

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E FISIOLOGIA DE CULTIVARES DE
GERGELIM EM SISTEMAS CONSORCIADOS**

WEDSON ALEFF OLIVEIRA DA SILVA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPINA GRANDE - PB

JULHO - 2022

DESEMPENHO AGRONÔMICO E FISIOLOGIA DE CULTIVARES DE GERGELIM EM SISTEMAS CONSORCIADOS

WEDSON ALEFF OLIVEIRA DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias / área de concentração: Agricultura Familiar e Sustentabilidade.

Orientadora: Prof. Dr. Nair Helena Castro Arriel

CAMPINA GRANDE-PB

JULHO - 2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586d Silva, Wedson Aleff Oliveira da.
Desempenho agrônomo e fisiologia de cultivares de gergelim em sistemas consorciados [manuscrito] / Wedson Aleff Oliveira da Silva. - 2022.
70 p.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Nair Helena Castro Arriel, Departamento de Agrárias e Exatas - CCHA."

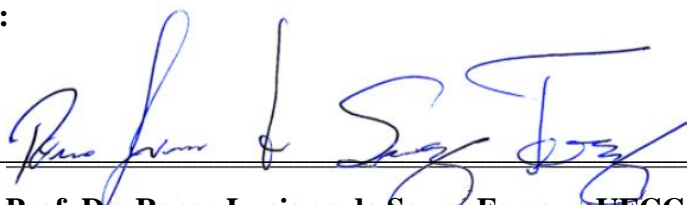
1. Consórcio de culturas. 2. Sesamocultura. 3. Indicadores fisiológicos. 4. Produção de gergelim. 5. Agricultura. 6. Genética agrícola. I. Título

21. ed. CDD 631.523

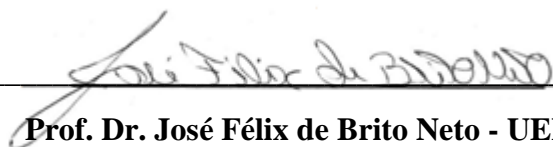
DESEMPENHO AGRONÔMICO E FISIOLOGIA DE CULTIVARES DE GERGELIM EM SISTEMAS CONSORCIADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias / área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz - UFCG
Examinador externo



Prof. Dr. José Félix de Brito Neto - UEPB
Examinador interno



Prof.ª Dr.ª Nair Helena Castro Arriel - UEPB/Embrapa Algodão
Orientadora

“Dedico este trabalho a Deus e a todos os seres de luz, que me guiam e iluminam meus pensamentos para que eu desenvolva minha luz”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela benção da vida;

Agradeço a minha família por toda inspiração de caráter, empatia, generosidade e os verdadeiros valores e sentidos da vida. Em especial, aos meus pais José Edson e Maria Salete por todo aprendizado repassado, reconhecendo minhas origens e meu lugar. Sou eternamente grato pelo esforço de vocês por me proporcionar as melhores oportunidades;

Agradeço ao programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias UEPB e a Embrapa algodão por todo suporte estrutural nas análises desenvolvidas;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001;

A minha orientadora Prf^a. Dr^a. Nair Helena Castro Arriel, por toda confiança depositada em mim, e todo suporte necessário para realização deste trabalho;

Aos membros da banca examinadora, Dr. José Félix de Brito Neto e Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz, por aceitarem colaborar com este trabalho;

A Marenilson Batista da Silva, que cedeu o espaço para realização deste trabalho, assim como, se fez presente durante todo o processo, auxiliando e contribuindo para o melhor desenvolvimento do projeto, agradeço também aos agricultores e agricultoras do Sítio Agroecológico Titara que não mediram esforços para me ajudar com o trabalho de campo;

Agradeço a Jardel Andrade por todo companheirismo e conhecimento construído ao longo deste trabalho, aquele que esteve presente em todos os momentos, nas dificuldades e felicidades, sou eternamente grato.

Aos amigos Maria Monique, Sabrina, Amanda Dias, Hyan, Mariana, Laricia Silva, que mesmo durante a pandemia conseguiram me ajudar num momento crucial do experimento em campo;

Aos colegas da turma de mestrado que mesmo com as adjacências de cursar um mestrado durante a pandemia se fizeram presentes;

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram com este processo, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivo geral.....	12
1.2 Objetivos específicos.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Aspectos gerais das culturas do gergelim.....	13
2.2 Sistemas consorciados.....	15
2.3 Aspectos gerais das culturas consorciadas.....	15
2.4 Parâmetros agronômicos do gergelim.....	19
2.5 Parâmetros fisiológicos.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Caracterização da área experimental.....	22
3.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	24
3.3 Instalação e condução do experimento.....	24
3.4 Variáveis analisadas.....	25
3.4.1 Agronômicas (crescimento vegetativo e produção).....	25
3.4.2 Fisiologia.....	26
3.5 Análises estatística.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Variáveis de crescimento.....	28
4.2 Variáveis fisiológicas.....	35
4.3 Produção do gergelim e das culturas consorciadas.....	45
4.3.1 Produção das cultivares de gergelim.....	45
4.3.2 Produção das culturas consorciadas.....	54
5. CONCLUSÕES.....	57
6. REFERÊNCIAS.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.....	23
Tabela 2. Esquema entre as cultivares de gergelim e os sistemas de consórcios utilizados no experimento.....	24
Tabela 3. Resumo das análises de variância das variáveis de crescimento, altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) em plantas de gergelim cultivadas em sistema consorciado aos 15, 30 e 45 dias após o desbaste definitivo (DAD).....	28
Tabela 4. Resumo das análises de variância para as variáveis de índice de clorofila 'a' (ICla), índice de clorofila 'b' (IClb), clorofila 'total' (ICITotal), a relação da clorofila 'a' com clorofila 'b' (ICla/IClb), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), a relação entre os processos fotoquímicos e não fotoquímicos (Fv/Fo) em folhas adaptadas ao escuro, concentração de carbono interno (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca da carboxilação (EiCi) e resistência estomática (rs), de cultivares de gergelim cultivadas em sistema solteiro e consorciado.....	35
Tabela 5. Testes de comparações de médias dos índices de clorofila 'a' (ICla), clorofila 'b' (IClb), clorofila 'total' (ICITotal), e a relação da clorofila a com clorofila b (ICla/IClb), de cultivares de gergelim cultivadas em sistema solteiro e consorciado.....	36
Tabela 6. Testes de comparações de médias para as variáveis de fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) e a relação entre os processos fotoquímicos e não fotoquímicos (Fv/Fo) em folhas adaptadas ao escuro de cultivares de gergelim cultivadas em sistema solteiro e consorciado.....	38
Tabela 7. Testes de comparações de médias para as variáveis de concentração de carbono interno (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO ₂ (A), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca da carboxilação (EiCi) e resistência estomática (rs) de	

cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado.....41

Tabela 8. Resumo das análises de variância para as variáveis de altura do primeiro fruto (ALPF), número de frutos (NFT), comprimento do fruto (CF), número de sementes por fruto (NSPF), produção total (PRD. TOTAL) e massa de 1000 sementes (M. 1000) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema solteiro e consorciado.....46

Tabela 9. Tabela de comparação de médias para as variáveis de produção das culturas consorciadas.....54

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Pluviograma do volume de água acumulado na área experimental.....22
- Figura 2.** Umidade relativa e temperatura média do ar do período experimental em campo.....23
- Figura 3.** Altura de plantas de cultivares de gergelim aos 15 (A), 30 (B) e 45 (C) dias após o desbaste (DAD), cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas difere entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....30
- Figura 4.** Diâmetro do caule (DC) de cultivares de gergelim aos 15 (A), 30 (B) e 45 (C) dias após o desbaste (DAD), cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas difere entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....32
- Figura 5.** Número de folhas (NF) de cultivares de gergelim aos 15 (A) e 30 (B) dias após o desbaste (DAD), cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas difere entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....33
- Figura 6.** Altura do primeiro fruto (ALTF) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade; Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....47
- Figura 7.** Número de frutos por planta (NFP) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....48

Figura 8. Comprimento do fruto (CF) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	49
Figura 9. Número de sementes por fruto (NSPF) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	50
Figura 10. Massa de 1.000 sementes (M. 1.000) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste T Student a 5% de probabilidade, seguidas pelo desvio padrão da média.....	51
Figura 11. Produção total de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	53
Figura 12. Análise dos componentes principais para os parâmetros tecnológicos de qualidade de fibra do algodoeiro, peso total (PT), peso da semente (PS), peso da pluma (PP), fibra, comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelo (GA) e índice de fiabilidade (CSP), em consórcio com cultivares de gergelim.....	56

SILVA, W. A. O. da. M.Sc. Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, julho 2022. **Desempenho agrônomo e fisiologia de cultivares de gergelim em sistemas consorciados.** Campina Grande, PB, 2022. 70 páginas. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias). Orientador: Prof^a. Dr^a. Nair Helena Castro Arriel.

RESUMO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma planta oleaginosa de grande valor econômico no Brasil, onde o semiárido do Nordeste brasileiro possui condições edafoclimáticas propícias para o cultivo dessa espécie, contudo, por mais que a cultura se desenvolva bem em baixos recursos hídricos, a escassez de água e a má distribuição das chuvas pode não atender adequadamente às necessidades hídricas das lavouras, levando a distúrbios morfofisiológicos e consequentes perdas na produção vegetal. Diante disso, o consórcio de culturas é uma das práticas mais comuns utilizadas para otimizar os recursos ambientais, aumentando a produtividade e rendimento das culturas. Com isso, o objetivo da pesquisa foi avaliar o desempenho agrônomo e fisiológico de cultivares de gergelim em sistema consorciado com algodão, feijão, sorgo, milho e amendoim. O trabalho foi desenvolvido em condições de campo, no Sítio Agroecológico Titara no município de Remígio Paraíba. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 6, correspondente a 2 cultivares de gergelim (BRS Morena e BRS Anahí) em combinação com 6 consórcios (cultivo solteiro (testemunha), feijão caupi crioulo, algodão linhagem CNPA MT 2009 – 152, milho BRS Caimbé, sorgo BRS Ponta Negra, e amendoim BR1), resultando em 12 tratamentos, com 3 repetições, totalizando 36 parcelas. Foram avaliadas as variáveis agrônomicas (crescimento vegetativo e produção) e fisiológicas (índice de clorofila, fluorescência e trocas gasosas) das cultivares de gergelim; também foi avaliado a produção das culturas consorciadas com gergelim. As cultivares de gergelim sofrem influência dos consórcios para os parâmetros de crescimento, onde o cultivo solteiro favorece melhor desenvolvimento vegetativo e o consórcio com milho prejudica o crescimento das plantas de gergelim; A fisiologia das cultivares de gergelim sofrem influência pelos sistemas de consórcio utilizados; O consórcio entre cultivares de gergelim e feijão caupi influencia no aumento das taxas fotossintéticas e na eficiência fotoquímica. Já o consórcio com sorgo prejudica a fisiologia das cultivares de gergelim; O consórcio com feijão caupi favorece o aumento da produção de gergelim. Já o consórcio com milho prejudica a produção das cultivares.

Palavras-chave: Consórcio de culturas; Sesamocultura; Indicadores fisiológicos; Produção de gergelim

SILVA, W. A. O. da. M.Sc. Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, julho 2022. **Agronomic performance and physiology of sesame cultivars in intercropped systems.** Campina Grande, PB, 2022. 70 páginas. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias). Orientador: Prof^a. Dr^a. Nair Helena Castro Arriel.

ABSTRACT

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oilseed plant of great economic value in Brazil, where the semiarid region of the Brazilian Northeast has favorable soil and climatic conditions for the cultivation of this species, however, as much as the culture develops well in low water resources, the scarcity of water and the poor distribution of rainfall may not adequately meet the water needs of crops, leading to morphophysiological disturbances and consequent losses in plant production. Therefore, the intercropping of cultures is one of the most common practices used to optimize environmental resources, increasing the productivity and yield of crops. Thus, the objective of the research was to evaluate the agronomic and physiological performance of sesame varieties in a system intercropped with cotton, beans, sorghum, corn and peanuts. The work was carried out under field conditions, at the Titara Agroecological Site in the municipality of Remígio Paraíba. The experiment was carried out in randomized blocks (DBC), with a 2 x 6 factorial scheme, corresponding to 2 sesame varieties (BRS Morena and BRS Anahí) in combination with 6 intercropping (single crop (control), cowpea Cariquinha, cotton lineage CNPA MT 2009 – 152, corn BRS Caimbé, sorghum BRS Ponta Negra, and peanut BR1), resulting in 12 treatments, with 3 replications, totaling 36 plots. The agronomic variables (vegetative growth and production) and physiological variables (chlorophyll index, fluorescence and gas exchange) of the sesame varieties were evaluated; the production of cultures intercropped with sesame was also evaluated. The sesame varieties are influenced by intercropping for growth parameters, where single cultivation favors better vegetative development and intercropping with corn harms the growth of sesame plants; The physiology of sesame varieties is affected by the intercropping systems used; The intercropping between sesame and cowpea varieties influences the increase of photosynthetic rates and photochemical efficiency. On the other hand, intercropping with sorghum harms the physiology of sesame varieties; Intercropping with cowpea favors an increase in sesame production. On the other hand, intercropping with corn harms the production of varieties.

Key words: Consortium of cultures; Sesame culture; Physiological indicators; Sesame production

1. INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.), é uma planta oleaginosa de grande valor econômico e uma das mais antiga utilizada pela humanidade, é a nona mais cultivada no mundo, sendo cultivada para uso alimentar, medicinal ou utilizada na produção de biodiesel (MESQUITA et al., 2013; JESUS et al., 2015). Tem sua origem na Índia, porém no continente africano existe uma grande diversidade de tipos silvestres do gênero *Sesamum*, é uma cultura de clima tropical, cultivada em quase todos os países, devido à importância comercial de suas sementes, na indústria de alimentos e produção de óleo (AZEVEDO et al., 2003).

O semiárido do Nordeste brasileiro possui condições edafoclimáticas propícias para o cultivo de gergelim. A cultura apresenta boa adaptabilidade ao clima quente bem como baixo requerimento hídrico, podendo ser cultivada com precipitações mínimas de 300 mm bem distribuídos, contudo, precipitações entre 500 mm e 650 mm é considerada a faixa ótima, características adaptativas importantes para regiões semiáridas (BELTRÃO et al., 2010; GRILO JÚNIOR; AZEVEDO, 2013). Além disso, sua produção gera renda, principalmente para pequenos produtores, o que a constitui como ótima alternativa para o desenvolvimento socioeconômico desta região (DIAS et al., 2018), tendo em vista que o plantio desta cultura ocorre principalmente nas pequenas propriedades do Nordeste em condições de sequeiro.

Contudo, por mais que a cultura do gergelim se desenvolva bem em ambientes com baixos recursos hídricos, como é no caso do semiárido nordestino brasileiro, a escassez de água e a má distribuição das chuvas pode não atender adequadamente às necessidades hídricas das lavouras, o que muitas vezes leva a distúrbios morfofisiológicos e consequentes perdas na produção vegetal (SUASSUNA et al., 2011; GOMES et al., 2012; LIMA et al., 2020; ARAÚJO et al., 2022).

Diante da baixa precipitação em regiões semiáridas, uma das práticas de aproveitamento dos recursos naturais, bem como a otimização de recursos hídricos e uso eficiente do solo é o consórcio de culturas agrícolas, que consiste basicamente no cultivo simultâneo de duas ou mais culturas na mesma área de plantio (OLIVEIRA FILHO, 2013).

O consórcio de culturas é uma das práticas mais comuns utilizadas nos sistemas agrícolas sustentáveis, que tem um papel importante no aumento da produtividade e da estabilidade do

rendimento, a fim de otimizar a utilização dos recursos e dos fatores ambientais (ALIZADEH et al., 2009). Segundo Lithourgidis et al. (2011), os sistemas consorciados proporcionam vantagens em relação ao monocultivo por aumentar o rendimento das culturas em virtude da utilização mais eficiente dos recursos naturais disponíveis.

Além disso, para uma melhor caracterização do rendimento das culturas, é necessário a utilização de técnicas para distinguir os genótipos produtivos, através de marcadores morfoagronômicos, moleculares e bioquímicos (PHAM et al., 2011).

É importante ressaltar que nos últimos anos tem aumentado o interesse nas pesquisas científicas relacionadas ao comportamento ecofisiológico do *S. indicum* frente às condições do semiárido, com intuito de promover o conhecimento e conseqüentemente a exploração viável com caráter sustentável desta oleaginosa (ALBUQUERQUE et al., 2012; BELTRÃO et al., 2013; BRITO et al., 2014; FEITOSA et al., 2020). Contudo, em sistemas consorciados, essas pesquisas científicas ainda são escassas, sendo necessário estudar o comportamento ecofisiológico de alguns genótipos de gergelim nesses sistemas.

Neste sentido, observa-se que a caracterização agrônômica do gergelim, em sistemas consorciados na região Nordeste, assim como, o comportamento ecofisiológico de algumas cultivares ainda são escassos, sendo necessário desenvolver trabalhos que abordem esse contexto. É importante ressaltar que a caracterização morfoagronômica do gergelim é de grande importância, tendo em vista a grande diversidade genética entre as cultivares. Essas características morfológicas e agrônômicas são mais adotadas devido à disponibilidade de valoração de variáveis que contribui com a fenotipagem (ARAÚJO et al., 2019).

1.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho agrônômico e fisiológico de cultivares de gergelim em sistema consorciado com algodão, feijão caupi, sorgo, milho e amendoim.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar os parâmetros agrônômicos das cultivares de gergelim em sistema consorciado;
- Avaliar os aspectos fisiológicos através das trocas gasosas, índices de clorofila e fluorescência da clorofila 'a' de cultivares de gergelim em sistema consorciado;
- Avaliar a produção das cultivares de gergelim e demais culturas em sistema consorciado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do gergelim

O gergelim é uma planta dicotiledônea da família Pedaliaceae, ordem tubiflorae, pertencendo ao gênero *Sesamum*. Sendo o *Sesamum indicum* L. a principal fonte do gergelim comercial, tendo em vista sua grande diversidade de espécies silvestres (ARRIEL et al., 2009; SILVA, 2015a).

É uma planta que possui grande heterogeneidade de características morfológicas, com período vegetativo de 3 a 4 meses. Suas características morfoanatômicas se classificam por apresentar sistema radicular pivotante, caule com altura variável de 0,5 a 3 m, podendo ser ereto ou apresentar ramificações; as folhas possuem diferentes formatos e tamanhos na mesma planta (folha lanceolada, dentada e lobulada); as flores são completas, distribuídas de uma a três por axila, podendo ser em cachos, alternadas ou opostas; os frutos do gergelim são cápsulas alongadas e pilosas, deiscente ou indeiscente, de tamanho variando de 2 a 8 cm, dependendo da cultivar; as sementes são ovaladas, de coloração que varia de branco a preto, passando por marrom, verde-oliva e amarelo, que podem se diferenciar de acordo com as cultivares (ARRIEL et al., 2007; BELTRÃO et al., 2013).

O gergelim é originário da África e da Ásia, podendo ser considerada uma das oleaginosas cultivadas mais antigas no mundo, com registro anterior a 4.300 a. C., em países como Irã, Egito, Índia e China (ARRIEL et al., 2007). A cultura foi introduzida no Brasil pela região Nordeste através de portugueses, no século XVI, e foi tradicionalmente plantada para consumo, o que predomina o cultivo em nível de subsistência, porém é considerada como uma alternativa de grande importância econômica e social devido às suas características de adaptabilidade a diferentes ambientes e geração de alimento e renda.

O cultivo de gergelim no Brasil passou de 53 mil hectares na safra 2018/2019 para 175 mil hectares na safra 2019/2020, um aumento de 230% em apenas um ano. A produção aumentou 123%, saindo de 41,3 mil toneladas para 95,8 mil toneladas do grão. Nos últimos dez anos, o aumento da produção foi ainda mais expressivo, cerca de 20 vezes mais grãos do que as cinco mil toneladas registradas em 2010. Mato Grosso, sobretudo os municípios de Canarana e Água Boa, na região leste do estado, concentra a maior parte da produção (EMBRAPA, 2021).

A cultura se desenvolve melhor em solos profundos com textura franca, bem drenados e de boa fertilidade natural (RAMOS et al., 2010). Seu cultivo possibilita a diversificação agrícola a partir da exploração de uma cultura com potencialidades econômicas, agronômicas e sociais, em decorrência de suas características: como a tolerância à seca e as estratégias no manejo (EUBA NETO et al., 2016). Essa espécie possui distribuição tropical e subtropical por sua adaptação aos períodos de estiagem que ocorrem no Nordeste, onde a produção nessa região é proveniente de pequenos e médios agricultores, logo desempenhando apreciável importância social no meio rural (QUEIROGA et al., 2014).

