

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

**RAFAEL LUIS SILVA DE MEDEIROS**

**EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E RELAÇÕES HÍDRICAS  
EM SORGO IRRIGADO COM ÁGUA DE REÚSO**

**RECIFE**

**2023**

Rafael Luis Silva de Medeiros  
Engenheiro Agrônomo

**Eficiência fotossintética e relações hídricas  
em sorgo irrigado com água de reúso**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Edivan Rodrigues de Souza

Coorientadora: Dr<sup>a</sup> Monaliza Alves dos Santos

**Recife  
2023**

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)

---

M488e Medeiros, Rafael Luis Silva de  
EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E RELAÇÕES HÍDRICAS EM SORGO IRRIGADO COM ÁGUA DE REÚSO /  
Rafael Luis Silva de Medeiros. - 2023.  
63 f. : il.

Orientador: Edivan Rodrigues de Souza.  
Coorientadora: Monaliza Alves dos Santos.  
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Recife, 2023.

1. Potencial hídrico. 2. Trocas gasosas. 3. Efluxo de CO<sub>2</sub>. 4. Respiração basal do solo. I. Souza, Edivan Rodrigues de, orient. II. Santos, Monaliza Alves dos, coorient. III. Título

---

CDD 631.4

RAFAEL LUIS SILVA DE MEDEIROS

**Eficiência fotossintética e relações hídricas  
em sorgo irrigado com água de reúso**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Aprovada em 28 de Março de 2023

---

Prof. Dr. Edivan Rodrigues de Souza

Orientador

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Abelardo Antônio de Assunção Montenegro

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

---

Dr<sup>a</sup>: Monaliza Alves dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho em especial ao meu filho Davi Luis por toda compreensão, paciência e por me ensinar o verdadeiro sentido da vida. Aos meus avôs João Paulino de Medeiros (in memoriam) e Manoel Francisco da Silva (in memoriam) e minhas avós Maria das Dores (in memoriam) e Jecina Delminda pelo exemplo de sinceridade, humildade, perseverança e incentivos aos estudos dos seus filhos e netos. Aos meus pais Ricardo Luis de Medeiros e Rozana Maria Silva de Medeiros, por todo o apoio de sempre. Ao meu irmão Robson Luis Silva de Medeiros, pelo apoio, compreensão, inspiração e amor. Aos seres humanos que tentam fazer um mundo melhor para se viver.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me proporcionado o dom da verdadeira riqueza humana. A vida, a saúde, a sabedoria, as energias, as fortalezas, a humildade, o amor, a coragem, a perseverança, e os trabalhos que foram tantos.

Aos meus pais Ricardo Luis de Medeiros e Rozana M<sup>a</sup> Silva de Medeiros, por todos os ensinamentos, sendo o maior deles o amor incondicional, exemplo e caráter.

Ao meu filho Davi Medeiros, por todo o amor, compreensão, paciência, e por aceitar a minha ausência física em alguns momentos e ter me ensinado o verdadeiro sentido da vida. E sua mãe Julia Dias, Compadre José Luiz e Comadre Lidiane por toda ajuda e apoio em sua educação. Ao meu irmão Robson Medeiros, por toda inspiração, auxílio, sabedoria, exemplo e amor. Aos meus primos, Alex Eleutério, Saulo Aislan e Junivan por todos os momentos vividos e compartilhados, sempre levarei vocês comigo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edivan Rodrigues de Souza, por todo apoio, ser sempre acessível e por todos os ensinamentos acadêmicos, além dos valores repassados.

A minha coorientadora Dr<sup>a</sup>. Monaliza Alves dos Santos, por todo apoio e parceria ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

A todos meus orientadores e professores, em especial Dr. Leornado Dantas, Dr. Raphael Beirigo e Dra. Hemmannuella Santos, pela oportunidade e por todos os ensinamentos repassados, tanto acadêmicos, como ensinamentos sobre a vida e por toda amizade formada. A todos os Professores do PPGCS, em especial Dr. Jean, Dra. Giselle e Dr. Ademir, além da nossa secretária Socorro.

A todos os meus familiares, tanto da família Medeiros, como da família Silva (Flor), por todo apoio, compreensão, amor e por todos os momentos vividos.

Ao meu Tio, Gabriel da Silva, pelo companheirismo, inspiração, lições de vida, filosofias, humildade, apoio, ajuda e coragem para conquistar o mundo, principalmente o mundo imaginário. A minha Tia do coração Hozana, que me acolheu em Recife-PE, com seus almoços de domingo, sendo símbolo de amor, esperança e perseverança.

