

MIRNA CLARISSA RODRIGUES DE ALMEIDA

MORFOFISIOLOGIA DE MILHETO E PROPRIEDADES FÍSICO-  
HÍDRICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Serra Talhada – PE  
2020

**A  
L  
M  
E  
I  
D  
A**

**M  
C  
R**

**M  
O  
R  
F  
O  
F  
I  
S  
I  
O  
L  
O  
G  
I  
A**

**D  
E  
·  
·  
2  
0  
2  
0**

MIRNA CLARISSA RODRIGUES DE ALMEIDA

MORFOFISIOLOGIA DE MILHETO E PROPRIEDADES FÍSICO-  
HÍDRICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite

Serra Talhada – PE  
2020

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A447m

Almeida, Mirna

MORFOFISIOLOGIA DE MILHETO E PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO / Mirna Almeida. - 2020.

92 f. : il.

Orientador: Eduardo Soares de .

Coorientador: Mauricio Luiz de Melo Vieira Leite.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal , Serra Talhada, 2021.

1. leguminosas. 2. manejo do solo. 3. Pennisetum glaucum. 4. qualidade do solo. I. , Eduardo Soares de, orient. II. Leite, Mauricio Luiz de Melo Vieira, coorient. III. Título

CDD 581.15

---

MIRNA CLARISSA RODRIGUES DE ALMEIDA

MORFOFISIOLOGIA DE MILHETO E PROPRIEDADES FÍSICO-  
HÍDRICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza – UAST/UFRPE  
Orientador

---

Dr. José Nildo Tabosa – IPA  
Examinador Externo

---

Prof. Dr. José Romualdo de Sousa Lima – UFAPE  
Examinador Externo

*Dedico este trabalho e toda minha trajetória para chegar até este momento à minha mãe Mércia Cristiene Rodrigues de Almeida e minha querida avó Terezinha Cordeiro de Almeida, por serem meus maiores exemplos de força, dedicação e persistência. Dedico este trabalho a todos aqueles que, assim como eu, acreditam no poder da ciência e da educação para mudar o mundo.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar, por me manter firme e sã durante essa jornada. Por não me abandonar, me acolher e me dar toda força que precisei para enfrentar as adversidades encontradas pelo caminho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial a Unidade Acadêmica de Serra Talhada, que foi a minha segunda casa durante minha graduação e pós-graduação. A todos os professores que contribuíram para minha formação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PGPV/UFRPE) por todo conhecimento transmitido ao longo do caminho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado. Ao Observatório Nacional da Dinâmica de Água e Carbono no Bioma Caatinga (ONDACBC), por disponibilizar recursos e equipamentos para o desenvolvimento da pesquisa.

À minha excelente comissão de orientação, professor Dr. Eduardo Soares de Souza e professor Dr. Maurício Luiz de Mello Vieira Leite, por toda a paciência, confiança, apoio, colaboração e ensinamentos que os senhores nunca hesitaram em oferecer. Nem todas as palavras escritas aqui seriam suficientes para expressar minha gratidão aos dois.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas contribuições para este trabalho.

Aos amigos e integrantes do Grupo de Estudos em Forragicultura (GEFOR), Laamon, Lypson, Denys, Fredson, Alef, Mariana, Layane, Any, Catriel, Cláudio, Francisco, Juliane, Paulo pela colaboração essencial para realização desta pesquisa.

Aos integrantes do Grupo de Estudos em Ecohidrologia do Semiárido, Cléa, Raliuson, Romário, Fernando, Paulo Romário e Gustavo pela grandiosa contribuição para realização desta pesquisa.

Aos funcionários Cláudio e Geraldo por todo apoio nos trabalhos de campo.

À todos os amigos conquistados ao longo desse caminho, Marcela, Sara, Brígida, Roney, Mari, Gabriel Salvador, Gabriel Novaes, Janaína, Yuri, Gabi, Renilson, Neto, Cinara, Baltazar, Paulo, Gerbson, Davi, Adiel, Índio, Pedro

Porfírio, Cícero Vinicius, Acássio (*in memorian*) pelos momentos de solidariedade, apoio, diversão e companheirismo.

As minhas primas-amigas-irmãs Thaila Rodrigues, Thainá Rodrigues, Marcela Feitosa, Heloísa Amaral e Alexassa Araújo por me apoiaram, me incentivarem e permaneceram ao meu lado em todos os momentos. Desculpem os transtornos, eu amo vocês.

À minha amada mãe Mércia Cristiene Rodrigues de Almeida e minha querida avó Terezinha Cordeiro de Almeida por todo amor que dão, todo apoio, por serem meus exemplos de força e perseverança, por todos os sacrifícios que fizeram para que eu chegasse até aqui. Vocês me ensinaram a não desistir, ser sempre honesta e justa.

A todos os meus tios (as) e primos (as) queridos (as) por todo apoio e incentivo.

Por fim, a todos que de alguma maneira me apoiou, torceu e contribuiu para que eu alcançasse meus objetivos.

MUITO OBRIGADA!!!!



## RESUMO GERAL

No Brasil, uma das principais atividades econômicas da região semiárida é a pecuária. Porém, devido à distribuição irregular da chuva, não há uma oferta constante de forragem ao longo do ano. Para aumentar a capacidade de suporte e sustentabilidade da atividade, estratégias de convivência com o ambiente semiárido devem ser aplicadas. Diante disto, objetivou-se avaliar as características morfofisiológicas do milheto e mudanças das propriedades físico-hídricas do solo com o uso da cobertura morta e sistema de consórcio com leguminosas. O ensaio foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, município de Serra Talhada, estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil, no período de agosto de 2019 a março de 2020. Foi adotado um delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. A parcela principal consistiu no uso da cobertura morta (com e sem cobertura) e as subparcelas no cultivo de milheto solteiro e em consórcio com duas espécies de leguminosas, sendo elas: feijão-caupi e feijão-guandu. Foram medidos o diâmetro de colmo, altura de planta, número de folhas vivas e determinado a área foliar do milheto. Para caracterização morfogênica do milheto foram calculadas: taxa de aparecimento foliar, filocrono, taxa de alongamento foliar, taxa de senescência foliar e taxa de alongamento de colmo. Também foram realizadas medidas do índice de área foliar e condutância estomática no milheto. Determinou-se o acúmulo de fitomassa seca de folha, colmo e panícula, além da fitomassa seca total ao final de cada ciclo. Foram avaliadas as propriedades físico-hídricas do solo como: densidade do solo, porosidade total, resistência do solo à penetração, armazenamento de água no solo, condutividade hidráulica saturada e sorvidade. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey. O consórcio de milheto com as leguminosas promoveu menor diâmetro de colmo, número de folhas vivas, altura e planta e área foliar do milheto no primeiro ciclo. Não houve efeito dos tratamentos no acúmulo de fitomassa do milheto em dois ciclos de avaliação. A cobertura morta e os sistemas de cultivo não influenciaram a resistência do solo à penetração na camada de 0 a 30 cm. Entretanto, houve uma redução da RP de um ciclo para outro nas parcelas com cobertura. Não houve efeito significativo dos tratamentos na densidade do solo, condutividade hidráulica saturada, sorvidade e porosidade total. O uso da cobertura morta promoveu melhoria das características estruturais do milheto, como a altura de planta, e das propriedades físico-hídricas do solo,

aumentando a retenção de água no solo, sendo, portanto, uma prática recomendada para ambientes semiáridos. Os sistemas de consórcio promoveram redução das características estruturais e morfogênicas na fase de crescimento inicial do milho. Entretanto, não ocorreram alterações da fisiologia, fitomassa total do milho e nas propriedades físico-hídricas do solo em função dos consórcios. Não foram encontrados efeitos significativos da associação entre o uso da cobertura morta no solo e o cultivo de milho em consórcio com leguminosas nesta pesquisa.

**Palavras-chave:** leguminosas; manejo do solo; *Pennisetum glaucum*; qualidade do solo

## GENERAL ABSTRACT

In Brazil, one of the main economic activities in the semi-arid region is livestock. However, due to the irregular distribution of rain, there is no constant supply of forage throughout the year. To increase the support capacity and sustainability of the activity, strategies for living with the semi-arid environment must be applied. In view of this, the objective was to evaluate the morphophysiological characteristics of millet and changes in the physical-hydric properties of the soil with the use of mulch and a system of consortium with legumes. The trial was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco / Academic Unit of Serra Talhada, municipality of Serra Talhada, state of Pernambuco, Northeast region of Brazil, from August 2019 to March 2020. A randomized block design was adopted, with subdivided plots and four replications. The main plot consisted of the use of mulch (with and without cover) and the subplots in the cultivation of single millet and in consortium with two legume species, namely: cowpea and pigeonpea. The stem diameter, plant height, number of live leaves were measured and the leaf area of the millet was determined. For morphogenic characterization of millet, the following were calculated: leaf appearance rate, phyllochron, leaf elongation rate, leaf senescence rate and stem elongation rate. Measurements of the leaf area index and stomatal conductance in millet were also performed. The accumulation of dry leaf, stem and panicle phytomass was determined, in addition to the total dry phytomass at the end of each cycle. The physical-hydric properties of the soil were evaluated, such as: soil density, total porosity, soil resistance to penetration, water storage in the soil, saturated hydraulic conductivity and sorbidity. The collected data were submitted to analysis of variance and Tukey's test. The consortium of millet with legumes promoted a smaller stem diameter, number of live leaves, height and plant and leaf area of the millet in the first cycle. There was no effect of treatments on the accumulation of millet phytomass in two evaluation cycles. The mulch and cultivation systems did not influence soil resistance to penetration in the 0 to 30 cm layer. However, there was a reduction in the PR from one cycle to another in the plots with coverage. There was no significant effect of treatments on soil density, saturated hydraulic conductivity, sorbidity and total porosity. The use of mulch promoted an improvement in the structural characteristics of the millet, such as plant height, and in the physical-hydric properties of the soil, increasing water retention in the soil, being, therefore, a recommended practice for semi-arid environments. The consortium systems reduced structural and morphogenic characteristics in the initial growth phase of millet. However, there were no changes in physiology, total millet

phytomass and in the physical-hydric properties of the soil due to the consortia. There were no significant effects of the association between the use of mulch in the soil and the cultivation of millet in consortium with legumes in this research.

**Keywords:** legumes; soil management; *Pennisetum glaucum*; soil quality

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

**Figura 1:** Exigência de água do milho em comparação a outras culturas. Fonte: adaptado de Ullah et al. (2017).....22

### CAPÍTULO 2

**Figura 1:** Croqui da área experimental de milho com e sem cobertura morta, em três sistemas de cultivo, sendo eles: milho solteiro (M), milho em consórcio com feijão-caupi (M + C) e milho em consórcio com feijão-guandu (M + G).....45

**Figura 2:** Variação da precipitação pluviométrica (P, mm), temperatura média do ar (T, °C), umidade relativa do ar (UR, %) (a), radiação solar global (Rg, MJ.m<sup>-2</sup>) e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>, mm dia<sup>-1</sup>) (b) no período de 01 de setembro de 2019 a 20 de março de 2020.....61

**Figura 3:** Variação do armazenamento de água no solo (A<sub>θ</sub>, mm) no período de 03 de janeiro de 2020 (43 dias após o primeiro corte do milho, 43 DAC I) a 05 de março de 2020 (38 dias após o segundo corte, DAC II) em função da presença e ausência de cobertura morta e três sistemas de cultivo, sendo eles, milho solteiro (M), milho em consórcio com feijão-caupi (M + C) e milho em consórcio com feijão-guandu (M + G). Médias±desvio padrão não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).....62

**Figura 4:** Índice de área foliar (IAF,  $m^2 m^{-2}$ ) de milho na presença e ausência de cobertura morta, em três sistemas de cultivo [solteiro (M), consórcio milho + caupi (M + C) e consórcio milho + guandu (M + G)] no primeiro ciclo (A e B) segundo ciclo (C e D) e terceiro ciclo (E e F). Média  $\pm$  desvio padrão seguidas por letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.....68

**Figura 5:** Condutância estomática ( $gs, \mu mol m^{-2} s^{-1}$ ) de milho na presença e ausência de cobertura morta, em três sistemas de cultivo [solteiro (M), consórcio milho + caupi (M + C) e consórcio milho + guandu (M + G)] no primeiro ciclo (A e B) e segundo ciclo (C e D) e nos dois ciclos independentemente dos tratamentos (E). Média $\pm$ desvio padrão seguidas por letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.....69

**Figura 6:** Acúmulo de matéria seca de colmo (MSC), folha (MSF) e panícula (MFP) ( $Kg ha^{-1}$ ) de milho cultivado na presença e ausência de cobertura morta no solo, em três sistemas de cultivo [milho solteiro (M), consórcio com feijão-caupi (M + C) e consórcio com feijão-guandu (M + G)] no primeiro ciclo (A e B), segundo ciclo. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.....70

### CAPÍTULO 3

**Figura 1:** Resistência do solo à penetração (RP, Mpa) e umidade do solo ( $\theta cm^3 cm^{-3}$ ) até os 30 cm de profundidade (camadas de 10 cm) em solo cultivado com e sem cobertura morta, em três sistemas de cultivo, sendo eles: milho solteiro (M), milho em consórcio com feijão-caupi (M + C) e milho em consórcio com feijão-guandu (M + G) no primeiro ciclo (A, B, C e D) e segundo ciclo (E, F,G e H). Média $\pm$ desvio padrão seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.....74

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

**Tabela 1:** Valor nutricional do milho, sorgo, arroz, trigo e milho (porção de 100g).....24

### CAPÍTULO 2

**Tabela 1:** Diâmetro de colmo (DC, mm), altura de planta (AP, cm), número de folhas vivas (NFV), número de perfilhos (NP) e área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) de milho cultivado na presença (CC) e ausência (SC) de cobertura morta e em três sistemas de cultivo, milho solteiro, consórcio com feijão-caupi e consórcio com feijão-guandu aos 20, 40 e 60 dias após a emergência do primeiro ciclo de cultivo, 30 e 60 dias após o corte do segundo ciclo de cultivo, 30 e 52 dias após o corte do terceiro ciclo de cultivo.....63

**Tabela 2.** Taxa de aparecimento foliar (TApF, folhas dia<sup>-1</sup>), filocrono (FIL, dia folha<sup>-1</sup>), taxa de alongamento foliar (TAF cm dia<sup>-1</sup>), taxa de alongamento de colmo (TAC cm dia<sup>-1</sup>) e taxa de senescência foliar (TSF, cm dia<sup>-1</sup>) de milho em três sistemas de cultivo (um solteiro e dois consórcios), na presença (CC) e ausência (SC) de cobertura morta vegetal aos 20, 40 e 60 dias após a emergência no primeiro ciclo de cultivo, 60 dias após o primeiro corte e 60 dias após o segundo corte.....66

### CAPÍTULO 3

**Tabela 1:** Porcentagem de areia, silte, argila e densidade solo nas profundidades de 0 a 20 cm e 0 a 40 cm.....74

**Tabela 2:** Resistência do solo à penetração (RP, Mpa) e umidade do solo ( $\theta$ , cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) até 30 cm de profundidade, dividido em camadas de 10 cm, em função do tempo (ciclos) e da cobertura morta solo.....90

**Tabela 3:** Densidade do solo (Ds, Mg m<sup>-3</sup>), condutividade hidráulica saturada (Ks, mm s<sup>-1</sup>), sorvidade (S, mm s<sup>-1/2</sup>) e porosidade total (P, cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) na camada de 0-20 cm de

um solo cultivado com e sem cobertura morta e três sistemas de cultivo, milho solteiro, milho em consórcio com feijão-caupi e milho em consórcio com feijão-guandu em três períodos de avaliação (caracterização inicial, 60 dias após a emergência do milho e 60 dias após o primeiro corte do milho).....91

## Sumário

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 A CULTURA DO MILHETO.....	21
3 O USO DA COBERTURA MORTA COMO ESTRATÉGIA DE CONVIVÊNCIA COM AMBIENTES SEMIÁRIDOS.....	26
4.1 <i>Vigna unguiculata</i> .....	29
4.2 <i>Cajanus cajan</i> .....	30
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30
CAPÍTULO 2 - MORFOFISIOLOGIA DE MILHETO EM FUNÇÃO DA COBERTURA MORTA E SISTEMAS DE CULTIVO EM AMBIENTE SEMIÁRIDO .....	41
1 INTRODUÇÃO.....	42
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 Descrição da área experimental.....	44
2.2 Delineamento, arranjo espacial e tratamentos .....	44
2.3 Implantação e condução experimental .....	45
2.4 Avaliação do crescimento do milho .....	46
2.4.1 <i>Características morfogênicas</i> .....	47
2.5 Medidas da condutância estomática do milho .....	48
2.6 Produção de fitomassa do milho.....	48
2.7 Análises estatísticas .....	49
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4 CONCLUSÕES.....	55
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55

CAPÍTULO 3 – PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO CULTIVADO COM MILHETO SOB COBERTURA MORTA E CONSORCIADO COM LEGUMINOSAS .....	72
1 INTRODUÇÃO.....	73
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	75
2.1 Descrição da área experimental.....	75
2.2 Delineamento, arranjo espacial e tratamentos .....	75
2.3 Implantação e condução experimental .....	76
2.4 Análises do solo.....	77
2.5 Análises estatísticas .....	80
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	80
4 CONCLUSÕES .....	83
5 APOIO FINANCEIRO E/OU INSTITUCIONAL.....	83
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83



## APRESENTAÇÃO

Regiões semiáridas de todo o mundo são caracterizadas por apresentarem baixa precipitação pluviométrica, distribuição irregular de chuvas e solos com alta erodibilidade. Além disso, o manejo inadequado dos sistemas produtivos e o uso indevido dos recursos naturais vêm provocando a diminuição do potencial produtivo desses ecossistemas. Paralelo a isto, as mudanças climáticas vêm acelerando os processos de degradação dessas regiões.

Estas situações tem dificultado a sobrevivência no campo, acelerado o processo de êxodo rural e o abandono de áreas agrícolas. Esse é um cenário comum no Semiárido brasileiro, que tem como principal atividade econômica a criação de animais. Devido à irregularidade na oferta de forragem ao longo do ano, a atividade pecuária tem sofrido grandes perdas econômicas. Entretanto, através da adoção de práticas de convivência com o semiárido este cenário pode ser amenizado ou até revertido.

Dentre estas práticas, a utilização de espécies forrageiras adaptadas a ambientes semiáridos é crucial para a produção agropecuária dessas regiões. Entre estas espécies, destaca-se o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) que tem como principal característica sua tolerância ao déficit hídrico. As principais vantagens do milheto para produção de forragem é sua versatilidade de produção, podendo ser utilizado para ensilagem, fenação, pastejo direto, produção de grãos, capineira e até mesmo cobertura do solo.

Além do uso de espécies adaptadas a região, o uso da cobertura morta tem se mostrado eficiente como prática de convivência com o semiárido, sendo comprovado que a utilização desta prática promove maior retenção de água no solo, melhora o microclima do ambiente e contribui para a qualidade físico-hídrica do solo. Portanto esta é uma prática essencial para regiões com baixa disponibilidade hídrica.

Outra prática que já é muito difundida no Semiárido brasileiro é o cultivo em consórcio. Comumente, esta prática é feita com o consórcio entre milho e feijão. No entanto com eventos de seca cada vez mais longos e com a limitação de áreas com aptidão para o cultivo do milho de acordo com o zoneamento agrícola, sua viabilidade tem se tornado cada vez menor. Uma alternativa promissora seria a substituição do milho por uma cultura menos exigente em água como o milheto.

Diante desse contexto, é necessário entender as respostas do sistema solo-planta sob a adoção conjunta destas práticas e assim determinar as vantagens e desvantagens para a convivência com o semiárido. Para entender o comportamento da planta e do solo sob tais condições, realizou-se medidas de crescimento, trocas gasosas, acúmulo de fitomassa e de mudanças nas propriedades físico-hídricas do solo ao longo do tempo.

## **CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA**

### **1 INTRODUÇÃO**

Os ambientes áridos, semiáridos e subúmidos abrangem aproximadamente 45,4% da superfície terrestre, ocupando uma área de aproximadamente 66,7 milhões de km<sup>2</sup> com uma população média de dois bilhões de pessoas (Pravalie, 2016; Oliveira Filho et al., 2019). Estas regiões são caracterizadas por apresentar baixa precipitação pluviométrica com distribuição irregular, solos jovens com profundidade rasa e pouca água disponível no solo (Wei et al., 2016b; El-Mageed et al., 2018). Essas características associadas ao mau uso dos recursos naturais e manejo inadequado dos sistemas de produção tem diminuído o potencial produtivo dos solos, bem como a funcionalidade dos ecossistemas dessas áreas (Gaitan et al., 2017).

Atrelado a isto, as mudanças climáticas tem provocado cada vez mais eventos de seca de longa duração que dificultam ainda mais as condições de sobrevivência nessas regiões (Trenberth et al., 2014; Stewart e Lal, 2018). A baixa disponibilidade hídrica torna-se um agravante socioeconômico já que esta condição não permite o cultivo da maioria das espécies agrícolas (Marengo et al., 2011; Jha e Srivastava, 2018). Isto porque, a pouca água disponível no solo, associado a altas temperaturas do ar, alto índice de radiação solar e baixa umidade relativa do ar pode interferir na estrutura morfológica das culturas e causar mudanças fisiológicas como redução da abertura estomática, com implicações diretas nas trocas gasosas das plantas, acarretando em perdas severas de produtividade (Mendes et al., 2007; Santos et al., 2009; Peixoto, 2011).

Além disso, é cada vez maior o número de áreas degradadas devido ao manejo inadequado do solo, provocando compactação, desestruturação, perda da camada superficial e salinização (Ferreira, Tavares Filho e Ferreira, 2010; Guimarães et al., 2013). A ausência de práticas como manutenção da fertilidade do solo, inadequada qualidade da água de irrigação, presença de animais acima da capacidade de suporte no pasto são exemplos de manejos que provocam degradação e diminuição do potencial produtivo em regiões semiáridas (Zimmer et al., 2012; Oliveira Filho et al., 2019; Castro e Santos, 2020).

Muitas vezes, os sistemas de produção adotados não fornecem subsídio para que o solo mantenha suas características em condições adequadas. Alterações das propriedades

físicas como densidade do solo, condutividade hidráulica, porosidade, estabilidade de agregados e resistência do solo à penetração, podem indicar redução na qualidade do solo, podendo provocar queda na produção agrícola.

Estes são problemas recorrentes do Semiárido brasileiro, onde a pecuária destaca-se como uma das principais atividades econômicas (Bezerra et al. 2010; Farias et al., 2014). No entanto, esta atividade tem reduzido a produtividade devido a irregularidade na oferta de forragem para os animais (Andrade et al., 2010; Pereira Filho et al., 2013; Leite et al., 2014). Em decorrência das características edafoclimáticas desta região a produção pecuária é baseada no uso da Caatinga como suporte forrageiro (Santos et al., 2011). Segundo Oliveira et al. (2019), o pastejo contínuo sem o manejo correto, reduziu a fertilidade, propriedades físicas e diversidade vegetal em uma área de Caatinga na região norte do estado do Ceará, refletindo como o manejo ou ausência deste, afeta a disponibilidade de forragem. Nesse contexto, para melhorar a capacidade de suporte e sustentabilidade da atividade, estratégias de convivência com o Semiárido brasileiro devem ser aplicadas (Pereira Filho et al., 2013).

A utilização de sistemas de produção sustentáveis e com viabilidade econômica é de extrema importância. Visando obter uma alta produtividade, espécies adaptadas à baixa disponibilidade de água no solo e altas temperaturas do ar, devem ser escolhidas. Como por exemplo, o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) que possui tolerância ao déficit hídrico, pode ser utilizado tanto na alimentação humana quanto de animais (Guimarães Junior et al., 2009; Sheahan, 2014a; Taylor, 2016; Almeida et al., 2017).

Além disso, outras estratégias de cultivo devem ser adotadas, como o uso da cobertura morta. A utilização de cobertura morta é uma prática viável para reter a umidade do solo, aumentar a fertilidade, melhorar suas propriedades físicas e reduzir os efeitos da erosão (Ratan et al., 2011; Ozpinar e Ozpinar, 2015; Comino et al., 2017). Esta prática de baixo custo tem se caracterizado como uma importante estratégia sustentável e sua utilização vêm aumentando em países como EUA, Brasil, Argentina, Canadá e Austrália (Kurothe et al., 2014). O uso da cobertura morta, aumenta a capacidade fotossintética de culturas como o milho (Zhang et al., 2019). Xiao et al. (2019) afirmam que o uso de palhada como cobertura morta melhora o rendimento e a eficiência do uso da água em cultivos de uma região semiárida da China. Borges et al. (2014) afirmam que o uso da cobertura morta promove melhor aproveitamento da água da chuva no Semiárido brasileiro.

Outra ação importante é o sistema de cultivo em consórcio. O cultivo de leguminosas consorciadas com gramíneas pode ser uma alternativa interessante, pois pode proporcionar uma elevada produção de forragem favorecido pelo fornecimento de nitrogênio proveniente da fixação biológica das leguminosas (Balbinot Junior et al., 2008; Calvo et al., 2010). Além disso, o cultivo de leguminosas como feijão-guandu e feijão-caupi constituem a base econômica e alimentar de algumas regiões semiáridas (Vanlauwe et al., 2019). Souza et al. (2011) mostraram que o consórcio entre milho e feijão-caupi é economicamente viável, mesmo sob condições de limitação de água na região de Petrolina - PE. Brito et al. (2012) afirmam que os sistemas de produção agrícola dependentes de chuva no Semiárido brasileiro necessitam estar associados a práticas que aumentem a umidade no perfil do solo e reduzam os efeitos da irregularidade das chuvas.