A cultura do gergelim possui uma estreita relação com os agricultores familiares devido sua importância socioeconômica, por proporcionar geração de renda, subsistência e segurança alimentar (QUEIROGA et al., 2008). Tendo em vista o potencial nutritivo de suas sementes, sua composição contém índices elevados de óleo (46% a 50%) com 83% a 90% de ácidos graxos saturados, 20% de proteínas e vários nutrientes menores como as vitaminas e minerais, além de grande quantidade de lignanas (compostos de metilendioxifenil), sendo que esses componentes funcionais juntos aumentam a resistência contra a deterioração oxidativa e fornece valor nutracêutico para a colheita (PATHAK et al., 2014).

Mediante os avanços sobre os conhecimentos desta cultura, vários esforços estão sendo direcionados para a criação e/ou adaptação de tecnologias que promovam bons desempenhos fisiológicos e elevação de produtividade, com o uso de cultivares adaptadas às condições Semiáridas na Região Nordeste, em virtude de suas limitações climáticas, especialmente em relação a questão pluviométrica (BELTRÃO et al., 2013).

2.2 Sistemas consorciados

O consórcio de plantas é uma prática agrícola de grande importância e muito utilizada em regiões tropicais, onde o agricultor utiliza o plantio simultâneo de diferentes culturas na mesma área, ocorrendo intensificação da exploração agrícola no tempo e no espaço, como estratégia de minimizar os impactos causados pela irregularidade climática muito frequente nessas regiões (OLIVEIRA FILHO, 2013).

Vários fatores beneficiam as práticas de cultivo consorciado, quando comparadas com o monocultivo, podendo haver melhorias no uso da água, diminuição dos custos, melhor uso da terra, além de melhor aproveitamento da mão de obra, proteção do solo, menor risco de perda de produção, por agrupar culturas de diferentes ciclos e redução da incidência de pragas e doenças nas culturas consorciadas (ALVES et al., 2009; SOUZA et al., 2015).

Nesse tipo de plantio, as espécies competem por água, luz e nutrientes, dessa forma, para que uma cultura não prejudique o desenvolvimento da outra, é necessário estabelecer uma população total adequada de plantas, estudando a densidade e o espaçamento que essas plantas devem permanecer na área, através da análise de diferentes arranjos populacionais (COSTA; SILVA, 2008; SANTOS et al., 2016).

Dentre as formas para determinar o rendimento das culturas em sistemas consorciados e em monocultivos, são utilizados os índices de eficiência biológica, econômica e rendimento da cultura (ADEKUNLE, 2014).

Dessa forma, levando em consideração o consórcio em sistemas agroecológicos em propriedades familiares, a prática possibilita grandes benefícios, como aumentar a biodiversidade nos agroecossistemas, o agricultor garante maior estabilidade de rendimento, maior aproveitamento de recursos naturais, maior diversidade alimentar, maior ocupação de mão de obra e supressão natural de plantas invasoras (DARONCO et al., 2012).

2.3 Aspectos gerais das culturas consorciadas

2.3.1 Cultivares de gergelim

A cultivar BRS Anahí apresenta ciclo de 90 dias, hábito de crescimento não ramificado e três frutos por axila foliar. Suas sementes possuem cor esbranquiçada, com peso médio de 4,22 mg e teor de óleo variando de 50% a 52%, assim como, potencial de produzir 1.600 kg h⁻¹ de sementes, quando proporcionadas condições ideais de água, solo e manejo (EMBRAPA, 2016).

A BRS Morena é uma cultivar de gergelim com sementes de coloração marrom avermelhada, apresentando alta produtividade de grãos e teor de óleo superior a 50%. O potencial produtivo é de cerca de 980 kg h⁻¹ em regime de sequeiro e 1.800 kg h⁻¹ em sistema irrigado. Possui hábito de crescimento pouco ramificado, com um a três ramos laterais. Apresenta três frutos por axila foliar, com a inserção do primeiro fruto a 40 cm do solo. Seu ciclo é precoce, com cerca de 90 dias, em condições de sequeiro na região semiárida e 99 no cerrado (EMBRAPA, 2020).

2.3.2 Algodão (*Gossypium hirsutum*)

O algodão é uma planta pertencente ao gênero *Gossypium*, da família Malvaceae. Possui centro de origem na Índia, onde seu gênero possui 50 espécies que se distribuíram nas regiões áridas e semiáridas da África, Austrália, Américas, Arábia, Galápagos e Havaí. As espécies cultivadas são *G. herbaceum*, *G. arboreum*, *G. barbadense*, *G. hirsutum* (SOUZA, 2011).

Na década de 80, o cultivo do algodão reduziu significativamente na região Nordeste, tendo em vista a modernização do sistema de produção e a utilização de insumos externos para enfrentar o estresse aos fatores bióticos e abióticos. Neste sentido, a procura por cultivares adaptadas aos sistemas de produção familiar, com rentabilidade econômica, e com potencial ecológico às indústrias têxteis, se fez necessário (EMBRAPA, 2008).

O cultivo do algodão representou uma das principais atividades econômicas no Nordeste, tendo sido responsável por grande parte da geração de emprego e renda na região, chegando a ter mais de 3,2 milhões de hectares plantados na década de 1970 (BELTRÃO et al., 2010). O plantio comercial do algodão colorido orgânico ainda é incipiente na região semiárida do Nordeste, sendo mais cultivado no Estado da Paraíba (BELTRÃO; CARVALHO, 2004).

Além disso, o algodão é uma planta de aproveitamento integral (fibra, semente, planta) utilizada nas indústrias têxteis, alimentícias e de ração animal, de cosméticos, farmacêutica e de celulose (SANTOS; SANTOS, 2008). Onde seu cultivo representa uma das principais atividades socioeconômicas no Nordeste, a partir da geração de emprego e renda para agricultores familiares dessa região.

Nos últimos anos, o sistema de cultivo do algodão em consórcios agroecológicos tem ajudado a mudar a realidade de famílias da região semiárida. A diversificação amplia a renda do produtor e reduz os riscos de doenças e pragas do algodão, o que traz ganhos ambientais e de saúde ao reduzir a aplicação de químicos na lavoura. As vantagens foram comprovadas em experimentos da Embrapa Algodão (PB) que aperfeiçoou o sistema introduzindo gergelim e novas cultivares de algodão (EMBRAPA, 2015).

2.3.3 Feijão caupi (*Vigna unguiculata*)

O feijão caupi, também conhecido como macassar ou feijão de corda (*Vigna unguiculata*) é uma planta dicotiledônea herbácea pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Papiliononidade, do gênero *Vigna* e por sua vez da espécie *V. unguiculata* (CAMPOS et al., 2000). Possui centro de origem na África, o que levou suas adaptações edafoclimáticas às condições tropicais, propiciando seu cultivo em diversas regiões do mundo.

No Brasil, o seu cultivo é registrado desde o início da colonização e passou a ser considerada uma das fontes alimentares mais consumidas nas regiões tropicais e subtropicais (FROTA et al., 2008). Segundo Embrapa (2022), o feijão caupi é uma das mais importantes leguminosa de grãos do Semiárido brasileiro e exerce a função de suprir parte das necessidades proteicas das populações mais carentes dessa região. Além disso, seu cultivo nessa região é

predominante tendo em vista sua resistência ao calor e ao déficit hídrico (MELO, et al., 2022; SANTOS et al., 2022).

Neste sentido, o feijão caupi, como também é conhecido, possui grande importância socioeconômica para os agricultores familiares dessa região pois apresenta alto valor nutritivo e baixo custo de produção (ROCHA, 2009). Principalmente quando cultivado em sistemas consorciados, uma prática comum dos agricultores da região Nordeste, para otimizar os recursos.

O consórcio envolvendo feijões é muito utilizado nos sistemas de produção familiar, tornando-se cultural em algumas regiões. Além disso, o feijão consorciado pode contribuir na dieta proteica do agricultor, na descompactação dos solos, na fixação biológica de nitrogênio e na fertilidade do solo do sistema (SILVA et al., 2007).

2.3.4 Sorgo (*Sorghum bicolor* L.)

O sorgo sacarino pertence à família das Poaceae, é originário do continente africano, apresenta ciclo anual, colmos eretos e suculentos com teores de açúcar elevados, altura média de 2,5 metros, se adapta a diversos ambientes de cultivo, principalmente em regiões com alta temperatura e deficiência hídrica, que são condições desfavoráveis à maioria dos grãos produzidos (BORÉM, 2005; SANTOS et al., 2005).

No Brasil, o aumento da demanda do milho para alimentação humana e animal aliada a limitações na produção em determinados anos, tem levado os produtores e pesquisadores a buscarem alternativas para a alimentação de ruminantes. Dentre as espécies o sorgo granífero se destaca pois suas características nutritivas e o cultivo são semelhantes aos da cultura do milho, consistindo em alternativa rentável para uso dos grãos, além de ter menor custo de produção (HORVATHY NETO et al., 2012).

A sua importância econômica, em muitos países produtores de sorgo, está diretamente ligada a fatores socioeconômicos, climáticos e hídricos da região na qual favorece o cultivo desta Poaceae (LIMA, 2020). A cultura do sorgo se adapta bem em diversos ambientes, principalmente naqueles em que há restrição hídrica em estádios avançados de desenvolvimento (MARIGUELE; SILVA, 2002).

O sorgo vem sendo comumente utilizado para produção de grãos, principalmente no período de safrinha, em sucessão as culturas de verão. Porém, consórcios entre sorgo e outras espécies precisam ser aprimorados, para desenvolver os sistemas de produção de lavouras anuais, no contexto da semeadura direta na palha e da integração lavoura-pecuária (SILVA et al., 2009).

2.3.5 Milho (*Zea mays* L.)

Da família Poaceae, o milho é uma gramínea considerada uma das mais antigas e importantes culturas agrícolas. Possui centro de origem nas Américas e grande amplitude de cultivo pelo mundo em diferentes latitudes (SABUNDJIAN, 2016).

Por sua ampla utilização para fins alimentares, desde o consumo *in natura* até fins industriais, tanto para humanos quanto para animais, o milho possui grande importância socioeconômica para o agronegócio e principalmente para a agricultura familiar (CHIEZA et al., 2017).

Para seu cultivo, a temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, está compreendida entre 24 e 30 °C e quanto à exigência hídrica, este pode ser cultivado em regiões aonde as precipitações vão desde 250 mm até 5000 mm anuais (LANDAU et al., 2019).

Segundo Chieza et al. (2017), o cultivo do milho em monocultivo requer elevado investimento tecnológico para alcançar elevada produtividade, sendo muitas vezes inviável para os pequenos produtores. Uma alternativa que tem se mostrado economicamente viável e ecologicamente sustentável para sistemas de cultivos com diversidades de culturas em pequenas áreas é a técnica de cultivo em consórcio.

De acordo com Bezerra (2007), os consórcios, sorgo, feijão-de-corda e milho avaliados pela eficiência do uso da terra, verificou-se que o melhor arranjo nesses consórcios ocorreu quando as fileiras das culturas foram dispostas de forma alternada.

2.3.6 Amendoim (*Arachis hypogaea* L.)

O amendoim é originário da América do sul, pertence ao grupo das plantas Fabaceae. Foi amplamente disseminado pelo mundo através dos portugueses, provavelmente por causa do seu sabor agradável e muito semelhante às amêndoas. O amendoim é a quarta oleaginosa mais cultivada no mundo, ocupando uma área de 23 milhões de hectares com uma produção mundial de 36 milhões de toneladas por ano (FAO, 2011).

O amendoim é uma cultura de relevante importância econômica, pelo seu alto valor nutritivo. Suas sementes podem ser processadas e utilizadas diretamente na alimentação humana, nas indústrias de conservas, nas confeitarias e na produção de biodiesel (TASSO JÚNIOR et al., 2004; AZEVEDO et al., 2014).

De acordo com Peixoto et al. (2008) o seu cultivo se estende de norte a sul do País, devido a sua ampla adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas. É uma cultura perfeitamente adaptável a agricultura familiar, predominante na região semiárida, por ser de simples manejo e

de boa produtividade mesmo sem a utilização intensiva de insumos (FREITAS, 2011; BELTRÃO et al., 2011).

A cultura do amendoim se adapta bem a cultivos intercalados ou consorciados com as outras culturas, contudo, em muitos casos não é a principal cultura e é manejada e beneficiada com os tratos culturais da outra lavoura em consórcio. A presença da cultura do amendoim intercalada entre linhas favorece o controle de plantas daninhas, principalmente pela ocupação do solo, além de benefícios econômicos pela otimização do uso do solo, e da fixação de nitrogênio e, do rendimento de duas lavouras simultâneas (KASAI; DEUBER, 2011).

2.4 Parâmetros agronômicos do gergelim

Os estudos de caracterização agronômica são considerados importantes para identificação do germoplasma, devido ao seu poder discriminante entre os acessos e à sua estabilidade de manifestação (CRUZ; REGAZZI, 1994). A caracterização agronômica fornece informações essenciais para a identificação dos genótipos divergentes, além de orientar quanto à escolha das cultivares com características resistentes a fatores bióticos e abióticos (BERED et al., 1997).

Para as análises morfoagronômicas não precisam de equipamentos sofisticados e têm baixo custo, sendo utilizadas como um dos primeiros passos em avaliações de estudos genéticos. Porém, são características que podem ser alteradas em função das condições ambientais, e assim, refletem a interação entre genótipo e ambiente (CARVALHO et al., 2017).

No gergelim, é de suma importância a utilização de marcadores morfológicos, agronômicos, bioquímicos e moleculares para a caracterização de genótipos, onde, os principais atributos que diferenciam as cultivares de gergelim são: altura de planta, comprimento de cápsula, ciclo (entre 70 e 170 dias), tipo de ramificação, coloração das sementes, entre outros. As cultivares produtoras de sementes de cor branca ou creme são as de maior valor comercial, ao passo que as sementes pretas se caracterizam por serem de demanda restrita, mas em ascensão no mercado consumidor (PHAM et al., 2011).

Dentre as principais características almejadas para a caracterização morfoagronômica do gergelim, destacam-se o número de frutos por axila foliar, altura da inserção do primeiro fruto, número de frutos por planta e indecência dos frutos, que podem contribuir no aumento da produtividade e uma possível colheita mecanizada (PINTO; ARRIEL, 2014).

2.5 Parâmetros fisiológicos

O conhecimento dos processos e respostas dos vegetais em função das alterações nos fatores ambientais é vital para entender o crescimento e desenvolvimento das plantas em um agroecossistema. Os efeitos bióticos e abióticos do ambiente como os seres vivos e suas relações, temperatura, disponibilidade hídrica, luminosidade e fotoperíodo, solos, adensamento de plantas, assim dentre outros, são causas que influenciam no desenvolvimento vegetal, principalmente nas respostas dos vegetais ao ambiente (DIAS, 2018).

O rendimento e o crescimento das plantas são determinados por várias características morfofisiológicas, cuja expressão é governada pelas interações planta x ambiente. Os índices de crescimento também descrevem as condições morfofisiológicas e a capacidade produtiva da planta (BARBERO et al., 2013) e indicam o potencial fotossintético, a partição dos produtos fotossintéticos nos diferentes órgãos da planta e a contribuição desses órgãos para o crescimento e desenvolvimento da planta (LOPES et al., 2011; STRASSBURGER et al., 2011).

A avaliação das trocas gasosas é uma importante ferramenta na determinação de adaptação e estabilidade de plantas a determinados ecossistemas, porque a redução no crescimento e consequente redução na produtividade das plantas, podem estar relacionadas à redução na atividade fotossintética, limitada por fatores abióticos intrínsecos ao local de cultivo (FERRAZ et al., 2012).

Netto et al. (2000) argumentaram que a utilização de índices fisiológicos para comparar efeitos de diferentes manejos agrônômicos, por ser relativa e não depender de pressuposições matemáticas, é de grande utilidade e bastante apropriada. Além das trocas gasosas, os índices de clorofila e a eficiência fotoquímica são fatores importantes para avaliar o comportamento fisiológico de uma planta.

De acordo com Lima Filho et al. (2009), a clorofila, pigmento que confere cor verde às plantas, associada a outros pigmentos denominados acessórios, tais como os carotenoides, são os responsáveis por captar a radiação solar, desencadeando as reações fotoquímicas da fotossíntese, assumindo importância fundamental nesse processo. Dessa forma, as clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais (STREIT et al., 2005). Considerando a importância dos pigmentos fotossintetizantes, a medida do seu conteúdo nas plantas, em especial da clorofila nas espécies cultivadas, pode ser caracterizada como uma informação capaz de subsidiar o manejo das culturas (ARGENTA et al., 2004; REIS et al., 2006).

A fluorescência é um fenômeno óptico que ocorre em uma molécula após a incidência de energia luminosa (fótons), onde fisicamente os fótons absorvidos pela estrutura eletrônica elevam

a energia dos elétrons da molécula a estados quânticos excitados e menos estáveis, sendo assim, devido às suas características, a fluorescência é conhecida como uma “assinatura molecular” (ATKINS; PAULA, 2004). Diante disso, a fluorescência da clorofila tem sido utilizada como uma técnica precisa e não destrutiva no estudo da eficiência fotossintética, indicando direta ou indiretamente os reflexos dos impactos de fatores ambientais e mudanças no estado fisiológico das plantas (BAKER, 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido de maio a novembro em condições de campo, no Sítio Agroecológico Titara no município de Remígio Paraíba, nas coordenadas geográficas latitude 6°58'43.4"S e longitude 35°46'35.6"W, com altitude de 593 m em relação ao nível do mar.

O clima do local da pesquisa, segundo a classificação de Köppen é do tipo AS, onde se caracteriza por um clima tropical com estação seca, com maiores índices pluviométricos concentrados nos meses de maio a agosto (ALVARES et al., 2013).

Na área experimental, através de um pluviômetro, foram coletados os dados da pluviosidade durante o período de condução do experimento, de maio a novembro, como observado na Figura 1.

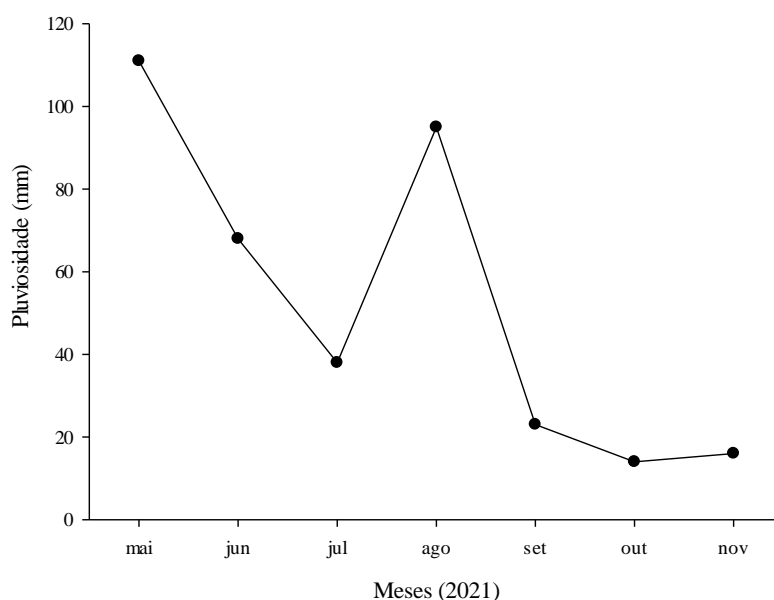


Figura 1. Pluviograma do volume de água acumulado na área experimental.

Já na Figura 2, observa-se o comportamento da temperatura e umidade relativa média do ar na área experimental no período de maio a novembro de 2021, obtidos através de um Datalogger digital memória MOD. CDR-550 – INSTRUTHERM.

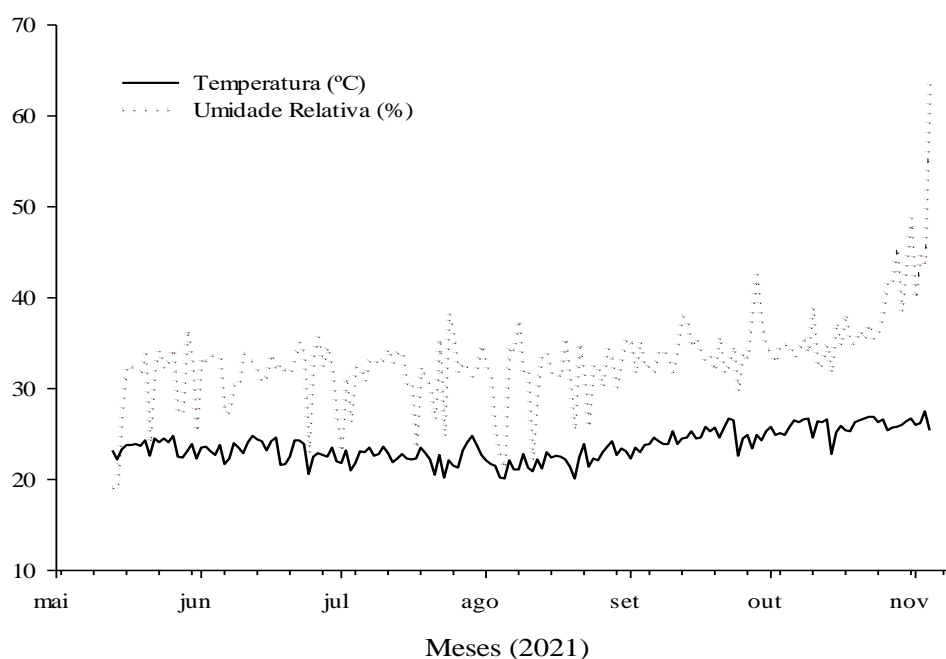


Figura 2. Umidade relativa e temperatura média do ar do período experimental em campo.

