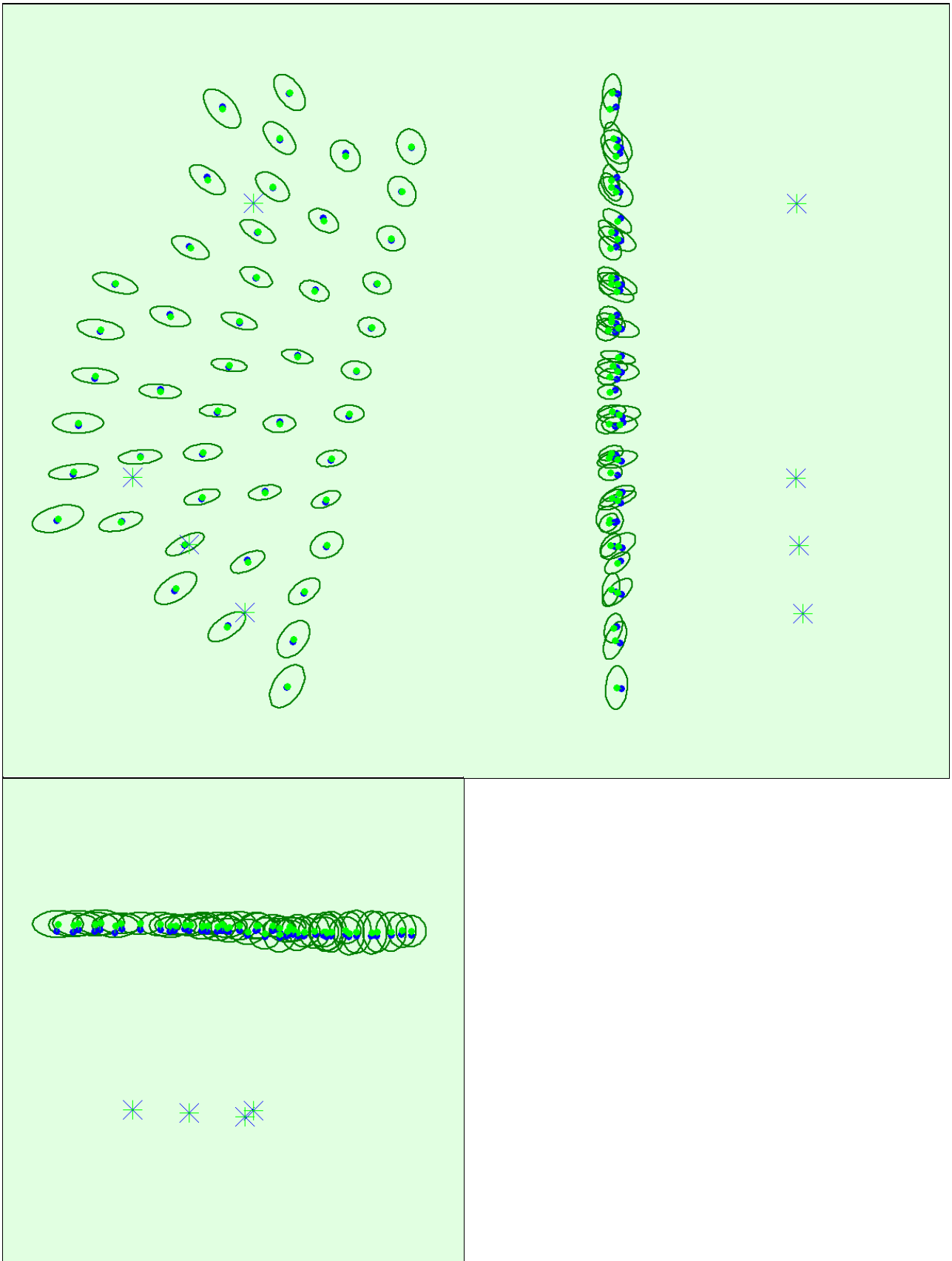


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.