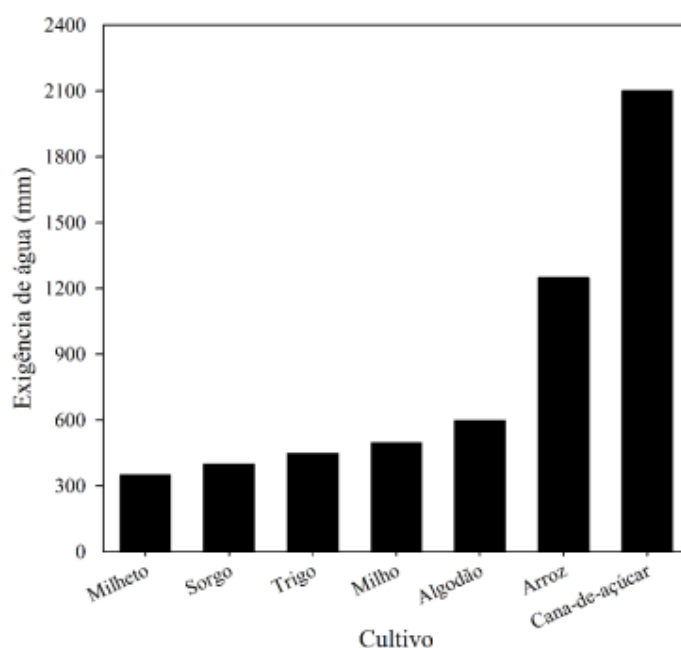
Estas duas práticas agrícolas promovem uma gama de alterações no sistema solo-planta. No solo, o benefício do uso da cobertura morta é encontrado a partir de melhorias de suas propriedades físicas, como densidade, porosidade e condutividade hidráulica (Magdoff, 2001; Verhulst et al., 2010). Já na planta, a cobertura morta promove aumento na condutância estomática, assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, taxa fotossintética, conseqüentemente, nas características morfogênicas, estruturais e rendimento da cultura (Sasaki e Machado, 1999; Guarda e Campos, 2014). Do mesmo modo, o consórcio com leguminosas traz benefícios do fornecimento de N através da fixação biológica, eficiência no uso da terra, melhoria das características do solo devido ao sistema radicular das plantas e maior rendimento das culturas (Schröder e Köpke, 2012; Montanari et al., 2012).

As pesquisas até então realizadas constataam um aumento na produção do milheto em consórcio com leguminosas como feijão-de-porco (Teixeira et al., 2005), feijão guandu (Tiritan et al., 2013), e feijão-caupi (Nelson et al., 2018). Porém, não foram encontrados até o momento, trabalhos que relatem as respostas morfofisiológicas do milheto cultivado sobre cobertura morta e em consórcio com leguminosas em ambiente semiárido. Visando contribuir para a melhoria das práticas de convivência com ambientes semiáridos, este estudo busca compreender as respostas do sistema solo-planta com a associação do uso da cobertura morta vegetal e o sistema de consórcio de gramínea e leguminosa.

## **2 A CULTURA DO MILHETO**

O milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) é uma planta de ciclo anual curto, pertence à família Poacea e tem origem africana (Chisi e Peterson, 2019). Sua domesticação, há cerca de 5000 anos na África, proporcionou sua evolução genética devido à seleção natural e antrópica, permitindo mudanças de suas características a ponto de tolerar o estresse hídrico, a baixa fertilidade natural dos solos, os altos teores de alumínio e as altas temperaturas (Dantas e Negrão, 2010).

Esta espécie possui crescimento ereto, podendo chegar a três metros de altura, com colmos robustos, excelente produção de perfilhos e vigorosa rebrota após o corte, além possuir um sistema radicular com capacidade de explorar um grande volume de solo, com crescimento de raízes acima de dois metros de comprimento (Aguiar et al., 2012). Segundo Chisi e Peterson (2019), a faixa ideal de precipitação para o crescimento do milho é entre 350 mm e 700 mm, com temperaturas da superfície do solo entre 30°C e 40°C. Esta cultura não tolera solos encharcados e baixas temperaturas na superfície do solo (Lee et al., 2012). Pode ser observado na Figura 1 o requerimento de água do milho comparado a outras culturas.



**Figura 1:** Exigência de água do milho em comparação a outras culturas. Fonte: Adaptado de Ullah et al. (2017).

Possui baixo custo de implantação e condução, multiplicidade de usos, compreendendo desde a alimentação humana e animal até a utilização da palha para a cobertura de solos no sistema de plantio direto e produção de biomassa para biocombustível (Rodrigues e Cruz, 2009; Priesnitz et al., 2011; Queiroz et al., 2012).

Ganha destaque por seu alto valor energético nos grãos, sendo considerado como principal componente da segurança alimentar para famílias de áreas rurais de regiões secas do mundo (Vadez et al., 2012; Sheahan, 2014; Taylor, 2016; Almeida et al., 2017).

**Tabela 1:** Dados mundiais de área colhida (ha), produção (t) e produtividade ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) de trigo, milho, arroz, cevada, sorgo e milheto segundo a FAO (2018).

	Cultura	Área colhida (ha)	Produção (t)	Produtividade ( $\text{Kg ha}^{-1}$ )
1°	Trigo	214.291.888,00	734.045.174,00	3.425,00
2°	Milho	193.733.568,00	1.147.621.938,00	5.923,00
3°	Arroz	167.132.623,00	782.000.147,00	4.678,00
4°	Cevada	47.938.609,00	141.423.028,00	2.951,00
5°	Sorgo	42.143.146,00	59.342.103,00	1.408,00
6°	Milheto	33.560.087,00	31.019.320,00	924,00

Fonte: [www.fao.org.com](http://www.fao.org.com)

Segundo dados da FAO (2018) o milheto é o sexto cereal em área colhida no mundo, sendo superado pelo trigo, milho, arroz cevada e sorgo. O milheto é a principal cultura de subsistência para cerca de 90 milhões de pessoas, em regiões secas da África e Ásia, onde outras culturas não podem ser cultivadas, pois fornece rendimento de grãos satisfatórios mesmo com baixa fertilidade do solo, altas temperaturas e solos ácidos ou salinos (Chisi e Peterson, 2019). Nestas áreas o milheto é consumido principalmente como mingau grosso, utilizado como farinha no preparo de pães e bolos não fermentados, pratos cozidos a vapor e bebidas não alcóolicas (Pattanashetti et al., 2016).

Na região geoeconômica Centro-Sul do Brasil o milheto é bastante cultivado na entressafra e utilizado como cultura para cobertura morta do solo (Costa et al., 2009; Pacheco et al., 2011; Pereira Filho et al., 2016). No Nordeste brasileiro o milheto foi introduzido pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) na década de 1970, como uma cultura de alto potencial e alternativa para a produção animal (Costa et al., 2009). Desde então, o milheto vêm sendo cultivado para substituir o milho e o sorgo devido a adaptabilidade as condições edafoclimáticas do Semiárido brasileiro (Santos et al., 2017).

Quando cultivado sob cobertura morta no solo ( $4 \text{ t ha}^{-1}$ ) o rendimento de biomassa e grãos do milheto foi superior ao tratamento sem cobertura morta em uma região semiárida da Índia (Choudhary et al., 2017). Santos et al. (2017) afirmam que cultivares como a CMS-01 e a CMS-03 podem ser utilizadas para produção de silagem no Semiárido brasileiro. Almeida et al. (2017) concluíram que a cultivar IPA BULK 1BF mostrou-se

mais tolerante ao estresse hídrico que a ADR 300 em ambiente semiárido. Estes trabalhos destacam a variabilidade de cultivares adaptadas aos diversos ambientes brasileiros e que o uso de práticas como o uso da cobertura morta pode melhorar a produtividade desta espécie.

Dentre as principais características dos grãos do milho, destaca-se a presença de carboidratos, proteína e gordura, também vitaminas A e B, além disso, os grãos são livres de glúten, taninos, possuem óleo (5-7%), caracterizando-se como grãos de alto valor energético (Rai et al., 2008; Pattanashetti et al., 2016). Na Tabela 1 encontra-se os principais valores nutricionais do milho comparado a outros cereais como sorgo, arroz, trigo e milho.

**Tabela 2:** Valor nutricional do milho, sorgo, arroz, trigo e milho (porção de 100g).

Composição	Milho	Sorgo	Arroz	Trigo	Milho
Proteína (g)	11,8	10,4	7,9	11,6	9,2
Gordura (g)	4,8	2,2	2,7	2,0	4,6
Cinza (g)	2,2	1,6	1,0	1,6	1,2
Fibra bruta (g)	2,3	2,0	1,3	2,0	2,0
Carboidratos (g)	67,0	70,7	76,0	71,0	73,0
Energia (kcal)	363,0	329,0	362,0	348,0	358,0
Ca (mg)	42,0	25,0	33,0	30,0	26,0
Fe (mg)	11,0	5,4	1,8	3,5	2,7

Todos os valores, exceto proteína, são expressos em peso seco. Fonte: adaptado de Ullah et al. (2017).

Na alimentação animal pode ser utilizado tanto na forma de forragem, pastejo ou silagem, como também na produção de grãos para formulação de ração (Guimarães Junior et al., 2009). Segundo Queiroz et al. (2012), a utilização do milho para pastejo pode ser uma alternativa para aumentar a disponibilidade de forragem ao longo do ano. Visando a economia na produção de grãos e forragem, a cultura apresenta-se como uma vantajosa alternativa, a frente do milho e do sorgo, devido a sua baixa exigência hídrica (Pereira Filho et al., 2016).

Sua silagem é considerada de alta qualidade e de boa digestibilidade (Guimarães Junior et al., 2008). O milho pode ainda substituir o milho e sorgo na composição de rações para frangos (Rodrigues et al., 2001), galinhas poedeiras (Café et al., 1999), suínos (Bastos et al., 2004). Também se mostrou promissor no ganho de peso de novilhas sob pastejo (Pilau e Lobato, 2008). Sua qualidade nutricional engloba bons teores de proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT), baixos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (Assis et al., 2011), além da ausência de



fatores antinutricionais (Buso et al., 2011). Queiroz et al. (2012) encontraram elevados valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em comparação com a maioria dos volumosos oriundos de gramíneas forrageiras tropicais.

Sua fenologia comumente é dividida em três fases (estágios de crescimento). A primeira fase caracteriza-se pelo estabelecimento das mudas, perfilhamento e iniciação da panícula. A segunda, inclui o alongamento das folhas, iniciação floral e alongamento do caule. A terceira fase começa com a fertilização das flores, enchimento dos grãos e maturação da planta (Ullah et al., 2017). Fatores bióticos e abióticos podem interferir nas fases de crescimento do milho, prejudicando sua produtividade. Temperaturas máximas diurnas acima de 42°C na fase de floração diminuem a produção de grãos da planta (Vadez, 2014).

O milho é uma espécie com sistema fotossintético C4, o que significa que graças à catalisação da enzima fosfoenolpiruvato carboxilase possui reação vantajosa quando comparada com plantas C3 porque o CO<sub>2</sub> fixado pela via C4, é essencialmente bombeado das células do mesófilo para as células da bainha vascular (Wei et al., 2016a; Taiz et al., 2017). Assim, mantém uma alta razão CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> no sítio de ação da Rubisco, favorecendo a carboxilação da ribulose-1,5-bifosfato isomerase (Taiz et al., 2017), que significa uma maior assimilação de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, maior eficiência fotossintética comparado ao sistema C3. Estresses abióticos podem causar mudanças na assimilação do CO<sub>2</sub> e reduzir a eficiência fotossintética, acarretando em redução de produtividade. Portanto, medidas de trocas gasosas são importantes indicadores de alterações fisiológicas no milho (Silva et al., 2010; Kalaji et al., 2014). A assimilação de CO<sub>2</sub> está fortemente ligada à abertura estomática da planta e com isto, mudanças na abertura estomática podem influenciar diretamente a fotossíntese (Taiz et al., 2017).

Dito isto, medidas de condutância estomática são de extrema importância por estarem diretamente relacionadas com a taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> e a transpiração da planta. Ghatak et al. (2016) encontraram alterações na condutância estomática do milho sob estresse hídrico e conseqüentemente alterações na morfologia das plantas. A abertura estomática do milho é sensível a elevação da temperatura do ar e déficit de pressão de vapor, antes da floração devido ao conteúdo de ácido abscísico (ABA) nas folhas (Henson e Mahaklashmi 1985; Vadez et al. 2012).

Outros importantes indicadores do status hídrico da planta e sua influência nas trocas gasosas são o potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e o índice de área foliar (IAF) (Vieira Junior et al., 2007; Guarda e Campos, 2014), variáveis pouco estudadas em gramíneas

como o milho. Alguns trabalhos mostram alta eficiência de utilização da radiação do milho, com variações entre 2,5 g MJ<sup>-1</sup> a 4,0 g MJ<sup>-1</sup> (Squire et al. 1986; Ram et al. 1999; Ullah et al., 2017). A eficiência do uso da radiação (EUR) é estimada a partir do rendimento de fitomassa seca e da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) interceptada pelo dossel, portanto, o IAF influencia diretamente na EUR, sendo essa maior, quanto maior for o IAF (Ullah et al., 2017).

Estas características morfofisiológicas do milho são peças-chave na compreensão da adaptabilidade da cultura às mudanças edafoclimáticas em ambientes semiáridos. Não obstante, ainda são escassas as informações sobre a morfologia e a fisiologia do milho, sendo necessárias mais pesquisas visando enriquecer as informações para melhor adequar a cultura aos sistemas de produção.

### **3 O USO DA COBERTURA MORTA COMO ESTRATÉGIA DE CONVIVÊNCIA COM AMBIENTES SEMIÁRIDOS**

Em decorrências das mudanças climáticas, aumento da escassez hídrica e necessidade de aumento na produção agrícola, práticas sustentáveis estão sendo desenvolvidas com o intuito de melhorar as condições de cultivo (Kader et al., 2017). Além do problema de escassez hídrica, há degradação dos solos devida principalmente, à retirada da vegetação, deixando o solo descoberto e vulnerável a processos de erosão, salinização provocada, em sua grande maioria, pelo manejo inadequado da irrigação e uso excessivo de insumos. Há também compactação do solo, causado pelo excesso de animais em uma área, utilização de máquinas e ausência de manejo do solo, e isto tem diminuído a área de terras cultiváveis, com uma maior gravidade nas regiões semiáridas (Brasileiro, 2009; Bezerra et al., 2010). Para contornar este problema, práticas agrícolas como o uso de cobertura morta vêm sendo utilizadas (Kader et al., 2017).

O uso da cobertura morta é uma técnica de conservação que consiste em adicionar uma cama de material orgânico e/ou inorgânico na superfície do solo com o intuito de fornecer vários serviços ecossistêmicos (Quintanilla-Tornel et al., 2016). A utilização de cobertura utilizando material vegetal sobre o solo, dentre as muitas vantagens que esta prática apresenta, destaca-se a diminuição da evaporação da água do solo, mantendo a umidade, diminuindo a compactação e fornecendo nutrientes ao solo através de sua decomposição (Liu et al., 2012; Li et al., 2013; Ahmad et al., 2015).

A diminuição da evaporação e consequente conservação da água do solo podem contribuir para o aumento da eficiência de utilização de água (EUA) pelas culturas (Zhang et al., 2015; El-Wahed et al., 2017). Atenua o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, o que diminui a erosão das camadas superficiais do solo (Cantalice et al., 2009 ; Tartari et al., 2012). Utilizar cobertura morta reduz o escoamento superficial e perda de solo das camadas superficiais, evitando assim, perda de nutrientes (Bakr et al., 2015). Outra vantagem importante é a supressão no crescimento de ervas daninhas (Mutetwa e Mtaita, 2014).

Alguns estudos mostraram que o uso de cobertura morta proporcionou um aumento da população microbiana do solo, aumentando também sua diversidade e isto influenciou diretamente nas propriedades físicas do solo (Liu et al., 2012; Dong et al., 2017; Huang et al., 2019a). Huang et al. (2019a e b), afirmaram que o uso de cobertura morta promove o aumento da população microbiana do solo, principalmente de fungos e bactérias, proporcionando melhoria das características físicas do solo, decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. Além disso, Banihabib, Vaziri e Javadi (2018) afirmam que o uso de cobertura morta pode aumentar a capacidade de percolação profunda, contribuindo para recarga de aquíferos em regiões áridas.

O uso desta prática em regiões semiáridas promove inúmeros benefícios, como o aumento na infiltração de água no solo e melhor aproveitamento da água da chuva, afirmam Borges et al., (2014). Segundo Montenegro et al. (2013) a aplicação de 2 a 4 t.ha<sup>-1</sup> de cobertura morta à base de palhada diminui o escoamento superficial, temperatura do solo e promove maior retenção de umidade, com isso, pode melhorar o aproveitamento da água da chuva em regiões semiáridas (Borges et al., 2014). Sob condição de disponibilidade de água limitada, a cobertura morta mostrou-se eficiente para o cultivo de feijão-caupi contribuindo para manter o estado fisiológico das plantas no Semiárido brasileiro (Fernandes et al., 2015).

No cultivo do milho, o uso de cobertura morta aumenta o conteúdo de água no solo e melhora o rendimento, EUA e índice de área foliar da planta (Zhang et al., 2017). Em uma região semiárida da China o uso de cobertura morta melhorou a capacidade de retenção de água de um solo e contribuiu para um aumento de produtividade do milho (Dong et al., 2017). O cultivo em sistema de plantio direto (SPD), a cobertura morta aumenta o teor de matéria orgânica e carbono orgânico total (COT) em um solo de Cerrado (Pereira et al., 2010).

Apesar de se mostrar uma técnica altamente eficiente e sustentável, o uso de cobertura morta ainda é pouco utilizado pelos produtores do Semiárido brasileiro, principalmente porque a maioria dos materiais disponíveis para cobrir o solo é também fonte de alimento para os animais. Estudos englobando de forma dinâmica os benefícios ao ecossistema de cultivo utilizando cobertura morta, devem ser realizados para demonstrar as melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além do rendimento das culturas. Outra questão importante é demonstrar que o cultivo em sistema de plantio direto pode ser utilizado na produção de forragem, aumentando assim, a disponibilidade de alimento ao longo do ano.

#### **4 UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS NO SISTEMA DE CONSÓRCIO**

Um dos fatores mais limitantes para a produtividade de pastagens tropicais é a baixa fertilidade natural dos solos, causando deficiência de nutrientes, principalmente de nitrogênio (N) (Tiritan et al., 2008; Tiritan et al., 2013). O fornecimento deste nutriente pode ocorrer através da adição de matéria orgânica, aplicação de fertilizantes nitrogenados ou com a utilização de leguminosas (Santos et al., 2011; Tiritan et al., 2013). Por isto, o uso de leguminosas em consórcio com gramíneas mostra-se como uma alternativa sustentável para diversificar a oferta de forragem e garantir a manutenção da produtividade ao longo dos anos, além de incrementar a dieta animal (Neres et al., 2012).

No Semiárido brasileiro o sistema de consórcio milho e feijão tem uma grande importância sociocultural, tornando estas, as duas principais culturas implantadas nessa região (Araújo et al., 2017). Entretanto, a má distribuição anual das chuvas promove uma queda de produtividade e muitas perdas nas lavouras, pois o milho possui uma maior sensibilidade a redução da disponibilidade hídrica. Uma alternativa economicamente viável seria a substituição do milho por milheto nestes sistemas de cultivo.

O consórcio entre gramíneas e leguminosas, desde que sejam compatíveis em termos de desenvolvimento, pode acarretar em altos benefícios para a produção do sistema, pois a fixação biológica do N atmosférico pode aumentar a produção de biomassa e qualidade da forragem para alimentação animal (Tiritan et al., 2013), aumentar a densidade e o comprimento de raiz no subsolo, além de proteger o sistema contra pragas e doenças (Schröder e Köpke, 2012; Nelson et al., 2018). Segundo Glaze-Corcoran et al. (2020) a principal consideração no consórcio é a seleção de culturas compatíveis para

visando inibir a competitividade, facilitar o gerenciamento do campo e aumentar o lucro por unidade de área em comparação as monoculturas.

É possível que no cultivo em consórcio o rendimento das culturas isoladas seja menor do que se essa espécie fosse cultivada em monocultivo. Entretanto, o rendimento das duas culturas juntas é maior que o se ambas fossem cultivadas sozinhas (Glaze-Corcoran et al., 2020). Além de aumentar a produtividade por área, a diversificação de espécies resulta em maior qualidade de forragem e dieta mais equilibrada para os animais (Lithourgidis et al., 2006).

Dentro desse contexto, duas espécies que são amplamente cultivadas em regiões semiáridas, as espécies *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh., que são utilizadas na alimentação humana e animal. No entanto, não há informações suficientes que indiquem o potencial de cultivo destas espécies em consórcio com o milheto.

#### **4.1 *Vigna unguiculata***

A espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., é cultivada mundialmente e é popularmente conhecida no Nordeste brasileiro como feijão-de-corda, mas também é conhecido como feijão-caupi, feijão-macassar e feijão-fradinho (grãos brancos) (Frota et al., 2008; Teixeira et al., 2010). É uma cultura alimentícia muito cultivada no Semiárido, principalmente por agricultores familiares (Freire Filho et al., 2011). O feijão-de-corda também pode ser fornecido aos animais como forragem verde, feno, silagem e farinha para alimentação animal (Harouna et al., 2018).

Uma de suas principais características é o alto teor de proteínas (23% a 32%), além de conter minerais importantes como ferro, zinco, potássio, fósforo e magnésio, essenciais na alimentação humana e animal (Frota et al., 2008; Harouna et al., 2018). Singh et al. (2006) ao adicionarem grãos de feijão-de-corda à dieta de cordeiros em crescimento e encontraram efeito positivo na ingestão de volumoso, balanço de nitrogênio e desempenho animal. A utilização do feijão-caupi incluído como suplemento na dieta de ovelhas não teve efeitos deletérios para a produção animal (Anele et al., 2010).

Poucos estudos são encontrados na literatura sobre os efeitos do feijão-caupi no solo. Eze et al. (2020) afirmam que o cultivo de milho em consórcio com feijão-caupi melhora as propriedades físico-hídricas do solo na África Subsaariana. Segundo Sánchez-Navarro et al. (2020) o uso do feijão-caupi em cultivo múltiplo com hortaliças é uma

opção sustentável em condições semiáridas, devido a melhora na atividade microbiana do solo em função da maior rizodeposição de C e N.

#### **4.2 *Cajanus cajan***

O feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) pertence à família *Fabaceae* e à subfamília *Faboidea*, tem origem genética na Índia e foi introduzido no Brasil através da rota dos escravos advindos da África (Godoy e Santos, 2011). Esta é uma espécie de porte ereto, arbustiva e semiperene, sendo reconhecidas duas variedades botânicas (bicolor e flavus), diferindo entre si pelo ciclo de desenvolvimento, coloração da flor e da vagem (Azevedo, Ribeiro e Azevedo, 2007).

De acordo com Seiffert e Thiago (1983), o feijão-guandu possui raízes finas secundárias nos 30 cm da camada superficial do solo, apresentando nódulos contendo bactérias do gênero *Rhizobium* fixadoras de nitrogênio simbioticamente. Formentini et al. (2008) afirmam que a fixação biológica de nitrogênio é em torno de 120 a 350 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas, como planta fitorremediadora na renovação de pastagens, na alimentação humana e animal (Pires et al., 2006; Azevedo, Ribeiro e Azevedo, 2007). Dentre as características desejáveis para a produção animal, o feijão-guandu possui teor de proteína bruta entre 22 e 27% (Iorgyer et al., 2009; Amaefule et al., 2011).

O consórcio entre milho e guandu-anão proporcionou aumento na produção de biomassa fresca e seca destas culturas (Teixeira et al., 2005). O consórcio também proporcionou aumento dos macronutrientes do milho em relação ao cultivo solteiro (Teixeira et al., 2005). O consórcio entre milho e feijão-guandu aumentou a produtividade da massa de forragem e diminuiu a compactação do solo (Montanari et al., 2012). O feijão-guandu pode substituir o farelo de soja em até 15,45% sem comprometer o ganho de peso, rendimento e qualidade da carne (Alencar et al., 2014).

## **5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGUIAR, A.A.S.; MATIAS, S.S.R.; SOUZA, R.R.; SILVA, R.L. & NOBREGA, J.C.A. Desenvolvimento do milho sob adubação orgânica no município de Corrente – PI. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.7, n. 4, p. 90-96, 2012.

AHMAD, A.; ASHFAQ, M.; RASUL, G.; WAJID, S.A.; KHALIQ, T.; RASUL, F.; ... & VALDIVIA, R.O. Impact of Climate Change on the Rice-Wheat Cropping System of Pakistan, *Climate Change Impact, Adaptation and Mitigation*. **Imperial College Press**, London. pp. 219–258, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1142/p970>.

ALENCAR, D.; MACIEL, M.P.; BOTELHO, L.F.R. & ALBUQUERQUE, L. Feijão guandu cru na alimentação de frangos caipiras criados em sistema semi-intensivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.9, p.737-744, 2014. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000900010](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000900010).

ALMEIDA, M.C.R.; LEITE, M.L.M.V.; SÁ JUNIOR, E.H.; CRUZ, M.G.; MOURA, G. A.; MOURA, E.A.; SÁ, G.A.S. & LUCENA, L.R. Crescimento vegetativo de milho sob diferentes disponibilidades hídricas. **Magistra**, v. 29, n. 2, p.161-171, 2017.

AMAEFULE, K.U.; UKPANAH, U.A. & IBOK, A.E. Performance of starter broilers fed raw pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] seed meal diets supplemented with lysine and or methionine. **International Journal of Poultry Science**, v.10, p.205-211, 2011. DOI 10.3923/ijps.2011.205.211.

ANDRADE, A.D.; COSTA, R.D.; SANTOS, E.M. & SILVA, D.D. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.4, n.4, p.01-14, 2010.

ANELE, U.Y.; ARIGBEDE, O.M.; SÜDEKUM, K.H.; IKE, K.A.; ONI, A.O.; OLANITE, J.A.; ... & JOLAOSHO, A.O. Effects of processed cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) haulms as a feed supplement on voluntary intake, utilization and blood profile of West African dwarf sheep fed a basal diet of *Pennisetum purpureum* in the dry season. **Animal Feed Science and Technology**, v.159, n.1-2, p.10-17, 2010. DOI: [doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.05.004](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.05.004).