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Regolítico (SANTOS et al., 2013). A coleta de solo para análise química foi realizada na profundidade de 0-20 cm, coletadas aleatoriamente a partir de uma amostra composta da área experimental, apresentando as seguintes características (Tabela 1), conforme metodologia Teixeira et al. (2017).

Tabela 1 – Características químicas do solo da área experimental

pH	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	K ⁺	S	H+Al	CTC	Na ⁺	v	P	M.O
H ₂ O	----- (cmol _c dm ⁻³) -----								%	mg/dm ³	g/kg
6,3	54,4	17,6	0,0	3,6	76,3	28,1	103,7	0,7	73,1	67,8	53,4

pH (potencial hidrogeniônico) em água na proporção 1:2,5 de terra fina seca ao ar e água destilada, respectivamente; Ca⁺² (cálcio), Mg⁺² (magnésio), Al⁺³ (alumínio), extrator KCl 1 M; K⁺ (potássio), P (fósforo), e Na⁺ (sódio), extrator Mehlich I; H⁺ + Al⁺³ (hidrogênio mais alumínio) com extrator acetato de cálcio 0,5 M a pH 7,0; CTC (capacidade de troca de cátions) = SB + H⁺ + Al⁺³; M.O (matéria orgânica) = carbono orgânico x 1,724, método Walkley-Black.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso (DBC), com esquema fatorial 2 x 6, correspondente a 2 cultivares de gergelim (BRS Morena e BRS Anahí) em combinação com 6 consórcios (cultivo solteiro (testemunha), feijão caupi Cariquinha, algodão linhagem CNPA MT 2009 – 152, milho BRS Caimbé, sorgo BRS Ponta Negra e amendoim BR1), resultando em 12 tratamentos, com 3 repetições, totalizando 36 parcelas (Tabela 2). Os tratamentos foram distribuídos em linhas, com uma área de 20 m² (4 x 5) em cada parcela, com distância de 1 m entre blocos, totalizando uma área experimental de 840 m².

Tabela 2. Esquema entre as cultivares de gergelim e os sistemas de consórcios utilizados no experimento.

Tratamentos	Consórcios
1 (Testemunha)	BRS Morena solteiro
2 (Testemunha)	BRS Anahí solteiro
3	BRS Morena + Feijão Caupi Crioulo
4	BRS Morena + Algodão CNPA MT 2009-152
5	BRS Morena + Milho BRS Caimbé
6	BRS Morena + Sorgo BRS Ponta Negra
7	BRS Morena + Amendoim BR1
8	BRS Anahí + Feijão Cariquinha Crioulo
9	BRS Anahí + Algodão CNPA MT 2009-152
10	BRS Anahí + Milho BRS Caimbé
11	BRS Anahí + Sorgo BRS Ponta Negra
12	BRS Anahí + Amendoim BR1

3.3 Instalação e condução do experimento

Para o preparo da área, foi realizada a aração mecanizada e posteriormente o destorroamento com tração animal. O experimento foi implantado em maio de 2021, com as cultivares de gergelim e as culturas consorciadas.

As configurações de consórcios utilizadas para as cultivares de gergelim seguiram suas recomendações de espaçamento, sendo utilizado 0,7 m entre as linhas e 0,2 m entre plantas para os tratamentos correspondentes ao gergelim BRS Morena, totalizando 6 linhas na parcela; e 0,45 m por 0,2 m para os tratamentos em consórcio com a BRS Anahi, totalizando 9 linhas na parcela. As linhas das extremidades são consideradas bordaduras, utilizando as linhas centrais como amostragem.

O espaçamento das culturas em consórcio com o gergelim BRS Morena foram: feijão, milho, sorgo e amendoim 0,7 m x 0,2 m; algodão 0,7 m x 0,25 m. Já o espaçamento das culturas em consórcio com o gergelim BRS Anahi foram: feijão, milho, sorgo e amendoim 0,45 m x 0,2 m; algodão 0,45 m x 0,25 m.

Aos 15 dias após semeadura (DAS), foi realizado o desbaste das plantas em excesso em duas etapas: (i) quando as plantas estavam com 5 folhas (pré-desbaste); (ii) quando as plantas estavam com 15 cm de altura (desbaste definitivo), deixando-se 5 plantas de gergelim por metro linear, totalizando 25 plantas por linha.

A condução deste trabalho, desde os manejos e tratos culturais atenderam as exigências de um sistema de cultivo agroecológico/orgânico, com capinas manuais, cultivo de sequeiro (chuva), controle de formiga sálvia através da deposição de galhos de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) nas bocas dos formigueiros e colheita manual, tendo em vista que a referida unidade onde o trabalho foi realizado possui certificação orgânica participativa pela Rede Borborema de Agroecologia.

3.4 Variáveis analisadas

3.4.1 Agronômicas (crescimento vegetativo e produção)

Os atributos analisados foram coletados aos 15, 30 e 45 dias após o desbaste (DAD) definitivo das cultivares de gergelim, sendo mensuradas quinzenalmente, em 5 plantas por parcela, as seguintes variáveis: altura da planta (cm) (AP), utilizando uma trena, diâmetro do caule (mm) (DC), utilizando-se de um paquímetro digital; e número de folhas (NF), contagem manual.

Para as variáveis de produção do gergelim, foram mensurados altura da inserção do primeiro fruto (cm) (ALTF), com auxílio de uma fita métrica, número de frutos por planta (NFP) em 5 plantas por parcela, contados manualmente; comprimento (mm) (CF), utilizando um paquímetro digital, e número de sementes por cápsula (NSC), em 5 frutos por parcela; para o massa total da sementes (MTS), levou-se em consideração três linhas de parcela útil, o peso foi determinado através de uma balança analítica. Para determinar a massa de 1000 sementes (g) (M1000), foi feito separando subamostras de 100 sementes de cada repetição onde estas foram

pesadas em uma balança de precisão. O resultado final foi obtido segundo as Regras para Análise de Sementes (MAPA, 2009), utilizando a seguinte fórmula:

$$MMS = \frac{\text{Peso da amostra} \times 1.000}{\text{n}^\circ \text{ total de sementes}}$$

Onde:

MMS = massa de 1.000 sementes

Peso da amostra = peso das 100 sementes

Nº total de sementes = 100 sementes

Para avaliação da produção das culturas consorciadas com gergelim, foram analisadas as seguintes variáveis: número de vagem (NDV), peso da vagem (PV) e peso total das vagens (PTV) de feijão; peso total (PT), peso de semente (PS), peso da pluma (PP), fibra (FIB), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), reflectância, grau de amarelo (GA), índice de fiabilidade de algodão (CSP); número de espiga (NDE), peso da espiga (PDE), peso total das espigas (PTE) de milho; peso total da panícula (PTP) de sorgo; e peso total das (PTA).

Tendo em vista o grande número de variáveis extraídas nos aspectos de produção e qualidade de fibra do algodão, as médias foram expressas através de uma análise multivariada dos componentes principais, destacando os parâmetros que apresentaram maior efeito.

3.4.2 Fisiologia

As análises fisiológicas foram feitas no período de floração plena das cultivares de gergelim, sendo avaliados os índices foliares de clorofila 'a' (ICla), clorofila 'b' (IClb), relação entre a clorofila 'a' e 'b' (ICla/IClb) e 'total' (ICITotal) com ClorofiLOG, modelo CFL 1030, da Falker®. As variáveis de Fluorescência foram mensuradas com auxílio de um fluorômetro portátil modelo OS-30p da Opti-Sciences®, determinando-se a fluorescência inicial (Fo), variável (Fv) e máxima (Fm) da clorofila 'a' e a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm).

Neste mesmo período, foram determinadas as trocas gasosas das plantas, através de um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro+) com luz constante de 1.200 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, obtendo-se as seguintes variáveis: Taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) (mmol de $\text{H}_2\text{O} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) (mol de $\text{H}_2\text{O} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (Ci) ($\mu\text{mol} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, foram quantificadas a resistência estomática (rs), a eficiência no uso da água (EUA) $(A/E) [(\mu\text{mol} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol} \text{H}_2\text{O} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$ e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC)

(A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (SCHOLES; HORTON, 1993; NEVES, et al., 2002; KONRAD et al., 2005).

3.5 Análises estatística

Os dados foram inicialmente analisados quanto a normalidade, através do teste de Shapiro – Wilk ($p > 0,05$). Em seguida, realizaram-se as análises de variância e comparação de médias por meio do teste de T Student a 5% de probabilidade do erro, para os pares de médias independentes das cultivares e o teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro para os consórcios, utilizando-se o programa estatístico R Core Team (2018).

Os gráficos tipo barra foram elaborados no programa estatístico Statistics seguidos do desvio padrão da média.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis de crescimento

De acordo com a análise de variância (Tabela 3), houve diferença significativa a 1% de probabilidade para todas as variáveis de crescimento na interação entre os fatores gergelim x consórcio.

Tabela 3. Resumo das análises de variância das variáveis de crescimento, altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) em plantas de gergelim cultivadas em sistema consorciado aos 15, 30 e 45 dias após o desbaste definitivo (DAD).

	G.L	Quadrados Médios			
		AP15	AP30	AP45	DC15
Gergelim (G)	1	1.513,800**	36.238,422**	95.266,005**	298,687**
Consórcios (C)	5	465,302**	1349,542**	2571,405**	2,569**
Bloco	2	277,905**	817,222**	323,622 ^{ns}	0,536 ^{ns}
Int. (G x C)	5	129,880**	482,182**	1312,445**	2,265**
Resíduo	166	6664,588	18628,489	19858,222	76,190
Médias		40,28	60,21	71,04	4,95
CV (%)		15,73	17,59	15,40	13,69
		DC30	DC45	NF15	NF30
Gergelim (G)	1	612,945**	829,085**	78,672**	6.444,050**
Consórcios (C)	5	6,431**	13,183**	43,912**	445,956**
Bloco	2	0,676 ^{ns}	2,237**	19,105**	28,86 ^{ns}
Int. (G x C)	5	3,535**	10,741**	4,605**	156,543**
Resíduo	166	76,138	73,313	438,188	1.692,666
Médias		5,95	6,85	10,17	18,18
CV (%)		11,38	9,71	15,97	17,56

**significativo ($p \leq 0,01$); * significativo ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$); CV: coeficiente de variação; GL: grau de liberdade; gergelim (G): cultivares de gergelim; consórcios (C): sistemas consorciados.

Na altura de plantas aos 15 DAD (Figura 3A), para cultivar de gergelim BRS Morena, o cultivo solteiro (testemunha) e os consórcios com algodão, sorgo e amendoim apresentaram a maior altura das plantas, com médias de 50,0 cm, 44,20 cm, 46,73 cm e 44,13 cm, respectivamente, enquanto que os consórcios com feijão caupi e milho expressaram os menores valores médios para

altura das plantas de gergelim (36,13 cm e 37,86 cm), o que representa uma redução de 28% quando comparado o sistema que apresentou a maior e o menor valor médio (cultivo solteiro e consórcio com feijão). Com relação a cultivar BRS Anahí, os consórcios com feijão, algodão e milho expressaram os menores valores médios para a altura das plantas de gergelim (31,26 cm, 36,66 cm e 37,53 cm, respectivamente), enquanto que os tratamentos que apresentaram os maiores valores não diferiram estatisticamente entre si (testemunha, milho, sorgo e amendoim), no entanto, apesar de não diferirem entre si, o consórcio com amendoim apresentou o maior valor médio (41,4 cm), expressando uma diferença de 24% entre o tratamento que apontou a menor e maior média unitária para a altura das plantas de gergelim (31,26 cm e 41,40 cm).

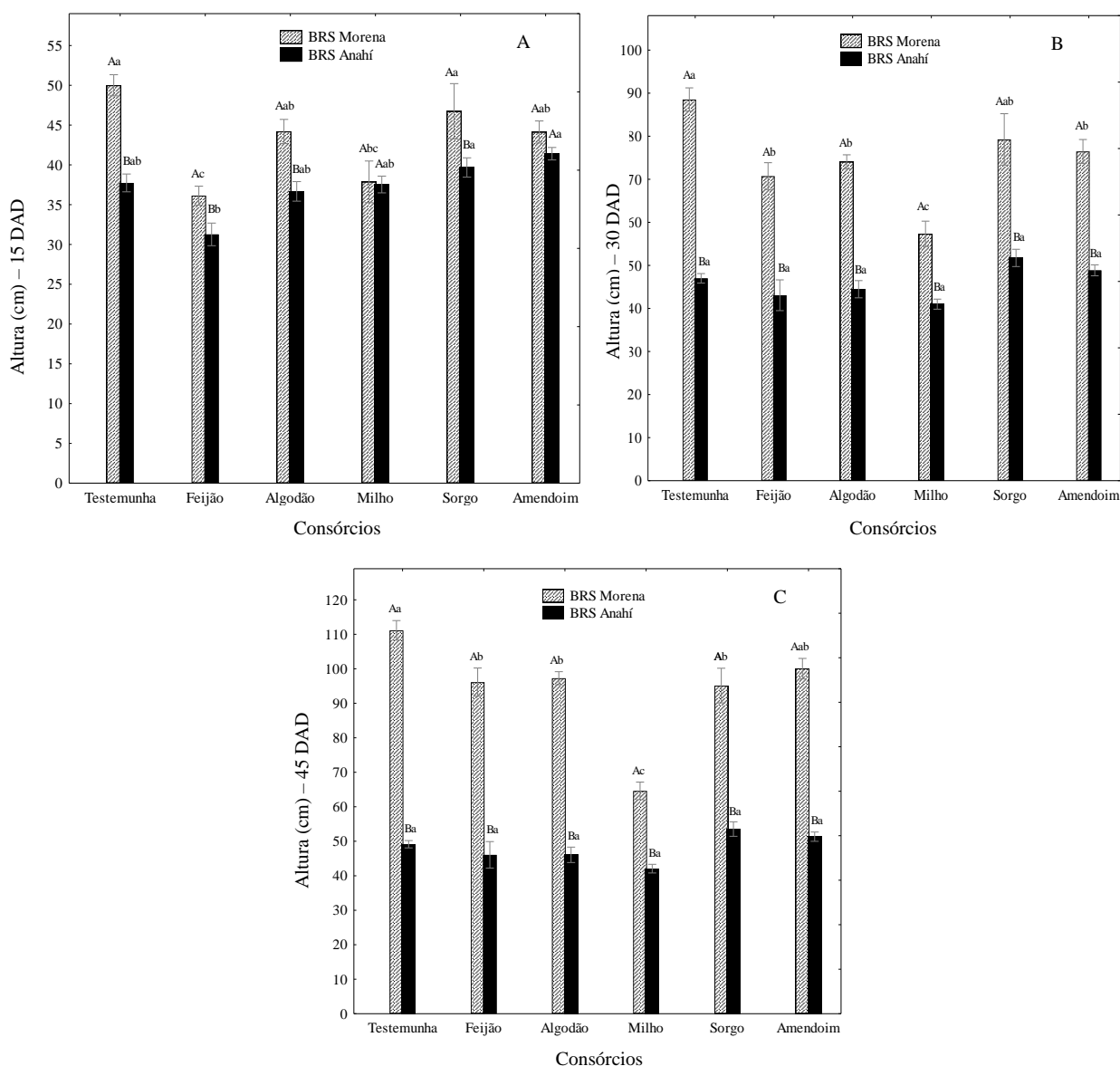


Figura 3. Altura de plantas de cultivares de gergelim aos 15 (A), 30 (B) e 45 (C) dias após o desbaste (DAD), cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas difere entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 30 DAD para altura de plantas (Figura 3B), a cultivar de gergelim BRS Morena, apresentou menor altura no sistema consorciado com milho, com valores médios de 57,33 cm, e maiores valores para a testemunha (cultivo solteiro de gergelim) e sorgo, com médias de 88,53 cm e 79,26, representando uma redução de 35% quando consorciado a cultivar BRS Morena com o milho. Com relação ao gergelim BRS Anahí, não houve diferença significativa entre os consórcios, diferindo apenas com a cultivar BRS Morena, que apresenta as maiores médias em todos os sistemas de consorciados.

Aos 45 DAD o cultivo solteiro de gergelim BRS Morena e o consórcio com amendoim apresentaram as maiores alturas de plantas de gergelim (111,06 cm e 100,06 cm, respectivamente), enquanto que o consórcio desta cultivar com o milho afetaram negativamente a alturas das plantas de gergelim, com média de 64,60 cm, representando uma redução de 41% quando comparado o cultivo solteiro do gergelim BRS Morena com o cultivo em consórcio com o milho (Figura 3C). No que diz respeito a cultivar de gergelim BRS Anahí, não houve diferença significativa entre os sistemas consorciados, apresentando diferença apenas quando comparado com a cultivar BRS Morena, que se sobressai em todos os sistemas de consórcios.

Em um estudo desenvolvido por Silva et al. (2013a) no cultivo de cultivares de algodão consorciado com gergelim e amendoim, observou-se que os sistemas de cultivo solteiro apresentaram maior altura de plantas quando comparada com os demais tratamentos consorciados, podendo ser explicado pelo sombreamento, um fator importante que provavelmente reduziu o crescimento em altura das plantas de gergelim.

Segundo Wahla et al. (2009), quando leguminosas são cultivadas em associação com não-leguminosas, muitas vezes há vantagem para as não-leguminosas, devido ao nitrogênio fixado por essas plantas, o que não aconteceu no referido estudo para as duas cultivares de gergelim, tendo em vista que aos 15 DAD as plantas sofreram influência na altura quando cultivadas com feijão. Jabbar et al. (2009) afirmam que culturas diferentes em hábitos, adaptação e crescimento, crescem com menos competição, como foi observado no consórcio entre o gergelim BRS Anahí e o amendoim, que apresentaram as maiores médias aos 15 DAD.

Com relação a influência da altura de plantas de gergelim em consórcio com o milho aos 30 e 45 DAD, pode estar associado a cultivar de milho utilizado, sendo que o milho BRS Caimbé é indicada para sistemas de cultivo orgânico, de subsistência e baixo investimento, por possuir ciclo precoce, crescimento acelerado e boa produtividade (PACHECO, et al. 2009), no entanto, no presente estudo, quando cultivada simultaneamente entrelinhas com gergelim, afetou a altura das plantas de gergelim, o que indica que espaçamentos devem ser testados. Além disso, apesar do milho apresentar efeito negativo na altura das plantas de gergelim nas configurações de consórcio utilizadas neste estudo, não se descarta a utilização dessa cultura nos sistemas de produção de alimentos da agricultura familiar, tendo em vista os benefícios socioeconômicos e ambientais que essa cultura traz para os agricultores familiares.

Na Figura 4A, observa-se o comportamento do diâmetro do caule (DC), que aos 15 DAD para cultivar de gergelim BRS Morena, apresentou maiores médias no sistema de cultivo solteiro (testemunha) e no consórcio com sorgo, diferindo dos demais sistemas consorciados, no entanto, a testemunha apresentou maior média (6,98 mm). Ainda sobre esta cultivar de gergelim, o sistema consorciado com feijão, algodão, milho e amendoim apresentaram as menores médias, sendo o feijão a mais expressiva (5,74 mm), isso representa uma redução de 18% entre o consórcio com feijão para o sistema de cultivo com a testemunha. Já para a cultivar de gergelim BRS Anahí, o sistema de consórcio com milho apresentou as menores médias para o DC (3,21 mm), diferindo do consórcio com o amendoim que apresentou os maiores valores médios (4,09 mm), no entanto, o milho não diferiu dos demais tratamentos (testemunha, feijão, algodão e sorgo).