Uncertainty ellipses 100x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

? Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.130	0.084	0.100	0.041	0.052	0.013

Sigma	0.023	0.027	0.026	0.012	0.012	0.004
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Overlap

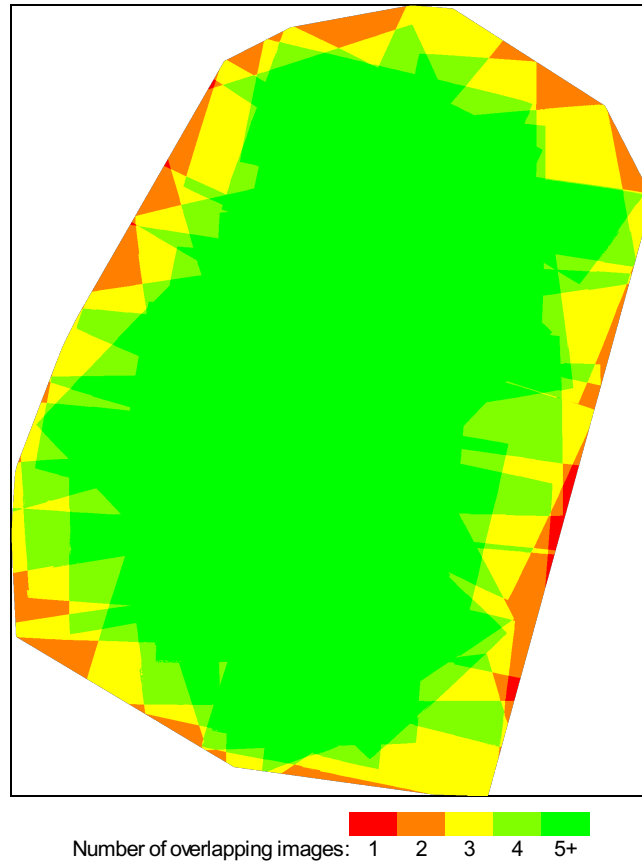


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

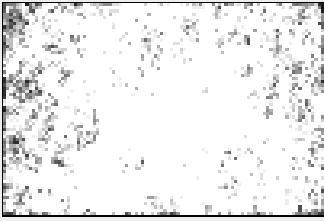
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	456286
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	191740
Mean Reprojection Error [pixels]	0.172

Internal Camera Parameters

S.O.D.A._10.6_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 13.133 [mm] x 8.755 [mm]

EXIF ID: S.O.D.A._10.6_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	4430.420 [pixel] 10.633 [mm]	2725.000 [pixel] 6.540 [mm]	1811.670 [pixel] 4.348 [mm]	0.033	-0.209	0.315	0.000	0.000
Optimized Values	4389.637 [pixel] 10.535 [mm]	2685.331 [pixel] 6.445 [mm]	1784.632 [pixel] 4.283 [mm]	0.031	-0.195	0.281	-0.003	-0.005
Uncertainties (Sigma)	2.359 [pixel] 0.006 [mm]	0.791 [pixel] 0.002 [mm]	0.866 [pixel] 0.002 [mm]	0.001	0.004	0.005	0.000	0.000



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the re-projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	75405	7965
Min	69176	2818
Max	82461	22651
Mean	75054	9919

3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	149336
In 3 Images	26674
In 4 Images	8273
In 5 Images	3657
In 6 Images	1887
In 7 Images	1012
In 8 Images	491
In 9 Images	267
In 10 Images	100
In 11 Images	38
In 12 Images	5