Aos idealizadores do projeto MAI-DAI, pelo apoio, conhecimento, o esforço para com esta pesquisa, por todo incentivo a pesquisa e procura da melhoria de vida dos mais necessitados, um agradecimento em especial ao Dr. Abelardo Montenegro e Dr. Mário Lira, por todo esforço e tempo dedicado ao projeto MAI-DAI.

A FACEPE pelo apoio e incentivo financeiro para que este trabalho fosse realizado e de tantas outras pesquisas no estado de Pernambuco, e pela concessão da bolsa, o que tornou que este trabalho fosse realizado. A UFRPE pela infraestrutura proporcionada, e ao programa PPGCS pela estrutura e professores de excelência.

A banca composta pela Dr<sup>a</sup>. Monaliza Alves e Prof. Dr. Abelardo Montenegro por todas as contribuições com este trabalho.

Aos meus grandes amigos (irmãos) da escola para a vida, Tales Emanuel, Matheus Maia (Roma), Marcelo Augusto, Thainá Cândido, Rodrigo Domingos (Bicho do mato), Júlio César, Juanderson Moura (Juju), Ronaldo Costa (Chefe), José Fidelis, Rodrigo Macedo (Yes), Fernando Henrique, Marcelo Abreu, Marcio José, Matheus Alves, Felipe Buateiro, Eduardo (Noninha), Juninho, Pedro Otávio, Madrinha Deta, Madrinha Ângela, João Paulo, Vinicius Senna (Bahia), Raiff Ramos(Sumitomo), e Lucas Villar por toda ajuda e momentos compartilhados.

A Estação Experimental de Tratamento e Reúso de Esgotos Domésticos do Distrito de Mutuca, Pesqueira-PE, pelo espaço cedido para a realização da pesquisa e ao funcionário Seu Cícero por todo apoio.

Aos companheiros de Pesquisa Aline Tomaz, Belchior Trigueiro, Isabel Correia, Gabriel Novaes, Ailton e William, pelo apoio e por todo trabalho realizado.

À toda minha turma de Mestrado 2021.1, por todos os momentos vividos de estudos, companheirismo, trabalho e alegria. Em especial Vitória Britto, Henrique Medeiros, Edilson, Rayanna Jaques, Pedro, Karol e Giórgia.

Aos amigos que fiz durante este tempo em Recife, em especial Tiago Cavalcante, Danillo Dutra, Cintia Gouveia, Franklone Lima e Luiz Henrique pelos ensinamentos, conversas, apoio na pesquisa e amizade criada.

A minha amiga Jaciane Rosa, por toda amizade, companheirismo e momentos vividos na pós-graduação, tantos os bons, quantos maus momentos compartilhados.

Aos integrantes do grupo de pesquisa Solo-Água-Planta (SAP), que não mediram esforços para que este trabalho fosse realizado com êxito: Monaliza, Jaciane, Francisco, Lucas, José Alfredo, Kauê, Fabiano, Welligton (Well), Cícero e Victor.

Aos funcionários e motoristas da UFRPE, Eudes, Pedro, Vera, Emerson (Chicão), Josivan e Alexandre, pelo apoio durante a realização desta pesquisa.

Aos locais que trabalhei e aos funcionários da Churrascaria e Pizzaria Padre Ibiapina, a pizzaria Sabore D'Itália, ao Pesque e Pague Restaurante Jardim, ao Buffet Dona Maria e ao Buffet do Chefe Carlinhos, pelo apoio e oportunidade de trabalhar e pelas amizades construídas. A Agropecuária Campinense LTDA, pela oportunidade de trabalhar no setor Agro, que a cada dia venho aprendendo e colocando meus conhecimentos em prática, em especial a Seu Pedro, Matheus e Patrícia, pelos ensinamentos e convívios diários.

**MUITO OBRIGADO A TODOS, VOCÊS CONTRIBUÍRAM COM MINHA FORMAÇÃO PROFISSIONAL E HUMANA!**

"[...] Metade de mim é feita de sonhos e a outra metade é de lutas [...]"

(Vladimir Maiakovski)

[...] Maktub, particípio passado do verbo kitab. É a expressão característica do fatalismo muçulmano. Maktub significa: estava escrito ou melhor: tinha que acontecer, essa expressiva palavra dita nos momentos de dor ou angústia. Não é um brado de revolta contra o destino, mas sim a reafirmação do espírito plenamente resignado, diante dos desígnios da vida [...].

(Vida longa, mundo pequeno. Oriente).



