

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA – PIBIC

**Análise Genética de Características Adaptativas ao Déficit
Hídrico em Milho no Semiárido**
Obtenção de Protocolo do Uso de Imagens Aéreas para Fenotipagem de
Alto Rendimento do Milho em Região Semiárida

Área do conhecimento: Ciências agrárias - 50000004.
Subárea do conhecimento: Agronomia - 50100009.
Especialidade do conhecimento: Melhoramento vegetal - 50103059.

Relatório Final
Período da bolsa: de (Setembro de 2021) a (Agosto de 2022)

Este projeto é desenvolvido com bolsa de iniciação científica

PIBIC/CNPq

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira
Autor: Barbara Nascimento Santos

SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Objetivos.....	3
3. Metodologia.....	4
3.1. Descrição do local.....	4
3.2. Delineamento experimental e Material genético.....	4
3.3. Preparo da área, plantio e manejo.....	5
3.4. Avaliações por meio da fenotipagem manual.....	6
3.5. Plano de voo e obtenção dos dados.....	7
3.6. Processamento de imagens e obtenção dos índices de vegetação.....	8
4. Resultados e discussões.....	9
5. Conclusões.....	14
6. Perspectivas.....	15
7. Referências bibliográficas.....	15
8. Outras atividades.....	16

1. Introdução

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é cultivada em diversos lugares do mundo. No Brasil, é produzida no país inteiro, e isso possibilita a produção em épocas diferentes, mediante as características climáticas de cada local (CONTINI et al., 2019). Na região do semiárido sergipano, é uma das principais fontes utilizadas na alimentação animal (SILVEIRA, 2021).

Nesse cenário, a fenotipagem de alto rendimento ocupa cada vez mais espaço, sendo utilizada para o monitoramento da cultura do milho durante todo o seu estágio fenológico, possibilitando assim, uma infinidade de informações que são de grande valia para o melhoramento genética da cultura (SU et al., 2019). Dispondo de diversos métodos para realizar esse acompanhamento, tem-se destaque para o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) no campo, que é uma prática cada vez mais frequente.

Quando a fenotipagem é realizada de forma tradicional, ou seja, manualmente, há maiores chances de ocorrerem erros, principalmente quando se trata de avaliações longas, que demandam esforço físico por mais tempo, além de existir limitações em relação aos locais e tipo de cultura trabalhada (XIE et al., 2020).

Aliado aos VANTs, os índices de vegetação recebem papel importante na obtenção dos resultados, sendo responsáveis por expressar as características da cultura por meio das diferenças espectrais da mesma (FERREIRA, 2020). Sendo outro ponto de grande interesse para o melhorista.

Logo, a importância exercida pela fenotipagem de alto rendimento na cultura do milho é enorme. Pois, ter resultados antes do encerramento do estágio fenológico da cultura é o principal objetivo para realizar as melhores escolhas dos materiais trabalhados, otimizando tempo de trabalho e gastos em seu desenvolvimento.

Diante disso a relevância que um protocolo apresenta sobre esse tema é significativamente alta, servindo de modelo para contribuir na busca por resultados satisfatórios no melhoramento vegetal.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi elaborar um protocolo utilizando a fenotipagem com uso de imagens aéreas adquiridas por drone, para a possível seleção de genótipos com estimativa de alta produtividade avaliados por meio de diferentes espaçamentos entre linhas.

3. Metodologia

3.1 Descrição do local

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Semiárido, localizada no município de Nossa Senhora da Glória – SE ($10^{\circ} 12' 50.6''$ S de latitude e $37^{\circ} 19' 03.2''$ W de longitude e altitude média de 210 m). A propriedade dispõe de uma estação meteorológica que permite a observação constante dos dados climáticos da região (Figura 01).