2D Keypoint Matches



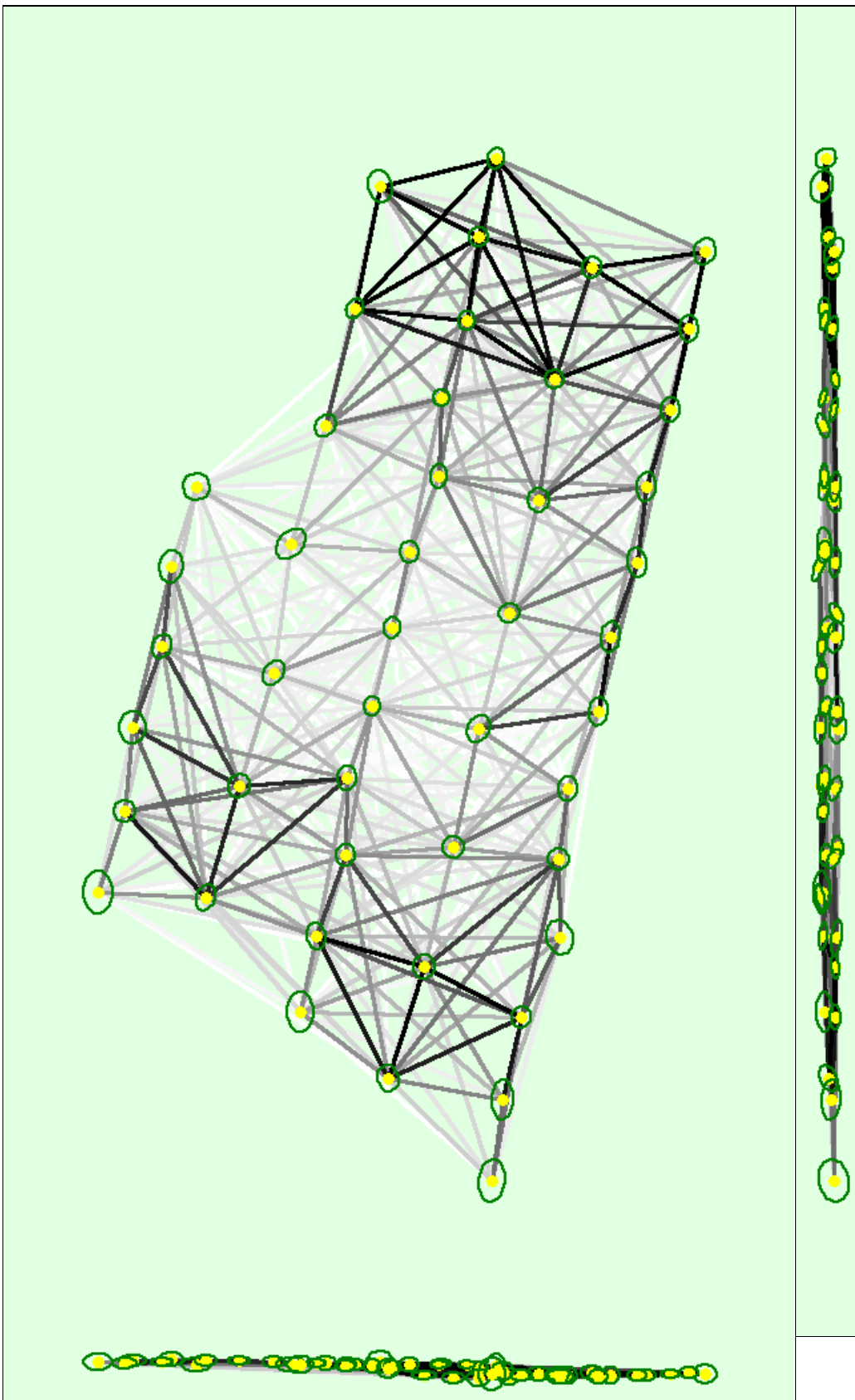


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

? Relative camera position and orientation uncertainties

X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
------	------	------	----------------	--------------	----------------

Mean	0.044	0.055	0.027	0.029	0.024	0.011
Sigma	0.007	0.012	0.009	0.008	0.006	0.002

Geolocation Details



Ground Control Points



GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
01 (3D)	0.005/ 0.005	0.012	0.000	-0.002	1.220	6 / 6
02 (3D)	0.005/ 0.005	0.018	0.017	0.007	0.885	8 / 8
03 (3D)	0.005/ 0.005	0.011	-0.009	0.003	0.889	7 / 7
04 (3D)	0.005/ 0.005	-0.042	-0.014	-0.024	0.649	7 / 7
Mean [m]		-0.000235	-0.001400	-0.004045		
Sigma [m]		0.024300	0.011839	0.011932		
RMS Error [m]		0.024301	0.011922	0.012599		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance



Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-7.25	0.00	0.00	0.00
-7.25	-5.80	0.00	0.00	0.00
-5.80	-4.35	0.00	0.00	0.00
-4.35	-2.90	0.00	0.00	0.00
-2.90	-1.45	0.00	0.00	8.70
-1.45	0.00	50.00	67.39	23.91
0.00	1.45	50.00	4.35	67.39
1.45	2.90	0.00	28.26	0.00
2.90	4.35	0.00	0.00	0.00
4.35	5.80	0.00	0.00	0.00
5.80	7.25	0.00	0.00	0.00
7.25	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.394156	-0.196762	-3.211656
Sigma [m]		0.339283	1.235099	0.797672
RMS Error [m]		0.520070	1.250674	3.309231