ARAÚJO, A.K.; ARAÚJO FILHO, J.A. & MARANHÃO, S.R. Consórcios de milho, feijão e mandioca em presença de bagana de carnaúba em um argissolo no litoral norte do Ceará sob condições de sequeiro. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v.18, n.1, 2017.

ASSIS, R.L.; COSTA, K.A.P.; PIRES, F.R.; BRAZ, A.J.B.P.; MONTEIRO, F.P.; MOREIRA, J.F.M. & CRUVINEL, W.S. Composição bromatológica de genótipos de milho em função do manejo de corte. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 3, 2011.

AZEVEDO, R.L.; RIBEIRO, G.T.; AZEVEDO, C.L.L. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da FAPES**, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.

BAKR, N.; ELBANA, T.A.; ARCENEUX, A.E.; ZHU, Y.; WEINDORF, D.C. & SELIM, H.M. Runoff and water quality from highway hillsides: influence compost/mulch. **Soil Tillage Research**. v. 150, p.158–170, 2015. DOI: [doi.org/10.1016/j.still.2015.01.014](https://doi.org/10.1016/j.still.2015.01.014).

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. & VEIGA, M. O Nitrogênio afeta a produção e a composição botânica em pastagem de gramíneas

consorciadas com leguminosas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.7, n.2, p.119-126, 2008.

BANIHABIB, M.E.; VAZIRI, B. & JAVADI, S. A model for the assessment of the effect of mulching on aquifer recharging by rainfalls in an arid region. **Journal of Hydrology**, 567, 102-113, 2018. DOI: doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.009.

BASTOS, A.O.; MURAKAMI, I.M.A.E.; OLIVEIRA, G.C. & KUTSCHENKO, D.P.M. Utilização do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) grão na alimentação de suínos na fase inicial (15-30kg de peso vivo). **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1915-1919, 2004. DOI: dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000600038.

BEZERRA, A.K.P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B. & GHEYI H. R. B. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 05, p. 1075-1082, 2010. DOI: dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000500012.

BORGES, T.K.S; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, E.M.; SILVA, D.D. & SILVA JÚNIOR, V.P. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1862-1873, 2014. DOI: dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000600021.

BRASILEIRO, R.S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, v.5, n.5, 2009.

BRITO, L.T.L.; CAVALCANTI, N.B.; SILVA, A.S. & PEREIRA, L.A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.1, p.102-109, 2012. DOI: dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000100011.

BUSO, W. H. D., MACHADO, A. S., BORGES, L., & DE SOUZA FRANÇA, A. F. Uso do milheto na alimentação animal. **PUBVET**, v. 5, p.1136-1142, 2011.

CAFÉ, M. B., STRINGHINI, J. H., LEANDRO, N. S. M., FRANÇA, A. F. D. S., & ROCHA, F. R. T. Milheto-grão (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) como substituto do milho em rações para poedeiras comerciais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, n. 2, p. 1-7, 1999.

CALVO, C. L., FOLONI, J. S. S., & BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v.69, n.1, p. 77-86, 2010.

CANTALICE, J. R. B., BEZERRA, S. A., OLIVEIRA, O. F. L., & DE MELO, R. O. Hidráulica e taxas de erosão em entressulcos sob diferentes declividade e doses de cobertura morta. **Revista Caatinga**, v.22, n.2, p.68-74, 2009.

CASTRO, F. C. & SANTOS, A.M. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. **Mercator**, v. 19, 2020. DOI: doi.org/10.4215/rm2020.e19002.

CHISI, M., PETERSON, G., TAYLOR, J.R.N., DUODU, K.G. Breeding and Agronomy, in: **Sorghum and Millets** (Second Edition), AACC International Press, p. 23-50, 2019.



CHOUDHARY, M.; RANA, K.S.; BANA, R.S.; GHASAL, P.C.; CHOUDHARY, G.L.; JAKHAR, P. & VERMA, R.K. Energy budgeting and carbon footprint of pearl millet e mustard cropping system under conventional and conservation agriculture in rainfed semi-arid agro-ecosystem. **Energy**, v. 141, p. 1052-1058, 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.136.

COMINO, J. R., SENCIALES, J. M., RAMOS, M. C., MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A., LASANTA, T., BREVIK, E. C., ... & SINOGA, J. R. Understanding soil erosion processes in Mediterranean sloping vineyards (Montes de Málaga, Spain). **Geoderma**, 296, 47-59, 2017.

COSTA, A. C. T., OLIVEIRA, L. B. D., CARMO, M. G. F. D., & PIMENTEL, C. Avaliação visual e do potencial fotossintético para quantificação da ferrugem do milheto pérola e correlações com a produção. **Tropical Plant Pathology**, v.34, n.5, p.313-321, 2009.

DANTAS, C.C.O. & NEGRÃO, F.M. Características agronômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 37, Ed. 142, Art. 958, 2010.

DONG, W., SI, P., LIU, E., YAN, C., ZHANG, Z., ZHANG, Y. Influence of film mulching on soil microbial community in a rainfed region of northeastern China. **Sci. Rep.** v.7, 8468, 2017.

EL-MAGEED, T. A. A.; EL-SAMNOUDI, I. M.; IBRAHIM, A. E. M. & TAWWAB, A. R. A. Compost and mulching modulates morphological, physiological responses and water use efficiency in sorghum (bicolor *L. Moench*) under low moisture regime. **Agricultural Water Management**, v. 208, p. 431-439, 2018.

EL-WAHED, M. A., BAKER, G. A., ALI, M. M., & EL-FATTAH, F. A. A. Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil salinity. **Scientia horticulturae**, v.225, p.235-242, 2017.

FARIAS, J. D. S., DE ARAÚJO, M. R. A., LIMA, A. R., ALVES, F. S. F., OLIVEIRA, L. S., & DE SOUZA, H. A. Análise socioeconômica de produtores familiares de caprinos e ovinos no semiárido cearense, Brasil. **Archivos de zootecnia**, 63(241), 13-24, 2014.

FERREIRA, R. R. M., TAVARES FILHO, J., & FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, 31(4), 913-932, 2010.

FORMENTINI, E. A.; LÓSS, F. R.; BAYERL, M. P.; LOVATI, R. D.; BAPTISTI, E. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória, ES: INCAPER, 2008. 27 p.  
FREIRE FILHO, F. R. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. **Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE)**, 2011.

FROTA K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J.A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, 2008.

GAITAN, J.J., BRAN, D.E., OLIVA, G.E., AGUIAR, M.R., BUONO, G.G., FERRANTE, D., NAKAMATSU, V., CIARI, G., SALOMONE, J.M., MASSARA, V., MARTINEZ, G.G., MAESTRE, F.T. Aridity and overgrazing have convergent effects on ecosystem structure and functioning in Patagonian rangelands. **Land Degrad. Dev.** 29, 210–218, 2017.

GHATAK, A.; CHATURVEDI, P.; NAGLER, M.; ROUSTAN, V.; LYON, D.; BACHMANN, G.; ... & WECKWERTH, W. Comprehensive tissue-specific proteome analysis of drought stress responses in *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (Pearl millet). **Journal of Proteomics**, 2016. DOI: 10.1016/j.jprot.2016.02.032.

GLAZE-CORCORAN, S.; HASHEMI, M.; SADEGHPOUR, A.; JAHANZAD, E.; AFSHAR, R. K.; LIU, X. & HERBERT, S. J. Understanding intercropping to improve agricultural resiliency and environmental sustainability. **Advances in Agronomy**, 2020. DOI: doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.004.

GODOY, R. & SANTOS, P. M. *Cajanus cajan*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. p. 294-309.

GUARDA, V., & CAMPOS, L. Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

GUIMARÃES JÚNIOR, R., GONÇALVES, L. C., MAURÍCIO, R. M., PEREIRA, L. G. R., TOMICH, T. R., PIRES, D. D. A., ... & SOUSA, L. F. Cinética de fermentação ruminal de silagens de milho. **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

GUIMARÃES JUNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. **Utilização do milho para produção de silagem**. Planaltina, 28p, 2009. (Documento 259 – Embrapa Cerrados).

GUIMARÃES, R. M. L., TORMENA, C. A., BLAINSKI, É., & FIDALSKI, J. Intervalo hídrico ótimo para avaliação da degradação física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37(6), 1512-1521, 2013.

HAROUNA, D. V., VENKATARAMANA, P. B., NDAKIDEMI, P. A., & MATEMU, A. O. Under-exploited wild *Vigna* species potentials in human and animal nutrition: A review. **Global food security**, v.18, p.1-11, 2018.

HENSON I. E. & MAHAKLAKSHMI, V. Evidence for panicle control of stomatal behavior in water-stressed plants of pearl millet. **Field Crops Research**, v. 11, p. 281–290, 1985.

HUANG, F., LIU, Z., MOU, H., ZHANG, P., & JIA, Z. Effects of different long-term farmland mulching practices on the loessial soil fungal community in a semiarid region of China. **Applied Soil Ecology**, 137, 111-119, 2019a.

HUANG, F., LIU, Z., MOU, H., LI, J., ZHANG, P., & JIA, Z. Impact of farmland mulching practices on the soil bacterial community structure in the semiarid area of the loess plateau in China. **European Journal of Soil Biology**, v. 92, p. 8-15, 2019b.

IORGYER, M.I.; ODOH, O.E.; IKONDO, N.D.; OKOH, J.J. The replacement value of pigeon pea (*Cajanus cajan*) for maize on performance of broiler finishers. **Patnsuk Journal**, v.1, p.67-74, 2009.

JHA, S.; SRIVASTAVA, R. Impact of drought on vegetation carbon storage in arid and semi-arid regions. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v.18, p.22-29, 2018.

KADER, MA, SENGE, M., MOJID, MA, E ITO, K. Avanços recentes em materiais de cobertura morta e métodos para modificar o ambiente do solo. **Soil and Tillage Research**, v.168, p.155-166, 2017.

KALAJI, H. M., SCHANSKER, G., LADLE, R. J., GOLTSEV, V., BOSA, K., ALLAKHVERDIEV, S. I., ... & ELSHEERY, N. I. Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. **Photosynthesis research**, 122(2), 121-158, 2014.

KUROTHE, R. S., KUMAR, G., SINGH, R., SINGH, H. B., TIWARI, S. P., VISHWAKARMA, A. K., ... & PANDE, V. C. Effect of tillage and cropping systems on runoff, soil loss and crop yields under semiarid rainfed agriculture in India. **Soil and Tillage Research**, v.140, p.126-134, 2014.

LEITE, M.L.M.V. et al. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri Paraibano. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 192-200, 2014.

LEE, D.; HANNA, W.; BUNTIN, G.D.; DOZIER, W.; TIMPER, P. & WILSON, J.P. Pearl millet for grain. **College of Ag. and Env. Sci. Univ. of Georgia Cooperative Extension**. Bulletin #B 1216, 2012. Disponível em: <[https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201216\\_3.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201216_3.PDF)>. Acesso em 19 de junho de 2020.

LI, S.X., WANG, Z.H., LI, S.Q., GAO, Y.J., TIAN, X.H. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China. **Agric. Water Manage.** 116, 39–49, 2013.

LITHOURGIDIS, A.S., VASILAKOGLU, I.B., DHIMA, K.V., DORDAS, C.A., YIAKOULAKI, M.D. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. **Field Crop Res.** 99 (2), 106–113, 2006.

LIU, Y., MAO, L., HE, X., CHENG, G., MA, X., AN, L., FENG, H. Rapid change of AM fungal community in a rain-fed wheat field with short-term plastic film mulching practice. **Mycorrhiza**, v.22, p. 31–39, 2012.

MAGDOFF, Fred. Concept, components, and strategies of soil health in agroecosystems. **Journal of nematology**, v. 33, n. 4, p. 169, 2001.

MARENGO, J. A., ALVES, L. M., BESERRA, E. A., & LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, v.1, 2011.

MENDES, R. M. S., TÁVORA, F. J. A. F., PITOMBEIRA, J. B., & NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.95-103, 2007.

MONTANARI, R., ZAMBIANCO, E. C., CORRÊA, A. R., PELLIN, D. M. P., DE PASSOS, M., & DALCHIAVON, F. C. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milho. **Revista Ceres**, v.59, n.1, p.125-135, 2012.

MONTENEGRO, A. A. A.; ABRANTES, J. R. C. B.; LIMA, J.L.M.P.; SINGH, V.P. & SANTOS, T.E.M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermitente simulated rainfall. **Catena**, v. 109, p. 139-149, 2013.

MUTETWA, M., MTAITA, T. Effects of mulching and fertilizer sources on growth and yield of onion. **J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci.** 2, 102–106, 2014.

NELSON, W. C. D., HOFFMANN, M. P., VADEZ, V., ROETTER, R. P., & WHITBREAD, A. M. Testing pearl millet and cowpea intercropping systems under high temperatures. **Field Crops Research**, 217, 150-166, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.014>.

NERES, M.N., CASTAGNARA, D. D., SILVA, F. B., OLIVEIRA, P. S. R., MESQUITA, E. E., BERNARDI, T. C., ... & LAZARETTI VOGT, A. S. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**, v.42, n.5, 2012.

OLIVEIRA FILHO, J. S.; VIEIRA, J. N.; SILVA, E. M. R.; OLIVEIRA, J. G. B.; PEREIRA, M. G. & BRASILEIRO, F. G. Assessing the effects of 17 years of grazing exclusion in degraded semi-arid soils: Evaluation of soil fertility, nutrients pools and stoichiometry. **Journal of Arid Environments**, v.166, p.1-10, 2019.

OZPINAR, S. & OZPINAR, A. Tillage effects on soil properties and maize productivity in western Turkey. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 61(7), 1029-1040, 2015.

PACHECO, L. P., BARBOSA, J. M., LEANDRO, W. M., MACHADO, P. L. O. D. A., ASSIS, R. L. D., MADARI, B. E., & PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1787-1799, 2011.

PATTANASHETTI, S.K.; UPADHYAYA, H.D.; VETRIVENTHAN, S.D.M. & REDDY, K.N. **Millet**. In: Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement, p.253-289, 2016. DOI: [doi.org/10.1016/B978-0-12-802000-5.00006-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802000-5.00006-X).

PEIXOTO, C. P. **Curso de Fisiologia Vegetal**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, p.177, 2011.

PEREIRA FILHO, J. M., SILVA, A. M. D. A., & CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 14(1), 2013.

PEREIRA FILHO, I. A.; RESENDE, A.V.; COELHO, A.M. et al. **Cultivo do milheto**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de produção, ISSN 1679-012X, 2016.

PEREIRA, M. G., LOSS, A., BEUTLER, S. J., & TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.5, p.508-514, 2010.

PILAU, A.; LOBATO, J.F.P. Manejo de novilhas prenhes aos 13/15 meses de idade em sistema a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p. 1271-1279, 2008.

PIRES, F.R.; PROCÓPIO, S.O.; SOUZA, C. M.; SANTOS, J. B.; SILVA, G.P. Adubos verdes na fitorremediação de solos contaminados com o herbicida tebuthiuron. **Caatinga**, v.19, n.1, p.92-97, 2006.

PRAVALIE, R. Drylands extent and environmental issues. A global approach. **Earth Science Reviews**. 161, 259–278, 2016.

PRIESNITZ, R.; COSTA, A. C. T.; JANDREY, P. E.; FRÉZ, J. R. S.; DUARTE JÚNIOR, J. B.; OLIVEIRA, P. S. R. Espaçamento entre linhas na produtividade de biomassa e de grãos em genótipos de milheto pérola. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.2, p.485-494, 2011.

QUEIROZ, D. S., SANTANA, S. S., MURÇA, T. B., SILVA, E. A., VIANA, M. C. M., & RUAS, J. R. M. Cultivares e épocas de semeadura de milheto para produção de forragem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, 2012.

QUINTANILLA-TORNEL, Marisol A., WANG, K. H., TAVARES, J., & HOOKS, C. R. Effects of mulching on above and below ground pests and beneficials in a green onion agroecosystem. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 224, p. 75-85, 2016.

RAI, K.N., GOWDA, C.L.L., REDDY, B.V.S., SEHGAL, S. The potential of sorghum and pearl millet in alternative and health food uses. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 7, 340–352, 2008.

RAM, N.; SHEORAN, K.; SASTRY, C.V.S. Radiation efficiency and its efficiency in dry biomass production of pearl millet cultivars. **Annals of Agricultural Research**, v. 20, p. 286–291, 1999.

RATAN, S., SHARMA, A. R., DHYANI, S. K., & DUBE, R. K. Tillage and mulching effects on performance of maize (*Zea mays*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system under varying land slopes. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, 81(4), 330-335, 2011.

RODRIGUES, J. A. S; CRUZ, J. C. **Cultivo do milheto**. Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

RODRIGUES, P. B., ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., GOMES, P. C., BARBOZA, W. A., & SANTANA, R. T. Valores energéticos do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(6), 1767-1778, 2001.

SÁNCHEZ-NAVARRO, V.; ZORNOZA, R.; FAZ, J. & FERNANDEZ, J. A. Comparison of soil organic carbon pools, microbial activity and crop yield and quality in two vegetable multiple cropping systems under mediterranean conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 261, 2020. DOI: doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109025.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.

SANTOS, M. G., RIBEIRO, R. V., MACHADO, E. C., & PIMENTEL, C. Photosynthetic parameters and leaf water potential of five common bean genotypes under mild water deficit. **Biologia Plantarum**, v.53, n.2, p.229-236, 2009.

SANTOS, P.M.; VOLTOLINI, T.V.; CAVALCANTE, A.C.R.; PEZZOPANE, J.R.M.; MOURA, M.S.B.; SILVA, T.G.F.; BETTIOL, G.M. & CRUZ, P.G. Mudanças climáticas globais e a pecuária: cenários futuros para o Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, v.6, 2011.

SANTOS, R. et al. Divergence in agronomic traits and performance of pearl millet cultivars in Brazilian semiarid region. **Grassland Science**, v. 63, n. 2, p. 118–127, 2017.

SASSAKI, R. M., & MACHADO, E. C. Trocas gasosas e condutância estomática em duas espécies de trigo em diferentes teores de água no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1571-1579, 1999.

SCHRÖDER, D., KÖPKE, U. Faba bean (*Vicia faba* L.) intercropped with oil crops – a strategy to enhance rooting density and to optimize nitrogen use and grain production? **Field Crop Research**. v.135, p.74–81, 2012.

SEIFFERT, N. F. & THIAGO, L. R. L. S. **Legumineira** - Cultura forrageira para produção de proteína. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, novembro, 1983. (Circular Técnica, n. 13).

SHEAHAN, C.M., Plant Guide for Pearl Millet (*Pennisetum Glaucum*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May, NJ, 2014a.

SILVA, C. D. S. E., SANTOS, P. A. A., LIRA, J. M. S., DE SANTANA, M. C., & JÚNIOR, C. D. D. S. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, 23(4), 7-13, 2010.

SINGH, S., KUNDU, S. S., NEGI, A. S., & SINGH, P. N. Cowpea (*Vigna unguiculata*) legume grains as protein source in the ration of growing sheep. **Small Ruminant Research**, v.64, n.3, p.247-254, 2006.

SOUZA, L.S.B.; MOURA, M.S.B.; SEDIYAMA, G.C. & SILVA, T.G.F. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p.715-721, 2011.

SQUIRE, G.R.; MARSHALL, B.; ONG, C.K. Development and growth of pearl millet (*Pennisetum typhoid*) in response to water supply and demand. **Experimental Agriculture**, v. 22, p. 289–299, 1986.

STEWART, B. A., & LAL, R. Increasing World Average Yields of Cereal Crops: It's All About Water. **Advances in Agronomy**, vol. 151, pp. 1-44, 2018. Academic Press.

TARTARI, D. T., NUNES, M. C. M., SANTOS, F. A. S., JUNIOR, C. A. F., & SERAFIM, M. E. Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 7(3), 2012.

TAYLOR, J. R. N. **Millet Pearl: Overview**. Encyclopedia of Food Grains, Second Edition, p. 190-198, South Africa, 2016.

TAIZ L, ZEIGER E, MØLLER IM, MURPHY A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora; 2017.

TEIXEIRA, C. M., CARVALHO, G. D., FURTINI NETO, A. E., ANDRADE, M. D., & MARQUES, E. L. S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, 29(1), 93-99, 2005.

TEIXEIRA, I. R., DA SILVA, G. C., DE OLIVEIRA, J. P. R., DA SILVA, A. G., & PELÁ, A. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.2, p.300-307, 2010.

TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; SANTOS, D. H.; SATO, A. M.; DOMINGUES, W. L. Resposta a calagem da *Brachiaria brizantha* submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**, v. 4, n. 2, p. 18-26, 2008.

TIRITAN, C. S., SANTOS, D. H., MINUTTI, C. R., FOLONI, J. S. S., & CALONEGO, J. C. Bromatological composition of sorghum, millet plant and midgetguandu at different cut times in intercropping and monoculture. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 35(2), 183-190, 2013.

TRENBERTH, K. E., DAI, A., VAN DER SCHRIER, G., JONES, P. D., BARICHIVICH, J., BRIFFA, K. R., & SHEFFIELD, J. Global warming and changes in drought. **Nature Climate Change**, 4(1), 17, 2014.

ULLAH, A.; AHMAD, A.; KHALIQ, T. & AKHTAR, J. Recognizing production options for pearl millet in Pakistan under changing climate scenarios. **Journal of Integrative Agriculture**, v.16, n. 4, p. 762–773, 2017. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61450-8.

VADEZ, V., HASH, T. E KHOLOVA, J. II. 1.5 Fenotipagem de milheto para adaptação à seca. **Fronteiras em fisiologia**, v.3, p.386, 2012.

VADEZ, V. Root hydraulics: The forgotten side of roots in drought adaptation. **Field Crops Research**, v. 165, p. 15–24, 2014. DOI: doi.org/10.1016/j.fcr.2014.03.017.

VANLAUWE, B.; HUNGRIA, M.; KANAMPIU, F. & GILLER, K.E. The role of legumes in the sustainable intensification of African smallholder agriculture: Lessons learnt and challenges for the future. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.284, p.1-12, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.agee.2019.106583.

VERHULST, N., GOVAERTS, B., VERACHTERT, E., CASTELLANOS-NAVARRETE, A., MEZZALAMA, M., WALL, P., ... & SAYRE, K. D. Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems. **Advances in soil science: Food security and soil quality**. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p.137-208, 2010.

VIEIRA JÚNIOR, P. A., DOURADO NETO, D., FERRAZ DE OLIVEIRA, R., PEREIRA PERES, L. E., MARTIN, T. N., MANFRON, P. A., & GARCIA BONNECARRÈRE, R. A. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.29, n.4, p.555-561, 2007.

WEI, M.I.N., GUO, H.J., ZHANG, W., ZHOU, G.W., JUN, Y.E., HOU, Z.A. Irrigation water salinity and N fertilization: effects on ammonia oxidizer abundance, enzyme activity and cotton growth in a drip irrigated cotton field. **Journal of Integrative Agriculture**, v.15, p. 1121–1131, 2016a.

WEI, S.; WANG, X.; SHI, D.; LI, Y.; ZHANG, J.; LIU, P.; ZHAO, B.; DONG, S. The mechanisms of low nitrogen induced weakened photosynthesis in summer maize (*Zea mays* L.) under field conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 105, p. 118–128, 2016b.

XIAO, L.; ZHAO, R. & KUHN, J. Straw mulching is more important than no tillage in yield improvement on the Chinese Loess Plateau. **Soil & Tillage Research**, v. 194, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.still.2019.104314.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N. & ALMEIDA, R. G. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. **Embrapa Gado de Corte**, 42 p., 2012.

ZHANG, G.S., HU, X.B., ZHANG, X.X., LI, J. Effects of plastic mulch and crop rotation on soil physical properties in rain-fed vegetable production in the mid Yunnan plateau, China. **Soil Tillage Res.** v.145, p.111–117, 2015.

ZHANG, Y., HAN, H., ZHANG, D., LI, J., GONG, X., FENG, B., ... & YANG, P. Effects of ridging and mulching combined practices on proso millet growth and yield in semi-arid regions of China. **Field Crops Research**, v.213, p.65-74, 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.015.



ZHANG, Y.; WANG, J.; GONG, S.; XU, D. & MO, Y. Straw mulching enhanced the photosynthetic capacity of field maize by increasing the leaf N use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 18, p. 60-67, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.023.

## **CAPÍTULO 2 - MORFOFISIOLOGIA DE MILHETO EM FUNÇÃO DA COBERTURA MORTA E SISTEMAS DE CULTIVO EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

**RESUMO:** Um experimento de campo foi implementado para avaliar o impacto da cobertura morta e dos consórcios milheto-leguminosas nas características morfofisiológicas e rendimento de milheto em condições semiáridas. O ensaio foi conduzido na UFRPE/UAST de agosto de 2019 a março de 2020. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, separados em duas parcelas (com ou sem cobertura), com quatro repetições, subdivididas para testar os efeitos de três sistemas de cultivo do milheto (solteiro, consorciado com feijão-caupi e consorciado com guandu). As plantas foram avaliadas em três ciclos: i) da sementeira até o primeiro corte, ii) da primeira rebrota ao segundo corte e iii) da segunda rebrota ao dia 20 de março de 2020. Foram mensuradas características estruturais e fisiológicas e determinadas às taxas morfogênicas do milheto. A cobertura morta vegetal promoveu maior altura de plantas aos 20 e 60 dias após a emergência do milheto, além de reduzir o tempo de surgimento entre uma folha e outra (filocrono) no primeiro ciclo. Os sistemas de cultivo em consórcio reduziram o diâmetro de colmo, número de folhas vivas, altura de plantas e área foliar do milheto no primeiro ciclo, mas não diferiram no segundo e terceiro ciclo de avaliação. Não houve efeito dos tratamentos no índice de área foliar e na condutância estomática do milheto. A produção de fitomassa seca de folhas do milheto foi menor no sistema de consórcio entre milheto e feijão-guandu. A produção de fitomassa seca total do milheto não se alterou em função da cobertura morta e sistemas de cultivo em dois ciclos de avaliação. A associação entre cobertura morta e sistemas de consórcio não apresentaram mudanças significativas nesta pesquisa.