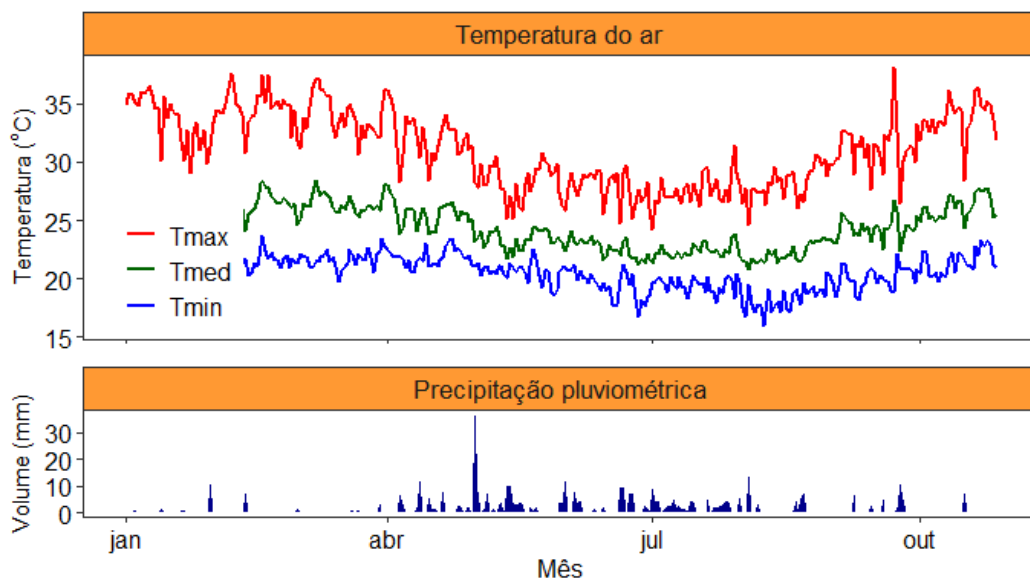


Figura 01: Resumo dos dados climáticos de temperatura do ar e precipitação pluviométrica. Fonte: Embrapa semiárido.

3.2 Delineamento experimental e Material genético

O delineamento experimental utilizado foi o DBC (Delineamento em Blocos Casualizados) com esquema em faixas (Figura 02). O experimento contou com três espaçamentos diferentes entre linhas sendo estes de 0,60; 0,70 e 0,80 m. As parcelas eram constituídas por duas linhas de oito metros cada, com uma

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

densidade de 40 plantas por linha e com espaçamento de 0,20 entre plantas. Foram testados quatro genótipos de milho (Tabela 01), distribuídos em quatro repetições.

Bordadura	Bordadura				Bordadura
	E1P101C1	E1P102C2	E1P103C3	E1P104C4	
	E2P105C2	E2P106C3	E2P107C4	E2P108C1	
	E3P109C1	E3P110C4	E3P111C3	E3P112C2	
	E2P213C3	E2P214C1	E2P215C2	E2P216C4	
	E3P217C1	E3P218C2	E3P219C4	E3P220C3	
	E1P221C4	E1P222C1	E1P223C2	E1P224C3	
	E3P325C2	E3P326C3	E3P327C4	E3P328C1	
	E1P329C1	E1P330C2	E1P331C4	E1P332C3	
	E2P333C4	E2P334C2	E2P335C1	E2P336C3	
	E3P437C3	E3P438C4	E3P439C2	E3P440C1	
	E2P441C3	E2P442C1	E2P443C4	E2P444C2	
	E1P445C3	E1P446C4	E1P447C1	E1P448C2	
Bordadura					

Figura 02: Croqui do experimento. E: Espaçamento. P: Parcela. C: Cultivar. Fonte: GEMS, 2021.

Tabela 01: Materiais de milho utilizados no experimento.

Genótipos	
1	GNZ16(EX3W07LVIP3)
2	GNZ59
3	GNZ7720VIP3
4	AG8780

3.3 Preparo da área, plantio e manejo

A implantação do experimento ocorreu no ano agrícola de 2021 (Figura 03: A-B), utilizando um trator acoplado com o implemento sulcador para riscar os sulcos de plantio, ajustando os espaçamentos entre linhas em 0,60; 0,70 e 0,80 m.

Foi depositado uma semente por cova, de forma manual com um espaçamento de 0,20 m entre plantas. As parcelas eram constituídas por duas linhas de 8 m cada, totalizando uma densidade de 40 plantas por linha.

Realizou-se duas adubações, a de fundação, utilizando o NPK com formulação 6-24-12 com a dosagem de 833 kg/ha, no dia do plantio e a de cobertura, no período em que as plantas estavam nos estádios fenológicos de V4 a V6, utilizando o Sulfato de Amônio, com aplicação de 100 kg/ha.