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização do município, onde foi realizado o estudo da pesquisa em Pesqueira, Pernambuco, Brasil .....	25
<b>Figura 2</b> - Croqui da unidade experimental de Mutuca, Pesqueira-PE .....	27
<b>Figura 3</b> - Precipitação de abril a outubro de 2022, na área experimental de Mutuca, Pesqueira-PE .....	28
<b>Figura 4</b> - Locais de instalação dos colares de acesso para Efluxo de CO <sub>2</sub> nos quatro blocos na área experimental de Mutuca, Pesqueira-PE, sendo a coleta de solo para análise de respiração basal do solo feita ao lado dos colares .....	33
<b>Figura 5</b> - Fotossíntese líquida (A) do sorgo ( <i>S. sudanense</i> ), irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos .....	36
<b>Figura 6</b> - Transpiração (E) do sorgo ( <i>S. sudanense</i> ) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos .....	37
<b>Figura 7</b> - Condutância estomática (gs) do sorgo ( <i>S. sudanense</i> ) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos .....	38
<b>Figura 8</b> - Relação da Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) e concentração externa de CO <sub>2</sub> (Ca) do sorgo ( <i>S. sudanense</i> ) Ci/Ca irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos .....	39
<b>Figura 9</b> - Florescência máxima (F <sub>m</sub> ) do sorgo ( <i>S. sudanense</i> ) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos .....	40
<b>Figura 10</b> - Rendimento quântico máximo do fotossistema II (F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> ) do sorgo ( <i>S. sudanense</i> ) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos .....	41
<b>Figura 11</b> - Potencial hídrico do sorgo ( <i>S. sudanense</i> ) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos.....	43
<b>Figura 12</b> - Potencial Osmótico do sorgo ( <i>S. sudanense</i> ) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da análise granulométrica e densidade de partículas do solo da área de pesquisa.....	29
Tabela 2 - Caracterização da análise química do solo da área de pesquisa.....	30
Tabela 3 - Pigmentos do sorgo ( <i>S. sudanense</i> ) para diferentes tratamentos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com presença e ausência de cobertura morta.....	42
Tabela 4 - Efluxo de CO <sub>2</sub> do solo em diferentes manejos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, em diferentes períodos.....	45
Tabela 5- Respiração Basal do Solo (RSB) em diferentes manejos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, em diferentes períodos .....	46
Tabela 6- Umidade Gravimétrica do solo em diferentes manejos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, em diferentes períodos.....	47
Tabela 7- Condutividade Elétrica (CE) do extrato da pasta saturada, em diferentes manejos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, em diferentes períodos.....	48

## Eficiência fotossintética e relações hídricas em sorgo irrigado com água de reúso

### Resumo

O Semiárido brasileiro apresenta distribuição das chuvas irregulares e pode-se observar períodos de estiagens, o que provoca a escassez de água e alimentação dos rebanhos. A utilização de água de reúso em plantações pode diminuir essa escassez de alimento para a agropecuária. O plantio consorciado entre Palma (*Opuntia stricta*) e Sorgo (*Sorghum sudanense*) é uma realidade no semiárido brasileiro, pois a Palma (*O. stricta*) já é bastante conhecida e difundida na região, já a cultura do sorgo vem ganhando destaque. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a performance fotossintética e relações hídricas do sorgo (*S. sudanense*) cultivado em plantio consorciado com a Palma em diferentes manejos com e sem a presença de cobertura morta, irrigadas com efluente de esgoto doméstico tratado em diferentes lâminas de irrigação, sendo elas 80%, 100% e 120% da evapotranspiração da cultura (ETc) do sorgo (*S. sudanense*). O trabalho foi realizado no município de Pesqueira-PE, na estação experimental de tratamento e reúso de esgotos domésticos do distrito de mutuca. Foram avaliados as trocas gasosas foliar, o potencial hídrico, potencial osmótico, fluorescência da clorofila a e pigmentos fotossintéticos no sorgo (*S. sudanense*). No solo, foram avaliadas as características físicas, químicas e biológicas para caracterização, sendo avaliados em relação ao tempo o efluxo de CO<sub>2</sub>, respiração basal do solo, umidade gravimétrica do solo e condutividade elétrica. Os resultados da análise da variância das variáveis de trocas gasosas: fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e condutância estomática (gs) apresentaram diferenças significativas pelo teste de Scott-Knnot, a 5% de probabilidade, para a presença de cobertura morta, sem diferença significativa entre as lâminas de irrigação avaliadas. Para a relação da concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e concentração externa de CO<sub>2</sub> (Ca) e pigmentos fotossintéticos não foi observado diferença significativa. O potencial hídrico e potencial osmótico, foi observada diferença significativa, tendo um destaque para o tratamento com a presença de cobertura morta com 100% de ETc, obtendo os maiores valores. Já para as avaliações de efluxo de CO<sub>2</sub>, respiração basal do solo, umidade gravimétrica e condutividade elétrica, apresentaram diferença significativa entre a presença a ausência de cobertura morta. As trocas gasosas, potencial hídrico, potencial osmótico, fluorescência da clorofila a e as análises microbianas foram influenciadas pelos tratamentos utilizados nesta pesquisa, sendo o manejo com cobertura morta com a presença de lâmina de irrigação de 100% de ETc, tendo os maiores valores significativos. O efluxo de CO<sub>2</sub> e respiração basal do solo tiveram um aumento nos seus valores em relação aos períodos avaliados, indicando que o uso da cobertura morta e lâminas de irrigação de água de reúso, proporcionam ambiente propício para o aumento da microbiota do solo.