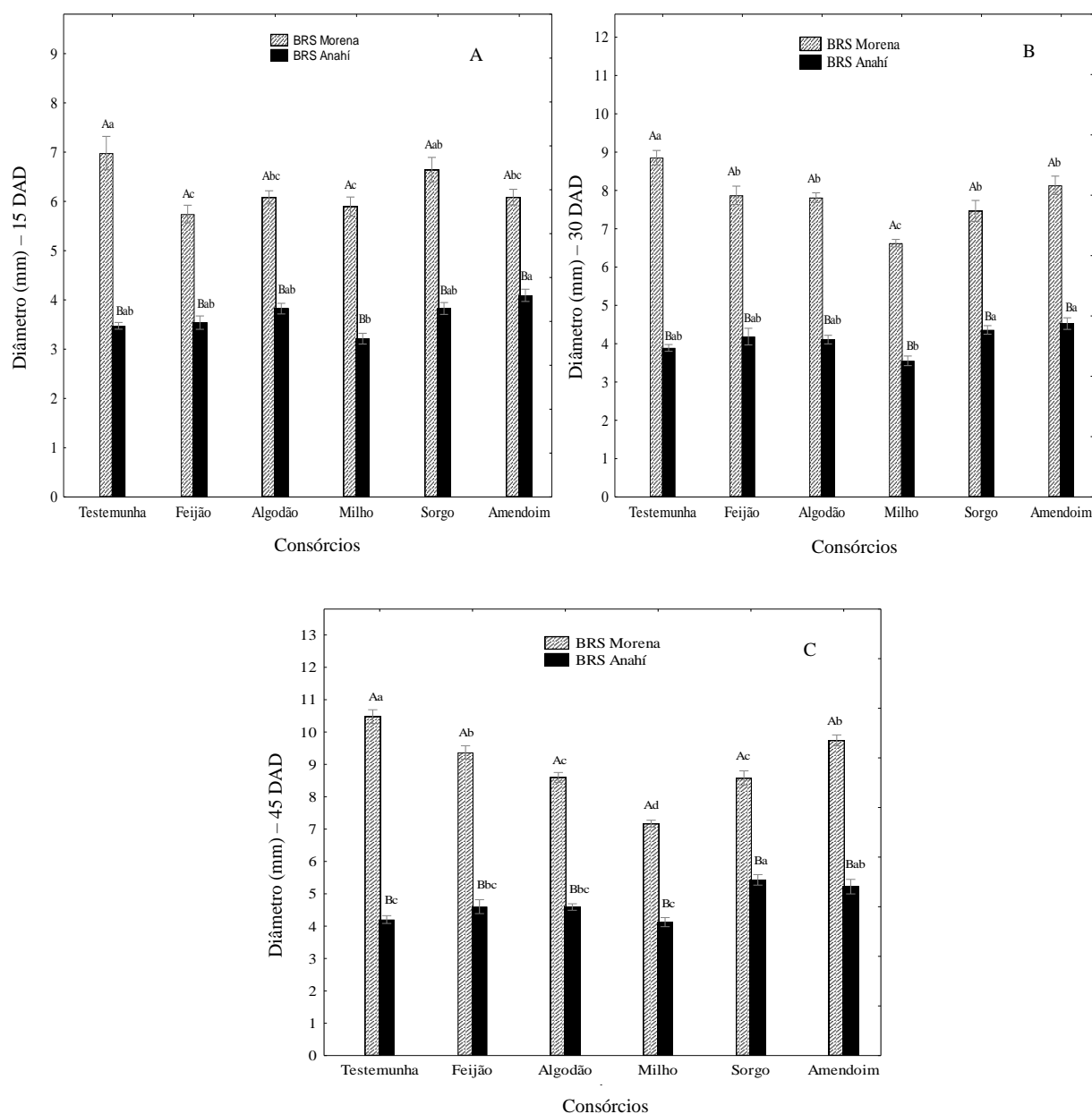


Figura 4. Diâmetro do caule (DC) de cultivares de gergelim aos 15 (A), 30 (B) e 45 (C) dias após o desbaste (DAD), cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas difere entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 30 DAD (Figura 4B), o diâmetro do caule da cultivar BRS Morena, expressou o maior valor médio para o sistema de cultivo solteiro (8,85 mm), enquanto o tratamento correspondente ao consórcio com milho apresentou o menor valor médio (6,62 mm), correspondendo a uma redução de 25%. Com relação a cultivar de gergelim BRS Anahí, os consórcios do gergelim com

sorgo e amendoim apresentaram as maiores médias (4,36 mm e 4,52 mm), diferindo dos demais tratamentos que não apresentaram diferenças estatísticas entre si (testemunha, feijão, algodão e milho) e prejudicaram o DC da cultivar de gergelim BRS Anahí.

No que diz respeito ao período de 45 DAD (Figura 4 C), para cultivar de gergelim BRS Morena, o consórcio com milho afetou negativamente o DC, apresentando valor médio de 7,16 mm, reduzindo em 32% quando comparado com a maior média (10,47 mm), encontrada no cultivo solteiro (testemunha). Para cultivar de gergelim BRS Anahí, o consórcio do gergelim com as culturas do sorgo e amendoim expressaram os maiores valores médios para o DC (5,43 mm e 5,22 mm), diferindo dos demais tratamentos que não diferiram estatisticamente entre si (testemunha, feijão, algodão e milho) prejudicando o DC desta cultivar de gergelim que expressou um aumento de 24% entre o menor e o maior valor médio para esta variável.

A diferença entre os ciclos e taxas de crescimento, arquitetura radicular e da parte aérea e exigências nutricionais e ambientais distintas de diferentes culturas consorciadas, favorece na melhor utilização dos recursos ambientais (OLIVEIRA FILHO et al, 2016). Contudo, em altas densidades populacionais, pode ocasionar baixa disponibilidade de energia luminosa por conta da competição entre as plantas, com isso, têm-se menor capacidade de armazenamento de fotoassimilados no caule (CARVALHO et al., 2010). Com isso, observa-se que no decorrer dos períodos de avaliação o consórcio com milho afetou as culturas de gergelim. Já o consórcio com sorgo e amendoim apresentaram efeitos positivos no diâmetro caulinar da cultivar de gergelim Anahí. Araújo et al. (2014) observaram que, apesar das pressões competitivas estabelecidas em qualquer associação cultural, as taxas diárias de crescimento caulinar do gergelim sofreram pouca influência do consórcio com o feijão caupi.

O número de folhas (NF) representa parte do crescimento vegetativo das plantas, na Figura 5 observa-se o comportamento desta variável para as cultivares de gergelim, onde para a cultivar de gergelim BRS Morena aos 15 DAD (Figura 5A) o cultivo solteiro (testemunha) e os consórcios com algodão e amendoim apresentaram a maior quantidade para o NF, sendo o cultivo solteiro o que expressou maior valor médio (12,4). Com relação aos sistemas de consórcio que afetaram o NF, o cultivo consorciado com feijão, milho e sorgo não diferiram entre si, no entanto, o milho em consorte com o gergelim BRS Morena, apresentou os menores valores médios (9,5) para o número de folhas de gergelim, representando uma redução de 23% quando comparado com o sistema de cultivo solteiro.

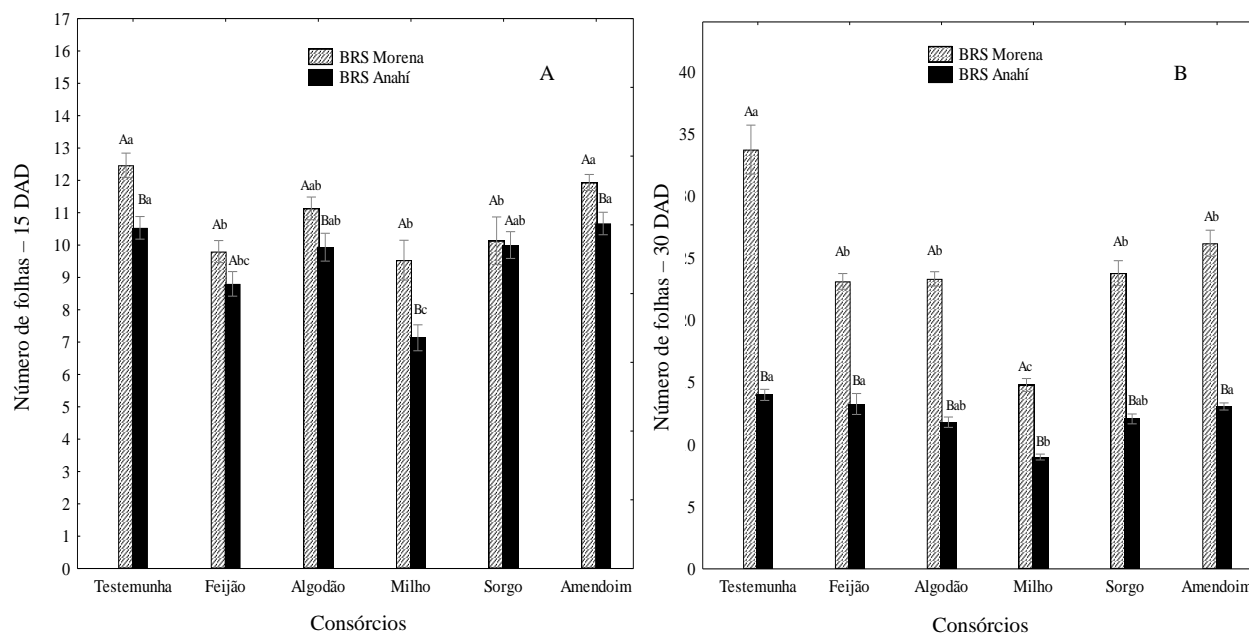


Figura 5. Número de folhas (NF) de cultivares de gergelim aos 15 (A) e 30 (B) dias após o desbaste (DAD), cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas difere entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a cultivar BRS Anahí aos 15 DAD (Figura 5 A), o sistema de cultivo solteiro, e os consórcios com algodão, sorgo e amendoim apresentaram os maiores valores médios, no entanto, não diferiram estatisticamente entre si, porém, o consórcio com amendoim apresentou maior média (10,6), e os consórcios com feijão e milho os que expressaram menor desempenho, com médias de 8,80 e 7,13, respectivamente, representando uma diferença de 33% entre a maior e a menor média.

Aos 30 DAD (Figura 5 B) a cultivar de gergelim BRS Morena expressou maior número de folhas para o cultivo solteiro, diferindo dos demais tratamentos e apresentando valor médio de 33,7, já o sistema consorciado com milho prejudicou o número de folhas, diferindo negativamente dos demais tratamentos e apresentando valor médio de 14,8, representando uma redução de 56% quando comparado o sistema de cultivo solteiro com o consórcio na companhia do milho. Com relação a cultivar de gergelim BRS Anahí, o consórcio com algodão, milho e sorgo expressaram os menores valores para o NF, com médias de 11,8, 9,0 e 12,0 respectivamente, enquanto que os demais sistemas de consórcios não diferiram estatisticamente entre si.

Para a variável de número de folhas (NF), pode-se perceber que o comportamento dessa variável foi bem semelhante ao que aconteceu com as demais variáveis de crescimento, onde, as plantas tiveram maior número de folhas quando cultivadas isoladamente, e o menor quando associadas em consórcio com o milho, especificamente para cultivar de gergelim BRS Morena. Drago et al. (2018) no cultivo de pimenta do reino em consórcio com milho e feijão nas entrelinhas, observou-se influência da gramínea no crescimento, prejudicando as ramificações da cultura principal, evidenciando o efeito competitivo do milho quando cultivado em arranjos inadequados.

Araújo et al. (2014), observou que os parâmetros de crescimento para área foliar do gergelim decrescem drasticamente nas últimas épocas de coleta, onde de acordo com Albuquerque et al. (2012), a diminuição nos valores de crescimento da área foliar é considerada normal no final do ciclo produtivo do gergelim e está relacionada à queda das folhas mais largas localizadas na base das plantas.

4.2 Variáveis fisiológicas

Para os índices de clorofila, as variáveis de IC1b e a relação do IC1a/IC1b apresentaram efeito de interação gergelim x consórcio a 1% de probabilidade, e efeito isolado do consórcio para as variáveis de IC1a e ICITotal a 1% de probabilidade (Tabela 4). As variáveis de fluorescência da clorofila 'a' apresentaram significância a 1% de probabilidade para as variáveis de Fv, Fm e Fv/Fm, e 5% de probabilidade para Fo na interação gergelim x consórcio, com efeito isolado para consórcio na relação Fv/Fo. Com relação às trocas gasosas, as variáveis de E, gs, A, EUA e rs expressaram interação gergelim x consórcio a 1% de probabilidade, e a 5% de probabilidade para EiCi, com efeito isolado para gergelim e consórcio na variável de Ci a 1% e 5%, respectivamente.

Tabela 4. Resumo das análises de variância para as variáveis de índice de clorofila 'a' (IC1a), índice de clorofila 'b' (IC1b), clorofila 'total' (ICITotal), a relação da clorofila 'a' com clorofila 'b' (IC1a/IC1b), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), a relação entre os processos fotoquímicos e não fotoquímicos (Fv/Fo) em folhas adaptadas ao escuro, concentração de carbono interno (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca da carboxilação (EiCi) e resistência estomática (rs), de cultivares de gergelim cultivadas em sistema solteiro e consorciado.

	G.L	Quadrados Médios			
		ICla	IClb	ICITotal	ICla/IClb
Gergelim (G)	1	3,1459 ^{ns}	6,136 ^{ns}	0,495 ^{ns}	0,895 ^{**}
Consórcios (C)	5	44,131 ^{**}	25,337 ^{**}	128,252 ^{**}	1,195 ^{**}
Bloco	2	10,334 ^{ns}	2,447 ^{ns}	3,752 ^{ns}	0,624 ^{**}
Int. (G x C)	5	3,827 ^{ns}	9,772 ^{**}	9,434 ^{ns}	1,332 ^{**}
Resíduo	58	6,554	1,022	9,018	0,115
Médias		35,29	10,87	46,17	3,32
CV (%)		7,25	9,30	6,50	10,20
	G.L	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
Gergelim (G)	1	392,000 ^{ns}	9823,347 ^{ns}	1711,125 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Consórcios (C)	5	4.461,300 ^{**}	20.459,414 ^{**}	45.768,025 ^{**}	0,025 ^{**}
Bloco	2	4.081,291 ^{**}	19.268,347 ^{**}	29.585,375 ^{**}	0,006 ^{ns}
Int. (G x C)	5	873,833 [*]	19.561,747 ^{**}	21878,49 ^{**}	0,008 ^{**}
Resíduo	58	308,823	2717,709	3189,318	0,002
Médias		166,83	811,96	635,62	0,78
CV (%)		10,53	6,42	8,88	6,30
		Fv/Fo	Ci	E	gs
Gergelim (G)	1	0,009 ^{ns}	5976,888 ^{**}	0,021 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Consórcios (C)	5	5,740 ^{**}	1644,033 [*]	0,308 ^{**}	0,0061 ^{**}
Bloco	2	4,241 ^{**}	838,500 ^{ns}	0,080 [*]	0,0011 [*]
Int. (G x C)	5	0,392 ^{ns}	978,055 ^{ns}	0,283 ^{**}	0,0053 ^{**}
Resíduo	58	0,236	567,270	0,023	0,0003
Médias		3,92	286,00	1,12	0,96
CV (%)		12,41	8,33	13,61	17,40
		A	EUA	EiCi	rs
Gergelim (G)	1	26,754 ^{**}	12,553 ^{**}	0,00057 ^{**}	12,971 ^{ns}
Consórcios (C)	5	13,429 ^{**}	3,921 [*]	0,00019 ^{**}	89,860 ^{**}
Bloco	2	0,828 ^{ns}	2,893 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	12,624 [*]
Int. (G x C)	5	4,050 ^{**}	4,216 ^{**}	0,00005 [*]	45,184 ^{**}
Resíduo	58	0,867	1,188	0,00002	3,279
Médias		6,22	5,66	0,02	11,39
CV (%)		14,96	19,25	18,10	15,90

**significativo ($p \leq 0,01$); * significativo ($p \leq 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$); CV = coeficiente de variação. GL: grau de liberdade; gergelim (G): cultivares de gergelim; consórcios (C): sistemas consorciados.

Com relação a Clorofila 'a' (Tabela 5), não houve diferença significativa entre as cultivares de gergelim, apresentando apenas efeito isolado para os consórcios, onde o sorgo e o amendoim em consorte com o gergelim apresentaram as maiores médias (37,43 e 37,79, respectivamente) e o cultivo solteiro e os consórcios com feijão, algodão e milho apresentaram os menores valores, com médias de 34,90, 32,94, 34,57 e 34,15, respectivamente.

Tabela 5. Testes de comparações de médias dos índices de clorofila ‘a’ (ICla), clorofila ‘b’ (IClb), clorofila ‘total’ (ICITotal), e a relação da clorofila a com clorofila b (ICla/IClb), de cultivares de gergelim cultivadas em sistema solteiro e consorciado.

	Cultivar	Consórcios					CV %	
		Testemunha	Feijão	Algodão	Milho	Sorgo		Amendoim
ICla ¹	-	34,90 ^{bc}	32,94 ^c	34,57 ^{bc}	34,15 ^c	37,43 ^{ab}	37,80 ^a	7,25
IClb	BRS Morena	8,32 ^{Bc}	9,98 ^{Abc}	11,10 ^{Ab}	9,20 ^{Bc}	11,47 ^{Ab}	13,41 ^{Aa}	9,30
	BRS Anahí	10,71 ^{Abc}	8,55 ^{Bd}	10,41 ^{Ac}	12,28 ^{Aab}	12,08 ^{Aac}	12,93 ^{Aa}	
ICITotal ¹	-	44,41 ^b	42,20 ^b	45,32 ^b	44,90 ^b	49,21 ^a	50,94 ^a	6,50
ICla/IClb	BRS Morena	4,32 ^{Aa}	3,34 ^{Bbc}	3,09 ^{Ac}	3,71 ^{Ab}	3,34 ^{Abc}	2,78 ^{Ac}	10,2
	BRS Anahí	3,21 ^{Bb}	3,86 ^{Aa}	3,36 ^{Aab}	2,80 ^{Bb}	3,04 ^{Ab}	2,98 ^{Ab}	

*Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade; Médias seguidas por letras minúsculas distintas difere entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ¹As variáveis com médias de efeito isolado para o consórcio; CV: coeficiente de variação.

As clorofilas são responsáveis pela conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH, e quanto maior a concentração desses pigmentos maior a capacidade da planta de fotossintetizar carboidratos (TAIZ et al., 2017). Com isso, observa-se que o maior índice da clorofila ‘a’ esteve presente no consórcio com sorgo e amendoim. O nitrogênio é um elemento essencial para síntese de algumas moléculas, sobretudo a de clorofila, cujas concentrações foliares influenciam diretamente a eficiência fotossintética da planta (BRAVIN et al., 2020).

Para os índices de clorofila ‘b’, o consorte BRS Morena + amendoim apresentou diferença dos demais tratamentos, com valor médio de 13,41 e menores médias para o sistema de cultivo solteiro (8,32), e os consórcios com feijão (9,98) e milho (9,20), retratando um aumento de 38% quando comparado a maior média com a menor. Sobre a cultivar de gergelim BRS Anahí, os consórcios com milho, sorgo e amendoim apresentaram as maiores médias (12,28, 12,08 e 12,93), enquanto que o consórcio com feijão apresentou o menor índice (8,55), representando uma diferença de 34% quando comparados os maiores e menores valores médios.

Os índices de clorofila total apresentaram efeito isolado apenas para os consórcios, onde as culturas do sorgo e amendoim expressaram as maiores médias (49,21 e 50,97) enquanto que os menores valores não diferiram estatisticamente entre si, referente ao cultivo solteiro e os consórcios com feijão algodão e milho.

O aumento nos teores de clorofila ‘b’ é uma característica importante, pois esta capta energia de outros comprimentos de onda e transfere para a clorofila ‘a’, atuando efetivamente nas

reações fotoquímicas da fotossíntese (SOUTO et al., 2015). Como observado, o sistema de cultivo solteiro e os consórcios com feijão caupi, algodão e milho prejudicaram tanto nos índices de clorofila 'a', 'b', como também na clorofila total. O teor de clorofila está intimamente relacionado com a capacidade fotossintética da cultura, de maneira que, quando observadas alterações nos teores de clorofila total, pode-se inferir que o aparato fotossintético também foi alterado, logo sua produtividade também pode ser prejudicada (KASPARY et al., 2014).

A relação dos índices de clorofila 'a' e 'b' demonstraram diferença entre os consórcios com o gergelim BRS Morena, onde o cultivo consorciado com feijão, algodão, sorgo e amendoim apresentaram as menores médias (3,34, 3,09, 3,34 e 2,78 respectivamente) e o cultivo solteiro os maiores valores médios (4,32), equivalendo um acréscimo de 36% de diferença entre o sistema de cultivo com menor e maior média. Com relação a cultivar BRS Anahí, o consórcio com feijão apresentou maior valor médio (3,86) diferindo dos demais tratamentos que não apresentaram diferença estatística entre si.

Fang et al. (1998) afirmam que o aumento da relação pode ser justificado pelo fato que o primeiro passo na degradação da clorofila 'b' é a sua conversão em clorofila 'a'. Além disso, a relação $ICla/IClb$ está relacionada diretamente com a capacidade das plantas em maximizar a captura de luz em condições de maior sombreamento (DOUSSEAU et al., 2007). O que pode estar associado, aos menores valores encontrados nos consórcios da cultivar de gergelim BRS Anahí, tendo em vista o efeito de competição por luz e nutrientes causado pelos consórcios. É importante salientar que quando o suprimento de nutrientes é adequado para a planta, os teores de clorofila aumentam, intensificando também a capacidade de absorção, eficiência e a formação de outras substâncias que fazem parte do sistema de fotoproteção (SILVA, 2017). Ou seja, para cultivar de gergelim BRS Morena, o sistema de cultivo solteiro favoreceu os maiores valores nesta relação, indicando baixa competição e maior absorção de nutrientes pelas plantas de gergelim.