**Palavras-chave:** condutância estomática, IAF, leguminosas, morfogênese, *Pennisetum glaucum*

**ABSTRACT:** A field experiment was implemented to evaluate the impact of mulch and millet-leguminous consortia on morphophysiological characteristics and millet yield in semiarid conditions. The test was conducted at UFRPE / UAST from August 2019 to March 2020. The experimental design was a randomized block, separated into two plots (with or without cover), with four replications, subdivided to test the effects of three millet cultivation systems (single, intercropped with cowpea and intercropped with pigeon pea). The plants were evaluated in three cycles: i) from sowing to the first cut, ii) from the first

regrowth to the second cut and iii) from the second regrowth on March 20, 2020. Structural and physiological characteristics were measured and determined at millet morphogenic rates. Vegetable mulch promoted higher plant height at 20 and 60 days after millet emergence, in addition to reducing the time of emergence between one leaf and another (phyllochron) in the first cycle. Consortium cultivation systems reduced stem diameter, number of live leaves, plant height and leaf area of millet in the first cycle, but did not differ in the second and third evaluation cycles. There was no effect of treatments on leaf area index and stomatal conductance of millet. The dry phytomass production of millet leaves was lower in the intercropping system between millet and pigeonpea. The production of total dry millet phytomass did not change due to mulch and cultivation systems in two evaluation cycles. The association between mulch and consortium systems did not change significantly in this research.

**Keywords:** stomatal conductance, IAF, legumes, morphogenesis, *Pennisetum glaucum*,

## 1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas áridos e semiáridos caracterizam-se por apresentarem, devido ao restrito volume e a irregular distribuição de chuvas, pouca água disponível no solo durante a maior parte do ano (Pravalié, 2016; Wei et al., 2016a; El-Mageed et al., 2018; Oliveira Filho et al., 2019). Essas características associadas aos usos inadequados dos recursos naturais e dos manejos dos sistemas de produção, têm diminuído o potencial produtivo dos solos, bem como a funcionalidade dos agroecossistemas dessas regiões (Gaitan et al., 2017).

Estes problemas recorrentes impactam a pecuária, principal atividade econômica do Semiárido brasileiro (Bezerra et al., 2010; Farias et al., 2014), em consequência da irregularidade na oferta de forragem para os animais (Andrade et al., 2010; Pereira Filho et al., 2013; Leite et al., 2014). Para mitigar os efeitos negativos causados por estas condições, estratégias de convivência com o semiárido devem ser adotadas (Pereira Filho et al., 2013). Nesse caso, os sistemas que associam o uso de espécies adaptadas ao ambiente com práticas de manejo que otimizem os recursos naturais disponíveis são essenciais para o sucesso da atividade agropecuária na região.

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) é uma espécie adaptada a ambientes semiáridos, com elevada tolerância ao déficit hídrico e altas temperaturas do ar, destacando-se pela multiplicidade de usos: produção de grãos, proteção de solos e como cultura forrageira: na ensilagem, fenação e pastejo direto (Guimarães Junior et al., 2009; Sheahan, 2014; Taylor, 2016; Almeida et al., 2017; Ullah et al., 2017). Em consórcio com

leguminosas, o milho tem se mostrado uma cultura promissora (Tiritan et al., 2013; Nelson et al., 2018).

O cultivo de gramíneas consorciadas com leguminosas promove benefícios provenientes da fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas (Balbinot Junior et al., 2008; Calvo et al., 2010). Além disso, a utilização dessas plantas na dieta animal é relevante, devido ao alto teor de proteína (Harouna et al., 2018). O consórcio gera outros benefícios como melhorias das propriedades físicas, maior cobertura vegetal e aumento da diversidade de microrganismos do solo (Schröder e Köpke, 2012; Montanari et al., 2012).

A utilização de cobertura morta vegetal é outra prática viável por aumentar a retenção de água no solo, incrementar a fertilidade através do fornecimento de matéria orgânica, melhorar suas propriedades físicas e mitigar os efeitos da erosão (Ratan et al., 2011; Ozpinar e Ozpinar, 2015; Comino et al., 2017). O uso da cobertura morta no solo reduz a incidência direta da radiação e diminui a perda de água por evaporação, mantendo o conteúdo de água no solo por mais tempo (Liu et al., 2012; Li et al., 2013; Ahmad et al., 2015). A cobertura morta do solo também é importante ao atenuar o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo e diminuir o escoamento superficial (Tartari et al., 2012; Bakr et al., 2015).

Estas duas práticas agrícolas, uso de cobertura morta e o consórcio de gramíneas com leguminosas, promovem mudanças no microambiente em curto e longo prazo (Tiritan et al., 2013; Ozpinar e Ozpinar, 2015; Pacheco et al., 2019). O microclima criado pelo uso da cobertura, decorrente do aumento da umidade do solo e da redução da temperatura, promove uma maior absorção de água pelas plantas, aumentando também a abertura estomática e as trocas gasosas (Zhang et al., 2019; Feng et al., 2019). De modo semelhante, o consórcio com leguminosas contribui para uma maior cobertura do solo, diminuindo a temperatura deste, além de fornecer N através da fixação biológica (Tiritan et al., 2013).

Estas mudanças intervêm nas taxas de crescimento, como as de aparecimento foliar, alongamento foliar e senescência foliar, além de mudanças na fotossíntese, transpiração e condutância estomática (Mendes et al., 2007; Santos et al., 2009; Pacheco et al., 2019). As características morfogênicas são resultantes da produção contínua de tecidos desencadeados pelo processo de divisão, expansão e maturação de células vegetais (Alexandrino et al., 2011), portanto, são dependentes de fotoassimilados sintetizados no processo de fotossíntese.

Pesquisas com o uso de cobertura morta e de consórcio com leguminosas têm sido desenvolvidas e difundidas no Semiárido brasileiro (Borges et al., 2014; Fernandes et al., 2015; Sales et al., 2016). No entanto, não foram encontrados até o momento, trabalhos que avaliem o rendimento de gramíneas, como por exemplo o milho, em sistemas de cultivos que associem a cobertura morta e o consórcio com leguminosas, no mesmo espaço. Estudos envolvendo características morfogênicas e respostas fisiológicas das plantas permitem uma melhor compreensão da dinâmica de produção vegetal sob cobertura morta e consorciada com leguminosas (Macedo et al., 2010; Pacheco et al., 2019), e da eficiência no aproveitamento dos recursos naturais disponíveis.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as características morfofisiológicas de milho em sistemas de cultivos que utilizam a cobertura morta e o consórcio com leguminosas, associadas ao mesmo espaço.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição da área experimental**

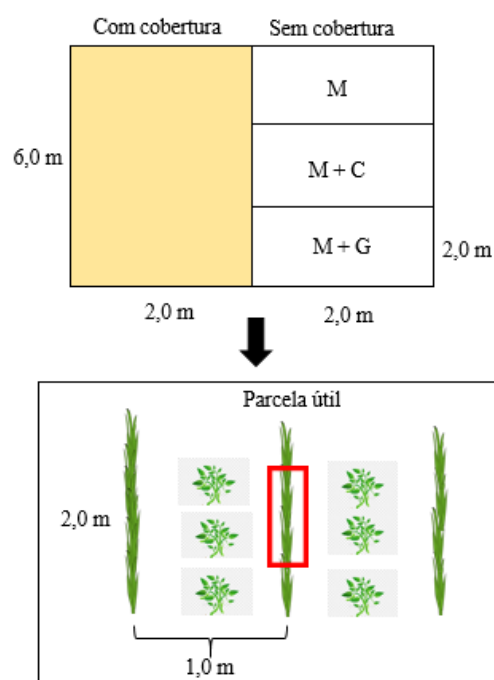
O ensaio foi conduzido de agosto de 2019 a março de 2020 na área experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), em Serra Talhada – PE, microrregião do Sertão do Pajeú, a uma altitude de 509 m, com coordenadas geográficas de 7°57'24" de latitude sul e 38°17'44" de longitude oeste. Conforme a classificação de Köppen, o clima enquadra-se no tipo BSw<sup>h</sup>, denominado semiárido, quente e seco, chuvas de verão-outono com pluviosidade média anual de 632 mm ano<sup>-1</sup> e temperatura do ar média superior a 25 °C (Alvares et al., 2013; Dubreuil et al., 2018).

### **2.2 Delineamento, arranjo espacial e tratamentos**

O experimento seguiu um delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas principais foram caracterizadas pela ausência e presença de cobertura morta sobre a superfície do solo, utilizando palhada de pasto nativo com predominância de capim-corrente (*Urocloa mosambicensis*). As subparcelas foram constituídas de três sistemas de cultivo, sendo eles: milho solteiro (*Pennisetum glaucum*), milho em consórcio com feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e milho em consórcio com feijão-guandu (*Cajanus cajan*). As cultivares utilizadas de

milheto, feijão-caupi e guandu foram a IPA BULK 1 BF, BRS Pujante e BRS Mandarin, respectivamente.

A subparcela com 2,0 m de comprimento foi constituída de três linhas de milheto, com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 15 plantas por metro linear (150.000 plantas ha<sup>-1</sup>). Adicionalmente em cada consórcio, acrescentou-se duas linhas com leguminosas na entrelinha do milheto, perfazendo três linhas de milheto e duas da leguminosa. Adotou-se o espaçamento 1,0 m x 0,5 m (20.000 plantas ha<sup>-1</sup>), para o feijão-guandu, e 1,0 m x 0,3 m (33.333 plantas ha<sup>-1</sup>), para o feijão-caupi. Como **área útil da parcela**, considerou-se as plantas de milheto da linha central de cada subparcela, tendo-se o cuidado de deixar 0,5 m de cada lado da linha correspondente à bordadura (Figura 1).



M = Milheto solteiro; M + C = Milheto + feijão-caupi; M + G = Milheto + feijão-guandu;

**Figura 1:** Croqui da área experimental de milheto com e sem cobertura morta, em três sistemas de cultivo, sendo eles: milheto solteiro (M), milheto em consórcio com feijão-caupi (M + C) e milheto em consórcio com feijão-guandu (M + G).

### 2.3 Implantação e condução experimental

Antes da implantação do experimento, realizou-se o preparo do solo com uma aração e uma gradagem. Uma amostragem de solo na camada de 0-20 cm foi feita e enviada ao laboratório do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) para análise química. O solo da área é classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico (Embrapa, 2013), com os seguintes atributos químicos: pH (água) = 6,80; P (extrator Mehlich I) =

38,0 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,88 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> = 5,50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> = 1,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, e Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Matéria orgânica = 6,24 g kg<sup>-1</sup>, SB = 7,98 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e CTC = 7,98 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Não foram realizadas adubações na área para não mascarar as respostas da fixação biológica de nitrogênio das leguminosas.

Em 02/09/2019, semeou-se o milho em sulcos de 5,0 cm de profundidade. Cinco dias após semeadura, aproximadamente um dia após a emergência (DAE) de todas as plantas do milho, realizou-se o desbaste nas linhas, deixando-se 15 plantas por metro linear. Aos 10 DAE do milho (15/09/2019), efetivou-se a semeadura das leguminosas, com três sementes por cova nos respectivos espaçamentos (item 2.2) e aos 10 DAE de cada leguminosa ocorreu o desbaste, deixando-se uma planta por cova. No dia 25/09/2019, aos 20 DAE do milho, adicionou-se a cobertura morta nas parcelas escolhidas para essa finalidade. Adotou-se uma quantidade de 10 Mg ha<sup>-1</sup>, correspondente a 16 kg por parcela, coletada próximo da área experimental. O material foi coletado, submetido à secagem ao sol, pesado e adicionado nas respectivas parcelas.

Partindo-se de uma lâmina de 400 mm necessária para o ciclo de crescimento do milho (Pereira Filho et al., 2016), o ensaio foi irrigado três vezes por semana por um sistema de irrigação por gotejamento, sempre no fim da tarde. No segundo ciclo, em razão da ocorrência de chuvas, a área só foi irrigada até os 40 dias após o corte (DAC), correspondendo a 280 mm aplicados. No terceiro ciclo não houve irrigação. Os dados meteorológicos do período experimental (Figura 2) são oriundos de uma Estação Meteorológica, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)), localizada próxima da área.

Durante a condução do ensaio, sempre que necessário, executou-se tratamentos culturais, como a capina do terreno e a manutenção do sistema de irrigação, para controlar as plantas invasoras e manter o fornecimento de água o mais eficiente possível.

#### **2.4 Avaliação do crescimento do milho**

Para a avaliação do milho, considerou-se três períodos de medidas: i) Primeiro ciclo, da semeadura do milho ao primeiro corte (02/09/2019 a 21/11/2019); ii) Segundo ciclo, do primeiro ao segundo corte (21/11/2019 a 28/01/2020); iii) Terceiro ciclo, segundo corte até o final do experimento (28/01/2020 a 19/03/2020). Em decorrência da pandemia mundial de Covid-19 não realizou-se a colheita do terceiro ciclo, sendo este portanto, considerado até a última avaliação de crescimento.

Aos 20, 40 e 60 DAE no primeiro ciclo, 30 e 60 DAC no segundo ciclo e 30 e 60 DAC no terceiro ciclo, foram efetuadas análises morfométricas em três plantas da parcela útil para monitorar o crescimento do milho através das seguintes características estruturais: diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), comprimento do colmo (CC), número de folhas vivas expandidas (NFVE), número de folhas vivas em expansão (NFVEE), número total de folhas vivas (NFV), número de folhas senescentes (NFS), número de folhas mortas (NFM), largura de lâmina foliar (L), comprimento de lâmina foliar (C) e número de perfilhos (NP).

A altura das plantas foi determinada por meio de uma trena, medindo-se a distância vertical da base do colmo até a extremidade da curvatura da última folha da planta, completamente expandida. O diâmetro de colmo foi medido a 5,0 cm do nível do solo, utilizando um paquímetro digital. O comprimento do colmo (CC) foi obtido medindo-se a distância da base da planta até a lígula da última folha expandida. O número de folhas vivas expandidas (NFVE) foi obtido a partir da contabilização das folhas que apresentavam lígula; enquanto que o número de folhas vivas em expansão (NFVEE), a contabilização das folhas em crescimento com a lígula inconspícua.

A partir dessas, obteve-se o número de folhas vivas total ( $NFV = NFVE + NFVEE$ ). O número de folhas senescentes (NFS) é o score de folhas com mais da metade de sua lâmina com clorose. Para o número de folhas mortas (NFM) foram contabilizadas as folhas com mais de 70% de necrose. O comprimento de lâmina foliar (C) corresponde a extensão ao longo da nervura central, medindo-se a distância da lígula ao ápice da folha mais velha completamente expandida; a largura de lâmina foliar (L), refere-se a medida de comprimento da região mediana da mesma folha. O número de perfilhos (NP) contabilizou-se todos os perfilhos da planta.

A área foliar (AF) do milho foi obtida com o modelo:  $AF = 0,879CL^{0,971}$  (Leite et al., 2019). Para isso, utilizou-se a informação do comprimento (C) e da largura (L) de lâmina foliar. O índice de área foliar foi medido com o sensor portátil ceptômetro (AccuPAR LP-80, Decagon Devices, Pullman, USA), método não destrutivo de interceptação luminosa, sendo avaliado na área útil de cada subparcela.

#### **2.4.1 Características morfogênicas**

A partir das características estruturais das plantas, determinou-se as variáveis morfogênicas do milho, estabelecidas pelas taxas de aparecimento foliar, TApF ( $N^{\circ}$  folhas  $dia^{-1}$ ), alongamento foliar, TAF ( $mm\ folha^{-1}\ dia^{-1}$ ), senescência foliar, TSF ( $cm\ dia^{-1}$ ) alongamento de colmo, TAC ( $cm\ dia^{-1}$ ) e filocrono, FIL ( $dias\ folha^{-1}$ ) (Pereira et

al., 2011). A diferença entre dois valores de uma mesma variável estrutural em um determinado intervalo de tempo, permite definir as taxas de crescimento como segue:

$$TApF = \frac{NFVE_f - NFVE_i}{\Delta t} \quad (1)$$

$$TAF = \frac{CF_f - CF_i}{\Delta t} \quad (2)$$

$$TSF = \frac{C_{FS(f)} - C_{FS(i)}}{\Delta t} \quad (3)$$

$$TAC = \frac{CC_f - CC_i}{\Delta t} \quad (4)$$

sendo NFVE o número de folhas totalmente expandidas, CF o comprimento de cada lâmina foliar, C<sub>FS</sub> o comprimento do tecido verde, CC o alongamento do colmo e Δt (t<sub>f</sub> - t<sub>i</sub>) o período de tempo de avaliação. Os subscritos i e f representam os momentos inicial e final, respectivamente.

O filocrono (FIL) é o inverso da TApF, isto é, o intervalo de tempo, em dias, para aparecimento de folhas no perfilho, definido como:

$$FIL = 1/TApF \quad (5)$$

## 2.5 Medidas da condutância estomática do milheto e umidade do solo

As mensurações de condutância estomática, gs (μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), realizaram-se em 07/11/2019 (70 DAE no primeiro ciclo), 20/01/2020 (60 DAE no segundo ciclo) e 19/03/2020 (50 DAE no terceiro ciclo) utilizando um porômetro (Decagon Devices, 2016, modelo SC-1), entre 09h00 e 14h00, mensuradas na região mediana da terceira folha completamente expandida, em duas plantas do milheto por tratamento.

As medidas de umidade do solo foram tomadas semanalmente a partir da instalação de tubos de acesso de 40 cm de profundidade em cada subparcela e utilizando uma sonda capacitiva (DIVINER 2000, Sentek Pty Ltda., Austrália). A sonda é composta por um sensor portátil e um sistema de aquisição de dados, que ao ser inserido no tubo de acesso instalado no solo, fornece o conteúdo de água a cada 10 cm.

## 2.6 Produção de fitomassa do milheto

Em 21/11/2019, cortou-se a uma altura de 15 cm acima do solo todas as plantas de milheto da parcela útil de cada tratamento, pesando-se em balança eletrônica a fim de se extrapolar a produtividade da cultura no primeiro ciclo. As três plantas marcadas nas avaliações morfométricas foram separadas e fracionadas em colmo, folhas vivas, panícula



e material morto. Esses componentes morfológicos foram acondicionados em sacos de papel e pesados em balança semi-analítica (0,01 g) para obtenção de massa fresca. Em seguida, o material foi levado à estufa de circulação forçada a 55°C até atingir peso constante (fitomassa seca) (Costa et al., 2017). O mesmo procedimento foi realizado no dia 28/01/2020, correspondente ao final do segundo período de avaliação.

## **2.7 Análises estatísticas**

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Cochran). Uma vez atendidas essas premissas, procedeu-se com a análise de variância ( $p > 0,05$ ) para detectar o efeito dos tratamentos e possíveis interações entre as fontes de variação. Em caso de efeito significativo foi realizado teste de Tukey ( $p > 0,05$ ) para comparação das médias. Todas essas análises foram feitas utilizando o software R-project versão 3.5.3 (R Core Team, 2017).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No primeiro ciclo de avaliação (02/09/2019 a 21/11/2019) não houve registros de chuva na área experimental (Figura 2). A temperatura média do ar permaneceu em torno de 26,4°C, com máxima de 33°C e mínima de 18°C. A umidade relativa do ar em torno de 46,7%, com máxima de 77% e mínima de 14%. A evapotranspiração potencial média do período experimental foi de 5,80 mm.dia<sup>-1</sup>, com variação entre 9,64 e 4,04 mm.dia<sup>-1</sup>.

Já no segundo ciclo de cultivo (21/11/2019 a 28/01/2020) os registros de chuva ocorreram a partir de dezembro, sendo o acumulado de 123,2 mm. A temperatura do ar média manteve-se em torno de 25,9°C, com máxima de 30,6°C e mínima de 20,9°C. Nesse período a umidade relativa do ar encontrava-se em torno de 46,7%, com máxima de 88% e mínima de 27%. A evapotranspiração média desse período foi de 4,68 mm.dia<sup>-1</sup>, com variação entre 6,85 e 1,75 mm.dia<sup>-1</sup> (Figura 2).

No terceiro ciclo (28/01/2020 a 19/03/2020) a temperatura média do ar do período foi de 23,8 °C, com máxima de 27,4 °C e mínima de 21,7 °C. A umidade relativa do ar variou entre 90% e 47%. A evapotranspiração média do período foi de 3,95 mm dia<sup>-1</sup>. A precipitação pluviométrica acumulada do período foi de 336 mm.

Nota-se que no primeiro ciclo as condições ambientais da área experimental foram mais extremas que no segundo e terceiro ciclo (Figura 2). Não houve registro de chuva

neste período, além disso, a amplitude térmica diária mostrou-se elevada, bem como as máximas e mínimas da umidade relativa do ar. Estas condições somadas aos elevados índices de radiação solar global, contribuíram para uma maior demanda evapotranspirativa. Enquanto que, no segundo e terceiro ciclo, a amplitude térmica, menor radiação e maior umidade relativa do ar contribuíram para diminuir a evapotranspiração potencial durante o crescimento do milho.

Não foram observados efeitos significativos na variação do armazenamento de água nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm do solo ( $p>0,05$ ) (Figura 3). Entretanto, o armazenamento de água no solo oscilou significativamente ao longo do tempo nas três camadas de solo. Como as medições foram realizadas semanalmente, observa-se menor armazenamento de água nos dias com menores volumes de chuvas registrados na área (Figuras 2 e 3). Nas três profundidades, as menores médias de umidade de solo foram registradas em 18/12/2019, 16/01/2020 e 19/02/2020. Nesses períodos ocorreram baixos volumes de chuvas nos dias que antecederam as leituras. Do mesmo modo, as maiores médias foram observadas em 11/02/2020 e 05/03/2020, dias posteriores aos maiores registros de chuva na área.

Os valores médios das características estruturais do milho, em função da cobertura morta no solo e dos sistemas de cultivo durante três ciclos, são apresentados na Tabela 1. Não houve interação significativa entre as fontes de variação em nenhum dos períodos avaliados ( $p>0,05$ ). Aos 20 dias após a emergência (DAE) a altura de plantas mostrou-se maior nas parcelas com cobertura morta (CC) independentemente dos sistemas de cultivo ( $p<0,05$ ). As demais variáveis não diferiram entre os tratamentos ( $p>0,05$ ). O milho é caracterizado por apresentar um rápido crescimento inicial. A presença de cobertura morta vegetal no solo reduz a evaporação da água, disponibilizando mais umidade e favorecendo o crescimento do milho em relação às parcelas sem cobertura morta (Zhang et al., 2017).

Aos 40 DAE a cobertura morta não exerceu efeito significativo ( $p>0,05$ ) nas características estruturais do milho. Nesta fase de crescimento, o diâmetro de colmo e o número de folhas vivas do milho foram menores no consórcio com feijão-gandu comparado com o cultivo solteiro ( $p<0,05$ ). Gramíneas como o milho que não interceptam quantidades de luz suficientes para realizar fotossíntese, tendem a ter colmos mais finos e longos como uma tentativa de aumentar a captação de luz (Vieira et al., 2013). Sem luminosidade adequada e com competição por recursos (água e nutrientes) na zona radicular, o número de folhas vivas da planta diminui.

A cobertura morta vegetal também não influenciou as características estruturais do milho aos 60 DAE ( $p > 0,05$ ). Nesta fase, a altura de plantas, o número de folhas vivas e a área foliar do milho diferiram entre os sistemas de cultivo ( $p < 0,05$ ). A altura de plantas foi menor quando o milho foi consorciado com o feijão-guandu, não diferindo do consórcio com feijão-caupi. O número de folhas vivas reduziu nos dois sistemas de consórcio. Já a área foliar do milho foi menor no cultivo de milho com feijão-guandu, diferindo do consórcio com feijão-caupi e cultivo solteiro.

O feijão-guandu possui um sistema radicular bem desenvolvido, sendo utilizado, inclusive, para melhorar solos em áreas degradadas, portanto, é potencialmente competitivo por água e nutrientes do solo (Azevedo et al., 2007). Além disso, sua arquitetura promove maior sombreamento, tanto em folhas jovens, quanto nas mais velhas, reduzindo assim a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo milho e promovendo menor área foliar (Liu et al., 2017; Gong et al., 2020). O consórcio entre milho e feijão-caupi não diferiu entre o cultivo de milho solteiro na maioria das características estruturais avaliadas no primeiro ciclo. Isto ocorreu em decorrência do menor porte e hábito de crescimento do feijão-caupi, tornando-o menos competitivo que o feijão-guandu.

Tanto aos 40 DAE quanto aos 60 DAE, não houve efeito da cobertura morta sobre as variáveis analisadas. Os resultados deste primeiro ciclo indicam que apesar da elevada demanda atmosférica devido às características ambientais extremas (Figura 2) o milho mostrou-se persistente a estas condições de semiaridez, mesmo nas parcelas sem cobertura morta, evidenciando seu xerofilismo (Ullah et al., 2017).

Aos 30 dias após o primeiro corte, ou seja, já dentro do segundo ciclo, não houve efeito das fontes de variação em nenhuma das características estruturais avaliadas ( $p > 0,05$ ). O segundo ciclo de cultivo caracterizou-se como um período intermediário com condições ambientais mais amenas que o primeiro ciclo (Figura 2). Neste momento as plantas receberam água via irrigação e chuva, pois a partir dos 40 dias após o corte, iniciou-se o período de chuvas. O somatório de irrigação (280 mm) e chuva (123,2 mm) culminaram em 403,2 mm, lâmina semelhante ao aplicado somente por irrigação, no primeiro ciclo. No segundo ciclo, as leguminosas já estavam estabelecidas, uma vez que o corte só foi realizado no milho.