**Palavras-chave:** Potencial hídrico. Trocas gasosas. Efluxo de CO<sub>2</sub>. Respiração basal do solo.

## Photosynthetic efficiency and water relations in sorghum and forage cactus irrigated with reuse water

### Abstract

The Brazilian semi-arid region presents irregular rainfall distribution and periods of drought can be observed, which causes shortages of water and food for livestock. The use of reuse water in plantations can reduce this shortage of food for animals. Intercropping planting forage cactus (*Opuntia stricta*) and Sorghum (*Sorghum sudanense*) is a reality in the Brazilian semi-arid region, as forage cactus (*Opuntia stricta*) is already well known and widespread in the region, while sorghum cultivation is gaining prominence. In view of this, the objective of this work was to evaluate the photosynthetic performance and water relations of sorghum (*S. sudanense*) cultivated in plantation intercropped with forage cactus in different managements with and without the presence of mulch, irrigated with effluent from domestic sewage treated in different irrigation depths, being 80%, 100% and 120% of crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) of sorghum (*S. sudanense*). The work was carried out in the municipality of Pesqueira-PE, at the experimental station for the treatment and reuse of domestic sewage in the district of Mutuca. Were evaluated Leaf gas exchange, water potential, osmotic potential, chlorophyll a fluorescence and photosynthetic pigments in sorghum (*S. sudanense*). In the soil, the physical, chemical and biological characteristics were evaluated for characterization, being evaluated in relation to time the efflux of CO<sub>2</sub>, soil basal respiration, gravimetric soil moisture and electrical conductivity. The results of the variance analysis of the gas exchange variables: net photosynthesis (A), transpiration (E) and stomatal conductance (g<sub>s</sub>) showed significant differences by the Scott-Knnot test, at 5% probability, for the presence of mulch, with no significant difference between the evaluated irrigation depths. For the ratio of internal concentration of CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) and external concentration of CO<sub>2</sub> (C<sub>a</sub>) and photosynthetic pigments, no significant difference was observed. The water potential and osmotic potential, a significant difference was observed, with a highlight for the treatment with the presence of mulch with 100% of ET<sub>c</sub>, obtaining the highest values. As for the evaluations of CO<sub>2</sub> efflux, soil basal respiration, gravimetric moisture and electrical conductivity, there was a significant difference between the presence and absence of mulch. Gas exchange, water potential, osmotic potential, chlorophyll a fluorescence and microbial analyzes were influenced by the treatments used in this research, with mulch management with the presence of 100% ET<sub>c</sub> irrigation depth having the highest significant values. He CO<sub>2</sub> efflux and soil basal respiration had an increase in their values in relation to the evaluated periods, indicating that the use of mulch and reuse water irrigation depths, provide a propitious environment for the increase of soil microbiota.

**Keywords:** Water potential. Gas exchange. CO<sub>2</sub> efflux. Soil basal respiration.

## SUMÁRIO

1INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Hipóteses.....	16
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
2REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 Água de reúso e cobertura morta.....	18
2.2 A cultura do sorgo ( <i>Sorghum sudanense</i> ).....	20
2.3 A espécie <i>Opuntia stricta</i> .....	20
2.4 Estresse hídrico e salino.....	21
2.5 Avaliações fisiológicas de plantas sob estresses abióticos.....	22
2.6 Respiração basal do solo e Efluxo de CO <sub>2</sub> .....	23
3MATERIALE MÉTODOS.....	25
3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental.....	25
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	296
3.3 Coleta do solo.....	307
3.4 Caracterização química e física do solo e água de reúso.....	307
3.5 Manejo das Culturas.....	30
3.6 Avaliações Vegetais.....	18
3.7 Trocas gasosas foliares.....	18
3.8 Fluorescência da clorofila a.....	31
3.9 Pigmentos fotossintéticos.....	19
3.10 Potencial hídrico foliar.....	19
3.11 Potencial osmótico foliar.....	19
3.12 Efluxo de CO <sub>2</sub> .....	20
3.13 Respiração basal do solo.....	21
3.14 Umidade gravimétrica do solo.....	22
3.15 Monitoramento da Condutividade Elétrica (CE) e pH.....	22
3.16 Análise estatística.....	22
4RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Trocas gasosas.....	35