Para os valores de fluorescência, como observado na tabela 6, o cultivo de gergelim BRS Morena apresentou diferença entre os sistemas de consórcio para a fluorescência inicial (F_0), onde o cultivo com sorgo (185,33), solteiro (181,16) e amendoim (164,83) expressaram os maiores valores médios e o cultivo com feijão (147,17), algodão (155,33) e milho (153,33) os menores valores. A cultivar de gergelim BRS Anahí expressou os maiores valores médios para o sistema em consórcio com sorgo (219,33), diferindo dos demais consórcios, que não diferiram entre si.

Tabela 6. Testes de comparações de médias para as variáveis de fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) e a relação entre os processos fotoquímicos e não fotoquímicos (Fv/Fo) em folhas adaptadas ao escuro de cultivares de gergelim cultivadas em sistema solteiro e consorciado.

	Cultivar	Consórcios					CV %	
		Testemunha	Feijão	Algodão	Milho	Sorgo		Amendoim
Fo	BRS Morena	181,16 ^{Aab}	147,17 ^{Ac}	155,16 ^{Abc}	153,33 ^{Abc}	185,33 ^{Ba}	164,83 ^{Aac}	10,5
	BRS Anahí	164,00 ^{Ab}	150,17 ^{Ab}	152,66 ^{Ab}	164,33 ^{Ab}	219,33 ^{Aa}	164,50 ^{Ab}	
Fm	BRS Morena	778,50 ^{Abc}	793,83 ^{Aab}	869,83 ^{Aa}	866,00 ^{Aab}	691,00 ^{Bc}	802,66 ^{Aab}	6,42
	BRS Anahí	807,83 ^{Aab}	823,16 ^{Aab}	889,83 ^{Aa}	815,00 ^{Aab}	858,7 ^{Aa}	747,50 ^{Ab}	
Fv	BRS Morena	591,66 ^{Ab}	654,33 ^{Aab}	715,50 ^{Aa}	700,17 ^{Aa}	485,33 ^{Bc}	637,5 ^{Aab}	8,88
	BRS Anahí	539,83 ^{Ac}	649,67 ^{Aab}	736,66 ^{Aa}	650,50 ^{Aab}	659,83 ^{Aab}	606,5 ^{Abc}	
Fv/Fm	BRS Morena	0,76 ^{Aab}	0,82 ^{Aa}	0,82 ^{Aa}	0,81 ^{Aa}	0,70 ^{Bb}	0,79 ^{Aa}	6,30
	BRS Anahí	0,66 ^{Bb}	0,78 ^{Aa}	0,83 ^{Aa}	0,80 ^{Aa}	0,76 ^{Aa}	0,81 ^{Aa}	
Fv/Fo ¹	-	3,32 ^{cd}	4,40 ^{ab}	4,74 ^a	4,31 ^{ab}	2,92 ^d	3,83 ^{bc}	12,4

*Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade; Médias seguidas por letras minúsculas distintas difere entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ¹As variáveis com médias de efeito isolado para o consórcio; CV: coeficiente de variação.

Um aumento de Fo indica uma mudança no centro de reação do fotossistema II (PSII) que reduz a capacidade de transporte de elétrons, através da dissociação do complexo antena do PSII e seu respectivo centro de reação, motivado por fotoinibição (CINTRA et al., 2020). Sabendo disso, observa-se que cultivar BRS Morena com os consórcios com feijão caupi, algodão e milho reduziram os valores de fluorescência inicial, diminuindo assim a fotoinibição e favorecendo na eficiência fotoquímica do PSII. Além disso, a fluorescência inicial é um importante parâmetro de fluorescência, pois o aumento de seu valor indica danos no aparelho fotossintético, sendo um sinal de perda de energia luminosa, pois a quinona (acceptor primário de elétrons) está em estado de oxidação no centro de reação, afetando a transferência de energia do fotossistema II (PSII) (MENDONÇA et al., 2010; HUSSAIN et al., 2012; SILVA et al., 2014). Com isso, o consórcio com sorgo afetou negativamente a eficiência fotoquímica quando consorciado com a cultivar Anahí.

Com relação a fluorescência máxima (Fm) para a cultivar de gergelim BRS Morena, o consórcio com sorgo e o cultivo solteiro apresentaram os menores valores médios, com médias de 691,00 e 778,50, respectivamente, diferindo dos demais consórcios, que não apresentaram diferença entre si. Para cultivar BRS Anahí, os consórcios com algodão (889,83) e sorgo (858,70) apresentaram as maiores médias, diferindo apenas do consórcio com amendoim, que apresentou média de 747,50, não diferindo dos demais consórcios.

A fluorescência variável (Fv) do gergelim BRS Morena cultivada em consorte com algodão (715,50), milho (700,17), feijão (654,33) e amendoim (637,50) diferiu dos demais sistemas consorciados, onde a menor valor, 485,33, foi observado no sistema consorciado com sorgo. Com relação a Fv do gergelim BRS Anahí, o sistema de cultivo solteiro e consórcio com amendoim apresentaram os menores valores médios, 539,83 e 606,50, respectivamente, diferindo dos demais consórcios.

A Fm representa a intensidade máxima da fluorescência, que se dá quando praticamente toda a quinona é reduzida e os centros de reação atingem máxima capacidade de reações fotoquímicas, sendo indicador do estado fotoquímico das folhas ou mesmo de estresses ambientais quando relacionado a fluorescência variável (SUASSUNA et al., 2010; SILVA et al., 2015b). Observa-se que as cultivares de gergelim em consórcio com as culturas, com exceção do sorgo para a BRS Morena e amendoim para o BRS Anahí, apresentaram as maiores médias para fluorescência máxima e fluorescência variável, indicando que nesses consórcios as plantas apresentaram melhores condições na eficiência fotoquímica. Em condições adequadas para o desenvolvimento das plantas, como teor de água e nutrientes, ocorre um aumento na capacidade celular de transportar elétrons e dissipar o excesso de energia pela clorofila, sendo este fato importante por ser um mecanismo de proteção do fotossistema II das plantas contra condições ambientais extremas (ARAÚJO et al., 2022; GOMES et al., 2012; WANG et al., 2015; KALAJI et al., 2016).

Sobre eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) para a cultivar de gergelim BRS Morena, os consórcios com feijão (0,82), algodão (0,82), milho (0,81) e amendoim (0,79) apresentaram as maiores médias e o consórcio com sorgo a menor (0,70). Para a cultivar de gergelim BRS Anahí, todos os consórcios diferiram do cultivo solteiro, que apresentou a menor média de 0,66.

A Fv/Fm é razão entre a fluorescência variável e máxima, e expressa a eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII que pode representar a eficiência quântica do transporte de elétrons, a sua diminuição ocorre como resultado da redução da fração dos centros de reação do PSII, causando baixa nas reações fotoquímicas (aumento do quenching não fotoquímico) (DIAS et al., 2018; BAKER; OXBOROUGH, 2004). A relação Fv/Fm, ou eficiência quântica potencial do fotossistema II (PSII) vem sendo utilizada como indicadora de estresse quando fatores bióticos ou abióticos alteram a funcionalidade do fotossistema II (DIAS; MARENCO, 2007). Brito et al. (2014), afirmam que valores abaixo de 0,75 causam injúrias para o PSII em genótipos de gergelim. O que aconteceu para os menores valores encontrados para as

duas cultivares de gergelim BRS Morena e BRS Anahí, quando consorciadas com sorgo e no cultivo solteiro, respectivamente.

A relação entre os processos fotoquímicos e não fotoquímicos (Fv/Fo) em folhas adaptadas ao escuro de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado, apresentaram efeito isolado apenas para os consórcios, onde os consórcios com algodão (4,74), feijão (4,40) e milho (4,31) apresentaram os maiores valores médios e o consórcio com sorgo (2,92) e o cultivo solteiro (3,32) os menores valores.

Alguns autores utilizam a relação Fv/Fo como indicador da eficiência máxima no processo fotoquímico no FSII e/ou da atividade fotossintética potencial (razão máxima de produção quântica dos processos concorrentes fotoquímicos e não fotoquímicos no FSII) (SILVA et al., 2015b). Esta razão também amplifica as pequenas variações detectadas em Fv/Fm (REIS; CAMPOSTRINI, 2011). Além disso, a relação Fv/Fo também é recomendada para detectar mudanças induzidas pelo estresse nos vegetais (LICHTENTHALER et al., 2005; ZANANDREA et al., 2006). Nesse aspecto, o consórcio com sorgo e o cultivo solteiro promoveu maiores injúrias ao PSII, tendo-se por referência a relação Fv/Fo, como também os resultados da Fv/Fm.

Com relação as trocas gasosas das cultivares de gergelim em sistema consorciado, a concentração de carbono interno (Ci) apresentou efeito isolado para o fator gergelim e consórcio (Tabela 7). No que diz respeito às cultivares de gergelim, a BRS Anahí apresentou um aumento de 6% com relação a BRS Morena, com valores médios de 295,11 e 276,89, respectivamente. Para o fator consórcio, o cultivo solteiro diferiu do consórcio com milho e se fez equivalente aos demais, no entanto, apresentou a maior média de 305,50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de Ci, enquanto o consórcio com milho expressou a menor média de 269,83 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mesmo não diferindo do consórcio com feijão, algodão, sorgo e amendoim.

Tabela 7. Testes de comparações de médias para as variáveis de concentração de carbono interno (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca da carboxilação (EiCi) e resistência estomática (rs) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado.

	Cultivar	Consórcios						CV %
		Testemunha	Feijão	Algodão	Milho	Sorgo	Amendoim	
'Ci' ¹	-	305,50 ^a	283,75 ^{ab}	289,50 ^{ab}	269,83 ^b	280,92 ^{ab}	286,50 ^{ab}	
'Ci' ²	BRS Morena			276,89 ^B				8,33
	BRS Anahí			295,11 ^A				
'gs'	BRS Morena	0,110 ^{Aab}	0,108 ^{Bab}	0,085 ^{Bbc}	0,120 ^{Aa}	0,088 ^{Abc}	0,066 ^{Ac}	17,40
	BRS Anahí	0,088 ^{Bb}	0,136 ^{Aa}	0,155 ^{Aa}	0,075 ^{Bb}	0,063 ^{Bb}	0,066 ^{Ab}	
'E'	BRS Morena	1,191 ^{Aac}	1,016 ^{Bbc}	1,225 ^{Bab}	1,393 ^{Aa}	1,048 ^{Abc}	0,950 ^{Ac}	13,61

	BRS Anahí	0,960 ^{Bb}	1,380 ^{Aa}	1,508 ^{Aa}	0,956 ^{Bb}	0,903 ^{Ab}	0,911 ^{Ab}	
'A'	BRS Morena	7,49 ^{Aab}	7,61 ^{Aa}	7,09 ^{Aab}	7,91 ^{Aa}	6,00 ^{Abc}	4,88 ^{Ac}	14,96
	BRS Anahí	4,60 ^{Bcd}	7,43 ^{Aa}	6,38 ^{Aab}	6,11 ^{Bac}	4,11 ^{Bd}	5,01 ^{Abcd}	
'EUA'	BRS Morena	6,37 ^{Aab}	7,69 ^{Aa}	5,86 ^{Aab}	5,74 ^{Ab}	5,68 ^{Ab}	5,13 ^{Ab}	19,25
	BRS Anahí	4,88 ^{Bab}	5,43 ^{Bab}	4,38 ^{Bb}	6,48 ^{Aa}	4,69 ^{Aab}	5,58 ^{Aab}	
'EiCi'	BRS Morena	0,026 ^{Aa}	0,029 ^{Aa}	0,025 ^{Aa}	0,029 ^{Aa}	0,023 ^{Aab}	0,017 ^{Ab}	18,10
	BRS Anahí	0,015 ^{Bcd}	0,024 ^{Aa}	0,021 ^{Aabc}	0,023 ^{Bab}	0,014 ^{Bd}	0,017 ^{Abcd}	
'rs'	BRS Morena	9,14 ^{Bbc}	9,29 ^{Abc}	11,91 ^{Ab}	8,43 ^{Bc}	11,58 ^{Bb}	15,43 ^{Aa}	15,90
	BRS Anahí	11,38 ^{Ab}	7,38 ^{Ac}	6,93 ^{Bc}	13,55 ^{Aab}	16,03 ^{Aa}	15,59 ^{Aa}	

*Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade; Médias seguidas por letras minúsculas distintas difere entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ¹As variáveis com médias de efeito isolado para o consórcio; ²As variáveis com médias de efeito isolado para a cultivar; CV: coeficiente de variação.

No efeito isolado do Ci para as cultivares de gergelim, observa-se que o gergelim BRS Anahí apresentou maiores valores. Ribeiro (2019) observou que os valores médios de concentração interna de CO₂ (Ci) foram encontrados nas cultivares Anahí e Morena, com média de 291 e 290 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, respectivamente, semelhante aos valores encontrados para cultivar BRS Anahí neste trabalho. De acordo com Freire et al. (2014), o aumento do carbono interno nas folhas aponta que o CO₂ utilizado no processo fotossintético para síntese de açúcares não está sendo aproveitado, indicando interferência de algum fator não estomático, acarretando em aumento a resistência à difusão de CO₂ para a camada subestomática.

A condutância estomática (gs) no cultivo da cultivar de gergelim BRS Morena, o cultivo solteiro, o feijão e o milho apresentaram os maiores valores, sendo o consórcio com milho as médias mais expressivas (0,120) e o consórcio com algodão, sorgo e amendoim o menor desempenho, sendo o amendoim a menor média (0,066), causando uma redução de 45% na gs entre os sistemas de consórcio para esta cultivar. A cultivar BRS Anahí em consórcio com o feijão e algodão diferiram dos demais tratamentos, apresentando os maiores valores médios, sendo o algodão o mais expressivo (0,155 mol de H₂O m⁻² s⁻¹), e o cultivo solteiro, milho, sorgo e amendoim expressaram as menores médias, especificamente no sistema de consórcio com o sorgo (0,063), reduzindo 59% na condutância estomática entre o maior e o menor valor dos sistemas consorciados.

Os estômatos é o principal órgão responsável pela realização do processo de trocas gasosas nas plantas, pois é através da câmara estomática que ocorre o processo de assimilação de CO₂ pela planta e conseqüentemente a liberação de água em forma de vapor através da transpiração, tendo relação direta em todo o processo fotossintético e conseqüente crescimento e desenvolvimento dos vegetais (MEINZER et al., 2017; PAIVA et al., 2005). Observa-se que nos consórcios com sorgo

e amendoim as cultivares Anahí e Morena, respectivamente, apresentaram os menores valores na condutância estomática. A redução na condutância estomática representa um dos principais mecanismos de defesa que as plantas utilizam contra as condições adversas, sendo que estômatos abertos possibilitam a absorção de gás carbono, e ao se fecharem, poupam água e restringem o risco de desidratação. À medida que a água disponível no solo diminui, ocorre o fechamento estomático, reduzindo a condutância estomática, e assim restringido a taxa de transpiração (INOUE; MARTINS, 2006; SILVA et al., 2020).

Ainda sobre as trocas gasosas, os sistemas de consórcio com a cultivar de gergelim BRS Morena, influenciaram na transpiração (E), em que o cultivo solteiro e os consórcios com algodão e milho apresentaram diferença dos demais tratamentos, com maiores médias de 1,91, 1,225 e 1,393 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente, e o feijão os menores valores médios (1,016), no entanto, não diferiu do cultivo solteiro, e dos consórcios com sorgo e amendoim Para a cultivar de gergelim BRS Anahí, o consórcio com feijão e algodão diferiram dos demais, sendo o algodão o que expressou as maiores médias (1,508), e o cultivo solteiro e os consórcios com o milho, sorgo e amendoim os que expressaram os menores valores (0,903), reduzindo 40% entre o maior e o menor tratamento (algodão e sorgo).

Observa-se que a transpiração foi afetada quando consorciada com as culturas. Sousa et al. (2014) aos estudarem a cultura do gergelim, ressaltaram que reduções nas lâminas de irrigação promoveram a redução na taxa transpiratória. O que pode ter acontecido com esse estudo, sendo que as plantas em consórcio poderiam estar competindo por água e nutrientes. Isso se deve ao ajustamento osmótico apresentado pela planta naquelas condições, ajustando-se a abertura estomática e a taxa fotossintética (SOUSA et al., 2014). É importante também ressaltar que a redução da taxa de transpiração está diretamente ligada à diminuição da condutância estomática, pois com menor abertura dos estômatos haverá diminuição da transpiração, restringindo a perda de água da folha para a atmosfera na forma de vapor, reduzindo desidratação de plantas (LIMA et al., 2017), o que pode ser observado nesse trabalho, onde os maiores e menores valores de transpiração e condutância estomática foram encontrados nos mesmos tratamentos.

Para taxa de assimilação de CO₂ (A) no cultivo de cultivares de gergelim em sistema consorciado, a cultivar BRS Morena apresentou os maiores valores para testemunha, feijão, algodão e milho, sendo o milho o sistema em consorte que influenciou positivamente a A com maior valor médio (7,91 μmol m⁻² s⁻¹), e o sistema em consórcio com sorgo e amendoim as menores médias, sendo o sorgo a mais expresiva (4,88), reduzindo 38% entre o maior e o menor tratamento. No que diz respeito a A para cultivar de gergelim BRS Anahí, o consórcio com feijão influenciou positivamente a taxa de assimilação de CO₂ diferindo dos demais tratamentos,

apresentando maior valor médio de 7,43, e os tratamentos de cultivo solteiro, sorgo e amendoim os menores valores, onde o consórcio com sorgo expressou a menor unidade média (4,11), representando uma redução de 44% entre o sistema de consórcio gergelim + feijão e gergelim + sorgo.

A condutância estomática regula as trocas gasosas e está diretamente associada a fotossíntese e ao rendimento das plantas (PAIVA et al. 2005), desse modo, assim como observado na *gs* os sistemas consorciados tiveram influência sobre a *A* das cultivares de gergelim, onde o consórcio com amendoim apresentou efeito negativo para as duas cultivares. Segundo Dutra et al. (2017), em um estudo da fisiologia de mamoneira consorciada com amendoim, observou baixos valores para *A* quando as culturas consorciadas foram semeadas simultaneamente, podendo ser explicada pelo aumento da competição pela água do solo, o que está associado a diferenças entre as taxas de crescimento das duas espécies, causando declínio na condutância estomática e na fotossíntese devido ao influxo limitado de CO₂ para o mesófilo. Observa-se que o consórcio do gergelim Anahí com feijão caupi apresentou os melhores resultados para a taxa de assimilação de CO₂, indicando também valores expressivos na cultivar de gergelim Morena. Como o nitrogênio faz parte dos principais componentes do sistema fotossintético, o aumento da sua disponibilidade geralmente resulta em efeitos positivos na taxa de assimilação de carbono (BRAZ, 2018). Sabendo-se que o feijão é responsável por fixar nitrogênio no solo, o consórcio entre o feijão caupi com as cultivares de gergelim influenciaram no aumento da *A*.

A eficiência do uso da água (*EUA*) da cultivar de gergelim BRS Morena em sistema consorciado, foi influenciada negativamente quando cultivada milho, sorgo e amendoim, no entanto, o sistema de cultivo solteiro e o consórcio com algodão não diferiram destas, entretanto, a menor média encontrada para *EUA* foi observada no consórcio com amendoim (5,13), já os tratamentos que apresentaram os maiores valores para esta variável está o consórcio com feijão (7,69), no entanto, a testemunha e o algodão não diferiram da mesma, apesar disto, a comparação entre a maior e menor média expressa uma diferença de 33%. Com relação a cultivar de gergelim BRS Anahí, a *EUA* apresentou efeito diminutivo para o consórcio com algodão, que apresentou as menores médias (4,38), no entanto, não diferiu dos demais tratamentos, com exceção do consórcio com milho que expressou as maiores médias (6,48) e causou de 32% entre o menor e o maior tratamento.

A eficiência instantânea no uso da água é expressa pela relação direta entre a fotossíntese e a transpiração, relacionando a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (FREIRE et al., 2021). Diante dos resultados da *EUA*, é provável que, neste caso, as maiores taxas estejam relacionadas com a assimilação do CO₂. É importante salientar que o uso

da água compreende os processos de transpiração e de evaporação da água no solo (ROBERTS et al., 2015). Os consórcios com amendoim e sorgo promoveram os menores valores da EUA nas cultivares de Morena e Anahí, respectivamente. Sendo assim, a EUA nesses consórcios são sensíveis à essas condições e conseqüentemente, às alterações ambientais (FELIPPE et al., 2020).

Em relação a *EiCi* para cultivar de gergelim BRS Morena, o consórcio com amendoim influenciou negativamente este parâmetro, com valor médio de 0,017, e os sistemas em consórcios com milho e feijão os que expressaram maior efeito, com média de 0,029, promovendo um aumento de 41% em relação ao consórcio do gergelim + amendoim com o gergelim + feijão/milho. Em relação *EiCi* para a cultivar de gergelim BRS Anahí, os sistemas em consórcio com feijão, algodão e milho, expressaram as maiores médias, onde o feijão apresentou maior valor médio (0,024), enquanto que o menor efeito foi para o consórcio com sorgo, com média de 0,014, causando uma redução de 41%.