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-0.399151	-0.218586	-3.200460

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance



Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00

Mean of Geolocation Accuracy [m]	4.455957	4.455957	3.531891
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.145924	0.145924	0.136429

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	2.442
Phi	4.305
Kappa	23.452

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details



System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7600U CPU @2.80GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 620 (Driver: 24.20.100.6286)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S
Output Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S

Processing Options



Detected Template	POLO MS*
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes Bundle Adjustment: Classic

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	4
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: High Resolution Color Balancing: yes
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Matching Window Size	7x7 pixels
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no

Time for Point Cloud Densification	12m:53s
Time for 3D Textured Mesh Generation	10m:11s

Results



Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	4928503
Average Density (per m ³)	82.84

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.05 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: yes
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (3.05 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 10 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	10m:44s
Time for Orthomosaic Generation	13m:46s
Time for DTM Generation	04m:50s
Time for Contour Lines Generation	01s



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	rgb3
Processed	2019-03-19 16:02:49
Camera Model Name(s)	S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.02 cm / 1.19 in
Area Covered	0.1388 km ² / 13.8802 ha / 0.0536 sq. mi. / 34.3166 acres
Time for Initial Processing (without report)	23m:59s

Quality Check



Images	median of 72152 keypoints per image	
Dataset	50 out of 54 images calibrated (92%), all images enabled	
Camera Optimization	0.69% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 3191.01 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, 4 GCPs (4 3D), mean RMS error = 0.007 m	

Preview

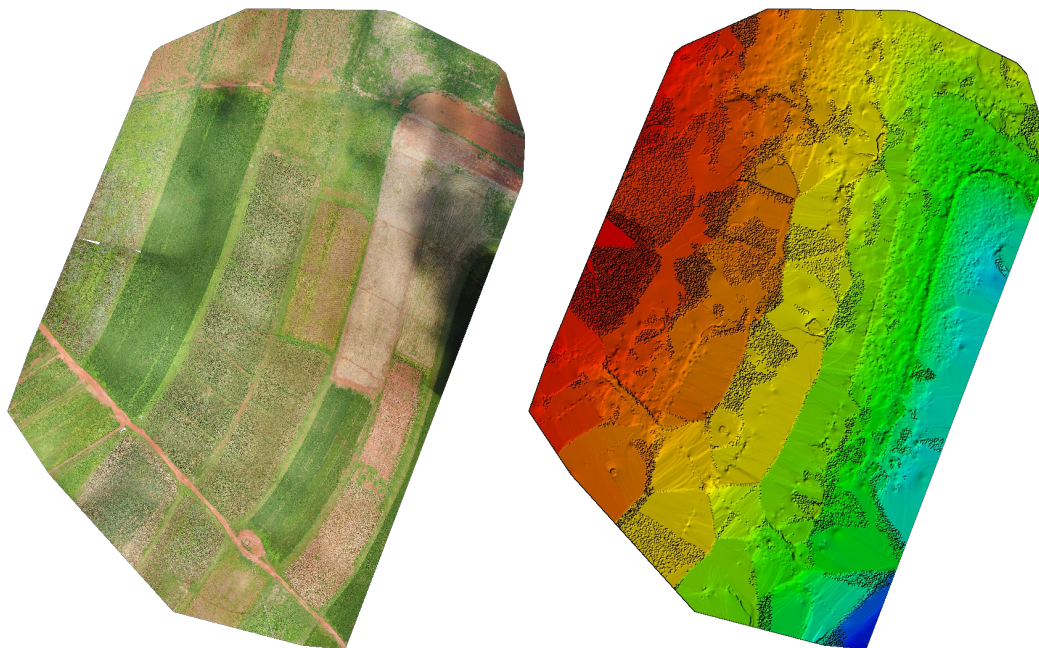


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	50 out of 54
Number of Geolocated Images	53 out of 54