4.1.1	Fotossíntese líquida (A) .....	35
4.1.2	Transpiração.....	36
4.1.3	Condutância estomática .....	37
4.1.4	Relação da Concentração interna de CO <sub>2</sub> (C <sub>i</sub> ) e concentração externa de CO <sub>2</sub> (C <sub>a</sub> ) .....	38
4.2	Fluorescência da Clorofila a .....	39
4.2.1	Fluorescência máxima.....	27
4.2.2	Rendimento quântico máximo.....	28
4.3	Pigmentos Fotossintéticos .....	42
4.4	Potencial Hídrico Foliar do Sorgo.....	42
4.5	Potencial Osmótico Foliar .....	43
4.6	Efluxo CO <sub>2</sub> .....	44
4.7	Respiração Basal do Solo (RBS).....	45
4.8	Umidade Gravimétrica do Solo.....	46
4.9	Condutividade Elétrica (CE) .....	48
5	CONCLUSÕES .....	49
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Semiárido brasileiro engloba todos os estados da região Nordeste mais o norte do estado de Minas Gerais, ocupando 12% do território nacional. O Semiárido brasileiro é a região mais populosa do planeta Terra, abrigando cerca de 28 milhões de habitantes, apresentando flora e fauna adaptadas ao clima local, tendo como Bioma a Caatinga, tendo espécies vegetais caracterizadas pela queda das folhas no período de estiagem, sendo uma adaptação fisiológica diante da escassez de água. A fauna também é adaptada, possuindo algumas espécies de hábitos noturnos, comportamento migratório e processos fisiológicos, como a estivação, que é um tipo de hibernação em ambientes quentes. O Semiárido brasileiro é caracterizado pelos longos períodos de estiagem, chuvas mal distribuídas, geralmente, temperaturas elevadas, com a umidade relativa do ar baixa, apresentando déficit hídrico, baixo índice pluviométrico, além de apresentar solos por sua maioria jovens, com presença de fragmentos rochosos e textura do solo média (INSA, 2023).

As iminências de um futuro próximo indicam que ocorrerá crescimento populacional, devido a isto, a procura por alimentos também será ainda maior, dessa forma, o aumento da produtividade de alimentos, tanto na pecuária como na agricultura, serão ainda mais essenciais. O uso das regiões semiáridas para a produção de alimento em grande escala é uma realidade. Por isso, é importante a pesquisa sobre ciência e tecnologia, para que essa região seja uma grande produtora de alimentos. A utilização de tecnologias como a irrigação garante o aumento da produtividade e reduz o risco de perdas na produção por períodos de estiagem, principalmente em regiões semiáridas onde períodos de estiagens são frequentes, causando perda de lavouras, em alguns casos chegando a 100% de perda.

No Brasil o tratamento de esgoto doméstico em sua maioria ainda é deficitário ou inexistente, mas há unidades de tratamento de esgoto, onde as quais ajudam o meio ambiente por apresentar um destino final para o esgoto doméstico, além de trazer melhor qualidade de vida para a população. Após o tratamento do esgoto doméstico, o efluente torna-se uma alternativa para a agricultura no semiárido brasileiro, pois, o efluente, além de água apresenta nutrientes e matéria orgânica em sua composição. Dessa forma, enriquece o solo, fazendo com que os produtores tenham maiores e melhores produções, e principalmente evitar as perdas por estiagem e falta de água. Outro fator importante para grandes produções na região semiárida é a utilização de culturas que sejam adaptadas ao clima do semiárido brasileiro.