O controle de plantas daninhas ocorreu inicialmente de forma manual (Figura 03: C-D) e posteriormente com a aplicação de herbicida. A manutenção da área experimental ocorreu durante todo o desenvolvimento da cultura.



Figura 03: Implantação e condução do experimento A) Formação de sulcos na área de plantio; B) Plantio; C) Limpeza manual no início do experimento; D) Manutenção da limpeza no experimento. Fonte: GEMS, 2021.

3.4 Avaliações por meio da fenotipagem manual

Foram realizadas avaliações manuais (Figura 04) durante o ciclo fenológico da cultura até a colheita.



Figura 04: Resumo das avaliações realizadas no experimento A) Contagem de estande inicial; B) Avaliação de florescimento feminino; C) Avaliação de florescimento masculino; D) Avaliação de altura de planta; E) Colheita; F) Avaliação de peso de grãos e umidade. Fonte: GEMS, 2021.

3.5 Plano de voo e obtenção dos dados

O plano de voo foi feito com a utilização de um smartphone com uso do aplicativo Dronedeploy (Figura 05 – A). As imagens retiradas da área experimental (Figura 05 – B) foram obtidas por meio de um drone modelo Mavic 2 Pro (Figura 05 - C), com câmera RGB, que capturava as imagens num período de 3 m/s.

Os voos foram realizados com duas alturas, 60 e 80 m, totalizando sete voos para cada, durante o desenvolvimento da cultura (Tabela 02). Os voos foram

realizados no período de 11 à 13h, sob condições de sol, evitando dias nublados e chuvosos.



Figura 05: Equipamentos utilizados para realização dos voos A) Smartfone conectado ao controle do drone; B) Imagem da área experimental; C) Drone modelo Mavic 2 Pro. Fonte: GEMS, 2021.

Tabela 02: Data de obtenção das imagens

Altura (m)	Nº	Data	Dias após plantio
60/80	1	10/06/2021	19
60/80	2	17/06/2021	26
60/80	3	04/07/2021	43
60/80	4	18/07/2021	57
60/80	5	23/07/2021	62
60/80	6	30/07/2021	69
60/80	7	05/08/2021	75

3.6 Processamento de imagens e obtenção dos índices de vegetação

Para o processamento das imagens (Figura 06), foi utilizado o software Agisoft Metashape para obtenção de um ortmosaico, que se refere a sobreposição de imagens formando apenas uma ortofoto. Também foi utilizado os softwares RStudio e QGIS, para formação dos shapfiles.