Initial Image Positions

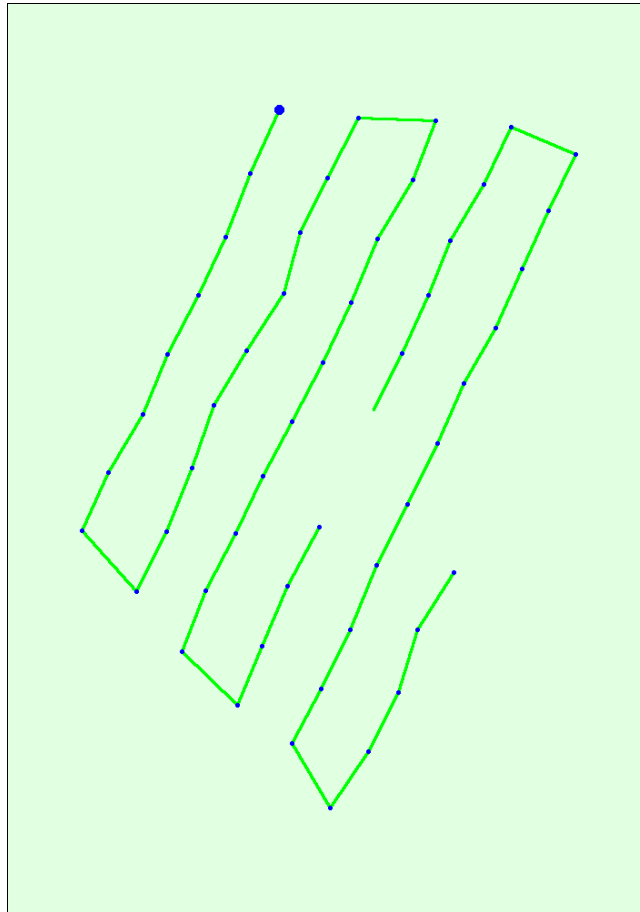