Aos 60 dias após o primeiro corte a presença de cobertura morta vegetal no solo proporcionou maior altura de planta do milho ( $p < 0,05$ ). As demais variáveis não diferiram entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). A cobertura morta exerce um papel importante

mesmo na época com maior volume de chuvas, pois mantém a água no solo por um período de tempo maior, já que reduz a incidência direta da luz solar diminuindo a evaporação (Zhang et al., 2017). O uso de cobertura morta aumenta a concentração de clorofila a, clorofila b e carotenoides totais, contribuindo para uma maior eficiência do aparato fotossintético em folhas de sorgo forrageiro sob déficit hídrico (El-mageed et al., 2018).

Como a área recebeu a mesma quantidade de água que o ciclo anterior, apesar das leguminosas já estarem estabelecidas, a rebrota do milho não foi prejudicada pela competitividade entre espécies nos sistemas de consórcio. Este resultado mostra que as condições meteorológicas exercem um papel fundamental nas respostas do milho, uma vez que, no segundo ciclo, seu crescimento foi menos impactado pelos sistemas de consórcio. Outro fator importante é o intervalo de semeadura entre as espécies (Glaze-Corcoran et al., 2020), considerando que as maiores alterações das características estruturais ocorreram nas fases de crescimento inicial do primeiro ciclo.

No terceiro ciclo, iniciado a partir do segundo corte, não houve efeito dos tratamentos nas características estruturais do milho em nenhum dos períodos de avaliação (30 e 60 dias após o segundo corte). Este ciclo caracterizou-se por apresentar condições ambientais mais amenas que os outros dois ciclos (Figura 2). Uma nova semeadura das leguminosas ocorreu, para garantir a densidade populacional preconizada, e não houve irrigação na área. O acumulado de chuva do período foi de 336 mm, volume próximo ao fornecido via irrigação no primeiro ciclo e da chuva complementada com irrigação do segundo ciclo. Ou seja, este resultado leva a concluir que o crescimento do milho sob condições de consórcio com leguminosas é altamente influenciado pelas condições ambientais.

Aos 20 DAE não houve interferência da cobertura morta nas características morfológicas do milho ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2). Nos sistemas de cultivo a taxa de aparecimento foliar (TApF) do milho foi menor quando consorciado com feijão-gandu, conseqüentemente, o tempo de surgimento entre uma folha e outra (filocrono) foi maior nestes tratamentos ( $p < 0,05$ ). Aos 40 DAE não houve efeito das fontes de variação nas características morfológicas do milho ( $p > 0,05$ ). Enquanto que, aos 60 DAE, os sistemas de consórcio reduziram a taxa de aparecimento foliar do milho em relação ao cultivo solteiro ( $p < 0,05$ ). Nesta mesma fase de avaliação, a presença de cobertura morta no solo diminuiu o filocrono do milho comparado as parcelas sem cobertura ( $p < 0,05$ ).

O aparecimento de novas folhas em uma planta depende de fatores como disponibilidade de água, nutrientes e competitividade intra e interespecífica (Glaze-Corcoran et al., 2020). Portanto, a associação entre a disputa por água e nutrientes, sombreamento pelas leguminosas e condições ambientais extremas foi o que provocou a redução nas TAF e TApF do milheto, aumentando assim o tempo de surgimento entre uma folha e outra (FIL). Mesmo com estes resultados, em todos os tratamentos a taxa de senescência foliar foi menor que as taxas de alongamento e aparecimento foliar, o que favorece o acúmulo de massa seca de forragem, proporcionando melhor qualidade (Costa et al., 2018).

Apesar de não diferir entre as fontes de variação, a taxa de alongamento de colmo mostrou-se maior que as taxas de aparecimento foliar e alongamento foliar nas três épocas de avaliação, o que ressalta a premissa de que a competição por luz promove o alongamento do colmo (Taiz et al., 2017). Apesar de ser uma estratégia de sobrevivência da planta, o maior alongamento de colmo contribui para a baixa relação folha/colmo, reduzindo a qualidade de forragem (Alexandrino et al., 2011).

Aos 60 dias após o primeiro e o segundo corte não houve efeito dos tratamentos nas características morfogênicas do milheto ( $p>0,05$ ). Esta ausência de diferimento nas fases mais avançadas do crescimento do milheto reforça o princípio de que em sistema de consórcio o milheto é mais influenciado pela competição na fase de crescimento inicial. Outro fator que exerce efeito substancial no sistema é o clima. Uma vez que é possível observar que o primeiro ciclo apresentou maiores variações no crescimento da planta, comparado aos demais períodos. Como as condições de solo, volume de água aplicado e quantidade de cobertura morta foram as mesmas, a maior variante externa foram as condições meteorológicas, que potencializaram os efeitos negativos da competição.

Mesmo apresentando efeito dos sistemas de cultivo nas características estruturais e morfogênicas, o índice de área foliar (IAF) do milheto não foi afetado pelas fontes de variação ( $p>0,05$ ) em nenhum dos ciclos (Figura 4). Gong et al. (2020) avaliando diferentes arranjos de consórcio de milheto com feijão-mungo encontraram IAFs superiores ao desta pesquisa, mesmo no cultivo solteiro. Rostamza et al. (2011) também encontraram resultados superiores mesmo sob condição de ausência de irrigação e sem adubação nitrogenada, evidenciando que sob as condições impostas aqui, o milheto não apresentou bons resultados de IAF, em virtude dos estresses associados que a cultura foi submetida, notadamente o térmico e luminoso. Apesar de não mostrar efeito das fontes

de variação, o IAF do milho no primeiro ciclo foi superior aos demais. Resultado atribuído as maiores taxas de alongamento e aparecimento foliar neste ciclo (Tabela 2). O IAF possui relação direta com a produção de fitomassa do estande, portanto, é possível observar que o maior IAF proporcionou maior acúmulo de fitomassa total do milho.

A Figura 5 mostra que não houve efeito da cobertura morta, nem dos sistemas de cultivo na condutância estomática do milho ( $p > 0,05$ ). O fechamento estomático é uma estratégia da planta para evitar perda de água pelos estômatos (Chaves et al., 2016). Como não houve essa resposta no milho, infere-se que o status hídrico da planta sob as condições ambientais dos três ciclos não necessitou de estratégias para evitar perda de água, mostrando a tolerância e adaptabilidade do milho às diversidades edafoclimáticas de ecossistemas semiáridos, isto é, é uma espécie xerófila.

Analisando a fitomassa seca dos componentes morfológicos do milho no primeiro ciclo, constata-se que o acúmulo de fitomassa seca de folhas de milho (Figura 6 B) foi maior no cultivo solteiro ( $p < 0,05$ ), não diferindo do consórcio com feijão-caupi. O menor acúmulo de fitomassa seca das folhas de milho em consórcio com feijão-guandu, ainda no primeiro ciclo, está relacionado com o menor número de folhas vivas, área foliar (Tabela 1) e redução na taxa de aparecimento foliar (Tabela 2). No segundo ciclo (Figura 6 C e D) não houve efeito das fontes de variação na produção de fitomassa dos componentes morfológicos do milho ( $p > 0,05$ ).

A alocação de fitomassa é uma característica importante no que diz respeito a qualidade de forragem (Assis et al., 2011). Por isto, uma menor fitomassa seca de folhas nas parcelas dos sistemas consorciados pode rebaixar a qualidade nutricional da planta. Isto porque a fração folha + panícula possui maior participação nos teores de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais da planta, aumentando a qualidade da forragem (Oliveira, et al., 2010; Assis et al., 2011).

O uso da cobertura morta e os sistemas de cultivo não influenciaram na produção de fitomassa seca total do milho nos dois ciclos (Figura 6 E e F). O que indica que a competição inter-específica das culturas pelos recursos naturais (nutrientes, água, CO<sub>2</sub>, radiação) não causou redução na produção de massa seca da cultura principal (milho). Ademais, a forragem produzida nos consórcios possibilita maior diversificação da dieta animal, em virtude do maior aporte de proteína bruta oriunda das leguminosas, com redução no uso de insumos, como os concentrados.

Nelson et al. (2018) constataram redução no rendimento do milho consorciado com feijão-caupi devido a competição por luz, visto que grande parte de suas folhas foram

sombreadas pela leguminosa, além de diminuição do sistema radicular, uma vez que o feijão-caupi já estava bem estabelecido quando o milho foi semeado. Esta redução não foi constatada na presente pesquisa, apesar das alterações nas características estruturais e morfológicas, o que evidencia o benefício dos sistemas de consórcio considerando a introdução da leguminosa após o estabelecimento do milho.

#### **4 CONCLUSÕES**

O uso da cobertura morta não apresentou efeitos significativos nas características morfofisiológicas do milho nesta pesquisa.

O consórcio entre milho e leguminosas (feijão-caupi e feijão-guandu) promoveu redução nas características estruturais, morfológicas e no acúmulo de fitomassa seca das folhas de milho, mas não promoveu redução no acúmulo de fitomassa seca total, mostrando-se como uma estratégia de convivência com o semiárido.

A associação entre cobertura morta e consórcio de milho com o feijão-caupi e o feijão-guandu não mostrou efeitos significativos neste ensaio. Entretanto, ressalta-se a importância de novos estudos considerando outros fatores como duração do experimento, condições meteorológicas, fatores biológicos do solo, material e tempo de decomposição da palhada para consolidar a eficácia e melhor adequar estas práticas ao ambiente.

#### **AGRADECIMENTOS**

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao Observatório Nacional da Dinâmica de Água e Carbono no Bioma Caatinga (ONDACBC).

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

#### **5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AHMAD, A.; ASHFAQ, M.; RASUL, G.; WAJID, S. A.; KHALIQ, T.; RASUL, F. ... & VALDIVIA, R. O. Impact of Climate Change on the Rice-Wheat Cropping System of Pakistan, *Climate Change Impact, Adaptation and Mitigation*. **Imperial College Press**, p. 219–258, 2015. DOI: 10.1142 / 9781783265640\_0019.

ALEXANDRINO, E.; CANDIDO, M. J. D.; GOMIDE, J. A. Fluxo de biomassa e taxa de acúmulo de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n.1, p.59-21, 2011.

ALMEIDA, M. C. R.; LEITE, M. L. M. V.; SÁ JUNIOR, E. H.; CRUZ, M. G.; MOURA, G. A.; MOURA, E. A.; SÁ, G. A. S. & LUCENA, L. R. Crescimento vegetativo de milho sob diferentes disponibilidades hídricas. **Magistra**, v. 29, n. 2, p.161-171, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711–728, 2013. DOI: doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

ANDRADE, A. D.; COSTA, R. D.; SANTOS, E. M. & SILVA, D. D. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.4, n.4, p.01-14, 2010.

ASSIS, R.L.; COSTA, K.A.P.; PIRES, F.R.; BRAZ, A.J.B.P.; MONTEIRO, F.P.; MOREIRA, J.F.M. & CRUVINEL, W.S. Composição bromatológica de genótipos de milho em função do manejo de corte. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 3, 2011.

AZEVEDO, R.L.; RIBEIRO, G.T.; AZEVEDO, C.L.L. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da FAPES**, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.

BAKR, N.; ELBANA, T. A.; ARCENEUX, A. E.; ZHU, Y.; WEINDORF, D. C.; SELIM, H. M. Runoff and water quality from highway hillsides: influence compost/mulch. **Soil Tillage Research**. v. 150, p.158–170, 2015. DOI: doi.org/10.1016/j.still.2015.01.014.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. & DA VEIGA, M. O. Nitrogênio afeta a produção e a composição botânica em pastagem de gramíneas consorciadas com leguminosas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.7, n.2, p.119-126, 2008.

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B. & GHEYI H. R. B. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 05, p. 1075-1082, 2010. DOI: doi.org/10.1590/S0100-06832014000600021.

BORGES, T. K. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, T. E. M.; SILVA, D. D. & SILVA JUNIOR, V. P. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1862-1873, 2014. DOI: doi.org/10.1590/S0100-06832014000600021.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S. & BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v.69, n.1, p.77-86, 2010. DOI: doi.org/10.1590/S000687052010000100011.

CHAVES, M. M.; COSTA, J.M.; ZARROUK, O.; PINHEIRO, C.; LOPES, C.M. & PEREIRA, J.S. Controlling stomatal aperture in semi-arid regions — The dilemma of saving water or being cool?. **Plant Science**, v. 251, p. 54–64, 2016. DOI: doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.06.015.

COMINO, J. R.; SENCIALES, J. M.; RAMOS, M. C.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A.; LASANTA, T.; BREVIK, E. C.; ... & SINOGA, J. R. Understanding soil erosion



processes in Mediterranean sloping vineyards (Montes de Málaga, Spain). **Geoderma**, v.296, p.47-59, 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.02.021.

COSTA, N. L.; JANK, L.; FOGAÇA, F. H. S.; MAGALHÃES, J. A.; BENDHAN, A. B.; SANTOS, F. J. S.; RODRIGUES, B. H. N. Rendimento de forragem, composição química e morfogênese de *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia-1 sob frequências de desfolhação. **Pubvet**, v.12, p.1-7, 2018. DOI: doi.org/10.22256/pubvet.v12n4a68.1-7.

COSTA, R. G. F.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. S.; SOUZA, W. F.; ... & CASTRO, W. A. Nutrients cycling and accumulation in pearl millet and paiaguas palisadegrass biomass in different forage systems and sowing periods. **Revista Scientia Agraria**, v. 18 n. 4, 2017. DOI: dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i4.51955.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O. & SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Revista franco-brasileira de geografia**, n. 37, 2018. DOI: doi.org/10.4000/confins.15738.

EL-MAGEED, T. A. A.; EL-SAMNOUDI, I. M.; IBRAHIM, A. E. M. & TAWWAB, A. R. A. Compost and mulching modulates morphological, physiological responses and water use efficiency in sorghum (bicolor *L. Moench*) under low moisture regime. **Agricultural Water Management**, v. 208, p. 431-439, 2018. DOI: doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.042.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** (3 ed., 353 p). Brasília: Embrapa Solos, 2013.

FARIAS, J. D. S.; DE ARAÚJO, M. R. A.; LIMA, A. R.; ALVES, F. S. F.; OLIVEIRA, L. S. ;& DE SOUZA, H. A. Análise socioeconômica de produtores familiares de caprinos e ovinos no semiárido cearense, Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v.63, n.241, p.13-24, 2014. DOI: dx.doi.org/10.4321/S0004-05922014000100002.

FENG, Y.; HAO, W.; GAO, L.; LI, H.; GONG, D. & CUI, N. Comparison of maize water consumption at different scales between mulched and non-mulched croplands. **Agricultural Water Management**, v.216, p.315–324, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.016.

FERNANDES, F. B. P.; LACERDA, C. F.; ANDRADE, E. M.; NEVES, A. L. R. & SOUSA, C. H. C. Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 506-515, 2015. DOI: 10.5935/1806-6690.20150032.

GAITAN, J. J.; BRAN, D. E.; OLIVA, G. E.; AGUIAR, M. R.; BUONO, G. G.; FERRANTE, D.; NAKAMATSU, V.; ... & MAESTRE, F. T. Aridity and overgrazing

have convergente effects on ecosystem structure and functioning in Patagonian rangelands. **Land Degradation Development**, v.29, n.210–218, 2017. DOI: doi.org/10.1002/ldr.2694.

GLAZE-CORCORAN, S.; HASHEMI, M.; SADEGHPOUR, A.; JAHANZAD, E.; AFSHAR, R. K.; LIU, X. & HERBERT, S. J. Understanding intercropping to improve agricultural resiliency and environmental sustainability. **Advances in Agronomy**, 2020. DOI: doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.004.

GONG, X.; FERDINAND, U.; DANG, K.; LI, JING.; CHEN, G.; LUO, Y.; YANG, P. & FENG, B. Boosting proso millet yield by altering canopy light distribution in proso millet/mung bean intercropping systems. **The Crop Journal**, v.8, p.365-377, 2020. DOI: /doi.org/10.1016/j.cj.2019.09.009

GUIMARÃES JUNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. **Utilização do milho para produção de silagem**. Planaltina, 28p, 2009. (Documento 259 – Embrapa Cerrados).

HAROUNA, D. V.; VENKATARAMANA, P. B.; NDAKIDEMI, P. A.; & MATEMU, A. O. Under-exploited wild Vigna species potentials in human and animal nutrition: A review. **Global Food Security**, v.18, p.1-11, 2018. DOI:doi.org/10.1016/j.gfs.2018.06.002.

LEITE, M. L. M. V.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E. & RAMOS, J. P. F. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri Paraibano. **Revista Caatinga**, v.27, n.2, p.192-200, 2014.

LEITE, M. L. M. V.; LUCENA, L. R. R.; CRUZ, M. G.; SÁ JÚNIOR, E. H. & SIMÕES, V. J. L. P. Leaf area estimate of *Pennisetum glaucum* by linear dimensions. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 41, 2019. DOI: doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.42808

LI, S. X.; WANG, Z. H.; LI, S. Q.; GAO, Y. J. & TIAN, X. H. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China. **Agricultural Water Management**. 116, 39–49, 2013. DOI: doi.org/10.1016/j.agwat.2012.10.004.

LIU, Y.; MAO, L.; HE, X.; CHENG, G.; MA, X.; AN, L. & FENG, H. Rapid change of AM fungal community in a rain-fed wheat field with short-term plastic film mulching practice. **Mycorrhiza**, v.22, p. 31–39, 2012. DOI: 10.1007 / s00572-011-0378-y.

LIU, X.; RAHMAN, T.; SONG, C.; SU, B.; YANG, F.; YONG, T.; WU, Y.; ZHANG, C. & YANG, W. Changes in light environment, morphology, growth and yield of soybean in maize–soybean intercropping systems, **Field Crops Research**, v.200, p. 38-46, 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.fcr.2016.10.003.

MACEDO, C. H. O.; ALEXANDRINO, E.; JAKELAITIS, A.; VAZ, R. G. M. V.; REIS, R. H. P. & VENDRUSCULO, J. Características agronômicas, morfogênicas e estruturais do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça sob desfolhação intermitente. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p. 618-629, 2010.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. & NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.95-103, 2007.

MONTANARI, R.; ZAMBIANCO, E. C.; CORRÊA, A. R.; PELLIN, D. M. P.; PASSOS, M. & DALCHIAVON, F. C. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milho. **Revista Ceres**, v.59, n.1, p.125-135, 2012. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100018](https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100018).

NELSON, W. C. D., HOFFMANN, M. P., VADEZ, V., ROETTER, R. P., & WHITBREAD, A. M. Testing pearl millet and cowpea intercropping systems under high temperatures. **Field Crops Research**, 217, 150-166, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.014>.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; CARVALHO, G.G.P. & RIBEIRO, L.S.O. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2604-2610, 2010.

OLIVEIRA FILHO, J. S.; VIEIRA, J. N.; SILVA, E. M. R.; OLIVEIRA, J. G. B.; PEREIRA, M. G. & BRASILEIRO, F. G. Assessing the effects of 17 years of grazing exclusion in degraded semi-arid soils: Evaluation of soil fertility, nutrients pools and stoichiometry. **Journal of Arid Environments**, v.166, p.1-10, 2019. DOI: [doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.03.006](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.03.006).

OZPINAR, S. & OZPINAR, A. Tillage effects on soil properties and maize productivity in western Turkey. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 61(7), 1029-1040, 2015. DOI: [doi.org/10.1080/03650340.2014.978302](https://doi.org/10.1080/03650340.2014.978302).

PACHECO, R. F.; MARTINI, A. P. M.; BORCHATE, C.; MOURA, A. F.; RODRIGUES, L. S.; SILVA, M. A.; ... & BRONDANI, I. L. Morfogênese de pastagens de milho e capim sudão submetidas ao pastejo contínuo. **Boletim de Indústria Animal**, v.76, p.1-7, 2019. DOI: [doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1440](https://doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1440).

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. D. A. & CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 14(1), 2013. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S1519-99402013000100010](https://doi.org/10.1590/S1519-99402013000100010).

PEREIRA FILHO, I. A.; RESENDE, A.V.; COELHO, A.M. et al. **Cultivo do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de produção, ISSN 1679-012X, 2016.

PEREIRA, O. G.; ROVETTA, R.; RIBEIRO, K. G.; SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. & CECON, P. R. Características morfogênicas e estruturais do capim-tifton 85 sob

doses de nitrogênio e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1870–1878, 2011. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000900005](https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000900005).

PRAVALIE, R. Drylands extent and environmental issues. A global approach. **Earth Science Reviews**. v.161, p.259–278, 2016. DOI: [doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.003](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.003).

ROSTAMZA, M., CHAICHI, M., JAHANSOUZ, M. & ALIMADADI, A. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. **Agricultural Water Management**, v. 98, p. 1607–1614, 2011. DOI: [10.1016/j.agwat.2011.05.014](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.05.014).

RATAN, S.; SHARMA, A. R.; DHYANI, S. K. & DUBE, R. K. Tillage and mulching effects on performance of maize (*Zea mays*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system under varying land slopes. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, 81(4), 330-335, 2011.

SALES, R. S.; PORTUGUAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K. & PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016. DOI: [10.5935/1806-6690.20160052](https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160052).

SANTOS, M. G.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C. & PIMENTEL, C. Photosynthetic parameters and leaf water potential of five common bean genotypes under mild water deficit. **Biologia Plantarum**, v.53, n.2, p.229-236, 2009.

SHEAHAN, C. M. Plant Guide for Pearl Millet (*Pennisetum Glaucum*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May, NJ, 2014.

SCHRÖDER, D. & KÖPKE, U. Faba bean (*Vicia faba* L.) intercropped with oil crops – a strategy to enhance rooting density and to optimize nitrogen use and grain production? **Field Crop Research**. v.135, p.74–81, 2012. DOI: [doi.org/10.1016/j.fcr.2012.07.007](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.07.007).

TAYLOR, J. R. N. **Millet Pearl: Overview**. Encyclopedia of Food Grains, Second Edition, p. 190-198, South Africa, 2016. DOI: [doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00011-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00011-5).

TAIZ L.; ZEIGER E.; MØLLER I. M. & MURPHY A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora; 2017.

TARTARI, D. T.; NUNES, M. C. M.; SANTOS, F. A. S.; JUNIOR, C. A. F. & SERAFIM, M. E. Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 7(3), 2012.

TEAM CORE R. 2017. **A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: Austria.

TIRITAN, C. S., SANTOS, D. H., MINUTTI, C. R., FOLONI, J. S. S., & CALONEGO, J. C. Bromatological composition of sorghum, millet plant and midgetguandu at different

cut times in intercropping and monoculture. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 35(2), 183-190, 2013.

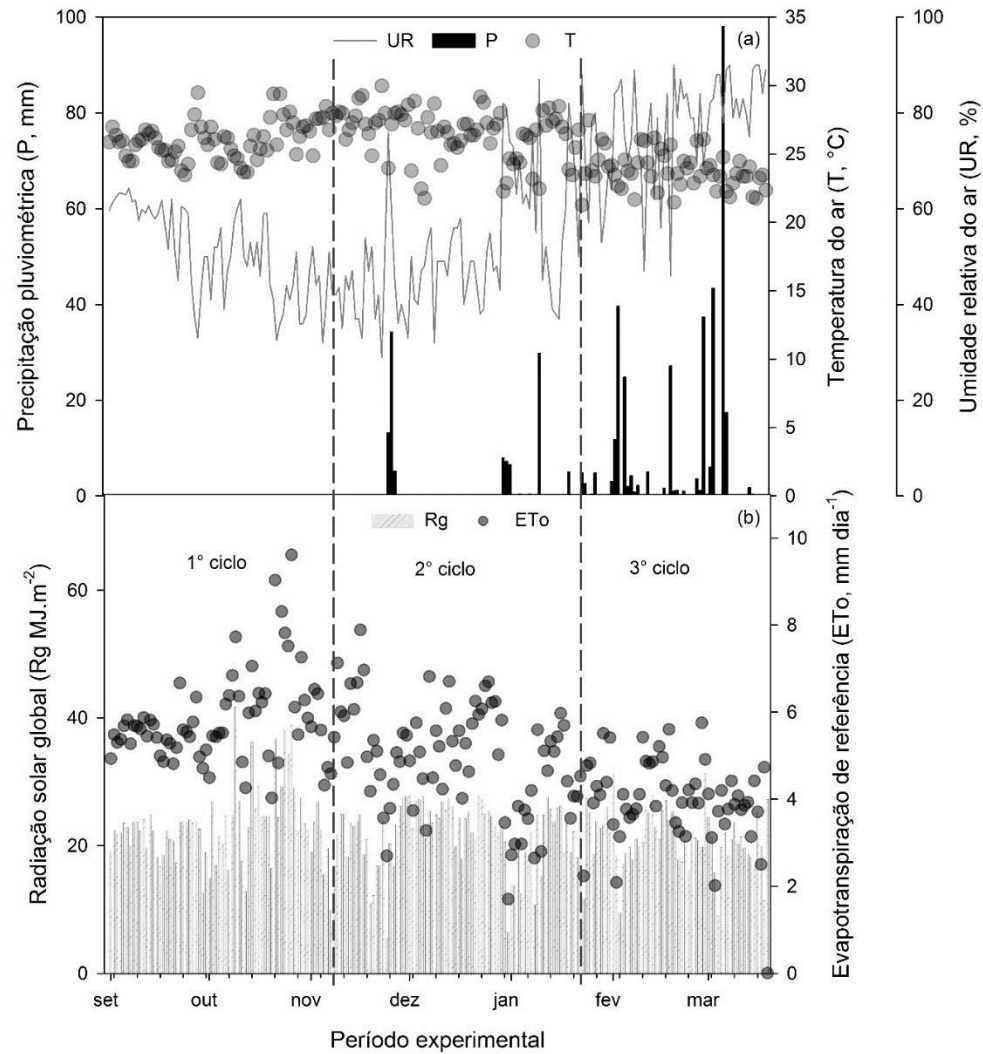
ULLAH, A.; AHMAD, A.; KHALIQ, T. & AKHTAR, J. Recognizing production options for pearl millet in Pakistan under changing climate scenarios. **Journal of Integrative Agriculture**, v.16, p.762–773, 2017. DOI: doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61450-8.

VIEIRA, M. S.; MANHÃES, S. S.; DIAS, P. F.; ALVES, C. A.; AZEVEDO B.C. & MATTA, P. M. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de *Panicum maximum* cv. Massai. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, 21(1):49-54, 2013.