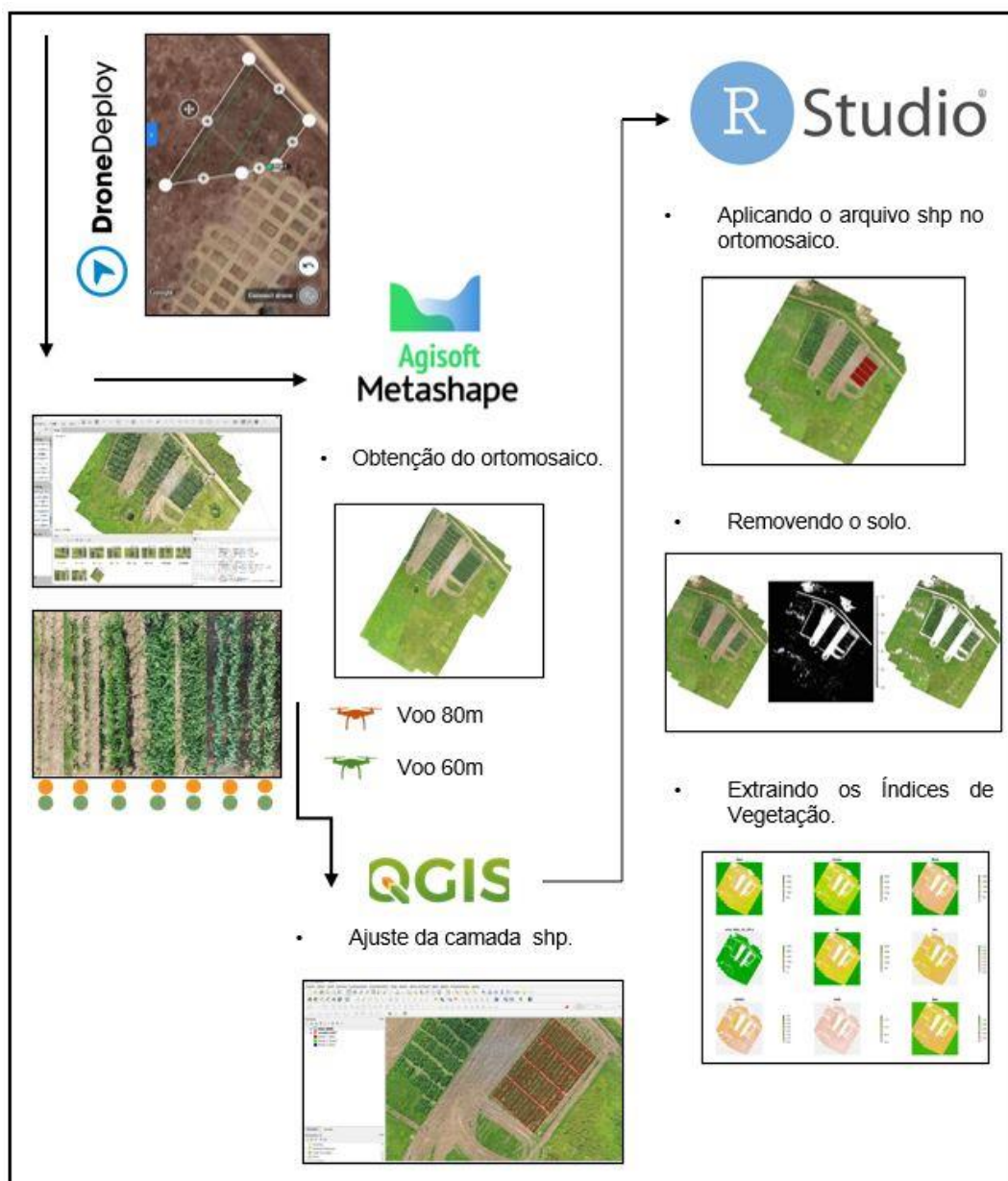


Figura 06: Pipeline das análises realizadas para obtenção dos 37 índices de vegetação. O lado esquerdo da imagem mostra o software Drone Deploy usado para marcar a área experimental para voo, em seguida mostra o Agisoft, programa utilizado para processamento as imagens com a finalidade de gerar o ortomosaico e por fim o software QGIS, que foi usado para ajustar a camada shapfile (shp) do ortomosaico. O lado direito da figura representa algumas etapas efetuadas no RStudio, indo desde a aplicação do shp até a remoção do solo.

4. Resultados e discussões

Houve diferenças entre os genótipos a nível de 1% de significância, comprovando a variabilidade genética entre os materiais. Os valores do coeficiente de variação,

estão dentro do aceitável para a cultura, o qual pode chegar até 20%, indicando a confiabilidade na estimativa da média (GURGEL et al., 2013).

Tabela 03: Resumo da análise de variância para a variável agrônômica produtividade de grãos.

FV	GL	QM
		PG
BLOCO	3	319567
ESP	2	4151156*
Erro a	6	562275
GEN	3	5303766**
Erro b	9	387056
ESP * GEN	6	225031
Erro c	18	141570
RESÍDUO	47	
MÉDIA		5630,00
CV1 (%)		13,32
CV2 (%)		11,05
CV3 (%)		6,68

GL = graus de liberdade; FV = fonte de variação; CV = coeficiente de variação; **, *nível de significância a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; PG = produtividade de grãos.

A herdabilidade representa o grau de reprodutibilidade de um índice de vegetação e o quão preciso pode ser na seleção de genótipos. Na Figura 07, representada por análise descritiva em boxplot foi possível selecionar as melhores datas de voos após o plantio para realizar a captura de imagens. Foi observado que os voos dos dias 43 e 75, foram os mais responsivos apresentando os maiores valores de herdabilidade, tanto para o voo de 60 m quanto para o de 80 m.