A cultura da palma forrageira (*Opuntia stricta*) é caracterizada por ser a principal fonte de alimento dos rebanhos no semiárido brasileiro, isto acontece pelo fato dos longos períodos de estiagem, que ocorre nessa região, sendo de grande importância para a sobrevivência dos rebanhos. Nestes períodos, que ocorre a escassez de alimento e água, a palma (*O. stricta*) fornece nutrientes, além disso apresenta 90% de água, sendo de suma importância para a sobrevivência dos rebanhos esta característica. Outro aspecto importante dessa cultura para o semiárido brasileiro é a via do metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), este tipo de metabolismo, auxilia a sobrevivência dessa cultura, existindo um controle de abertura e fechamento de estômatos, durante o dia e noite, evitando assim a perda de água para o ambiente, parte do processo de fotossíntese é realizado durante a noite, sendo isto uma adaptação fisiológica muito importante para a sobrevivência desta espécie no semiárido brasileiro.

O sorgo sudanense (*Sorghum sudanense*) é uma espécie que tem se destacado recentemente no semiárido brasileiro, pois seu principal uso é a alimentação animal, além disso é caracterizada por sua adaptabilidade ao clima da região, resistência a altas temperaturas e sua produção é alta. Um fator limitante para o sorgo (*S. sudanense*) no semiárido brasileiro é a precipitação irregular, devido aos cortes que são feitos durante o ciclo de produção, onde se faz necessário uma maior quantidade de água neste período pós corte, para que a cultura se restabeleça com vigor.

O plantio consorciado entre a palma forrageira (*O. stricta*) e o sorgo sudanense (*S. sudanense*) tem se tornado uma alternativa para a convivência com o semiárido. Visto que, o consórcio evita a geração de plantas daninhas e se obtendo um melhor aproveitamento da área. Enquanto se espera a colheita da palma (*O. stricta*) que ocorre geralmente em um ano com utilização de irrigação, nesse período é possível realizar em torno de três a quatro cortes no sorgo (*S. sudanense*), isto se torna possível em condições semiáridas, desde que tenha a presença da irrigação.

A utilização de cobertura morta em plantios vegetais no Nordeste é uma prática benéfica para a convivência com o semiárido, uma vez que, favorece a retenção de umidade, diminuindo as perdas por evaporação, além de proteger o solo da erosão, constituindo-se como uma estratégia de relevante para na região nordestina, sobretudo nos períodos de estiagem. Além disso, a utilização de efluente de esgoto tratado, neste sistema, torna-se uma alternativa viável, aumentando a disponibilidade hídrica e a fertilidade do solo, com conseqüente contribuição na produção dessas culturas.

As análises fisiológicas como fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática, potencial hídrico e potencial osmótico, permitem identificar e quantificar processos

metabólicos das plantas e a eficiência da fotossíntese, sendo a fotossíntese um processo que as plantas convertem energia solar em energia química, utilizando o produto em moléculas orgânicas. Sendo este processo o principal responsável pela entrada de energia na biosfera. Diante disso, a utilização do consórcio entre palma (*O. stricta*) e sorgo (*S. sudanense*), com a utilização de irrigação com efluente de esgoto tratado e a utilização de cobertura morta, torna-se uma alternativa para a convivência com o semiárido e requer investigações para produção de dados mais robustos sobre o tema, motivo pelo qual essa proposta foi formulada.

## 1.1 Hipóteses

- A utilização de diferentes lâminas de água de reúso sobre plantio consorciado de palma (*O. stricta*) e sorgo (*S. sudanense*) com cobertura morta no Agreste pernambucano interfere na performance fotossintética e relações hídricas do sorgo.
- O uso da cobertura morta no cultivo consorciado de palma (*O. stricta*) e sorgo (*S. sudanense*) proporciona resultados mais eficientes na lâmina de irrigação de 100% de Evapotranspiração da cultura (ETC) do sorgo (*S. sudanense*).
- A utilização da lâmina de reúso acima de 100% de ETC do sorgo (*S. sudanense*) proporciona maior lixiviação dos sais, tendo um melhor desempenho fisiológico do sorgo (*S. sudanense*).
- A utilização de diferentes lâminas de água de reúso sobre plantio consorciado de palma (*O. stricta*) e sorgo (*S. sudanense*) com cobertura morta no Agreste pernambucano interfere na respiração basal do solo e Efluxo de CO<sub>2</sub>.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a performance fotossintética e relações hídricas do sorgo (*S. sudanense*) cultivada em consorcio com Palma (*O. stricta*) na presença e ausência de cobertura morta, irrigado com efluente de esgoto doméstico tratado no agreste pernambucano e monitoramento da evolução temporal da salinidade do solo.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Avaliar as trocas gasosas foliares do sorgo (*S. sudanense*) cultivadas com e sem cobertura morta, irrigadas com diferentes lâminas de água de reúso.