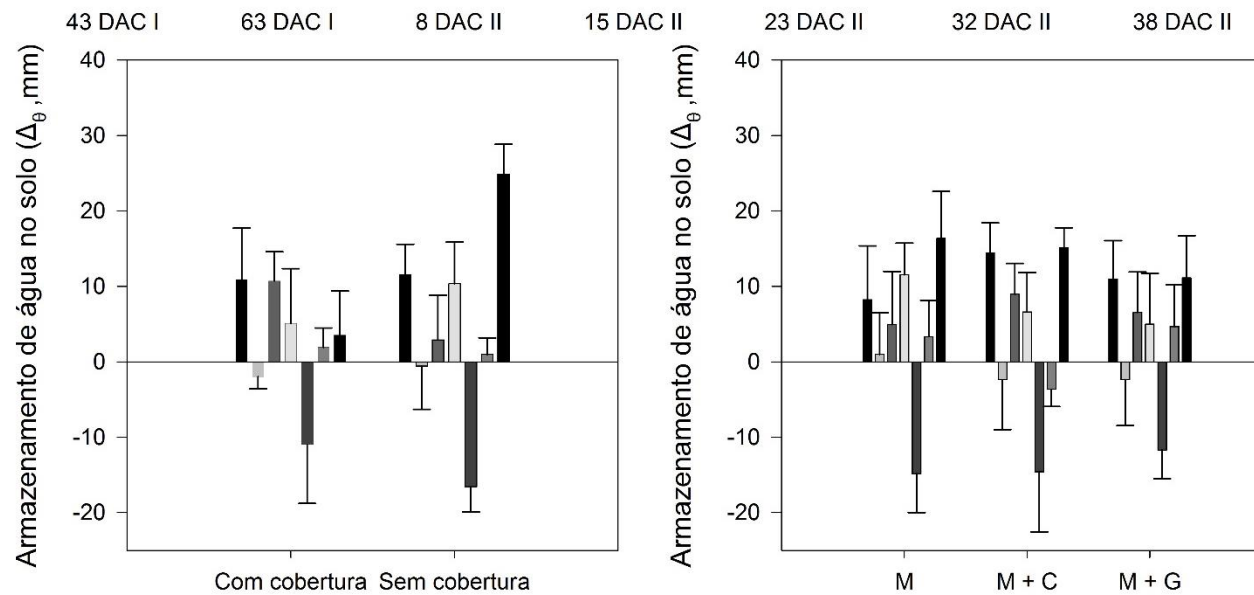
WEI, M. I. N.; GUO, H. J.; ZHANG, W.; ZHOU, G. W.; JUN, Y. E. & HOU, Z.A. Irrigation water salinity and N fertilization: effects on ammonia oxidizer abundance, enzyme activity and cotton growth in a drip irrigated cotton field. **Journal of Integrative Agriculture**, v.15, p. 1121–1131, 2016. DOI: doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61158-3.

ZHANG, Z.; CHRISTENSEN, M.; NAM, Z.; WHISH, J. P. M.; BELL, L. W.; WANG, J.; ... & SIM, R. Plant development and solar radiation interception of four annual forage plants in response to sowing date in a semi-arid environment. **Industrial Crops & Products**, v.131, p. 41–53, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.028.

ZHANG, Y., HAN, H., ZHANG, D., LI, J., GONG, X., FENG, B., ... & YANG, P. Effects of ridging and mulching combined practices on proso millet growth and yield in semi-arid regions of China. **Field crops research**, v.213, p.65-74, 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.015.



**Figura 2:** Variação da precipitação pluviométrica (P, mm), temperatura média do ar (T, °C), umidade relativa do ar (UR, %) (a), radiação solar global (Rg, MJ.m<sup>-2</sup>) e evapotranspiração de referência (ETo, mm dia<sup>-1</sup>) (b) no período de 01 de setembro de 2019 a 20 de março de 2020. Serra Talhada – PE.



**Figura 3:** Variação do armazenamento de água no solo ( $A_{\theta}$ , mm) no período de 03 de janeiro de 2020 (43 dias após o primeiro corte do milheto, 43 DAC I) a 05 de março de 2020 (38 dias após o segundo corte, DAC II) em função da presença e ausência de cobertura morta e três sistemas de cultivo, sendo eles, milheto solteiro (M), milheto em consórcio com feijão-caupi (M + C) e milheto em consórcio com feijão-guandú (M + G). Médias  $\pm$  desvio padrão não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 1:** Diâmetro de colmo (DC, mm), altura de planta (AP, cm), número de folhas vivas (NFV), número de perfilhos (NP) e área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) de milho cultivado na presença (CC) e ausência (SC) de cobertura morta e em três sistemas de cultivo, milho solteiro, consórcio com feijão-caupi e consórcio com feijão-guandu aos 20, 40 e 60 dias após a emergência do primeiro ciclo de cultivo, 30 e 60 dias após o corte do segundo ciclo de cultivo, 30 e 52 dias após o corte do terceiro ciclo de cultivo

Tratamentos	DC (mm)	AP (cm)	NFV	NP	AF (cm <sup>2</sup> )
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>20 dias após a emergência</b>				
Presença (CC)	10,26±1,38	32,27±5,34 a	19,97±4,54	2,61±0,85	61,76±12,49
Ausência (SC)	9,33±1,57	27,81±4,11 b	19,00±4,78	2,72±0,77	46,60±13,15
p-valor	0,39	0,02	0,84	0,91	0,15
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	9,85±1,20	31,79±5,28	19,79±4,11	2,67±0,50	59,50±11,60
Consórcio (Milheto + Caupi)	9,87±1,37	28,78±4,51	19,54±4,46	2,83±0,96	50,95±10,96
Consórcio (Milheto + Guandu)	9,66±1,9	29,56±4,21	19,12±5,68	2,50±0,96	52,10±14,63
p-valor	0,92	0,39	0,93	0,69	0,42
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>40 dias após a emergência</b>				
Presença (CC)	11,98±1,14	71,80±13,53	21,41±4,06	2,44±0,64	88,23±17,52
Ausência (SC)	11,74±1,72	54,48±11,60	23,08±5,36	2,78±0,74	78,14±18,08
p-valor	0,84	0,06	0,70	0,72	0,51
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	12,91±1,01 a	64,32±10,90	25,46±3,31 a	2,79±0,48	93,54±7,93
Consórcio (Milheto + Caupi)	11,52±0,78 ab	67,39±8,73	23,04±4,97 ab	2,71±0,52	83,46±11,75
Consórcio (Milheto + Guandu)	11,15±1,43 b	57,72±16,92	18,25±5,00 b	2,33±1,14	72,55±18,16
p-valor	0,02	0,22	0,02	0,45	0,06
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>60 dias após a emergência</b>				
Presença (CC)	12,18±2,44	90,39±14,09	20,90±4,16	2,81±0,53	100,15±20,44
Ausência (SC)	11,93±2,11	82,22±17,44	18,30±8,17	2,72±0,90	92,40±21,82
p-valor	0,87	0,47	0,46	0,89	0,55
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	13,26±2,29	94,37±8,71 a	24,67±6,12 a	3,25±0,58	110,33±13,25 a
Consórcio (Milheto + Caupi)	11,76±1,74	92,23±17,83 ab	17,42±6,87 b	2,75±0,60	104,33±21,88 a
Consórcio (Milheto + Guandu)	11,14±2,52	72,25±14,98	16,70±6,15 b	2,29±1,19	74,16±22,89 b
p-valor	0,15	0,03	0,02	0,14	0,004



<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>30 dias após o 1° corte</b>				
Presença (CC)	7,07±1,60	47,07±18,49	12,75±6,76	1,96±1,15	83,64±35,37
Ausência (SC)	9,82±2,45	43,23±11,08	16,80±8,26	2,29±1,27	76,39±22,15
p-valor	0,29	0,74	0,34	0,67	0,64
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	8,66±1,33	43,26±15,27	11,50±5,68	1,62±0,96	72,63±34,65
Consórcio (Milheto + Caupi)	7,53±2,69	41,98±16,00	16,94±6,39	2,25±1,53	89,83±20,32
Consórcio (Milheto + Guandu)	9,14±2,41	50,21±11,89	16,75±8,80	2,50±1,15	77,58±16,05
p-valor	0,44	0,53	0,40	0,54	0,52
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>60 dias após o 1° corte</b>				
Presença (CC)	10,42±2,90	85,95±8,05 a	26,46±8,18	4,54±1,59	101,30±13,09
Ausência (SC)	10,57±1,12	79,29±8,58 b	26,33±7,13	4,16±1,50	90,30±13,49
p-valor	0,66	0,03	0,98	0,78	0,44
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	10,41±0,90	77,56±8,93	26,93±5,81	4,75±1,37	93,00±16,14
Consórcio (Milheto + Caupi)	10,36±4,41	79,46±9,24	29,06±7,20	4,81±1,35	92,51±10,81
Consórcio (Milheto + Guandu)	10,73±1,19	90,75±8,30	23,18±9,70	3,50±1,87	101,88±11,21
p-valor	0,91	0,19	0,57	0,31	0,47
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>30 dias após o 2° corte</b>				
Presença (CC)	8,82±2,99	104,58±37,61	12,75±9,31	1,96±1,55	83,64±34,46
Ausência (SC)	9,15±1,76	109,29±16,92	16,79±5,71	2,29±1,13	76,39±22,72
p-valor	0,86	0,71	0,34	0,67	0,64
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	8,08±3,64	101,69±44,37	11,50±6,06	1,62±1,23	72,63±34,44
Consórcio (Milheto + Caupi)	9,89±1,31	106,31±15,43	15,87±9,10	2,25±1,73	89,83±20,28
Consórcio (Milheto + Guandu)	9,00±1,64	112,81±24,34	16,94±6,24	2,50±1,06	77,58±33,87
p-valor	0,36	0,77	0,40	0,54	0,51
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>60 dias após o 2° corte</b>				
Presença (CC)	7,66±3,25	98,50±40,93	20,92±10,87	3,25±1,87	85,58±50,61
Ausência (SC)	8,99±1,62	121,16±20,25	29,50±7,22	4,25±1,56	92,24±18,27
p-valor	0,34	0,29	0,14	0,35	0,73
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					

Solteiro (Milheto)	7,54±2,49	102,19±30,81	22,19±12,5	3,75±2,31	73,88±28,25
Consórcio (Milheto + Caupi)	8,93±0,88	105,00±21,78	22,00±7,33	2,81±0,88	94,21±25,15
Consórcio (Milheto + Guandu)	8,50±2,62	122,31±29,37	31,44±5,78	5,06±1,44	98,63±44,83
p-valor	0,57	0,43	0,21	0,15	0,29

Médias ± desvio padrão seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

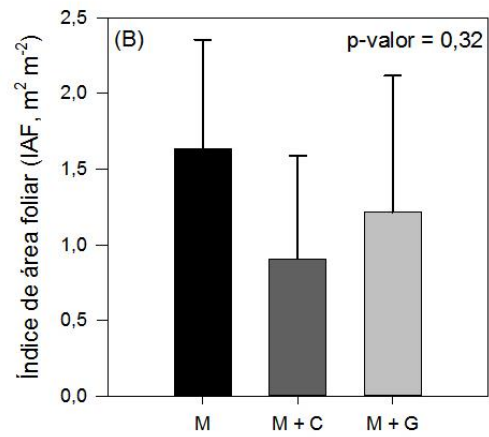
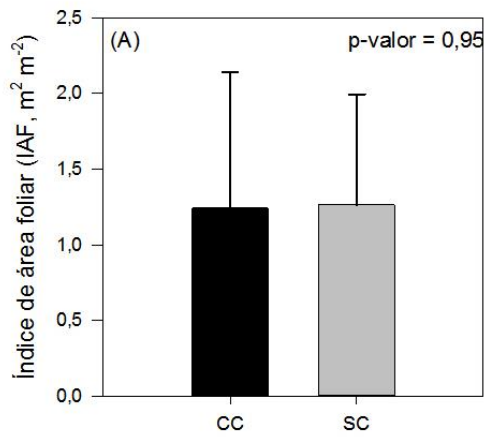
**Tabela 2.** Taxa de aparecimento foliar (TApF, folhas dia<sup>-1</sup>), filocrono (FIL, dia folha<sup>-1</sup>), taxa de alongamento foliar (TAF cm dia<sup>-1</sup>), taxa de alongamento de colmo (TAC cm dia<sup>-1</sup>) e taxa de senescência foliar (TSF, cm dia<sup>-1</sup>) de milho em três sistemas de cultivo (um solteiro e dois consórcios), na presença (CC) e ausência (SC) de cobertura morta vegetal aos 20, 40 e 60 dias após a emergência no primeiro ciclo de cultivo, 60 dias após o primeiro corte e 60 dias pós o segundo corte

Tratamentos	TApF (Nº folhas dia <sup>-1</sup> )	FIL (dia folhas <sup>-1</sup> )	TAF (cm dia <sup>-1</sup> )	TAC (cm dia <sup>-1</sup> )	TSF (cm dia <sup>-1</sup> )
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>20 dias após a emergência</b>				
Presença (CC)	0,26±0,05	2,84±1,22	0,31±0,09	1,65±0,25	0,12±0,02
Ausência (SC)	0,29±0,09	4,74±1,76	0,43±0,17	0,96±0,31	0,10±0,02
p-valor	0,18	0,21	0,21	0,09	0,43
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	0,40±0,05 a	2,06±1,27 b	0,49±0,12	1,22±0,15	0,09±0,02
Consórcio (Milheto + Caupi)	0,30±0,09 ab	2,60±1,75 ab	0,44±0,11	1,45±0,33	0,13±0,02
Consórcio (Milheto + Guandu)	0,12±0,07 b	6,72±1,47 b	0,18±0,17	1,24±0,33	0,11±0,03
p-valor	0,003	0,02	0,06	0,50	0,13
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>40 dias após a emergência</b>				
Presença (CC)	0,19±0,09	9,84±0,73	0,07±0,15	0,93±0,50	0,02±0,03
Ausência (SC)	0,12±0,10	9,51±0,75	0,10±0,18	1,40±0,61	0,03±0,04
p-valor	0,23	0,79	0,15	0,26	0,56
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	0,24±0,08	8,53±0,38	0,14±0,16	1,39±0,55	0,06±0,02
Consórcio (Milheto + Caupi)	0,08±0,13	9,83±0,72	0,15±0,09	1,27±0,61	0,002±0,03
Consórcio (Milheto + Guandu)	0,13±0,06	10,67±0,89	0,15±0,25	0,83±0,63	0,02±0,06
p-valor	0,10	0,60	0,15	0,28	0,17
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>60 dias após a emergência</b>				
Presença (CC)	0,13±0,05	8,48±1,22 b	0,33±0,09	1,29±0,25	0,07±0,02
Ausência (SC)	0,10±0,09	12,77±1,76 a	0,34±0,17	1,18±0,31	0,06±0,02
p-valor	0,42	0,01	0,71	0,55	0,49
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	0,23±0,05 a	6,64±1,27	0,33±0,12	1,33±0,15	0,08±0,02
Consórcio (Milheto + Caupi)	0,06±0,09 b	10,75±1,75	0,38±0,11	1,36±0,33	0,07±0,02
Consórcio (Milheto + Guandu)	0,05±0,07 b	14,47±1,47	0,29±0,17	1,01±0,33	0,06±0,03

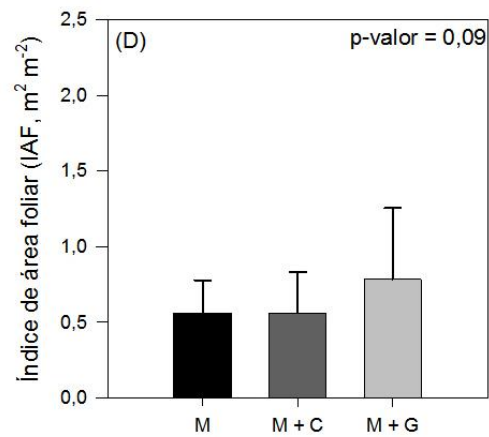
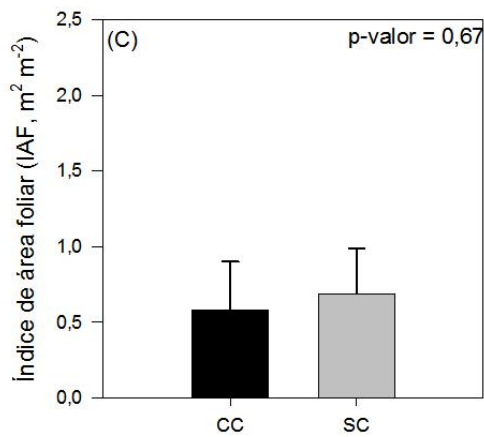
p-valor	0,003	0,06	0,42	0,09	0,51
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>60 dias após o 1° corte</b>				
Presença (CC)	0,44±0,16	4,21±1,12	0,42±0,20	1,17±0,44	0,05±0,08
Ausência (SC)	0,44±0,20	3,60±0,76	0,36±0,15	1,46±0,31	0,04±0,09
p-valor	0,98	0,53	0,72	0,86	0,19
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	0,45±0,16	3,60±0,84	0,36±0,20	1,03±0,39	0,05±0,11
Consórcio (Milheto + Caupi)	0,55±0,14	3,36±0,70	0,40±0,13	1,30±0,38	0,04±0,10
Consórcio (Milheto + Guandu)	0,31±0,20	4,67±1,22	0,41±0,18	1,15±0,38	0,04±0,11
p-valor	0,15	0,45	0,92	0,51	0,98
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>60 dias após o 2° corte</b>				
Presença (CC)	0,31±0,13	6,82±3,45	0,11±0,18	0,24±0,50	0,05±0,04
Ausência (SC)	0,18±0,11	4,46±1,50	0,27±0,24	0,62±0,31	0,09±0,06
p-valor	0,17	0,64	0,58	0,46	0,22
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>					
Solteiro (Milheto)	0,27±0,18	5,87±3,53	0,21±0,37	0,28±0,65	0,06±0,04
Consórcio (Milheto + Caupi)	0,17±0,10	5,74±1,56	0,09±0,07	0,14±0,24	0,06±0,05
Consórcio (Milheto + Guandu)	0,29±0,08	5,32±2,16	0,27±0,05	0,87±0,33	0,09±0,06
p-valor	0,56	0,99	0,53	0,22	0,42

Médias ± desvio padrão seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

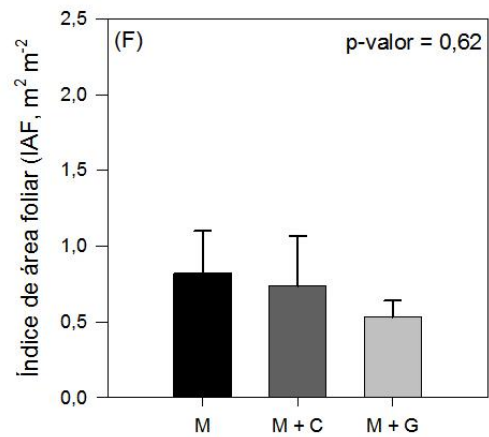
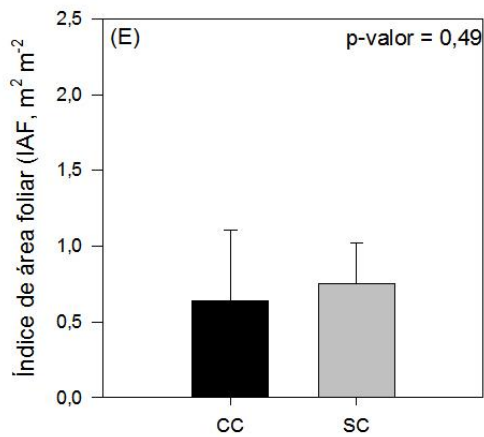
### 1º Ciclo



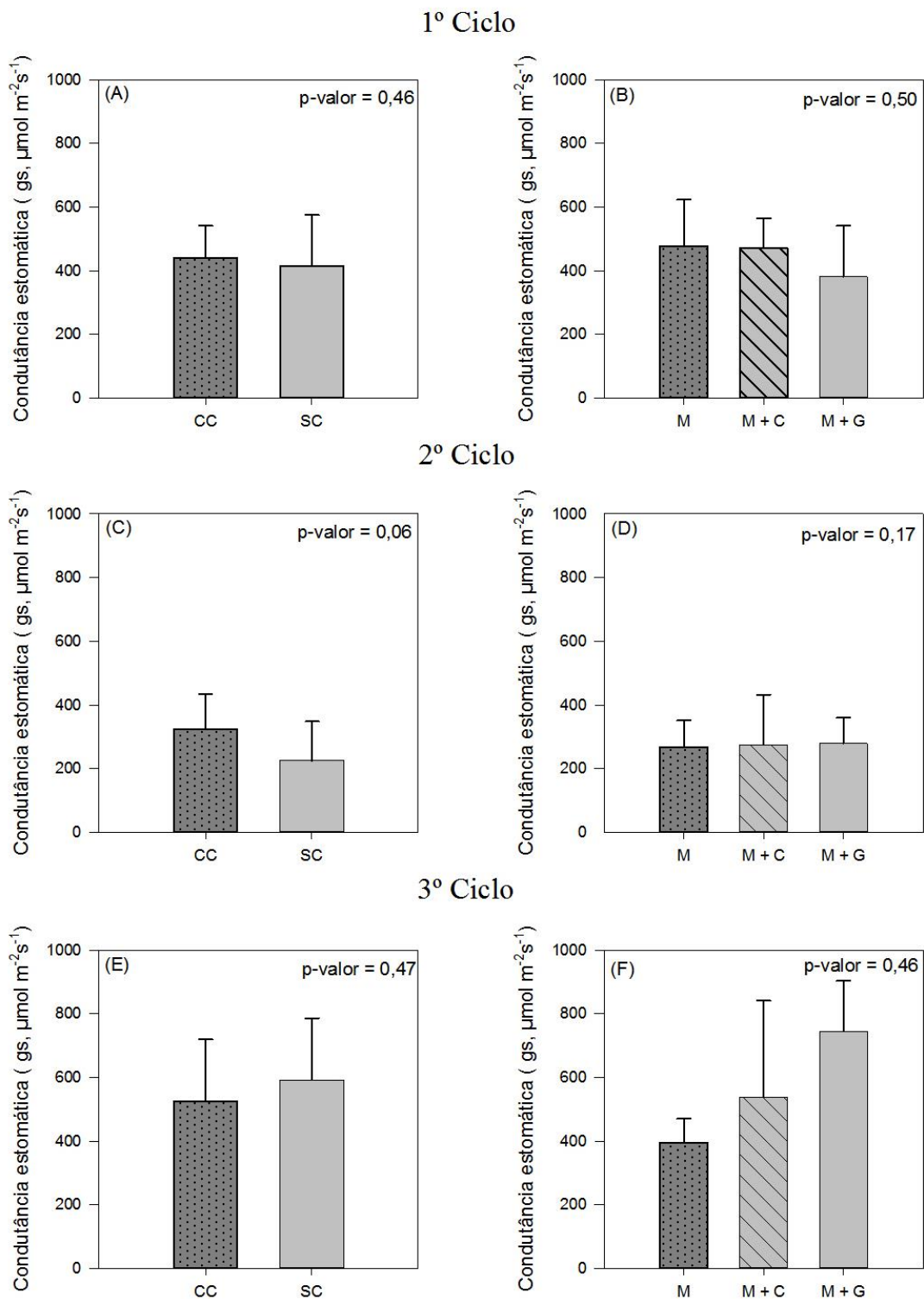
### 2º Ciclo



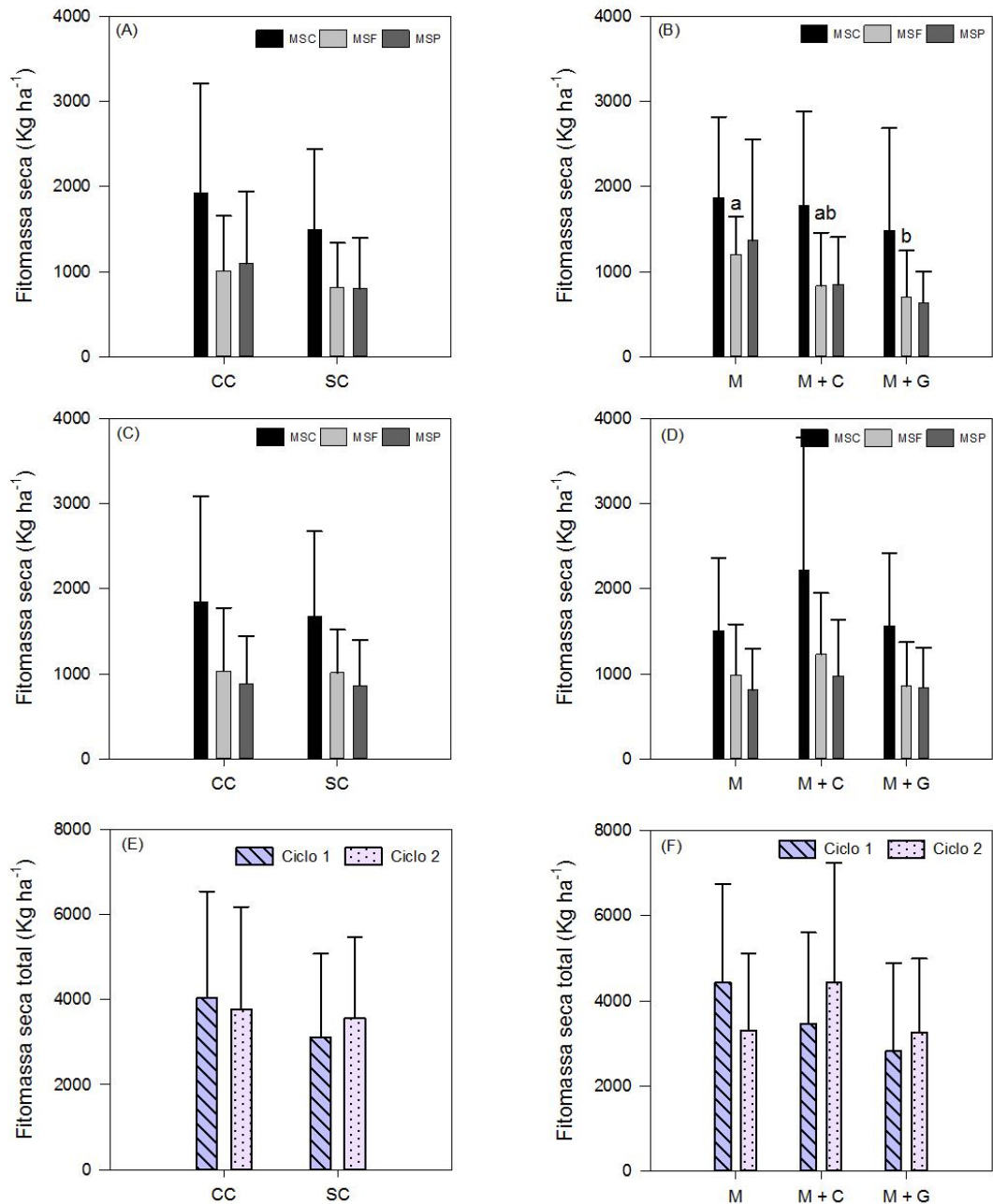
### 3º Ciclo



**Figura 4:** Índice de área foliar (IAF, m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) de milho na presença (CC) e ausência (SC) de cobertura morta, em três sistemas de cultivo [solteiro (M), consórcio milho + caupi (M + C) e consórcio milho + guandu (M + G)] no primeiro ciclo (A e B) segundo ciclo (C e D) e terceiro ciclo (E e F). Média ± desvio padrão seguidas por letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



**Figura 5:** Condutância estomática (gs,  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) de milho na presença e ausência de cobertura morta, em três sistemas de cultivo [solteiro (M), consórcio milho + caupi (M + C) e consórcio milho + guandu (M + G)] no primeiro ciclo (A e B) e segundo ciclo (C e D) e nos dois ciclos independentemente dos tratamentos (E). Média  $\pm$  desvio padrão não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.