Nesse contexto, os voos de 57 e 69 dias, na altura de 80 m, apresentaram índices de vegetação com alta herdabilidade, principalmente, no voo de 57 dias após o plantio. Porém, nesses períodos também foi observado valores baixos de herdabilidade, neste caso, indica-se o descarte desses índices nas condições deste estudo.

Esses resultados comprovam a eficiência em reprodutibilidade dos índices de vegetação caracterizando a confiabilidade de aplicação da metodologia na seleção de materiais e durante todo o seu ciclo fenológico (HENRIQUES, 2021),

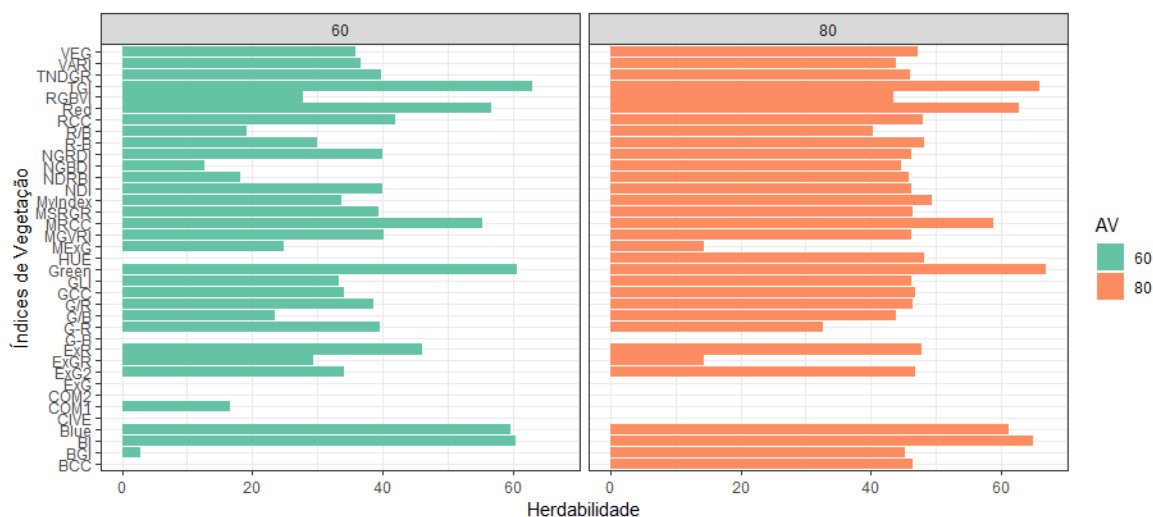


Figura 09: Avaliação gráfica em barras para os Índices de Vegetação e a Herdabilidade.

Com as análises gráficas de linhas com medida temporal, foi observado a diferenciação de materiais mais produtivos, de acordo com os dias após o plantio (DAP).

Na Figura 10, é possível observar que o voo realizado na altura de 60 m, com 43 DAP, os índices selecionados, Red e TGI apresentaram resultados interessantes, o índice Red conseguiu diferenciar dois genótipos e sobrepor os outros dois, já o índice TGI apresentou diferenciação nos quatro genótipos avaliados, ambos com bons resultados de herdabilidade (h^2 64 e 58%, respectivamente).