Caracterizar os padrões de potenciais hídricos e osmóticos foliares do sorgo (*S. sudanense*) cultivadas com e sem cobertura morta, irrigado com diferentes lâminas de água de reúso.

Determinar os parâmetros envolvidos na fluorescência da clorofila a do sorgo (*S. sudanense*) cultivado com e sem cobertura mortas irrigadas com água de reúso.

Avaliar a Respiração basal do solo e o efluxo de CO<sub>2</sub> no solo, no plantio consorciado de palma forrageira (*O. stricta*) e sorgo (*S. sudanense*) cultivadas com e sem cobertura morta, irrigadas com diferentes lâminas efluente de esgoto doméstico tratado no agreste pernambucano, em diferentes épocas do ano.

Monitorar a condutividade elétrica (CE) do extrato da pasta saturada ao longo do experimento, em diferentes épocas do ano.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Água de reúso e cobertura morta

Atualmente, é possível encontrar vários exemplos de uso consciente de água na agricultura, tanto no Brasil como no mundo (FITO; VAN HULLE, 2021; MANCUSO; SANTOS, 2013). O reúso de água é definido como o reaproveitamento de água de efluente tratado (MORAIS et al., 2016). Sendo classificado, de acordo com Moura et al. (2020), que conceituou a fonte de água de reúso desta maneira:

"(I) Reúso local ou interno, a água de reúso obtida do tratamento de águas cinzas de reutilização residencial (casa ou prédio) e reutilização de novos empreendimentos comerciais ou não comerciais; (II) Reúso externo, o reúso da água obtida da água preta (esgoto bruto) e esgoto estação de tratamento e que posteriormente passam por estações de tratamento de águas residuais."

A prática da agricultura é conhecida por consumir muita água potável, sendo a atividade econômica que mais consome água sendo responsável por 70% (PENG et al., 2019). Por outro lado, a escassez de fontes de água para a agricultura, faz com que a água de reúso seja uma alternativa pra enfrentar este problema (FAO, 2017). Além disso, de reduzir está demanda de água potável, a utilização da água de reúso, vai reduzir a quantidade de esgoto descartado (LIMA et al., 2021; MANCUSO; SANTOS, 2013). Por outro lado, a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), determina que o reúso de água é apenas a utilização de água residuária, que é definida como sendo esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias, agropecuária, tratados ou não (BRASIL, 2005).

A utilização da prática de reúso de água tem a necessidade de suportar uma legislação específica que conceitua as modalidades de reúso permitidas, estabelecendo os padrões de qualidade da água de reúso para cada uma delas e respectivos códigos de prática, definindo os critérios para o licenciamento, mecanismos de controle e sistema de informações. Na atualidade, o Brasil tem apenas da Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) n.º 54, de 28/11/2005, que “estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso não potável de água”. O CNRH, está empenhado em criar novas resoluções associadas a reúso agrícola, reúso industrial, reúso para fins urbanos não potáveis e reúso na aquicultura. A utilização da água de reúso de forma segura possibilita que a água potável seja destinada para fins essenciais, já a água de reúso para outros fins como atividades agrícolas, irrigação paisagística e limpeza urbana (PINTO et al., 2014).

O uso da água de reúso tem como vantagem o aumento na disponibilidade de água, o suprimento de água durante o ano todo, a liberação da água disponível para outros fins como em usos onde há necessidade de melhor qualidade, como o abastecimento humano. O esgoto que seria lançado em corpos de água, não será lançado, evitando-se a poluição, principalmente de rios, a utilização da irrigação com água de reúso proporciona a adição de matéria orgânica e nutrientes ao solo reduzindo o uso de fertilizantes artificiais. Algumas limitações da água de reúso, segundo Ofori et al. (2021), são elementos específicos e concentrações bacteriológicas que afetam o crescimento das plantas e podem ter como consequência ameaçar a saúde pública. Isto acontece pelo fato das agências de tratamento de esgoto nem sempre fazem essas medidas de controle da água de reúso.

O efluente de esgoto tratado, usado na irrigação, pode representar uma alternativa para conservar a água disponível de boa qualidade (ELFANSSI et al., 2018; UNGUREANU et al., 2020) e na recuperação de solos degradados (HUSSAIN et al., 2018), o que pode se refletir em aumento da produtividade agrícola em solos marginais. As consequências potenciais do reúso de efluente tratado podem ser de ordem química, física e biológica, pelo fato de ter a presença de matéria orgânica no efluente tratado (BEDBABIS et al., 2014; IRANDOUST; TABRIZ, 2017; MARTINS et al., 2019), além de nutrientes ao solo (MASAZURA et al., 2019).