**Figura 6:** Acúmulo de matéria seca de colmo (MSC), folha (MSF) e panícula (MFP) ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) de milho cultivado na presença (CC) e ausência (SC) de cobertura morta no solo, em três sistemas de cultivo [milho solteiro (M), consórcio com feijão-caupi (M + C) e consórcio com feijão-guandu (M + G)] no primeiro ciclo (A e B), segundo ciclo. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

### CAPÍTULO 3 – PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO CULTIVADO COM MILHETO SOB COBERTURA MORTA E CONSORCIADO COM LEGUMINOSAS

**RESUMO:** O cultivo de gramíneas para produção de forragem em regiões semiáridas é caracterizado pelo manejo inadequado, provocando rápida degradação das áreas. Diante do exposto, objetivou-se avaliar as propriedades físico-hídricas do solo em sistemas de produção de milho consorciado com leguminosas e cobertura morta. O experimento foi realizado na UFRPE/UAST, de agosto de 2019 a março de 2020. O ensaio foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. O ensaio foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. A presença e ausência de cobertura morta sobre a superfície do solo compuseram as parcelas principais. As subparcelas foram formadas por três sistemas de cultivo, sendo eles: milho (*Pennisetum glaucum*) solteiro, milho em consórcio com feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e milho em consórcio com feijão-guandu (*Cajanus cajan*). Foram realizadas medidas de infiltração, densidade do solo, resistência do solo à penetração e umidade. A partir destes dados foram determinados a condutividade hidráulica saturada e sorvidade seguindo a metodologia Beerkan usando o programa BEST. Foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias. No primeiro ciclo a cobertura morta promoveu menor RP na camada de 20-30 cm. A umidade do solo não diferiu em função dos tratamentos dos dois ciclos. Nota-se uma redução significativa da RP de um ciclo para o outro nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, o que está relacionado com a maior umidade do solo no segundo ciclo. A densidade do solo, condutividade hidráulica saturada, sorvidade e porosidade não sofreram alterações significativas em função da cobertura morta e dos sistemas de cultivo. O uso da cobertura morta mostrou-se benéfico para o cultivo de milho, independentemente do sistema de cultivo, uma vez que promoveu maior redução da resistência do solo à penetração das raízes com o tempo.

**Palavras-chave:** cobertura do solo; conteúdo de água no solo; resistência do solo à penetração.

**ABSTRACT:** The cultivation of grasses for forage production in semi-arid regions is characterized by inadequate management, causing rapid degradation of areas. Given the above, the objective was to evaluate the physical-hydric properties of the soil in millet production systems intercropped with legumes and mulch. The experiment was carried out at UFRPE/UAST, from August 2019 to March 2020. The test was conducted in a randomized block design, with subdivided plots, with four replications. The test was conducted in a randomized block design, with subdivided plots, with four replications. The presence and absence of mulch on the soil surface made up the main plots. The subplots were formed by three cultivation systems, namely: millet (*Pennisetum glaucum*) single, millet intercropped with cowpea (*Vigna unguiculata*) and millet intercropped with pigeon pea (*Cajanus cajan*). Infiltration measures, soil density, soil resistance to penetration and humidity were performed. From these data, saturated hydraulic conductivity and sorbity were determined following the Beerkan methodology using the BEST program. Tukey's test at 5% probability was used to compare means. In the first cycle, mulch promoted lower PR in the 20-30 cm layer. The soil moisture did not differ depending on the treatments of the two cycles. There is a significant reduction in PR from



one cycle to the next in the 0-10 cm and 10-20 cm layers, which is related to the higher soil moisture in the second cycle. Soil density, saturated hydraulic conductivity, sorbidity and porosity did not change significantly due to mulch and cultivation systems. The use of mulch proved beneficial for the cultivation of millet, regardless of the cultivation system, since it promoted a greater reduction in the resistance of the soil to the penetration of the roots over time.

**Keywords:** soil cover; soil water content; soil resistance to penetration

## 1 INTRODUÇÃO

A aceleração das mudanças climáticas, com escassez hídrica provocada por eventos de seca e aumento no número de áreas degradadas são problemas graves em regiões semiáridas do mundo (Brasileiro, 2009; Bezerra et al., 2010; Kader et al., 2017). O cultivo de gramíneas para produção de forragem e grãos nessas regiões é caracterizado, majoritariamente, pelo preparo inadequado do solo, ausência de reposição de nutrientes, alta pressão de pastejo e utilização de espécies pouco adaptadas ao ambiente, culminando em um rápido declínio agrícola e biológico das pastagens (Dias-Filho, 2011).

No conseqüente, a adoção de práticas agrícolas com ênfase na convivência e sustentabilidade de ecossistemas semiáridos podem diminuir o declínio de produtividade e contribuir para a conservação do ambiente (Almeida et al., 2017; Kader et al., 2017; Almeida et al., 2021). A associação de mais de uma prática agrícola pode potencializar, ainda mais, a produtividade dessas áreas e contribuir para a sustentabilidade do ambiente produtivo.

O uso de espécies que apresentem maior resiliência nestas condições é uma das práticas desejáveis (Lucena et al., 2020; Simões et al., 2020). Uma das espécies de maior adaptação às condições de semiaridez é o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), caracterizado por sua elevada eficiência de uso da água e tolerância ao déficit hídrico e altas temperaturas do ar (Sheahan, 2014a; Taylor, 2016). Além disso, o milheto possui um sistema radicular capaz de atingir grandes profundidades no solo, contribuindo também para sua qualidade física (Aguiar et al., 2012).

Outra prática que vem sendo amplamente estudada como estratégia sustentável para regiões secas é o uso da cobertura morta vegetal (Kader et al., 2017). A cobertura da superfície do solo é uma técnica de conservação que consiste em adicionar uma camada de material orgânico ou inorgânico na superfície do solo (Quintanilla-Tornel et al., 2016).

Dentre as muitas vantagens que o uso da cobertura morta pode proporcionar, destaca-se a diminuição da evaporação da água do solo, o aumento do armazenamento de água no solo e, conseqüentemente, da eficiência de utilização da água (EUA) pelas culturas (Zhang et al., 2015; El-Wahed et al., 2017). A redução da perda de solo e água por escoamento superficial, diminuição dos impactos erosivos da chuva e aumento na taxa de retenção de água no solo também são vantagens importantes desta prática, com impacto direto na qualidade física do solo (Liu et al., 2012; Li et al., 2013; Rhama, Warrington & Lei, 2019).

Paralelo ao uso da cobertura morta, estudos sobre o cultivo de espécies adaptadas ao semiárido em sistemas de consórcio entre gramíneas e leguminosas também perfazem o conjunto de estratégias sustentáveis de práticas agrícolas (Balbinot Junior et al., 2008; Calvo et al., 2010; Glaze-Corcoran et al., 2020). Dentre as vantagens do consórcio, destaca-se uma melhoria na taxa de utilização da terra, diversificação de espécies e com isso, redução de pragas e doenças, além da fixação biológica de nitrogênio promovido pelas leguminosas (Tiritan et al., 2013; Schröder & Köpke, 2012; Nelson et al., 2018).

Apesar das inúmeras vantagens proporcionadas pelo consórcio entre gramíneas e leguminosas, o cultivo de espécies distintas na mesma área provoca competição pelos recursos disponíveis (água, nutrientes, CO<sub>2</sub>, radiação) e pode reduzir o crescimento e rendimento das culturas isoladas (Sadeghpour et al., 2013; Glaze-Corcoran et al., 2020). Para diminuir estes impactos o uso da cobertura morta mostra-se uma alternativa visando melhorar as propriedades físico-hídricas do solo e garantir sustentabilidade ao sistema.

Muitos estudos comumente comparam o rendimento de uma ou mais espécies cultivadas com e sem cobertura morta no solo (Oliveira et al., 2004; Zhang et al., 2017; Dong et al., 2017; Nespoli et al., 2017), entretanto, não avaliam as mudanças que essa prática tem sobre as propriedades físico-hídricas do solo. Detectar estas mudanças e compará-las com indicadores de qualidade física do solo torna-se uma ferramenta essencial na adoção de práticas de manejo adequadas para manter a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Dias-Filho, 2011).

Para o Semiárido brasileiro, estudos sobre competição inter-específica de culturas forrageiras e alimentares, a exemplo do milheto e leguminosas, são escassos e fazem-se necessários, devido à crucial importância dessas culturas para o desenvolvimento sustentável da região, partindo-se assim, da hipótese do melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis quando adotado o consórcio milheto-leguminosas e a prática de resiliência como a cobertura morta.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as propriedades físico-hídricas do solo em sistemas de produção de milho consorciado com leguminosas na presença e ausência da cobertura morta.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área experimental

O ensaio foi conduzido na área experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), em Serra Talhada – PE, microrregião do Sertão do Pajeú, a uma altitude de 509 m, com coordenadas geográficas de 7°57'24" de latitude sul e 38°17'44" de longitude oeste. Conforme a classificação de Köppen, o clima enquadra-se no tipo BSw<sup>h</sup>, denominado semiárido, quente e seco, chuvas de verão-outono com pluviosidade média anual de 632 mm ano<sup>-1</sup> e temperatura do ar média superior a 25 °C (Alvares et al., 2013; Dubreuil et al., 2018).



**Figura 1:** Localização da área de estudo na UAST/UFRPE, município de Serra Talhada - PE. Fonte: Google Maps.

### 2.2 Delineamento, arranjo espacial e tratamentos

O ensaio foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. A presença e ausência de cobertura morta sobre a superfície do solo compuseram as parcelas principais. As subparcelas foram formadas por três sistemas de cultivo, sendo eles: milho solteiro, milho em consórcio com feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e milho em consórcio com feijão-guandu (*Cajanus cajan*). A cobertura morta utilizada foi palhada seca de pasto nativo com predominância de

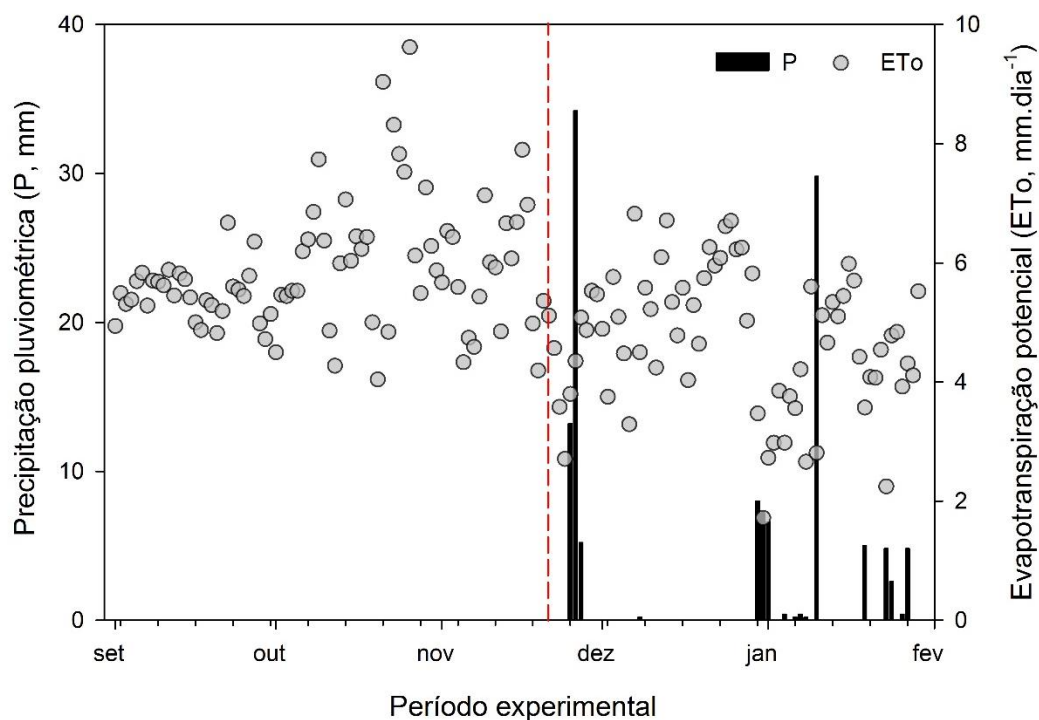
capim-corrente (*Urocloa mosambicensis*). As cultivares utilizadas de milho, feijão-caupi e feijão-guandu foram a IPA BULK 1 BF, BRS Pujante e BRS Mandarim, respectivamente.

Cada parcela foi composta de três linhas de milho com 6,0 m de comprimento e espaçamento de 1,0 m entre si (2,0 m de largura) e 15 plantas por metro linear (150.000 plantas ha<sup>-1</sup>). Cada subparcela tinha 2,0 m de comprimento, com três linhas de milho em todos os sistemas de cultivo, sendo que nos consórcios as leguminosas foram semeadas em duas fileiras nas entrelinhas do milho. Adotou-se o espaçamento 1,0 m x 0,5 m (20.000 plantas ha<sup>-1</sup>), para o feijão-guandu, e 1,0 m x 0,3 m (33.333 plantas ha<sup>-1</sup>) para o feijão-caupi. Como parcela útil, considerou-se as plantas de milho da linha central de cada subparcela, tendo-se o cuidado de deixar 0,5 m de cada lado da linha correspondente à bordadura.

### **2.3 Implantação e condução experimental**

Antes da implantação do experimento, realizou-se o preparo do solo com uma aração e uma gradagem. Em 02/09/2019, semeou-se o milho em sulcos de 5,0 cm de profundidade. Cinco dias após semeadura, aproximadamente um dia após a emergência (DAE) de todas as plantas do milho, realizou-se o desbaste nas linhas, deixando-se 15 plantas por metro linear. Aos 10 DAE do milho (15/09/2019), efetivou-se a semeadura das leguminosas, com três sementes por cova nos respectivos espaçamentos (item 2.2) e aos 10 DAE de cada leguminosa ocorreu o desbaste, deixando-se uma planta por cova. No dia 25/09/2019, aos 20 DAE do milho, adicionou-se a cobertura morta nas parcelas com cobertura. Adotou-se uma quantidade de 10 Mg ha<sup>-1</sup>, correspondente a 16 kg por parcela, coletada próximo da área experimental. O material coletado foi submetido à secagem ao sol, pesado e adicionado nas respectivas parcelas.

Partindo-se de uma lâmina de 400 mm necessária para o ciclo de crescimento do milho (Pereira Filho et al., 2016), o ensaio foi irrigado três vezes por semana por um sistema de irrigação por gotejamento, sempre no fim da tarde. No segundo ciclo, em razão da ocorrência de chuvas, a área só foi irrigada até os 40 dias após o corte (DAC), correspondendo a 280 mm aplicados. Os dados meteorológicos do período experimental (Figura 2) são oriundos de uma Estação Meteorológica, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)), localizada próxima da área.



**Figura 2:** Precipitação pluviométrica (P, mm) e evapotranspiração potencial (ETo, mm.dia<sup>-1</sup>) no período de 01 de setembro de 2019 a 29 de janeiro de 2020. A linha pontilhada vermelha separa o primeiro ciclo (setembro a novembro) do segundo ciclo (novembro a janeiro). Serra Talhada-PE.

Durante a condução do ensaio, sempre que necessário executou-se tratamentos culturais, como a capina do terreno e a manutenção do sistema de irrigação, para controlar as plantas invasoras e manter o sistema de irrigação o mais eficiente possível. Não foram realizadas adubações na área para não mascarar as respostas da fixação biológica de nitrogênio das leguminosas.

#### 2.4 Análises do solo

Realizou-se uma coleta inicial de solo, antes da implantação do experimento, na profundidade de 0-20 cm. Estas amostras foram encaminhadas ao laboratório do Instituto Agrônomo de Pernambuco para as análises de fertilidade. O solo da área é classificado como Cambissolo Háptico Ta Eutrófico (Embrapa, 2013), com os seguintes atributos químicos: pH (água) = 6,80; P (extrator Mehlich I) = 38,0 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,88 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> = 5,50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> = 1,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, e Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e matéria orgânica = 6,24 g kg<sup>-1</sup>.

Amostras de solo deformadas foram coletadas no início do ensaio em cada subparcela na profundidade de 0-20 cm, peneiradas em malha de 2,0 mm para

determinação da composição granulométrica, seguindo o princípio da dispersão mecânica e estabilização da amostra utilizando um agitador em uma solução dispersante, seguida da separação das frações por peneiramento e sedimentação (Teixeira et al., 2017).

Foram realizados testes de infiltração em três momentos durante o ensaio: antes da semeadura do milho, ao final do primeiro ciclo (60 DAE do milho) e ao final do segundo ciclo (60 dias após o primeiro corte do milho). Nos testes foram utilizados infiltrômetros de anel simples de 15 cm de diâmetro interno, inseridos a uma profundidade de 10 mm para evitar perda lateral de água (Lassabatère et al., 2006). Os ensaios foram executados em cada subparcela de cada bloco e consistiram em anotar o tempo que volumes constantes de água (100 ml), adicionados continuamente no anel, levaram para infiltrar no solo. Desse modo, foi possível determinar uma relação de infiltração acumulativa experimental,  $I(L)$ , versus o tempo,  $t(s)$ .

Durante cada ensaio de infiltração foram coletadas amostras indeformadas para determinação da densidade do solo e os conteúdos volumétricos de água no solo inicial ( $\theta_i, \text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) e final ( $\theta_s, \text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ), sendo esta última considerada como porosidade total (P). Determinou-se a densidade do solo a partir da coleta de amostras em anéis cilíndricos de aço inox com volume de  $50 \text{ cm}^3$ , calculada pela relação entre a massa seca a  $105^\circ\text{C}$  durante 24h da amostra de solo do cilindro e o seu volume.

A partir dos testes de infiltração, dados de densidade do solo e caracterização granulométrica foram estimados a condutividade hidráulica do solo ( $K_s$ ) e sorvidade (S) utilizando o método de estimativa de transferência de água no solo, denominado de Beerkan utilizando o programa BEST (*Beerkan Estimation of Soil Transfer Parameters Through Infiltration Experiments*) proposto por Lassabatère et al. (2006).

Esses parâmetros de normalização (van Genuchten, 1980; Brooks & Corey, 1964) foram determinados a partir da modelagem dos experimentos de infiltração (Souza et al., 2008). Para uma fonte de água circular com dado potencial de pressão da água sobre uma superfície uniforme e com conteúdo de água inicial uniforme ( $\theta_0$ ), a infiltração acumulada tridimensional  $I(t)$  e a taxa de infiltração  $q(t)$  podem ser aproximadas pelas equações de regime de fluxo transitório (Eq. 1 e 2) e estacionário (Eq. 3 e 4) (Haverkamp et al., 1994; Souza et al., 2008):

$$I(t) = S\sqrt{t} + [aS^2 + bKs]t \quad (1)$$

$$q(t) = \frac{S}{2\sqrt{t}} + [aS^2 + bKs] \quad (2)$$

$$I_{+\infty}(t) = [aS^2 + Ks] t + c \frac{S^2}{Ks} \quad (3)$$

$$q_{+\infty}(t) = q_{+\infty} = aS^2 + Ks \quad (4)$$

sendo,

$$a = \frac{\gamma}{r\Delta\theta} \quad (5)$$

$$b = \left(\frac{\theta}{\theta_s}\right)^\eta + \frac{2-\beta}{3} \cdot \left(1 - \left(\frac{\theta}{\theta_s}\right)^\eta\right) \quad (6)$$

$$c = \frac{1}{2 \left[1 - \left(\frac{\theta}{\theta_s}\right)^\eta\right] \cdot (1-\beta)} \ln\left(\frac{1}{\beta}\right) \quad (7)$$

sendo S a sorvidade [ $L \cdot T^{-1/2}$ ], r o raio do cilindro (L);  $\gamma = 0,75$  e  $\beta = 0,6$ .

Para determinação de Ks e S o BEST utiliza equações equivalentes as 1 e 2, obtidas pela substituição de Ks em função da sorvidade S e da taxa de infiltração no regime estacionário  $q_{+\infty}$  (Eq. 4) nas Eq. 1 e 2.

Foram instalados tubos de acesso até 40 cm de profundidade em cada subparcela para medidas do conteúdo volumétrico de água no solo a partir da sonda capacitiva (DIVINER 2000, Sentek Pty Ltda., Austrália). A sonda é composta por um sensor portátil e um sistema de aquisição de dados, que ao ser inserido no tubo de acesso instalado no solo, fornece o conteúdo de água a cada 10 cm.

Além disso, foram realizadas medidas de resistência do solo à penetração (RP) mediante uso de um penetrômetro de impacto – modelo IAA/Planalsucar (Stolf et al., 2005) até os 30 cm de profundidade. O princípio de funcionamento deste modelo consiste na penetração de uma haste graduada em centímetros de ponta fina ( $30^\circ$ ), onde a partir de cada impacto de um peso de massa conhecida, que desce em queda livre a uma altura constante, foi medida a penetração da haste no solo. O número de impactos foi transformado em resistência dinâmica por meio da equação proposta por Stolf (1991):  $RP \text{ (kgf cm}^{-2}\text{)} = 5,6 + 6,89N$  (N = número de impactos/10cm). Em seguida, cada perfil de medidas de RP foi discretizado em intervalos de 10,0 cm de espessura para a caracterização dos seus valores nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Paralelo aos testes de RP a umidade do solo foi tomada no momento dos testes.

Para determinação da qualidade físico-hídrica do solo os dados de densidade do solo, condutividade hidráulica saturada e porosidade total foram comparados a valores de referência estabelecidos por Reynolds et al. (2007; 2009) e Canarache (1990).

## 2.5 Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e análise de variância ( $p > 0,05$ ) para detectar efeito dos tratamentos e possíveis interações entre as fontes de variação. Foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias. Todas essas análises foram feitas utilizando o software R-project versão 3.5.3 (R Core Team, 2017).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do ponto de vista textural, não houve diferença entre as camadas 0-20 cm e 20-40 cm ( $p < 0,05$ ) em nenhum dos componentes da textura, sendo as duas camadas pertencentes à classe textural Franco Arenosa (Tabela 1). Apesar de apresentarem a mesma classe textural, a qualidade físico-hídrica de um solo pode apresentar variabilidade de acordo com o manejo adotado, teor de matéria orgânica e presença de diferentes espécies na área (Carvalho et al., 1999). Isto porque, propriedades como teor de água, teor de matéria orgânica, nível de salinidade do solo e crescimento radicular das plantas, irão modificar a estrutura do solo, aumentando ou diminuindo sua densidade, porosidade e capacidade de retenção de água (Corrêa et al., 2010; Silva et al., 2010; Dantas et al., 2012; Freitas et al., 2012).

As médias de resistência do solo à penetração das raízes (RP) e do conteúdo volumétrico de água no solo ( $\theta$ ), para as camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, foram obtidas para os dois ciclos de cultivo em função da presença e ausência de cobertura morta no solo e em três sistemas de cultivo, sendo eles milheto solteiro (M), milheto em consórcio com feijão-caupi (M + C) e milheto em consórcio com feijão-guandu (M + G) (Figura 3). De acordo com a análise estatística, não houve interação entre as fontes de variação em nenhum dos períodos avaliados ( $p > 0,05$ ).

No primeiro ciclo, houve efeito da cobertura morta sobre os valores de RP na camada de 20-30 cm ( $p < 0,5$ ), sendo o menor valor aonde havia cobertura no solo. Como não houve diferença entre os tratamentos no conteúdo de água no solo (Figura 3 C), e considerando que todas as medidas foram obtidas em 21/11/2019 (ciclo 1), infere-se que anteriormente a cobertura morta proporcionou maior retenção de água no solo e conseqüentemente maior crescimento das raízes, contribuindo para a redução da resistência do solo na camada mais profunda avaliada. A cobertura morta promove



melhorias no microclima do ambiente reduzindo a temperatura e evaporação do solo, contribuindo para maior crescimento das raízes (Montenegro et al., 2013).