Segundo Silva et al. (2015b), valores elevados de *Ci* associados a um aumento de *gs* indicam aumento de *EiCi*, devido à disponibilidade de ATP e NADPH. Observa-se que os resultados da *EiCi* das cultivares de gergelim seguiram o mesmo comportamento à assimilação do CO₂. Melo et al. (2017) afirmam que a eficiência da carboxilação instantânea tem estreita relação com a taxa de assimilação de CO₂ e a concentração intracelular de CO₂. É importante salientar que os maiores valores de *EiCi* foram encontrados nos consórcios das cultivares de gergelim com feijão, sendo esta cultura responsável por fixar nitrogênio no solo. Lorenzoni et al. (2018) afirma que a *EiCi* aumenta em decorrência do aumento da disponibilidade de nitrogênio para as plantas.

Para a resistência estomática (*rs*) da cultivar de gergelim BRS Morena em sistemas consorciados, o arranjo com amendoim apresentou maior influência, diferindo dos demais tratamentos, com valor médio de 15,43, e menor efeito para o sistema solteiro e os consórcios com feijão e milho, sendo o milho o que expressou menor valor médio de 8,43, correspondendo uma redução de 45%. Já para cultivar de gergelim BRS Anahí, os consórcios com milho, sorgo e amendoim apresentaram maior influência, sendo o sorgo a média mais expressiva (16,03), e os consórcios com feijão e algodão a menores médias (7,38 e 6,93), causando uma redução de 56,8% quando comparados a maior e a menor média dos tratamentos em consórcio.

A planta de gergelim possui resistência estomática bastante elevada, fazendo com que a transpiração seja reduzida nos períodos de deficiência hídrica no solo, mantendo, assim, o teor de água, sendo uma das principais características fisiológicas dessa planta, capacitando-a a tolerar mais a seca (SOUZA et al., 2000; BEZERRA, 2008). Observa-se que os consórcios com milho e algodão afetaram a resistência estomática das cultivares BRS Morena e BRS Anahí, respectivamente. Isso deve ao fato de que, por serem plantas de crescimento acelerado, houve

competição da água no solo. Quando as plantas são submetidas a estresses abióticos, o efeito primário é o fechamento dos estômatos, como estratégia para aumentar a resistência estomática ao fluxo de vapor d'água das folhas para a atmosfera externa, a fim de manter o potencial hídrico nas folhas e evitar a desidratação de células guarda, o que pode resultar na restrição do fluxo normal de CO₂ para o local de carboxilação (SILVA et al., 2018).

4.3 Produção do gergelim e das culturas consorciadas

4.3.1 Produção das cultivares de gergelim

De acordo com o resumo da análise de variância para os parâmetros de produção das cultivares de gergelim, as variáveis de altura do primeiro fruto (ALPF), número de frutos (NFP), número de sementes por fruto (NSPF) e produção total (PT), apresentaram significância a 1% de probabilidade, e o comprimento do fruto (CF) a 5% na interação dos fatores gergelim x consórcio (Tabela 8). A variável de massa de 1000 sementes não expressou significância nos fatores de interação, apenas para o fator isolado gergelim a 1% de probabilidade.

Tabela 8. Resumo das análises de variância para as variáveis de altura do primeiro fruto (ALPF), número de frutos (NFT), comprimento do fruto (CF), número de sementes por fruto (NSPF), produção total (PRD. TOTAL) e massa de 1000 sementes (M. 1000) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema solteiro e consorciado.

	G.L	Quadrados Médios		
		ALPF	NFP	CF
Gergelim (G)	1	6.931,60**	55.932,93**	623,36**
Consórcios (C)	5	228,57**	4.661,73**	117,87**
Bloco	2	11,87 ^{ns}	68,15*	25,83*
Int. (G x C)	5	126,09**	3.316,0056**	17,83*
Resíduo	166	21,07	22,23	7,95
Médias		34	25,53	28,93
CV (%)		13,50	18,46	9,75
		NSPF.	M. 1000	PROD. TOTAL
Gergelim (G)	1	4.794,67**	1,432**	230.865,19**
Consórcios (C)	5	195,87**	0,090 ^{ns}	13679,80**
Bloco	2	227,46**	0,518**	758,86 ^{ns}
Int. (G x C)	5	128,20**	0,046 ^{ns}	12.395,42**
Resíduo	166	43,18	0,045	237,78
Médias		59,85	3,32	82,34
CV (%)		10,98	6,61	18,0

**significativo ($p \leq 0,01$); * significativo ($p \leq 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$); CV = coeficiente de variação. GL: grau de liberdade; gergelim (G): cultivares de gergelim; consórcios (C): sistemas consorciados.

A Figura 6 representa a variável de produção do gergelim altura do primeiro fruto (ALPF), onde para cultivar de gergelim BRS Morena, o consórcio com sorgo e milho apresentaram as maiores médias, 44,73 cm e 45,13 cm, respectivamente, e o sistema de cultivo solteiro, feijão, algodão e amendoim os tratamentos que apresentaram menor efeito na altura do primeiro fruto, sendo o sistema de cultivo solteiro o que expressou menor valor médio de 34,93 cm. Com relação a cultivar de gergelim BRS Anahí, o sistema consorciado com feijão e amendoim apresentaram os menores valores médios para ALTF, sendo o amendoim a média mais expressiva (23,13 cm), enquanto os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si, porém, a maior média observada foi no consórcio com sorgo (30,53).

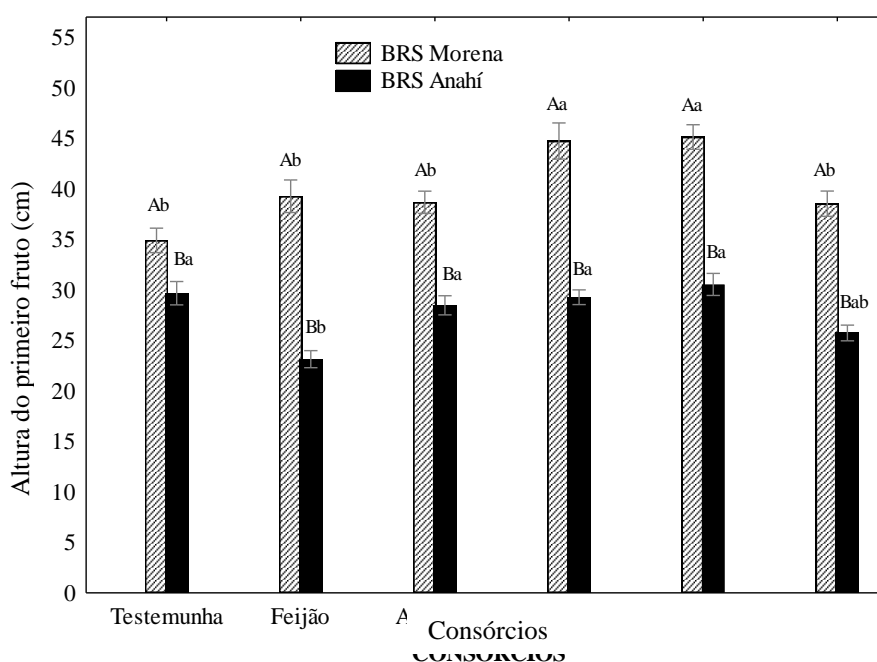


Figura 6. Altura do primeiro fruto (ALTF) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade; Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A altura da inserção do primeiro fruto é uma característica que varia de cultivar para cultivar e é muito importante para a colheita mecanizada, além disso, esta variável representa que quanto maior a altura de inserção do primeiro fruto, mais tardio se torna o início da fase reprodutiva

(ciclo do genótipo de gergelim) (CRUZ et al., 2019; VASCONCELOS et al., 2010). Sabendo disso, observa-se que as cultivares de gergelim quando consorciadas com milho e sorgo, apresentaram as maiores alturas para o primeiro fruto, representando um efeito negativo do consórcio para o início da fase reprodutiva do gergelim. Furtado et al. (2017), analisando o efeito do consórcio da mamoneira nos aspectos de produção do gergelim, observou que o parâmetro de inserção do primeiro fruto não foi influenciado sobre os consórcios, apresentando valores médios de 60,48 cm, diferindo dos resultados observados nesta pesquisa.

Com relação ao NFP das cultivares de gergelim em sistemas consorciados (Figura 7), a cultivar BRS Morena apresentou maior quantidade no sistema de cultivo solteiro e no consórcio com com feijão, sendo este último o que expressou maior valor médio (68,46) mesmo não diferindo do sistema de cultivo solteiro. Ainda sobre esta cultivar de gergelim, o consórcio com milho e sorgo apresentaram os menores valores (15,93 e 17,20, respectivamente), sofrendo influência negativa deste consórcio para a variável de NFP, causando uma redução de 76,7% entre a menor e maior média observada. Para a cultivar de gergelim BRS Anahí, o consórcio com algodão e milho afetaram o NFP negativamente, expressando as menores médias (6,06 e 3,80 respectivamente), enquanto que os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, entretanto, a maior média observada foi no sistema consorciado com feijão de 12,60 representando uma diferença de 69,8%.

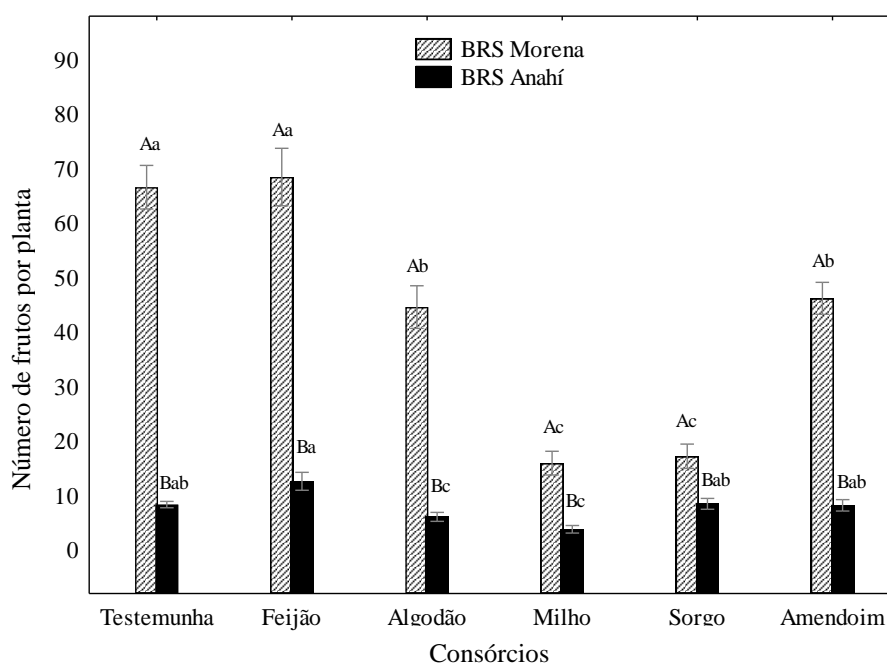


Figura 7. Número de frutos por planta (NFP) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de frutos por planta (NFP) tem estreita relação com a atividade fonte/dreno das plantas; em algumas espécies, o número elevado de frutos acelera a competição por assimilados entre os frutos, podendo reduzir o seu tamanho (QUEIROGA; SILVA, 2008) e até a qualidade dos grãos. De acordo com este trabalho, observa-se que o consórcio com feijão não diferiu do sistema de cultivo solteiro, o que pode favorecer o número de frutos para as cultivares de gergelim, e o consórcio com milho afetou negativamente no número de frutos por planta para as duas cultivares de gergelim. É importante salientar que o número de frutos da BRS Morena foi expressivamente maior que o BRS Anahí, independente do consórcio utilizado. Essa diferença pode ser consequência da alta capacidade fotossintética desse material genético nas condições ambientais do local da pesquisa, evidenciada no presente estudo, diante os resultados na maior produção de frutos por planta (LIMA et al., 2020). Aliado ao número de ramificações que possibilita uma maior quantidade de frutos.

No que diz respeito ao comprimento dos frutos (CF) de gergelim em sistemas consorciados, a cultivar de gergelim BRS Anahí sofreu efeito negativo do consórcio com milho, apresentando as menores médias (22,74), e positivo para testemunha, feijão, algodão, sorgo e amendoim, sendo o consórcio com amendoim o que apontou os maiores valores médios (28,77), provocando um aumento de 20% entre eles (Figura 8). Já para cultivar de gergelim BRS Morena, os maiores valores foram encontrados no sistema de cultivo solteiro (32,33), no entanto, não houve diferença para os consórcios com feijão, algodão e amendoim, enquanto que os menores valores foram encontrados no consórcio com sorgo (28,02), acarretando uma redução de 13% entre o menor e o maior valor médio para o comprimento dos frutos de gergelim.

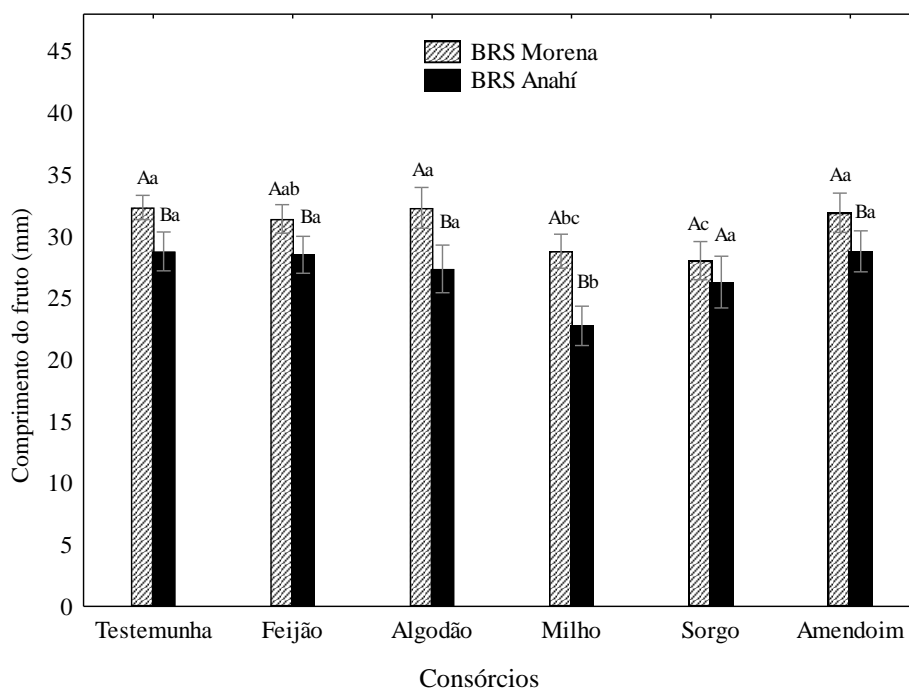


Figura 8. Comprimento do fruto (CF) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Beltrão e Vieira (2001), o tamanho dos frutos de gergelim é uma característica morfológica governada por muitos genes e sofre grande influência do ambiente, estando diretamente associada na produção de grãos da cultura. No presente estudo, observa-se que os tratamentos tiveram grande influência neste parâmetro, especificamente os tratamentos consorciados com gramíneas (milho e sorgo), que afetaram negativamente o tamanho dos frutos comparado ao cultivo solteiro. Este fato pode estar associado ao efeito de competição entre plantas, água, luz e nutrientes das gramíneas sobre o gergelim, o que, segundo Lakew et al. (2018), o maior comprimento das capsulas de gergelim foi observado nos maiores espaçamentos e menores densidades de plantas, corroborando com o presente estudo.

Para a variável de NSPF (Figura 9), a cultivar de gergelim Morena não apresentou diferença estatística para os sistemas consorciados, entretanto, observa-se a maior média no consórcio com amendoim (68,40) e a menor média observada no consórcio com feijão (61,66). Com relação a cultivar de gergelim Anahí, o sistema de cultivo solteiro expressou maior média para o NSPF, com valor de 58,53, no entanto, não diferiu do sistema consorciado com feijão, sorgo

e amendoim, já as menores médias são observadas nos consórcios com milho e sorgo, sendo o milho a cultura em consórcio que apresentou a menor média (50,0).

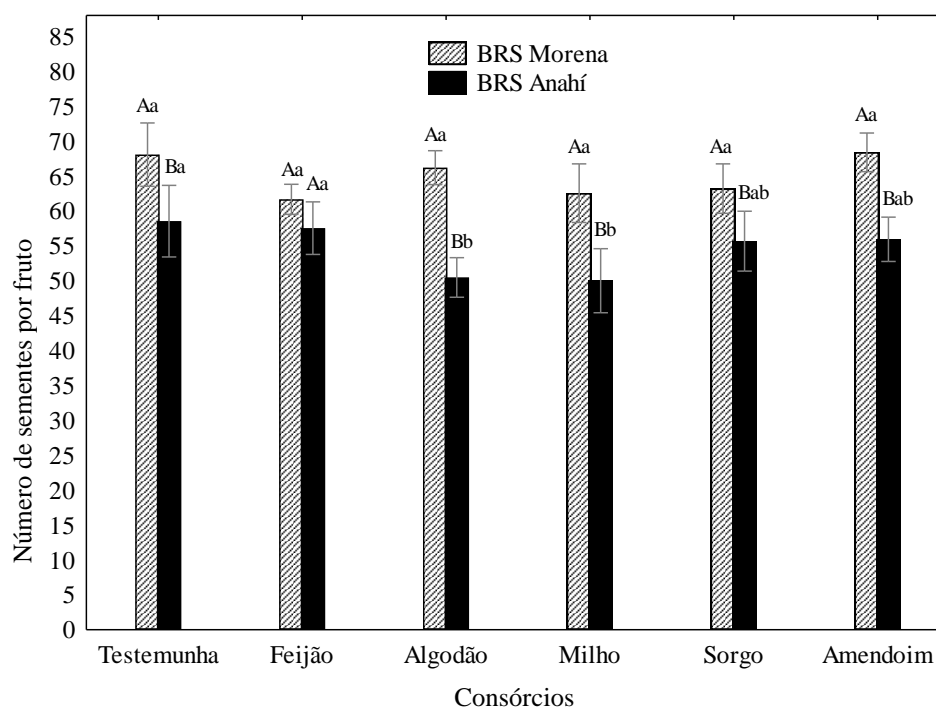


Figura 9. Número de sementes por fruto (NSPF) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Um maior número de sementes por fruto é uma característica desejável para o gergelim, tanto do ponto de vista comercial como ecológico, pois é um importante indicador do sucesso reprodutivo da planta, já que um maior número de sementes produzidas aumentará as chances de perpetuação da espécie (ROUBIK, 1989). O número de sementes por fruto influencia diretamente no rendimento de sementes de gergelim, sendo que a produtividade da cultivar está mais relacionada ao número de grãos por fruto, do que o número de frutos propriamente dito (EMBRAPA, 2009).

A massa de 1000 sementes representa uma importante variável de produção do gergelim para a caracterização de genótipos, no entanto, apresentou efeito isolado apenas para as cultivares de gergelim, BRS Morena e BRS Anahí, que expressaram valores médios de 3,43 e 3,02,

respectivamente. A comparação entre as médias correspondendo a uma diferença de 11,6% entre a cultivar Morena da Anahí (Figura 10).

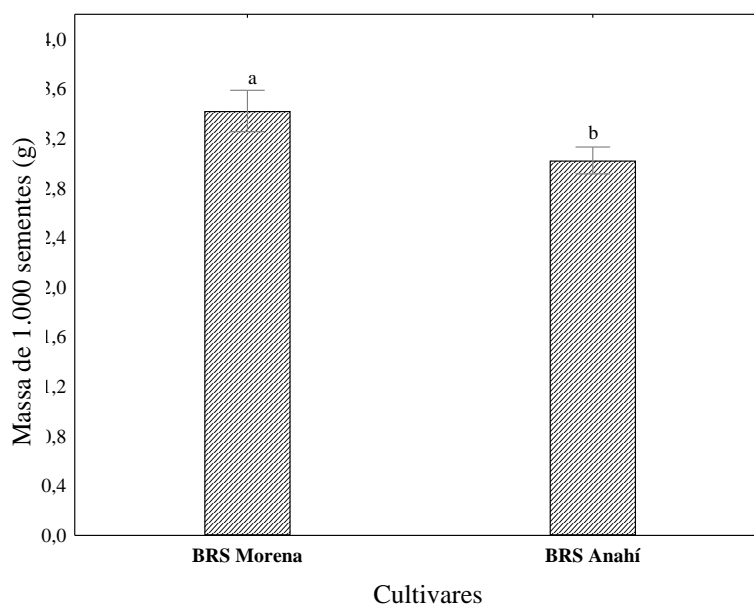


Figura 10. Massa de 1.000 sementes (M. 1.000) de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste T Student a 5% de probabilidade, seguidas pelo desvio padrão da média.