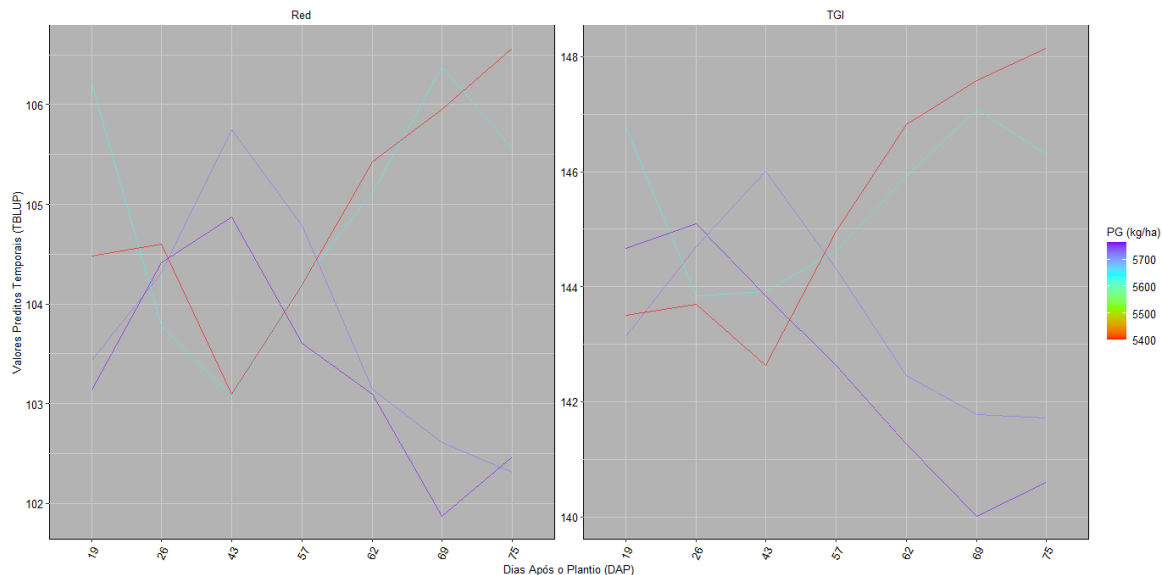


Figura 10: Gráfico de linhas com medida temporal com voo na altura de 60 metros.

Para a altura de 80 metros (Figura 11), observou-se que com as datas 26 e 43 DAP também foi possível diferenciar os materiais avaliados em estádios precoces, com os índices BI; Blue; Green e TGI obtendo os maiores valores de herdabilidade, em 26 DAP de 52; 50; 60 e 62%, respectivamente, e de 43 DAP com 73; 62; 73 e 70%, respectivamente.

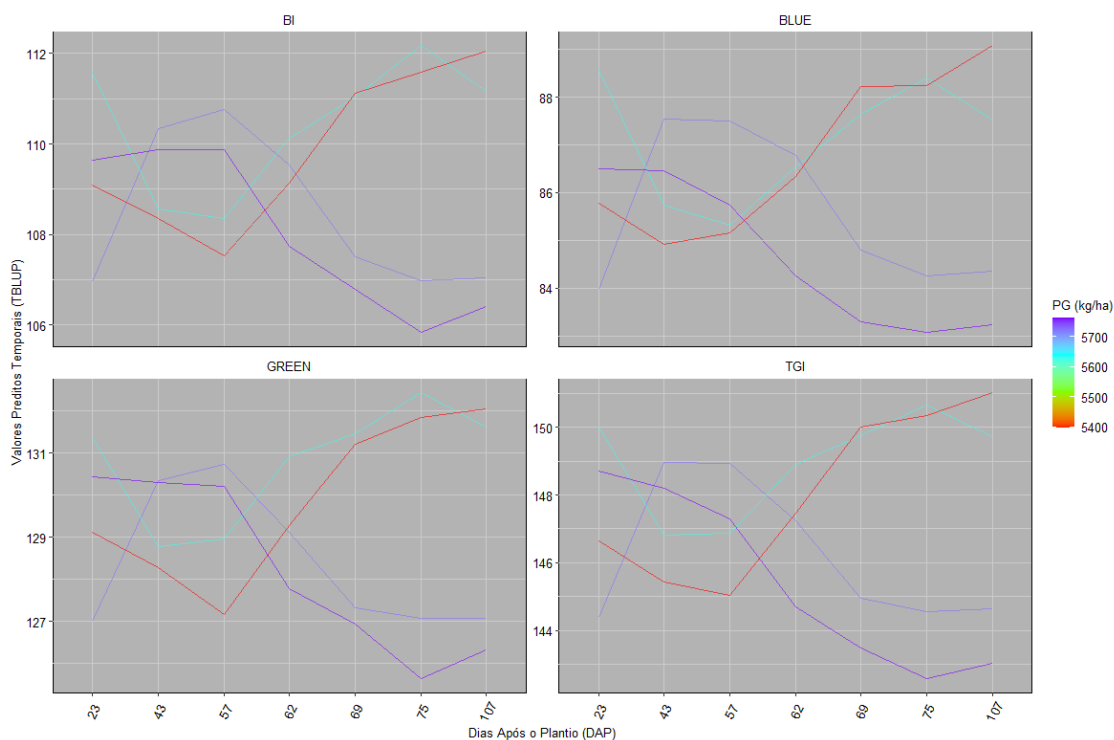


Figura 11: Gráfico de linhas com medida temporal com voo na altura de 60 metros classificados por produtividade de grãos por hectare.