Já no segundo ciclo não houve efeitos significativos na RP e nem na umidade do solo em função da cobertura morta (Figura 3 E e F) e dos sistemas de cultivo (Figura 3 G e H) nas três camadas de solo avaliadas ( $p>0,05$ ). Esta resposta está relacionada com o volume de chuvas que ocorreu pouco antes das medidas, com um acumulado de 54,4 mm (entre os dias 28/01/2020 e 04/02/2020). Como a resistência do solo à penetração das raízes está diretamente relacionada à umidade do solo, a pluviosidade pode ter inibido o efeito dos tratamentos neste ciclo.

Os valores de resistência do solo à penetração (RP) e da umidade do solo ( $\theta$ ) nas camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm do solo, submetidos as duas condições de cobertura morta na superfície do solo e os três sistemas de cultivos, observados nos dois ciclos de cultivo, são apresentados na Tabela 2. Não houve interação entre as fontes de variação em nenhuma das camadas avaliadas. Na camada de 0-10 cm a RP diminuiu com o aumento da umidade do solo, neste mesmo intervalo de tempo ( $p<0,05$ ). Não houve efeito da cobertura morta e dos sistemas de cultivo sobre os valores de RP e  $\theta$  nesta camada ( $p>0,05$ ).

Na camada intermediária de 10-20 cm, não foi observada diferença nos valores de RP entre os ciclos, mas a umidade do solo foi maior no segundo ciclo ( $p<0,05$ ). Nesta camada a cobertura morta proporcionou menor resistência do solo à penetração independente do ciclo e dos sistemas de cultivo ( $p<0,05$ ). Houve maior retenção de água na camada de 10-20 cm na presença de cobertura morta no solo ( $p<0,05$ ). Isto significa que a cobertura morta no solo promoveu maior retenção de água comparada as parcelas sem cobertura morta, diminuindo as forças de coesão entre as partículas do solo, reduzindo sua resistência à penetração das raízes nesta camada (Silveira et al., 2020). Não foram observados efeitos significativos dos sistemas de cultivo nas duas variáveis.

Na profundidade de 20-30 cm, a RP e a umidade não diferiram entre os ciclos. No entanto, onde adicionou-se cobertura no solo, ocorreu redução da RP, mas não houve efeito na umidade do solo entre as parcelas. A resistência não diferiu entre os sistemas de cultivo, mas houve efeito na umidade do solo ( $p<0,05$ ). Nesta profundidade a umidade do solo foi menor no cultivo de milho solteiro e maior no consórcio entre milho e feijão-guandu.

Gramíneas como o milho possuem um sistema radicular capazes de adentrar o solo em grandes profundidades, juntamente com o feijão-guandu que possui um sistema

radicular agressivo, utilizado inclusive na recuperação de solos compactados (Azevedo, Ribeiro e Azevedo, 2007; Aguiar et al., 2012). Além disso, sua arquitetura permite maior cobertura do solo quando consorciado com o milho, diminuindo a incidência direta dos raios solares, reduzindo a temperatura da superfície do solo e a evaporação da água do solo, contribuindo para o armazenamento de água em profundidade (Liu et al., 2017).

Na Tabela 3 encontram-se as médias de densidade do solo ( $D_s$ ), condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ), sorvidade ( $S$ ) e porosidade total ( $P$ ) do solo em três períodos de avaliação. Não houve efeito dos tratamentos na densidade do solo em nenhum dos períodos de avaliação ( $p > 0,05$ ). Entretanto, de acordo com os limites estabelecidos por Reynolds et al. (2007; 2009) e Canarache (1990), a densidade do solo de todas as parcelas permaneceram acima do limite crítico superior ( $> 1,25 \text{ Mg m}^{-3}$ ) com tendência ao aumento ao longo dos ciclos. Esse aumento ao longo do tempo possui relação direta com a diminuição da porosidade total.

Apesar dos limites estabelecidos por estes autores, outros estudos mostraram que para solos arenosos densidades de até  $1,7 \text{ Mg m}^{-3}$  não interferem de maneira crítica o crescimento radicular das plantas (Reichert et al., 2003). Esse aumento na  $D_s$  também está relacionado com a qualidade da água de irrigação, pois a mesma possuía alta concentração de sais.

A condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ) não diferiu entre os tratamentos em nenhum dos períodos de avaliação ( $p > 0,05$ ). Mesmo com o aumento na densidade do solo e redução na porosidade total ao longo do tempo, a  $K_s$  permaneceu dentro da faixa ideal de qualidade do solo ( $0,005 > K_s > 0,05$ ). Os valores de condutividade hidráulica saturada dentro da faixa considerada ideal, indica adequado movimento de água dentro da zona radicular e facilidade de fornecimento de nutrientes às plantas (Eze et al., 2020).

A sorvidade ( $S$ ) do solo também não apresentou diferenças significativas em função da cobertura morta e dos sistemas de cultivo em nenhum dos períodos avaliados ( $p > 0,05$ ). Entretanto, nota-se que houve uma redução desta propriedade ao longo do tempo. Como a sorvidade está relacionada com o fenômeno de capilaridade, uma maior umidade inicial do solo no momento do ensaio de infiltração diminui a força de sorção da água na camada superficial (Souza et al., 2008).

A porosidade total do solo não diferiu entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Entretanto, nota-se uma diminuição da porosidade entre os períodos, o que reflete diretamente no aumento da densidade do solo entre a caracterização inicial e o segundo ciclo de avaliação (Tabela 3), bem como a resistência à penetração ( $RP$ ) (Tabela 2). Essa redução da

porosidade na camada superficial pode estar relacionada com o volume de raízes ocupando os macroporos do solo.

Não foram observados efeitos significativos da cobertura morta nas propriedades físico-hídricas do solo. No entanto, vale ressaltar que o tempo de avaliação deste ensaio foi relativamente curto comparado aos demais estudos encontrados na literatura.

#### **4 CONCLUSÕES**

O uso da cobertura morta mostrou-se benéfico para o cultivo de milho, independentemente do sistema de cultivo, uma vez que promoveu maior redução da resistência do solo à penetração das raízes com o tempo.

Os sistemas de consórcio do milho com as leguminosas não influenciaram as propriedades físico-hídricas do solo nesta pesquisa. Entretanto, novos estudos devem ser realizados considerando outros fatores, como tempo de cultivo e espécies utilizadas.

A associação entre cobertura morta e cultivo de milho em consórcio não proporcionou mudanças significativas nas propriedades físico-hídricas do solo nesta pesquisa. No entanto, o estudo deve continuar para averiguar as mudanças no solo em um período maior de tempo.

#### **5 APOIO FINANCEIRO E/OU INSTITUCIONAL**

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga (ONDACBC).

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

#### **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGUIAR, A.A.S.; MATIAS, S.S.R.; SOUZA, R.R.; SILVA, R.L. & NOBREGA, J.C.A. Desenvolvimento do milho sob adubação orgânica no município de Corrente – PI. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.7, n. 4, p. 90-96, 2012.

ALMEIDA, M. C. R.; LEITE, M. L. M. V.; SÁ JUNIOR, E. H.; CRUZ, M. G.; MOURA, G. A.; MOURA, E. A.; SÁ, G. A. S. & LUCENA, L. R. Crescimento vegetativo de milho sob diferentes disponibilidades hídricas. **Magistra**, v. 29, n. 2, p.161-171, 2017.

ALMEIDA, M.C.R.; LEITE, M.L.M.V.; SOUZA, L.S.B.; SIMÕES, V.J.L.; PESSOA, L.G.M.; LUCENA, L.R.R.; CRUZ, M.G. & SÁ JUNIOR, E.H. Agronomic characteristics of the *Pennisetum glaucum* submitted to water and saline stresses. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, e50468, 2021. DOI: 10.4025/actascianimsci.v43i1.50468.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711–728, 2013. DOI: doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da FAPES**, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.

BALBINOT JUNIOR, A. A., DE MORAES, A., PELISSARI, A., DIECKOW, J., & DA VEIGA, M. O Nitrogênio afeta a produção e a composição botânica em pastagem de gramíneas consorciadas com leguminosas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.7, n.2, p.119-126, 2008.

BEZERRA, A. K.P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B. & GHEYI H. R. B. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 05, p. 1075-1082, 2010. DOI: doi.org/10.1590/S0100-06832014000600021.

BRASILEIRO, R.S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, v.5, n.5, 2009.

BROOKS, R. H. & COREY, A. T. Hydraulic properties of porous media. **Hydrology Paper**,v.3, p.1-27. 1964.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S. & BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v.69, n.1, p. 77-86, 2010.

CANARACHE, A. PENETR. A generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soiland Tillage Research**, v. 16, n. 1-2, p. 51-70, 1990.

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S. & COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um podzólico VermelhoAmarelo e cambico fase terraco sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.257-265, fev. 1999. DOI: doi.org/10.1590/S0100-204X1999000200015.

CORRÊA, R.M.; FREIRE, M.B.G.S.; FERREIRA, L.R.C.; SILVA, J.A.A.; PESSOA, L.G.M.; MIRANDA, M.A. & MELO, D.V.M. Atributos físicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.358–365, 2010. DOI: 10.1590/S1415-43662010000400003.

DANTAS, J.N.; OLIVEIRA T.S.; MENDONÇA, E.S. & ASSIS, C.P. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.18–26, 2012. DOI: doi.org/10.1590/S1415-43662012000100003

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém, PA, 2011.

DONG, W.; SI, P.; LIU, E.; YAN, C.; ZHANG, Z. & ZHANG, Y. Influence of film mulching on soil microbial community in a rainfed region of northeastern China. **Scientific Reports**. v.7, 8468, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-08575-w.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O. & SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Revista Franco-brasileira de Geografia**, n. 37, 2018. DOI: doi.org/10.4000/confins.15738

EL-WAHED, M. A., BAKER, G. A., ALI, M. M., & EL-FATTAH, F. A. A. Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil salinity. **Scientia Horticulturae**, v.225, p.235-242, 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** (3 ed., 353 p). Brasília: Embrapa Solos, 2013.

EZE, S.; DOUGILL, A. J.; BANWART, S. A.; HERMANS, T. D. G.; LIGOWE, I. S. & THIERFELDER, C. Impacts of conservation agriculture on soil structure and hydraulic properties of Malawian agricultural systems. **Soil & Tillage Research**, v. 201, 2020. DOI: doi.org/10.1016/j.still.2020.104639.

FREITAS, D.A.F.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L. & CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 417-428, 2012. DOI: doi.org/10.1590/S1806-66902012000300002.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. & GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudo básico e aplicado (2 edição, 504 p.), INCTSal, Fortaleza, 2016.

GLAZE-CORCORAN, S.; HASHEMI, M.; SADEGHPOUR, A.; JAHANZAD, E.; AFSHAR, R. K.; LIU, X. & HERBERT, S. J. Understanding intercropping to improve agricultural resiliency and environmental sustainability. **Advances in Agronomy**, 2020. DOI: doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.004.

HAVERKAMP, R. et al. **Soil properties and moisture movement in the unsaturated zone**. In: Delleur, J.W. (Ed.), *The Handbook of Groundwater Engineering*. CRC, 2006. pp. 6.1– 6.59.

KADER, M.A, SENGE, M., MOJID, M.A, E ITO, K. Avanços recentes em materiais de cobertura morta e métodos para modificar o ambiente do solo. **Soil and Tillage Research**, v.168, p.155-166, 2017.

LASSABATÈRE, L.; ANGULO-JARAMILLO, R.; UGALDE, J.M.S.; CUENCA, R.; BRAUD, J. & HAVERKAMP, R. Beerkan estimation of soil transfer parameters through infiltration experiments – BEST. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.70, p.521-532. 2006. DOI: doi.org/10.2136/sssaj2005.0026.

LIU, Y., MAO, L., HE, X., CHENG, G., MA, X., AN, L., FENG, H. Rapid change of AM fungal community in a rain-fed wheat field with short-term plastic film mulching practice. **Mycorrhiza**, v.22, p. 31–39, 2012.

LIU, X.; RAHMAN, T.; SONG, C.; SU, B.; YANG, F.; YONG, T.; WU, Y.; ZHANG, C. & YANG, W. Changes in light environment, morphology, growth and yield of soybean in maize–soybean intercropping systems, **Field Crops Research**, v.200, p. 38-46, 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.fcr.2016.10.003.

LI, S.X., WANG, Z.H., LI, S.Q., GAO, Y.J., TIAN, X.H. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China. **Agriculture Water Management**. 116, 39–49, 2013.

LUCENA, L.R.R.; LEITE, M.L.M.V.; ALMEIDA, M.C.R; SIM'ONES, V.J.L.P.; . Millet survival submitted to associated stress using generalized gamma and Burr XII distribution. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e895998308, 2020. DOI: dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8308.

MONTENEGRO, A. A. A.; ABRANTES, J. R. C. B.; LIMA, J.L.M.P.; SINGH, V.P. & SANTOS, T.E.M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermitente simulated rainfall. **Catena**, v. 109, p. 139-149, 2013.

NELSON, W. C. D., HOFFMANN, M. P., VADEZ, V., ROETTER, R. P., & WHITBREAD, A. M. Testing pearl millet and cowpea intercropping systems under high temperatures. **Field crops research**, 217, 150-166, 2018.

NESPOLI, A.; SEABRA JÚNIOR, S.; DALLACORT, R. & PURQUERIO, L.F.V. Consórcio de alface e milho verde sobre cobertura viva e morta em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v.35, n.3, p.453-457, 2017. DOI: doi.org/10.1590/s0102-053620170323.

OLIVEIRA, F.L.; RIBEIRO, R.L.D.; SILVA, V.V.; GUERRA, G.G. & ALMEIDA, D.L. Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.638-641, 2004. DOI: doi.org/10.1590/S0102-05362004000300028.

QUINTANILLA-TORNEL, M. A., WANG, K. H., TAVARES, J., & HOOKS, C. R. Effects of mulching on above and below ground pests and beneficials in a green onion agroecosystem. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 224, p. 75-85, 2016.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ci. Amb.**, 27:29-48, 2003.

REYNOLDS, W.D et al. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. **Soil and Tillage Research**, v.96, p.316–330, 2007.

REYNOLDS, W. D. et al. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. **Geoderma**, v. 152, n. 3-4, p. 252-263, 2009.

RHAMA, A.E.; WARRINGTON, D.N. & LEI, T. Efficacy of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 7, n. 4, p. 335-345, 2019.

SADEGHPOUR, A.; JAHANZAD, E.; ESMAEILI, A.; HOSSEINI, M. B.; HASHEMI, M. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi- arid conditions: Additive series. **Field Crops Research**, v. 148, p. 43–48, 2013.

SCHRÖDER, D., KÖPKE, U. Faba bean (*Vicia faba* L.) intercropped with oil crops – a strategy to enhance rooting density and to optimize nitrogen use and grain production? **Field Crop Res.** v.135, p.74–81, 2012.

SHEAHAN, C.M., Plant Guide for Pearl Millet (*Pennisetum Glaucum*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May, NJ, 2014a.

SILVEIRA, D. C. et al. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.659-667, 2020.

SILVA, R.R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.5, 2010. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000500011](https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500011).

SIMÕES, V.J.L.P. et al. Utilização de bioestimulante e extrato vegetal no milheto submetido a estresse salino. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e1079108318, 2020. DOI: [dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8318](https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8318).

SOUZA, E. S. et al. Variabilidade espacial dos parâmetros hidrodinâmicos de duas parcelas agrícolas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1795-1804, 2008.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de formulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.249-252, 1991.

STOLF, R. et al. Response to Comments on Simultaneous Measurement of Soil Penetration Resistance and Water Content with a Combined Penetrometer–TDR Moisture

Probe" and A Dynamic Cone Penetrometer for Measuring Soil Penetration Resistance. **Soil Science Society of America Journal**, v.69, p.927-929, 2005.

TAYLOR, J. R. N. **Millet Pearl: Overview**. Encyclopedia of Food Grains, Second Edition, p. 190-198, South Africa, 2016.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

Team Core R. 2017. **A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: Austria.

TIRITAN, C. S., SANTOS, D. H., MINUTTI, C. R., FOLONI, J. S. S., & CALONEGO, J. C. Bromatological composition of sorghum, millet plant and midgetguandu at different cut times in intercropping and monoculture. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 35(2), 183-190, 2013.

VAN GENUCHTEN, M. T. et al. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p.892-898, 1980.

ZHANG, G.S., HU, X.B., ZHANG, X.X., LI, J. Effects of plastic mulch and crop rotation on soil physical properties in rain-fed vegetable production in the mid Yunnan plateau, China. **Soil Tillage Res.** v.145, p.111–117, 2015.

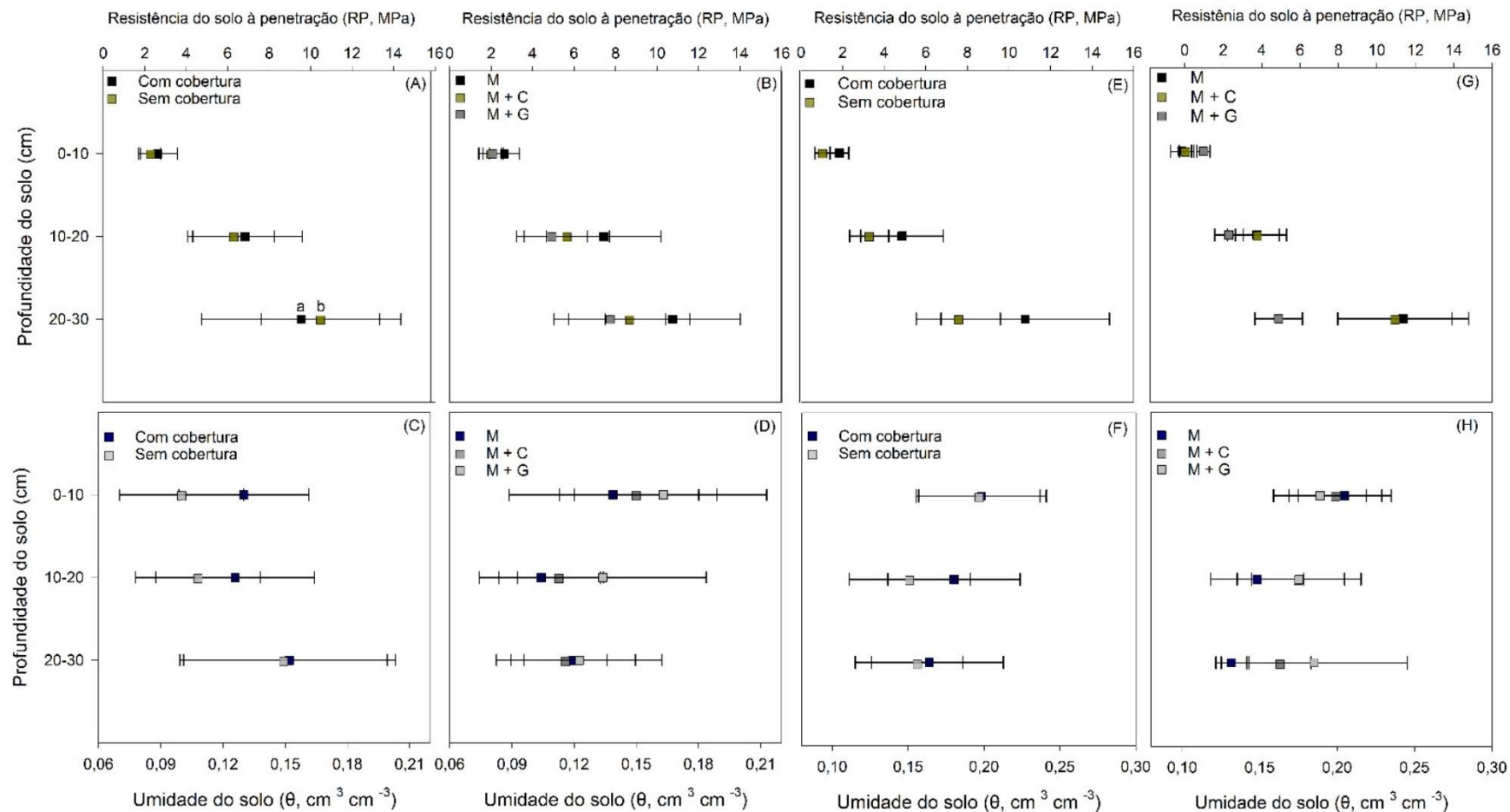
ZHANG, Y., HAN, H., ZHANG, D., LI, J., GONG, X., FENG, B., ... & YANG, P. Effects of ridging and mulching combined practices on proso millet growth and yield in semi-arid regions of China. **Field Crops Research**, v.213, p.65-74, 2017.



**Tabela 1:** Porcentagem de areia, silte, argila e densidade solo nas profundidades de 0 a 20 cm e 0 a 40 cm.

Profundidade	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe textural
0-20 cm	77,41±3,37	16,43±3,67	6,15±0,72	Franco Arenosa
20-40 cm	73,51±4,29	17,47±5,38	9,03±2,15	Franco Arenosa
p-valor	0,09	0,71	0,05	

Média±desvio padrão não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade



**Figura 3:** Resistência do solo à penetração (RP, Mpa) e umidade do solo ( $\theta$  cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) até os 30 cm de profundidade (camadas de 10 cm) em solo cultivado com e sem cobertura morta, em três sistemas de cultivo, sendo eles: milho solteiro (M), milho em consórcio com feijão-caupi (M + C) e milho em consórcio com feijão-guandu (M + G) no primeiro ciclo (A, B, C e D) e segundo ciclo (E, F, G e H). Média ± desvio padrão seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

**Tabela 2:** Resistência do solo à penetração (RP, MPa) e conteúdo volumétrica de água no solo ( $\theta$ ,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) nas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm em função dos ciclos de cultivo, da presença e ausência de cobertura morta no solo e dos sistemas de cultivo, sendo eles, milho solteiro, milho em consórcio com feijão-caupi e milho em consórcio com feijão-guandu.

Resistência do solo à penetração (RP, MPa)			
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Ciclo 1	2,12±0,51 A	5,70±2,01	8,68±2,85
Ciclo 2	0,97±0,23 B	2,85±1,00	6,50±3,28
p-valor	0,01	0,08	0,48
Com cobertura	1,44±0,60	3,78±1,72 B	6,27±2,04 B
Sem cobertura	1,65±0,68	4,78±2,41 A	8,81±4,32 A
p-valor	0,13	0,04	0,003
Milho	1,52±0,76	4,81±2,47	8,30±3,67
Milho + Caupi	1,51±0,50	4,39±2,03	7,91±3,60
Milho + Guandu	1,51±0,52	3,61±1,43	6,33±2,45
p-valor	0,80	0,15	0,17
Umidade do solo ( $\theta$ , $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )			
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Ciclo 1	0,12±0,03 B	0,11±0,03 B	0,14±0,04
Ciclo 2	0,20±0,03 A	0,17±0,04 A	0,16±0,04
p-valor	0,002	0,01	0,44
Com cobertura	0,16±0,04	0,15±0,04 A	0,16±0,05
Sem cobertura	0,15±0,06	0,13±0,04 B	0,15±0,04
p-valor	0,27	0,04	0,72
Milho	0,16±0,04	0,13±0,03	0,14±0,03 B
Milho + Caupi	0,16±0,04	0,14±0,04	0,16±0,03 AB
Milho + Guandu	0,16±0,05	0,15±0,05	0,17±0,05 A
p-valor	0,87	0,10	0,02

Médias  $\pm$  desvio padrão seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

**Tabela 3:** Densidade do solo (Ds, Mg m<sup>-3</sup>), condutividade hidráulica saturada (Ks, mm s<sup>-1</sup>), sorvidade (S, mm s<sup>-1/2</sup>) e porosidade total (P, cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) na camada de 0-20 cm de um solo cultivado com e sem cobertura morta e três sistemas de cultivo, milho solteiro, milho em consórcio com feijão-caupi e milho em consórcio com feijão-guandu em três períodos de avaliação (caracterização inicial, 60 dias após a emergência do milho e 60 dias após o primeiro corte do milho)

Tratamentos	Ds	Ks	S	P
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>Caracterização inicial</b>			
Presença (CC)	1,33±0,15	0,04±0,01	1,10±0,16	0,53±0,05
Ausência (SC)	1,29±0,10	0,05±0,02	1,12±0,21	0,53±0,05
p-valor	0,72	0,30	0,78	0,89
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>				
Solteiro (Milheto)	1,26±0,18	0,04±0,00	1,10±0,19	0,55±0,04
Consórcio (Milheto + Caupi)	1,29±0,07	0,05±0,02	1,19±0,22	0,54±0,05
Consórcio (Milheto + Guandu)	1,37±0,11	0,04±0,02	1,05±0,16	0,50±0,05
p-valor	0,67	0,66	0,64	0,13
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>60 dias após a emergência</b>			
Presença (CC)	1,37±0,15	0,05±0,03	1,10±0,50	0,50±0,03
Ausência (SC)	1,29±0,13	0,03±0,02	1,15±0,37	0,53±0,04
p-valor	0,57	0,33	0,85	0,51
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>				
Solteiro (Milheto)	1,30±0,13	0,03±0,02	1,24±0,56	0,51±0,04
Consórcio (Milheto + Caupi)	1,31±0,16	0,04±0,02	0,88±0,27	0,52±0,05
Consórcio (Milheto + Guandu)	1,39±0,13	0,05±0,03	1,25±0,38	0,52±0,05
p-valor	0,24	0,79	0,34	0,99
<b>T1- Cobertura morta</b>	<b>60 dias após o primeiro corte</b>			
Presença (CC)	1,49±0,09	0,03±0,02	0,59±0,08	0,43±0,06
Ausência (SC)	1,55±0,19	0,02±0,02	0,58±0,16	0,42±0,04
p-valor	0,35	0,65	0,94	0,41
<b>T2 - Sistema de Cultivo</b>				
Solteiro (Milheto)	1,56±0,19	0,03±0,02	0,70±0,14	0,43±0,06
Consórcio (Milheto + Caupi)	1,44±0,12	0,02±0,02	0,59±0,14	0,43±0,02
Consórcio (Milheto + Guandu)	1,56±0,12	0,02±0,01	0,45±0,09	0,42±0,07
p-valor	0,06	0,56	0,33	0,97

Média±desvio padrão seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.