A massa das sementes é influenciada por vários fatores entre eles: presença de ar (espaços vazios) no seu interior, composição química, maturidade e teor de água (LUCENA et al., 2013). Observa-se que a massa de 1.000 sementes da BRS Anahí foi inferior a cultivar BRS Morena. Carvalho e Nakagawa (2000) afirmam que as sementes de maior massa, por serem mais bem nutridas durante o seu desenvolvimento, possuem embriões bem formados e com maior quantidade de reservas, sendo, por conseguinte, mais vigorosas, originando plântulas mais desenvolvidas. Nascimento (2019), estudando a qualidade de sementes de duas cultivares gergelim em diferentes espaçamentos, observou que o peso de 1.000 sementes da BRS Anahí foi de 3,32 g. Com isso, pode-se afirmar que as condições ambientais da região deste estudo afetaram a massa de semente da BRS Anahí.

A produção total das cultivares de gergelim considera-se uma variável determinante para analisar o efeito das culturas consorciadas com a produção das cultivares de gergelim BRS Morena e BRS Anahí. No presente estudo, a cultivar de gergelim Anahí ao longo de seu ciclo vegetativo e reprodutivo apresentou um elevado número de plantas mortas, associado aos fatores bióticos e abióticas (baixas temperaturas, pragas, doenças etc.), comprometendo parte da produção total

desta cultivar. Sendo assim, será considerado para discussão desta variável apenas o efeito dos consórcios na produção das cultivares de gergelim, que para cultivar BRS Morena o sistema consorciado com feijão e algodão expressaram efeito positivo comparado aos demais tratamentos, com médias de 279,12 e 240,70 g, enquanto o consórcio com o milho apresentou efeito negativo na produção desta cultivar, com médias de 32,02 g, ocasionando uma redução 88,5% na produção total do gergelim BRS Morena. Com relação a cultivar de gergelim BRS Anahí, os consórcios não apresentaram diferença estatística entre si, no entanto, as maiores e menores médias são de 10,34 g e 2,03 g correspondente aos consórcios de feijão e milho, respectivamente.

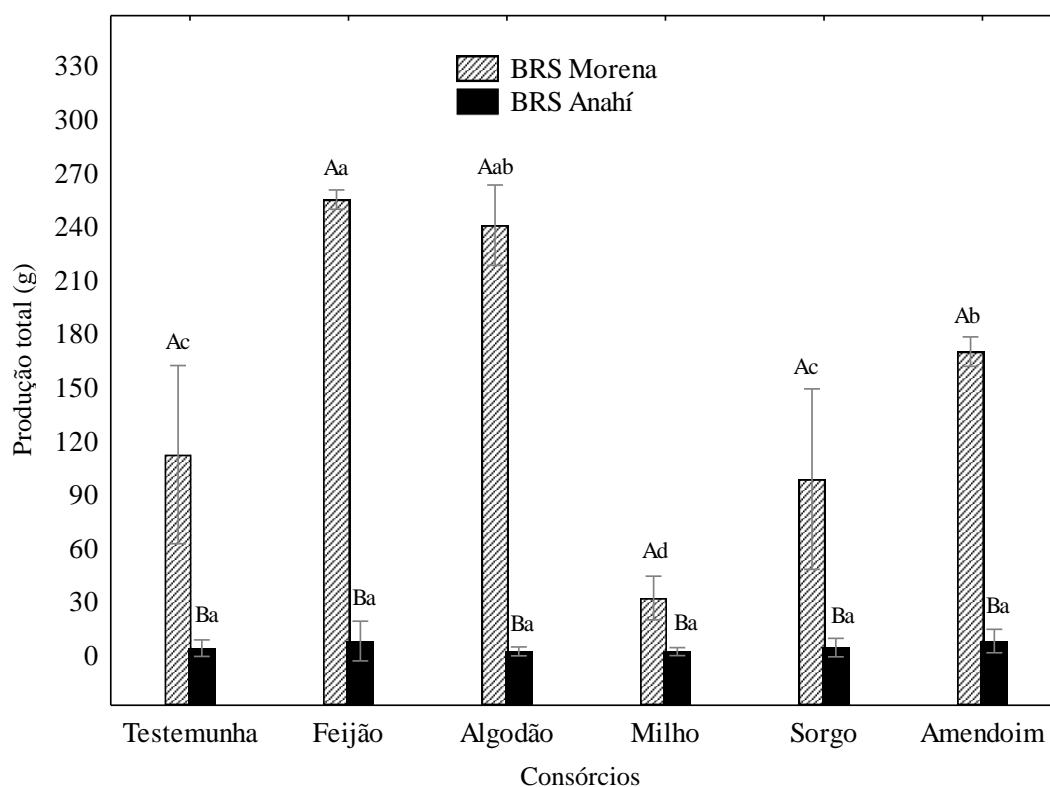


Figura 11. Produção total de cultivares de gergelim cultivadas em sistema consorciado. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para as cultivares pelo teste T Student a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para os diferentes consórcios pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produção total de gergelim é influenciada por vários fatores, desde fatores fisiológicos, como ambientais. Observa-se que o as variáveis de NFP e comprimento do fruto apresentaram os maiores valores quando a cultivar BRS Morena foi consorciada com feijão caupi, o que influenciou

no aumento da produção total. As leguminosas, como o feijão caupi, possuem a capacidade de otimizar sistemas, fixando nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, as quais disponibilizam maior quantidade de nitrogênio para todo o sistema, de forma natural e sustentável (TEODORO et al., 2011), que afetou positivamente na produção total do gergelim. Além disso, a produção total do BRS Morena foi afetada pelo consórcio com milho, o que pode ser observado que, no NFP e comprimento do fruto, o consórcio com gramíneas também afetou nessas variáveis. Resultados semelhantes foram encontrados por Bezerra et al. (2007), que ao consorciarem sorgo e milho em fileiras alternadas com feijão, o consórcio sempre se manteve em vantagem sobre o monocultivo, havendo tendência de dominação da gramínea sobre a leguminosa.

4.3.2 Produção das culturas consorciadas

Com relação aos aspectos de produção das culturas consorciadas, observa-se na tabela 10 o teste de média referente as variáveis de cada cultura em consórcio. A produção das culturas de feijão, sorgo e amendoim não apresentaram diferença significativa nos consórcios com as cultivares de gergelim. Já para as variáveis de número de espigas e peso total do milho apresentaram diferença estatística a 5% de probabilidade quando consorciadas com as cultivares de gergelim.

Tabela 9. Tabela de comparação de médias para as variáveis de produção das culturas consorciadas.

Culturas consorciadas	Variáveis	BRS Morena	BRS Anahí	CV (%)
Feijão	Número de vagens total	546,66 ^A	545,66 ^A	7,07
	Peso total	1,29 ^A	1,15 ^A	6,89
	Peso da vagem	2,37 ^A	2,12 ^A	8,42
Milho	Número de espiga	68,00 ^A	60,66 ^B	2,29
	Peso da espiga	0,22 ^A	0,20 ^B	4,55
	Peso total	15,00 ^A	12,60 ^B	5,42
Sorgo	Peso total	6,43 ^A	6,45 ^A	13,76
Amendoim	Peso total	2,41 ^A	2,10 ^A	14,98

Médias seguidas por letras maiúsculas para as cultivares, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As cultivares de gergelim apresentaram influência nos aspectos de produção da cultura do milho, que para a variável de número de espigas o consórcio com BRS Morena apresentou valor médio de 68,00 enquanto a cultivar BRS Anahí apresentou média de 60,66 espigas, correspondendo a uma redução de 10,8 % na produção do milho em consórcio com as cultivares de gergelim. Com relação a variável de peso total do milho em consórcio com as cultivares de gergelim BRS Morena e BRS Anahí, as médias apresentaram valores médios de 15,00 kg e 12,60 kg, respectivamente, reduzindo 16% na produção do milho quando consorciado com a cultivar de gergelim BRS Anahí.

Diante os resultados, houve um aumento na produção do milho no cultivo consorciado com a BRS Morena, sendo que a produção dessa cultivar de gergelim foi afetada quando consorciada com o milho, o que pode ser explicado pelo fato que houve competição entre as culturas, favorecendo a produção do milho. Em sistemas consorciados com milho e culturas com porte vegetativo mais baixo, mesmo em regimes hídricos adequados e boa fertilidade do solo, pode haver competição, porque o milho, em razão de sua arquitetura vegetativa e crescimento acelerado, sombreiam as plantas de arquitetura vegetativa diferente, dificultando a chegada da luz para outras plantas consorciadas que não apresentam esse mesmo metabolismo (ROCHA et al., 2020), como é o caso do gergelim. Alguns autores observaram que o milho compete fortemente com outras culturas de porte e arquitetura vegetativa diferente (CHAGAS et al., 1983; ROCHA et al., 2020).

De acordo com a análise de componentes principais (ACP) relacionados aos parâmetros tecnológicos de qualidade de fibra do algodão (Figura 12), submetido aos consórcios com as cultivares de gergelim BRS Anahí e BRS Morena, é observado a formação de dois grupos de componentes principais (CP) que responderam 83,83% da variabilidade do estudo, os quais 67,02% foram atribuídos ao grau de amarelidão, índice de comprimento de fibra, maturidade, alongamento à ruptura (%), índice micronaire, peso de semente, peso da pluma, peso total, reflectância, uniformidade e fibra; destes, é possível observar uma correlação positiva intrínseca entre o índice micronaire, alongamento à ruptura, peso da pluma e peso de semente, e uma tendência de comportamento inverso entre o grau de amarelidão e a reflectância da fibra. Além disso, o segundo conjunto de componentes principais foi responsável por 16,81% da variabilidade, composto pelo comprimento, índices de fibras curtas e resistência, que também mostrou uma configuração que indica a relação negativa entre o comprimento e índice de fibras curtas. Quanto à influência dos consórcios, é notório que o algodão consorciado com a cultivar BRS Morena sofreu mais efeito dos parâmetros relacionados aos CP 1 com maiores valores de fibra, peso e resistência, e o algodão consorciado com a cultivar BRS Anahí distinguiu-se principalmente em função da maior susceptibilidade relacionada ao índice de fibras curtas.

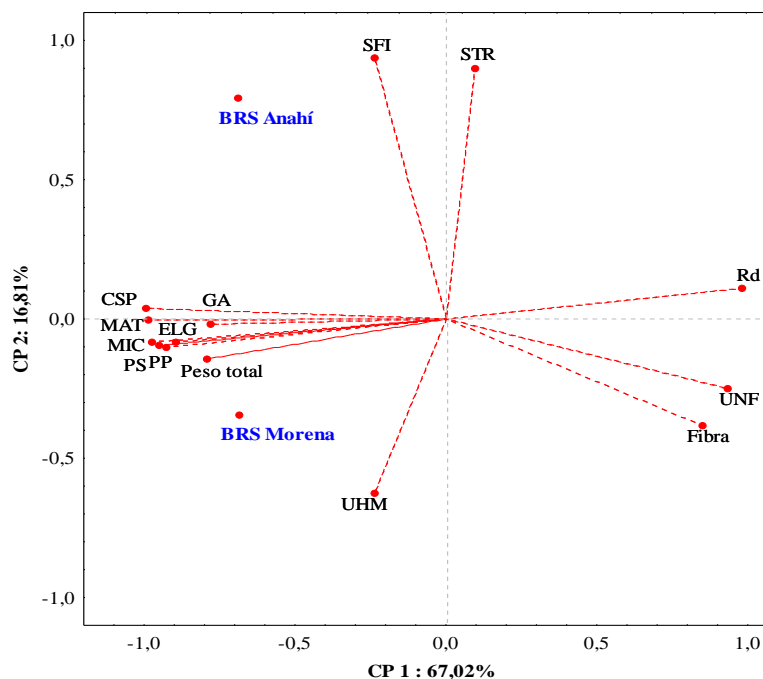


Figura 12. Análise dos componentes principais para os parâmetros tecnológicos de qualidade de fibra do algodoeiro, peso total (PT), peso da semente (PS), peso da pluma (PP), fibra, comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelo (GA) e índice de fiabilidade (CSP), em consórcio com cultivares de gergelim.

Em um estudo realizado por Silva et al. (2013b), avaliando o desempenho agrônomo de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira, o agroecossistema algodão + palma forrageira proporcionou melhor rendimento de fibra, enquanto que os parâmetros tecnológicos da qualidade da fibra apresentaram efeito apenas para o grau de amarelo (+b) em que o tratamento algodão solteiro demonstrou-se superior aos demais. Com relação aos resultados observados nesta pesquisa, o consórcio com o gergelim BRS Morena sofreu mais efeito dos parâmetros relacionados aos CP 1 com maiores valores de fibra, peso e resistência, e o algodão consorciado com a cultivar BRS Anahí distinguiu-se principalmente em função da maior susceptibilidade relacionada ao índice de fibras curtas. Mesmo havendo algumas diferenças no resultado da qualidade da fibra do algodoeiro no cultivo entre as cultivares, todas das características do algodão estão nos padrões propostos pela indústria têxtil nacional e

internacional, com exceção do índice de fibras curtas, que apresentou valores abaixo do recomendado (FONSECA; SANTANA, 2002).

5. CONCLUSÕES

As cultivares de gergelim sofrem influência dos consórcios para os parâmetros de crescimento, onde o cultivo solteiro favorece melhor desenvolvimento vegetativo e o consórcio com milho prejudica o crescimento das plantas de gergelim;

A fisiologia das cultivares de gergelim é afetada pelos sistemas de consórcio utilizados. No consórcio entre as cultivares de gergelim e feijão, os índices de clorofila são reduzidos. Já o consórcio entre as cultivares de gergelim com amendoim influencia no aumento dos índices de clorofila;

O consórcio entre cultivares de gergelim e feijão caupi influencia no aumento das taxas fotossintéticas e na eficiência fotoquímica. Já o consórcio com sorgo prejudica a fisiologia das cultivares de gergelim;

O consórcio com feijão caupi favorece o aumento da produção de gergelim. Já o consórcio com milho prejudica a produção das cultivares;

A produção das culturas consorciadas não é afetada quando consorciadas com as cultivares de gergelim, com exceção do milho.

6. REFERÊNCIAS

- ADEKUNLE, Y. A.; OLOWE, V. I.; OLASANTAN, F. O.; OKELEYE, K. A.; ADETILOYE, P. O. Mixture productivity of cassava-based cropping system and food security under humid tropical conditions. **Food and Energy Security**, v. 3, n.1, p. 46-60, 2014.
- AIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido à diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.
- ALBUQUERQUE, F. A. de; BELTRÃO, N. E. DEM.; LUCENA, A. M. A. de; OLIVEIRA, M. I. P. DE; CARDOSO, G. D. Ecofisiologia do gergelim (*Sesamum indicum* L.). In: Beltrão, N. E. de M.; Oliveira, M. I. P. de. (Eds.). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. Brasília: Embrapa. p. 122-143. 2012.
- ALIZADEH, Y.; KOOCHEKI, A.; NASSIRIMAHALLATI, M. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). **Iranian Journal of Field Crops Research**, v.7, n.2, p.541-553, 2009.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. de M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 113, p. 407–427, 2013.
- ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHOA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agroambiente**, v. 03, n. 01, p. 15-30, 2009.
- ARAÚJO, A. C. de; ALOUFA, M. A. I.; SILVA, A. J. N. da S.; COSTA, A. A.; SANTOS, I. S. dos. Análise não destrutiva de crescimento do gergelim consorciado com feijão caupi em sistema orgânico de cultivo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 1, p. 259-268, 2014.
- ARAÚJO, D. L. de; SOUTO, A. G. de L.; CAVALCANTE, A. G.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; MELO, A. S. de. Physiological aspects of yellow passion fruit with use of hydrogel and mulching. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 2, p. 382 – 392, 2022.
- ARAÚJO, E. de S.; ARRIEL, N. H. C.; SANTOS, R. C. dos; LIMA, L. M. de. Assessment of genetic variability in sesame accessions using SSR markers and morphoagronomic traits. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 01, p.45-54, 2019.
- ARGENTA, G. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1379-1387, 2004.
- ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIRMINO, P. de T. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

ARRIEL, N. H. C.; FIRMINO, P. de T.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, J. J.; ARAÚJO, A. E.de; SILVA, A. C.; FERREIRA, G. B. **A cultura do gergelim**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 72 p., 2007.

ATKINS, P.; PAULA, J. de. **Físico-química**. 7. Ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos, 2004. v. 2.

AZEVEDO, B. M. de; SOUSA, G. G. de; PAIVA, T. F. P.; MESQUITA, J. B. R. de; VIANA, T. V. de A. Manejo da irrigação na cultura do amendoim. **Magistra**, v.26, n.1, p.11-18, 2014.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, M. M.; PORDEUS, R. V. Germinação e vigor no desenvolvimento inicial do gergelim: efeito da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.5, n.2, p.167-172, 2003.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. In: (Ed.). **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p. 89-113, 2008.

BAKER, N. R.; OXBOROUGH, K. Chlorophyll fluorescence as a probe of photosynthetic productivity. In: Papageorgiou, G.C., Govindjee (ed). **Chlorophyll a fluorescence: A signature of photosynthesis. Advances in photosynthesis and respiration**, v.19. Dordrecht: Springer. 2004. p.65-82.

BARBERO, L. M.; PRADO, T. F.; BASSO, K. C.; LIMA, L. A.; MOTTA, K. M.; KRÜGER, B. C.; MARTINS NETO, L. R.; SILVA, G. A. S. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Veterinária Notícias**, v.19, p.71- 85, 2013.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARVALHO, L. P. **Algodão Colorido no Brasil, e em particular no Nordeste e no Estado da Paraíba**. Campina Grande: EmbrapaAlgodão, 2004. 17 p.

BELTRÃO, N. E. de M.; FERREIRA, L. L.; QUEIROZ, N. L.; TAVARES, M. S.; ROCHA, M. S.; ALENCAR, R. D.; PORTO, V. C. N. **O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro**. Natal: IFRN, 225 p., 2013.

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; OLIVEIRA, M. I. P.; FIDELES FILHO, J.; SILVA, M. N. B. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogea* L.). In: BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Ecofisiologia das culturas algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. Brasília, DF. Embrapa, p.125-162, 2011.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; MARACAÇA, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.5, p.67-73, 2010.

BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Embrapa Informação Tecnológica, 348p. 2001.

BERED, F.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F. Marcadores moleculares e sua aplicação no melhoramento genético de plantas. **Ciência Rural**, v. 27, n. 3, p. 513-520, 1997.

BEZERRA, A. P. A.; PITOMBEIRA, J. B.; TÁVORA, F. J. A. F.; VIDAL NETO, F. C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, p.104-108, 2007.

- BEZERRA, S. A. **Crescimento e desenvolvimento do gergelim em estresse hídrico em substrato de biossólido e adubo químico**. Dissertação (Mestrado), PPGEA - UFCG, 2008.
- BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005.
- BRAVIN, P. B.; FERRO, L. A. de B. C.; BONI, T. P.; DOMINGUES, C. G.; SILVA, C. A. da; DIAS, J. R. M. Crescimento inicial do cafeeiro robusta submetido a consórcios culturais nas entrelinhas. **Revista Agrarian**, v. 13, n. 48, p. 169-177, 2020.
- BRAZ, R. dos S. **Efeitos da adubação nitrogenada na cultura do milho sob estresse salino em dois solos**. Tese (Doutorado), PPGCS – UFC, 2018.
- BRITO, K. Q. D.; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, K. S. A.; MARIA JUNIOR, S. de O.; NASCIMENTO, N. V. do; Fluorescência da clorofila a em genótipos de gergelim sob estresse salino em estádios de desenvolvimento. In: **II Inovagri International Meeting**, 2014.
- CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B. da; ROCHA, M. de M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v.5, p.110-116, 2000.
- CARVALHO, E. V.; SÁ, C. H. A. C. de; COSTA, J. da L. da; AFFÉRI, F. S.; SIEBENEICHLER, S. C. Densidade de plantio em duas cultivares de mamona no Sul do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 387-392, 2010.
- CARVALHO, M.; BEBELI, P. J.; PEREIRA, G.; CASTRO, I.; EGEEA-GILABERT, C.; MATOS, M.; LAZARIDI, E.; DUARTE, I.; LINO-NETO, T.; NTATSI, G.; RODRIUES, M.; SAVVAS, D.; ROSA, E.; CARNIDE, V. European cowpea landraces for a more sustainable agriculture system and novel foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v, 97, n. 13, p. 4399–4407, 2017.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- CHAGAS, J. M.; VIEIRA, C.; RAMALHO, M. A. P.; PEREIRA FILHO, I. A. Efeito do intervalo entre fileiras de milho sobre o consórcio com a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.8, p.879-885, 1983
- CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 64, n.2, p.189-196, 2017.
- CINTRA, P. H. N. et al. Análise de fluorescência da clorofila a em mudas de cafeeiro sob estresse hídrico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 28006-28014, 2020.
- COSTA, A. S. V.; SILVA, M. B. Sistemas de consórcio milho feijão para a região do vale do rio doce, Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 2, p. 663 - 667, 2008.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imp. Univ., p. 390, 1994.
- CRUZ, N. F. F. da S.; NASCIMENTO, L. F. J. do; SANTOS, R. F. ZANÃO JÚNIOR, L. A.; CUNHA, E. ROCHA, E. O. Características e tratos culturais do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.8, n.4, p.665-675, 2019.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; MACHADO, J. A. R. Consórcio de espécies nativas da floresta estacional semidecidual com mandioca (*Manihot succulenta* Crantz) para restauração de mata ciliar. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p.291-299, 2012.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. da. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 220-234, 2018.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 305-311, 2007.