Esses resultados são de suma importância para a validação do protocolo, pois, comprovam que é possível realizar a seleção ou descarte de materiais de milho de acordo com a sua produtividade de forma antecipada, sem a necessidade de esperar que a cultura complete o seu ciclo fenológico.

5. Conclusões

Foi possível determinar protocolo de fenotipagem de alto rendimento para seleção de genótipos antes da maturidade fisiológica, sendo um marco para a região do semiárido sergipano.

É possível realizar a seleção de materiais produtivos por meio da fenotipagem de alto rendimento com uso de imagens aéreas antes da maturidade fisiológica de grãos.

Os índices de vegetação BI, Blue, Green e TGI se destacaram com as maiores herdabilidades na altura de 80 m para as datas de 43 e 57 dias após plantio, sendo estas de 73; 62; 73 e 70% e 50; 60; 52 e 58%, respectivamente.

Com os voos na altura de 60 metros não foi possível efetuar a seleção de materiais.

6. Perspectivas

Pretende-se dar seguimento ao trabalho para aplicação do protocolo e assim conseguir a validação da melhor altura de voo e da época adequada para voar após o plantio da cultura, para que, por meio dessas análises consiga-se diferenciar os materiais quanto a produtividade do milho de forma antecipada e com alta precisão.

7. Referências bibliográficas

CAVALCANTE, Thomas et al. **Uso de sensores portáteis e imagens aéreas na avaliação do estado nutricional nitrogenado na cultura do milho**. 2021. p. 67. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias - agronomia) Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

CONTINI, Elisio et al. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2), p. 45, 2019.

FERREIRA, Elton José Sant'Ana. **Avaliação de índices de vegetação para estimativa de produtividade do milho em sistemas de manejo do solo no Cerrado**. P. 193. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2020.

GURGEL, F. de L.; FERREIRA, D. F.; SOARES, ACS. **O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), p. 80, 2013.

HENRIQUES, Hermano José Ribeiro. **Produtividade do milho por meio da avaliação espacial temporal de imagens orbitais**. 2021. p. 52. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdades de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.

MEIRELLES, Luara Franciane de. **Predição da produtividade de milho (zea mays l) por meio da interpretação temporal de índices de vegetação**. Buri, SP, 2022. p. 46, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri, SP, 2022.

RATHKE, Luiza. **Sensoriamento remoto como ferramenta de fenotipagem aplicado ao melhoramento de milho**. Porto Alegre, 2020. p. 35, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

SILVEIRA, Eduarda Santos. **Caracterização morfológica e seleção de genótipos de milho para região semiárida**. Nossa Senhora da Glória, SE, 2021. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, 2021.

SU, Wei et al. **Phenotyping of corn plants using unmanned aerial vehicle (UAV) images**. Remote Sensing, v. 11, n. 17, p. 2021, 2019.

XIE, Chuanqi; YANG, Ce. **A review on plant high-throughput phenotyping traits using UAV-based sensors**. Computers and Electronics in Agriculture, v. 178, p. 105731, 2020.

8. Outras atividades

Ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, a bolsista participou de diversas atividades em seu treinamento, como Dia de Campo, apresentação de artigo científico e ministração de curso, de forma remota e presencial, que ajudaram no desenvolvimento final do referido trabalho, como está sendo ilustrado, logo abaixo, nas figuras 12; 13 e 14.