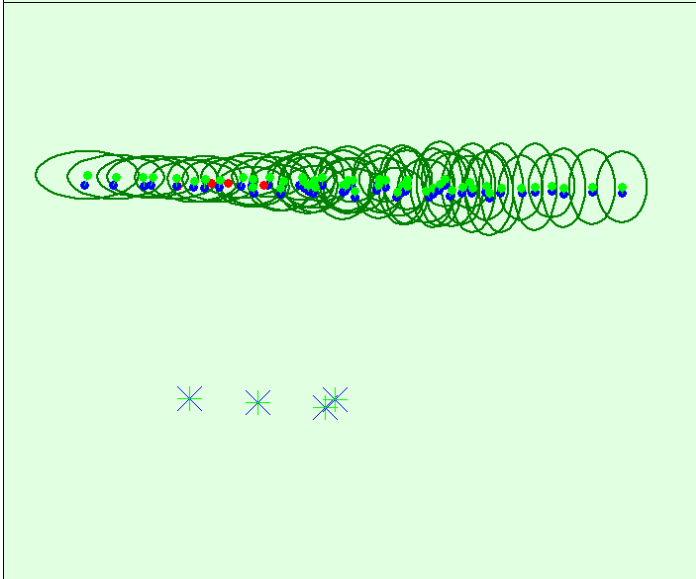
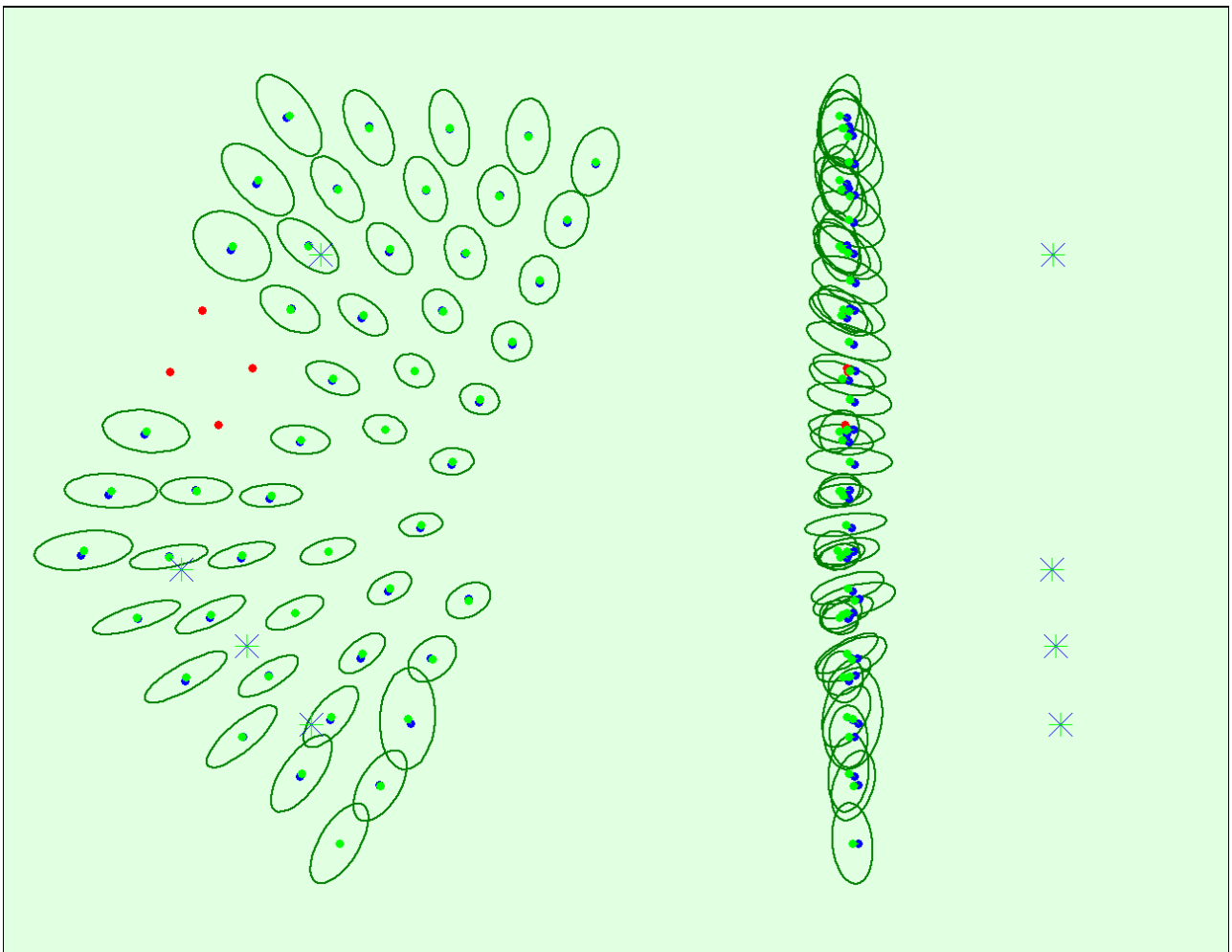