DIAS, J. P. T. **Ecofisiologia de culturas agrícolas**. Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais Belo Horizonte, v1, n1, p.1-169, 2018.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A. A. de; SANTOS, M. de O.; ARANTES, L. de O. Influência de Diferentes Condições de Sombreamento sobre o Crescimento de *Tapirira guianensis* Alb. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 477-479, 2007.

DRAGO, D. P.; MANGUEIRO, M. Z.; CARMO, K. B.; SANTOS, M. M.; SATORI, A. P. R.; DALEPRANE, F. B. Consórcio de pimenta-do-reino com as culturas de milho e feijão. In: **SEAGRO: Anais de Semana Acadêmica do Curso de Agronomia do CCAE/UFES**, v. 2, n.1, 2018.

DUTRA, W. F.; MELO, A. S de; DUTRA, A. F.; BRITO, M. E. B.; FILGUEIRAS, L. M.; MENEZES, C. H. S. G. Photosynthetic efficiency, gas exchange and yield of castor bean intercropped with peanut in semiarid Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 12, n. 2, p. 106-110, 2017.

EMBRAPA. **Algodão em consórcios agroecológicos traz benefícios econômicos e ambientais**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-noticia/2993153/algodao-em-consorcios-agroecologicos-traz-beneficios-economicos-e-ambientais>; Acessado em 10 de março de 2022.

EMBRAPA. **Cultivo do Algodão Colorido Orgânico na Região Semiárida do Nordeste Brasileiro**. 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/278113/1/DOC204.pdf>; Acessado em 01 de março de 2022.

EMBRAPA. **Cultivo do gergelim no Brasil cresce 230% em um ano**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-noticia/64027841/cultivo-do-gergelim-no-brasil-cresce-230-em-um-ano>; Acessado em: 01 de março de 2022.

EMBRAPA. **Feijão Caupi**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi>; Acessado em: 05 de julho de 2022.

EMBRAPA. **Gergelim: Perguntas e respostas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 215p.

EMBRAPA. **Soluções tecnológicas: Gergelim BRS Anahí**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4360/gergelimbrs-anahi> ; Acessado em: 01 de março de 2022.

EMBRAPA. **Soluções tecnológicas: Gergelim BRS Morena**. 2020. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto_servico/5422/gergelim-brs-morena; Acessado em: 01 de março de 2022.

EUBA NETO, M.; PEREIRA, W. E.; SOUTO, J. S.; ARRIEL, N. H. C. Crescimento e produtividade de gergelim em Neossolo Flúvico em função de adubação orgânica e mineral. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p.568-575, 2016.

FANG, Z.; BOUWKAMP, J. C.; SOLOMOS, T. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v.49, p.503-510, 1998.

FAO. **Food Agriculture Organization of United Nations**. 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/corp/statistics/>; Acessado em: 18 de abril de 2022.

FEITOSA, S. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; DEMARTELAERE, A. C. F.; ARAUJO, L.; RODRIGUES, A. L. S.; BERNARDI, D.; PRESTON, H. A. F.; MEDEIROS, J. G. F. Potencial produtivo e energético de cultivares de *Sesamum indicum* L. em resposta a benziladenina. **Brazilian journal of Development**, v.6, n.8, p. 60128-60144, 2020.

FELIPPE, D.; NAVROSKI, M. C.; AGUIAR, N. S. de; PEREIRA, M. de O.; MORAES, C.; AMARAL, M. Crescimento, sobrevivência e trocas gasosas de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden submetidas a regimes de irrigação e aplicação de hidrogel. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, vol.17 n.40, 2020.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S. DE; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, p.181-188, 2012.

FONSECA, R. G. da; SANTANA, J. C. F. de. **Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D. 4605)**. Campina Grande: Embrapa CNPA, 2002. 13p.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta, **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p.82-91, 2014.

FREIRE, M. H. da C.; SOUSA, G. G. de; CEITA, E. D. R. de; BARBOSA, A. S.; GOES, G. F.; LACERDA, C. F. de. Trocas gasosas de cultivares de fava sob condições de salinidade da água de irrigação. **Agrarian**, v. 14, n. 51, p. 61-70, 2021.

FREITAS, G. A. **Produção e área colhida de amendoim no Nordeste**. Ambiente de Estudos, Pesquisas e Avaliação - AEPA, Informe Rural Etene, n.3, 2011.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Chemical composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 28, v. 2, p.470-476, 2008.

FURTADO, G. de F.; SOUZA, A. dos S.; LACERDA, R. R. de A.; CHAVES, L. H. G.; SOUZA JÚNIOR, J. R. de; SOUZA, J. R. M. de. Produção de feijão-caupi e gergelim consorciado com mamoneira no Semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 01-06, 2017.

GOMES, M. T. G.; LUZ, A. C. da; SANTOS, M. R. dos; BATITUCCI, M. do C. P.; SILVA, D. M.; FALQUETO, A. R. Drought tolerance of passion fruit plants assessed by the OJIP chlorophyll a fluorescence transient. **Scientia Horticulturae**, v. 142, p. 49-56, 2012.

GRILO JÚNIOR, J. A. S.; AZEVEDO, P. V. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim 'BRS Seda' na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Revista Holos**, v.2, p.19-33, 2013.

HORVATHY NETO, A.; SILVA, A. G. da; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A.; ASSIS, R. L. de; ROCHA, V. S. Consórcio sorgo e braquiária para produção de grãos e biomassa na entressafra. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.743-749, 2012.

HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT, P.; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: Low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, v.81, n.7, p. 103-112, 2012.

INOUE, M. T.; MARTINS, E. G. Variação sazonal da fotossíntese e clorofila em progênes de *Grevillea robusta* Cunn. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 8, n. 1, p. 113-124, 2006.

JABBAR, A.; AHMAD, R.; BHATTI, I. H.; VIRK, Z. A.; DIN, W.; KHAN, M. M. Assessment of yield advantages, competitiveness and economic benefits of diversified direct seeded upland rice-based intercropping systems under strip geometry of planting. **Pakistan Journal Agricultural Science**, v.46, n.02, p.96-101, 2009.

JESUS, L. L.; NERY, M. C.; ROCHA, A. S.; MELO, S. G. F.; CRUZ, S. M.; DIAS, D. C. F. S. Teste de tetrazólio para sementes de *Sesamum indicum* (Test of tetrazolium for *Sesamum indicum* seeds). **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.422-428, 2015.

KALAJI, H. M.; JAJOO, A.; OUKARROUM, A.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; SAMBORSKA, I. A.; CETNER, M. D.; LUKASIK, I.; GOLTSEY, V.; LADLE, R. J. Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, p. 1-12, 2016.

KASAI, F. S.; DEUBER, R. **Manejo de plantas daninhas na cultura do amendoim**. Campinas: Instituto Agronômico, Boletim Técnico IAC, 23p., 2011.

KASPARY, T. E.; LAMEGO, F. P.; PERUZZO, S. T.; PAGLIARINI, I. B.; RIGON, C. A. G. Pigmentos Fotossintéticos em Azevén Sucetível e Resistente ao Herbicida Glyphosate. **Ciência Rural**, v. 44, n.11, p.1901-1907. 2014.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

LAKEW, S.; AYALEW, D.; ASSEFA, F. Optimum inter-row spacing and seeding rate of sesame for harnessing the maximum productivity potential in the dry land area of Abergelle District, Northeast Ethiopia. **Cogent Food & Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 1- 16, 2018.

LANDAU, E. C.; MAGALHÃES, P. C.; GUIMARÃES, D. P. **Árvore do conhecimento milho**. Ageitec. Agência Embrapa de informação tecnológica. 2019. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG0168200511157.html>&t; Acessado em: 01 de março de 2022.

LIMA, F. das C. **Potencial produtivo de diferentes genótipos de sorgo**. Monografia, Universidade Federal da Paraíba, 2020.

LIMA FILHO, J. M. P.; DANTAS, B. F.; ASSIS, J. S.; SOUZA, C. R.; ALBUQUERQUE, T. C. S.; Aspectos fisiológicos. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. (Ed.). **A viticultura no semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009, p.73-108.

LIMA, G. S. de; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, A. A. R. da. Gas exchanges and production of colored cotton under salt stress and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v. 33, p. 1495-1505, 2017.

LIMA, G. S. de; LACERDA, C. N. de; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; ARAÚJO, R. H. C. R. Production characteristics of sesame genotypes under different strategies of saline water application. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 490 –499, 2020.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCMANN, C.; KNAPP, M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio RFd of leaves with the PAM fluorometer. **Photosynthetica**, v. 43, n. 3, p. 379-393, 2005.

LITHOURGIDIS, A. S.; DORDAS, C. A.; DAMALAS, C. A.; VLACHOSTERGIOS, D. N. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.4, p.396-410, 2011.

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

LORENZONI, M. Z.; REZENDE, R.; SOUZA, A. H. C. de; SANTOS, F. A. S.; LOZANO, C. S.; SERON, C. de C. Gas exchange, leaf and root dry mass in Bell Pepper under fertigation with nitrogen and potassium. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 511-520, 2018.

LUCENA, A. M. A.; CAVALCANTI, N. T. F.; FARIAS, A. L.; SANTOS, K. S.; ARRIEL, N. H. C.; ALBUQUERQUE, F. A. Qualidade de sementes de gergelim colhidas de frutos em diferentes estádios de maturação. **Scientia Plena**, v. 9, n.6, 2013.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

MARIGUELE, K. H.; SILVA, P. S. L. Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo granífero. **Revista Caatinga**, v.15, n.1-2, p.13-18, 2002.

MEINZER, F. C.; SMITH, D.D.; WOODRUFF, D.R.; MARIAS, D. E.; MCCULLOH, K. A.; HOWARD, A. R.; MAGEDMAN, A. L. Stomatal kinetics and photosynthetic gas exchange along a continuum of isohydric to anisohydric regulation of plant water status. **Plant, cell & environment**, v. 40, n. 8, p. 1618-1628, 2017.

MELO, A. S. de; MELO, Y. L.; LACERDA, C. F. de; VIÉGAS, P. R. A.; FERRAZ, R. L. de S.; GHEYI, H. R. Water restriction in cowpea plants [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: Metabolic changes and tolerance induction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 190-197, 2022.

- MELO, H. F.; SOUZA, E. R.; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 38-43, 2017.
- MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp. submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**. n. 20, p. 255-267, 2010.
- MESQUITA, J. B. R.; AZEVEDO, B. M.; CAMPELO, A. R.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A. Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 364-375, 2013.
- NASCIMENTO, V. C. do. **Avaliação da qualidade de sementes de duas cultivares de gergelim em diferentes espaçamentos**. Monografia (Graduação), CCA- UFPB, 2019.
- NETTO, A. O. A.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.901-907, 2000.
- NEVES, L. L. M.; SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L. C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira “Prata” submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.524-529, 2002.
- OLIVEIRA FLHO, A. F.; BEZERRA, F. T. C.; PITOMBEIRA, J. B.; DUTRA, A. S.; BARROS, G. L. Eficiência agrônômica e biológica nos consórcios da mamoneira com feijão-caupi ou milho. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 47, n. 4, p. 729-736, 2016.
- OLIVEIRA FILHO, A. F. **Consórcio mamona x culturas alimentares em diferentes arranjos populacionais**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- PACHECO, C. A. P.; RIBEIRO, P. H. E.; GUIMARÃES, P. E. de O.; GUIMARÃES, L. J. M.; MIRELLES, W. F.; PARENTONI, S. N.; SILVA, A. R. da; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. da S.; VERAS, R.; ROCHA, L. M. P. da; CARVALHO, H. W. L. de; CARDOSO, M. J. BRS Caimbé - cultivar de milho precoce. **Comunicado Técnico**, MAPA. 2009.
- PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 01, p. 161-169, 2005.
- PATHAK, N.; RAI, A. K.; KUMARI, R. BHAT, K. V. Value addition in sesame: A perspective on bioactive componentes for enhancing utility and profitability. **Pharmacognosy Reviews**, v.8, n.16, p. 147-55, 2014.
- PEIXOTO, C. P.; GONCALVES, J. A; PEIXOTO, M. de F. da S. P.; CARMO, D. O. do. Características agrônômicas e produtividade de amendoim em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura no recôncavo baiano. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 563 - 568, 2008.
- PHAM, T. D.; GELETA, M.; BUI, T. M.; BUI, T. C.; MERKER, A.; CARLSSON, A. S. Comparative analysis of genetic diversity of sesame (*Sesamum indicum* L.) from Vietnam and Cambodia using agro-morphological and molecular markers. **Hereditas**, v. 148, n.1, p.28–35, 2011.

- PINTO, S. M.; ARRIEL, N. H. C. Caracterização morfológica de progênes de gergelim de frutos indeiscentes. **Jornal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v.10, n. 01, p.88-96, 2014.
- PORTES, T. de A.; CARVALHO, S. I. C. de; OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v35, n.7, p.1349-1358, 2000.
- QUEIROGA, V. P.; FIRMINO, P. de T.; GONDIM, T. M. de S.; CARTAXO, W. V.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, F. de A. C. Equipamentos Utilizados no Sistema Produtivo do Gergelim em Diferentes Níveis Tecnológicos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 3, p. 319- 337, 2014.
- QUEIROGA, V. P.; SILVA, O. R. R. F.; **Tecnologias Utilizadas no Cultivo do Gergelim Mecanizado**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. Campina Grande 2008. 140p.
- RAMOS, J. P. C.; MOURA JÚNIOR, J. N. S.; SOUZA, F. F.; FERNANDES, J. D.; LIMA, V. I. Comportamento do número de frutos do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes quantidades de esterco bovino. IV Congresso Brasileiro de Mamona; **I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, João Pessoa-PB, 2010. Anais. Campina grande: Embrapa Algodão, p. 509-513. 2010.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018.
- REIS, A. R.; FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETTI, S., ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, v.65, n.1, p.163-171, 2006.
- REIS, F. O.; CAMPOSTRINI, E. Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira Agrociência**, v.17, p.284-295, 2011.
- RIBEIRO, V. H. de A. **Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse hídrico em cultivo com biofertilizante**. Dissertação (Mestrado), PPGCA - UFPB, 2019.
- ROBERTS, S.; BARTON-JOHNSON, R.; MCLARIN, M.; READ, S. Predicting the water use of Eucalyptus nitens plantation sites in Tasmania from inventory data, and incorporation of water use into a forest estate model. **Forest Ecology and Management**, v. 343, p. 110-122, 2015.
- ROCHA, J. P. da; NASCIMENTO, C. M. do; SILVA, F. G. da; SANTOS, G. A. dos; MACIEL, A. C. R., COSTA, V. R. B. da; ASSUNÇÃO, M. A. V. de.; PIMENTEL, J. V. F. Cultivo de sementes crioulas de milho e feijão em consórcio e monocultivo em Ipanguaçu-RN. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.8, p. 58941-58950, 2020.
- ROCHA, M. de M.; CARVALHO, K. J. M. de; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; GOMES, R. L. F.; SOUSA, I. da S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.270-275, 2009.
- ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge: Cambridge University, 1989, 514 p.

SABUNDJIAN, M. T. **Consórcio de milho e *Urochloa ruziziensis* e inoculação com *Azospirillum brasilense* e seu efeito residual associado à adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno**. Tese (doutorado em agronomia) - Universidade Estadual Paulista, 2016.

SANTOS, A. R. dos; MELO, Y. L.; OLIVEIRA, L. F. de; CAVALCANTE, I. E.; FERRAZ, R. L. de S.; SÁ, F. V. da S.; LACERDA, C. F. de; MELO, A. S. de. Exogenous Silicon and Proline Modulate Osmoprotection and Antioxidant Activity in Cowpea Under Drought Stress. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-8, 2022.

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. Melhoramento de Sorgo. In: Borém, A. (org). **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3a ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, M. A.; BATISTA, P. S. C.; LOPES, M. F.; SILVA, M. G. DE M.; BERTO, A. L. F. Desempenho agrônômico de milho consorciado com feijão-de-corda em diferentes populações e arranjos de plantas no semiárido mineiro. **Revista Agroambiente**, v. 10, n. 3, p. 201- 208, 2016.

SANTOS, R. F.; KOURY, J.; SANTOS, J. W. O Agronegócio do algodão crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Org.). **O negócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

SCHOLLES, J. D.; HORTON, P. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: Simultaneous measurements. In: **Methodes in comparative plant ecology**. Chapman e Hall, London, 1993. 252p.

SILVA, A. C. da. **Ácido salicílico como atenuador de estresse hídrico nas fases de germinação e crescimento inicial em gergelim**. Dissertação de Mestrado. PPGCA – UEPA, 81 p., 2015a.

SILVA, A. R. **Adubação nitrogenada e potássica, na fisiologia e produtividade do jerimum caboclo (*Cucurbita maxima*)**. Areia: Universidade Federal da Paraíba, 2017.

SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. S.; SOUZA, L. P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n.11, p. 776-781, 2018.

SILVA, F. A.; ALMEIDA NETO, I. P.; FERNANDES, P. D.; DIAS, M. S.; BRITO, M. E. B.; LIMA, A. M. Ecophysiology of pine seedlings (*Annona squamosa* L.) under doses of cattle manure and irrigation depth. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-18, 2020.

SILVA, F. G. da; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. de; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. de. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.946–952, 2015b.

SILVA, G. dos S., OLIVEIRA, R. A. de; QUEIROZ, N. L.; SILVA, M. N. B. da; SOUZA, M. F. de; SILVA, S. A. da. Desempenho agrônômico de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p.975-981, 2013b.

SILVA, G. dos S.; OLIVEIRA, R. A. de.; SILVA, M. N. B.; NASCIMENTO, B. L. M.; BEZERRA, M. A. F.; COSTA, J. S.; ARAÚJO, L. M. Crescimento e produção de cultivares de algodão herbáceo consorciados no Cariri Cearense. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.3, p.104 - 109, 2013a.

SILVA, L. A. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L. M.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 18, p. 1-7. 2014.

SILVA, M. N. B.; BELTRÃO, N. E. DE M.; CARDOSO, G. D.; SANTOS, D. P.; NEGREIROS, K. V. **Consórcio do algodoeiro colorido BRS 200 com feijão macassar sob manejo orgânico**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 21p. Boletim Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento, 87.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p. 1504-1512, 2009.

SOUSA, G. G.; AZEVEDO, B. M.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A.; SILVA, M. L. S. Growth, gas exchange and yield of peanut in frequency of irrigation. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 27-34, 2014.

SOUTO, A. G. L.; CALVACANTE, L. F.; GHEYI, H. R.; NUNES, J. C.; OLIVEIRA, F. I. F.; ORESCA, D. Photosynthetic pigments and biomass in noni irrigated with saline waters with and without leaching. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 11, 2015.

SOUZA, C. S. **Variação de temperatura e umidade e suas influências nas características físicas e mecânicas dos fios de algodão**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2011.

SOUZA, J. G. de; BELTRÃO, N. E. M.; SANTOS, J. W. dos S. Fisiologia e produtividade do gergelim em solo com deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.4, n.3, p. 163-169, 2000.

SOUZA, L. S. B. de; MOURA, M. S. B. de; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. da. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 151-160, 2015.

STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; FONSECA, L. A.; AUMONDE, T. Z.; MAUCH, C. R. Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 283-289, 2011.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. de; COSTA, F. S.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, R. S.; SOUSA, M. S. DA S. Eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação. **Semina: Ciência Agrárias**, v.32, p.1251-1262, 2011.

SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. de; SOUSA, M. S. da S.; COSTA, F. da S.; FERNANDES, P. D.; PEREIRA, V. M.; BRITO, M. E. B. Desenvolvimento e eficiência fotoquímica em mudas de híbrido de maracujazeiro sob lâminas de água. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, 2010.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, 6. ed., Porto Alegre: Artmed, 888p.
- TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; NOGUEIRA, G. A. L. **A cultura do amendoim**. 1. ed. Jaboticabal: UNESP, 218 p. 2004
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. de; SILVA, D. M. N. da; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do Alto Vale do equitinhonha. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, p. 635-643, 2011.
- VASCONCELOS, R. A.; DONDIM, T. M. de; ARRIEL, N. H. C. Características vegetativas e reprodutivas de genótipos de gergelim no cariri cearense. In: **IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**. 2010.
- WAHLA, I. H.; AHMAD, R.; ULLAH, E.; AHMAD, A.; JABBAR, A. Competition functions of component crops in Barley-based intercropping systems. **International Journal Agricultural Biology**, v.11, p.69-72, 2009.
- WANG, C.; WANG, H.; ZHAO, X.; CHEN, B.; WANG, F. Mulching affects photosynthetic and chlorophyll a fluorescence characteristics during stage III of peach fruit growth on the rain-fed semiarid Loess Plateau of China. **Scientia Horticulturae**, v. 194, p. 246-254, 2015.
- ZANANDREA. I.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 157-161, 2006.