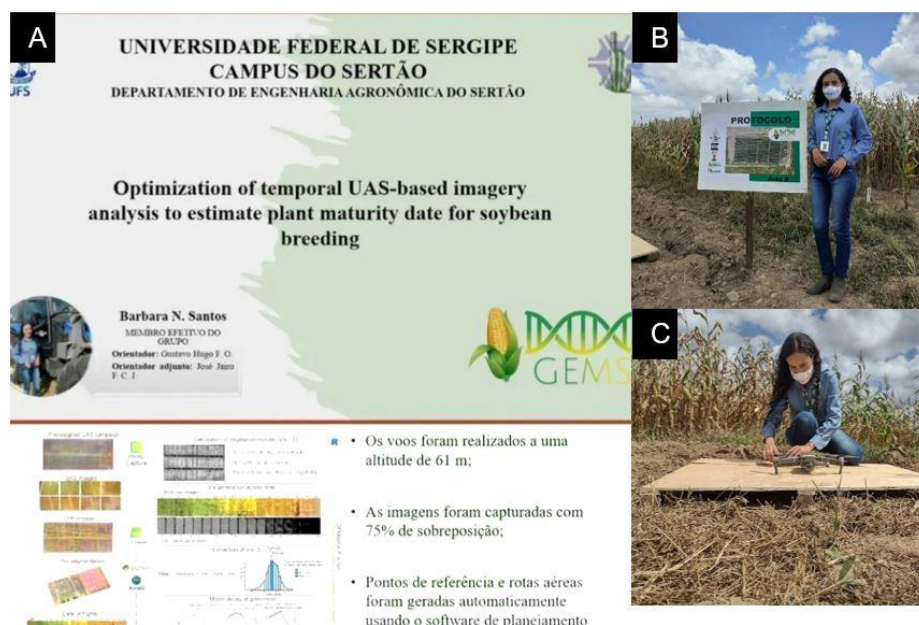


Figura 12: Atividades realizadas pela bolsista A) Apresentação de artigo científico. B) Discente apresentado o experimento no Dia de campo. C) Discente preparando o drone para voo no Dia de Campo. (Fonte: Próprio autor, 2021.)

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

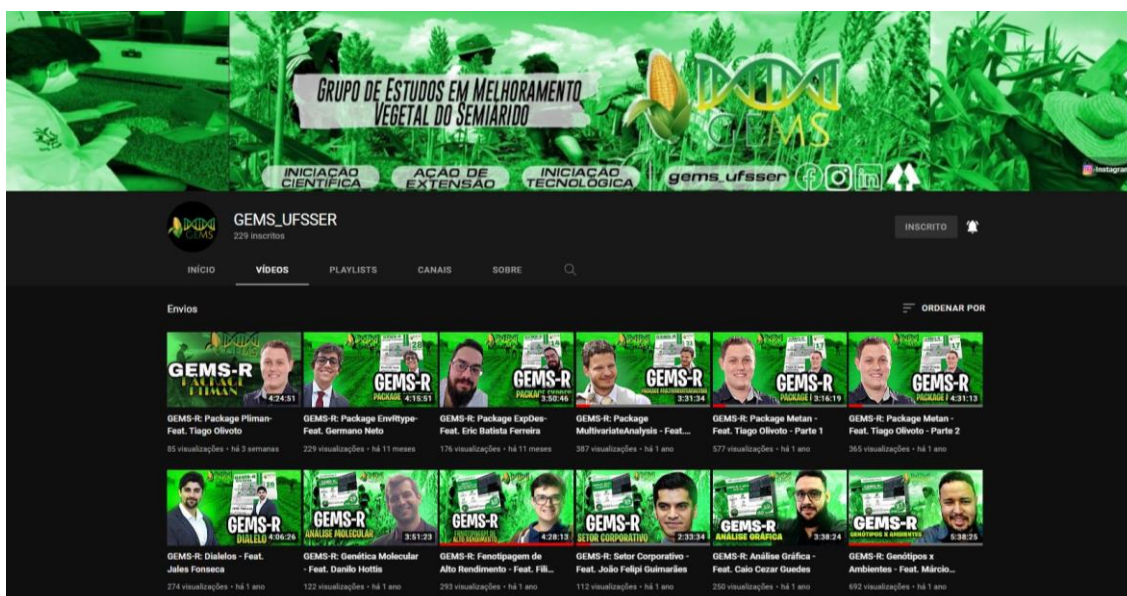


Figura 13: Participação da bolsista em minicursos ofertados pelo Grupo de Estudos em melhoramento Vegetal do Semiárido. (Fonte: Próprio autor, 2021)



Figura 14: Atividades realizadas pela bolsista. A) Curso ministrado pelas discentes Barbara Nascimento e Jessica Oliveira. B) Discentes e orientador prof. Dr. Gustavo Hugo. C) Alunos inscritos para o curso. (Fonte: Próprio autor, 2021)