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 100x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images. Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

🔍 Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.178	0.153	0.178	0.073	0.071	0.021
Sigma	0.048	0.060	0.047	0.023	0.024	0.009

🔍 Overlap



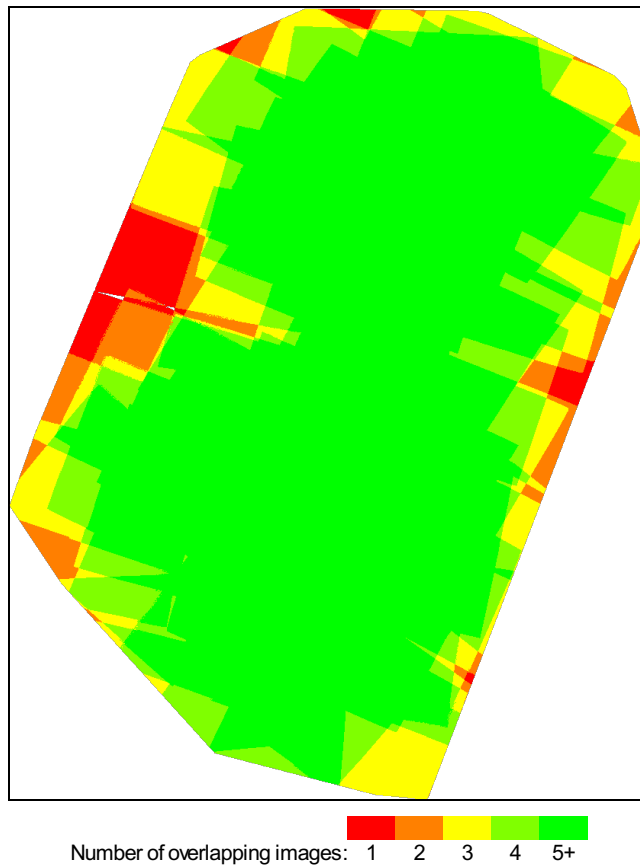


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

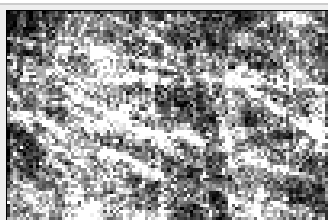
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	227014
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	98874
Mean Reprojection Error [pixels]	0.163

Internal Camera Parameters

S.O.D.A_10.6_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 13.133 [mm] x 8.755 [mm]

EXIF ID: S.O.D.A_10.6_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	4430.420 [pixel] 10.633 [mm]	2725.000 [pixel] 6.540 [mm]	1811.670 [pixel] 4.348 [mm]	0.033	-0.209	0.315	0.000	0.000
Optimized Values	4399.668 [pixel] 10.559 [mm]	2683.146 [pixel] 6.440 [mm]	1777.781 [pixel] 4.267 [mm]	0.031	-0.196	0.284	-0.003	-0.005
Uncertainties (Sigma)	4.568 [pixel] 0.011 [mm]	1.137 [pixel] 0.003 [mm]	1.460 [pixel] 0.004 [mm]	0.001	0.005	0.006	0.000	0.000



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the re-projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

2D Keypoints Table



	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	72152	3191
Min	61786	536
Max	79494	12800
Mean	71962	4540

3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	80614
In 3 Images	12020
In 4 Images	3587
In 5 Images	1334
In 6 Images	749
In 7 Images	386
In 8 Images	148
In 9 Images	32
In 10 Images	4

2D Keypoint Matches



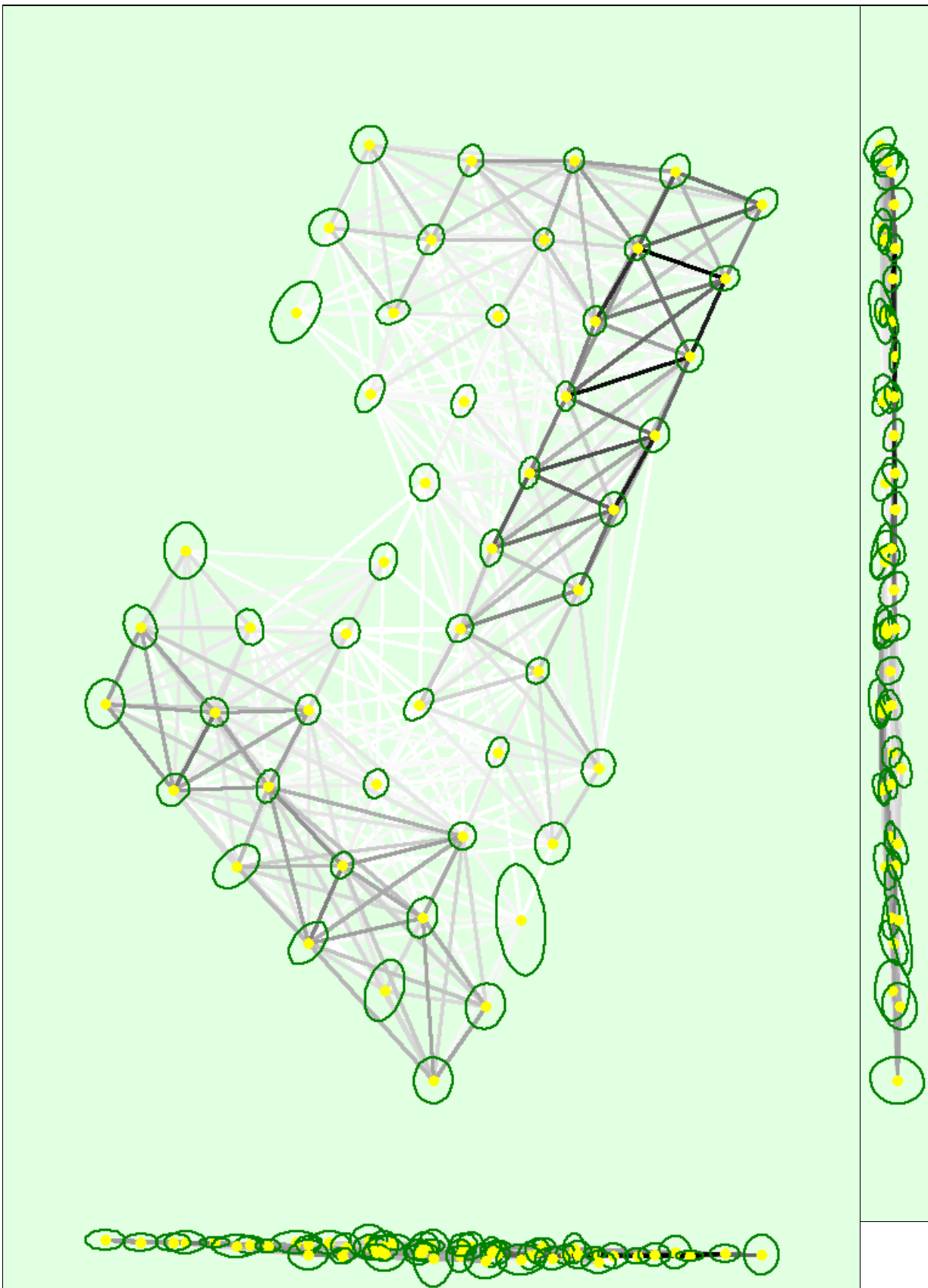


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties



X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
------	------	------	----------------	--------------	----------------

Mean	0.075	0.090	0.055	0.053	0.044	0.020
Sigma	0.018	0.034	0.021	0.018	0.018	0.008

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
APIO 01 (3D)	0.005/ 0.005	-0.006	0.000	0.002	0.634	7 / 7
APIO 02 (3D)	0.005/ 0.005	0.014	0.004	-0.007	0.688	9 / 9
APIO 03 (3D)	0.005/ 0.005	0.002	-0.001	-0.002	0.561	7 / 7
APIO 04 (3D)	0.005/ 0.005	-0.016	-0.005	0.010	1.001	7 / 8
Mean [m]		-0.001306	-0.000643	0.000821		
Sigma [m]		0.011180	0.003291	0.006555		
RMS Error [m]		0.011256	0.003353	0.006606		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-7.30	0.00	0.00	0.00
-7.30	-5.84	0.00	0.00	0.00
-5.84	-4.38	0.00	0.00	0.00
-4.38	-2.92	0.00	0.00	0.00
-2.92	-1.46	0.00	10.20	2.04
-1.46	0.00	48.98	40.82	30.61
0.00	1.46	48.98	36.73	67.35
1.46	2.92	2.04	12.24	0.00
2.92	4.38	0.00	0.00	0.00
4.38	5.84	0.00	0.00	0.00
5.84	7.30	0.00	0.00	0.00
7.30	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.482306	-0.914656	-3.879945
Sigma [m]		0.634554	1.135147	0.636903
RMS Error [m]		0.797043	1.457791	3.931873

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-0.476409	-0.895528	-3.870220

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00

Mean of Geolocation Accuracy [m]	4.520592	4.520592	3.562388
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.143321	0.143321	0.097949

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	2.858
Phi	3.370
Kappa	7.603

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details



System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7600U CPU @2.80GHz RAM: 16GB GPU: Intel(R) HD Graphics 620 (Driver: 24.20.100.6286)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S
Output Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 22S

Processing Options



Detected Template	POLO MS*
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes Bundle Adjustment: Classic

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	4
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: High Resolution Color Balancing: yes
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Matching Window Size	7x7 pixels
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no

Time for Point Cloud Densification	13m:36s
Time for 3D Textured Mesh Generation	10m:46s

Results



Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	4947082
Average Density (per m ³)	80.12

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.02 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: yes
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (3.02 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 10 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	10m:35s
Time for Orthomosaic Generation	14m:46s
Time for DTM Generation	03m:01s
Time for Contour Lines Generation	01s