A cobertura do solo é uma prática bastante promissora em ambientes semiáridos, melhorando o rendimento produtivo das culturas, ajudando na sobrevivência das fazendas (ALVES et al., 2022; ZHANG et al., 2019). Está prática compreende-se no recobrimento do solo, afim de proteger o mesmo sobre a incidência solar, melhorando a flutuação térmica, reduzindo a amplitude, dessa forma, proporciona uma melhor distribuição da umidade no solo, favorecendo o maior espalhamento do sistema radicular, consequentemente reduz as perdas de água por evaporação, além de ajudar no controle de plantas daninhas e melhora os aspectos físico-químicos do solo, com a deposição de matéria orgânica e posteriormente mineralização (ALVES et al., 2022; JIMÉNES et al., 2017).

A cobertura do solo tem grande importância, pois possibilita um maior tempo de retenção de água no solo, fazendo com que este permaneça por mais tempo úmido (LESSA et al., 2020). Além de potencializar a produtividade das culturas (CARVALHO et al., 2018), melhorando assim os índices de produtividade da água (BRAGA et al., 2017). A utilização dessa prática auxilia na melhoria da eficiência do uso da água pelas culturas, aumentando as suas características em relação ao consumo de água pelas plantas, tendo como consequência a elevada produção de biomassa, desde que a cobertura morta sobre o solo promova uma menor perda de água por evaporação, disponibilizando a água remanescente no solo para a transpiração

das plantas, aumentando os processos metabólicos, com reflexos positivos na produção (ALVES et al., 2022; SOUZA et al., 2019; ZHANG et al., 2020).

## **2.2 A cultura do sorgo (*Sorghumsudanense*)**

A cultura do sorgo (*S. sudanense*) é originária do Noroeste da África (COELHO, 2010), pertencente a família Poaceae, gênero *Sorghum*, sendo uma forrageira de mecanismo fotossintético C4 o que demonstra enorme vantagem fotossintética (ANDRADE NETO et al., 2010) e maior produtividade. Sendo uma das culturas que no meio agropecuário brasileiro ganha destaque a cada dia, pela razão de ser uma gramínea energética, de grande digestibilidade, produtividade e adaptação a diversos ambientes, sendo utilizada para diversos fins, como corte verde, silagem, pastejo e rações animais, além do consumo humano (SILVA et al., 2021).

O sorgo (*S. sudanense*) é caracterizado pela elevada produção, em locais de fertilidade baixa, é tolerante a regimes hídrico, possui alto poder de brotação, sendo altamente cultivado no mundo e possui resistência a ambientes salinos (CARVALHO, 2020; REZA et al., 2019). Além disso, o sorgo vem sendo cultivado com água de reúso em diversas regiões, por causa da sua capacidade de adaptação a diferentes estresses ambientais, como a salinidade do solo, além de consumir menos água que culturas tradicionais como o milho (CARVALHO, 2020; CHAGANTI et al., 2020).

O sorgo (*S. sudanense*) tem como atributos morfológicos o colmo ereto, com suporte em um sistema radicular bastante resistente com raízes seminais e adventícias, tendo folhas alternadas compostas por bainha e lâmina foliar. A inflorescência é do tipo panícula (SANTOS et al., 2005). A diferenciação floral incide de 30 a 40 dias após a germinação e depois de 10 dias acontece o emborrachamento (MAGALHÃES et al., 2010).

## **2.3 A espécie *Opuntiastricta***

A palma forrageira (*O. stricta*) é adaptada a diferentes condições de solo e clima. Essa cactácea tem elevado teor de água, minerais, fibras, carboidratos e energia para os animais, tornando-a uma alternativa para o fornecimento de forragem, principalmente em períodos de estiagem. O processo fotossintético da palma (*O. stricta*) é o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), o qual permite o fechamento dos estômatos durante o dia e abertura a noite. Este mecanismo permite que a planta reduza a perda de água para o ambiente durante a

fase clara da fotossíntese, sendo mais eficiente no uso da água, quando comparado com as plantas de metabolismo C3 e C4 (EPIFÂNIO, 2019).

A morfologia da palma forrageira (*O. stricta*) é uma planta suculenta de crescimento arbustivo, possui cladódios, que são conhecidos como raquetes. Os cladódios são clorofilados apresentando coloração em tons de verde, com forma variando entre redondos e ovalados, com a presença de espinhos. Suas flores apresentam coloração entre amarelo e vermelho, igualmente aos seus frutos (EPIFÂNIO, 2019). Os botões meristemáticos emergem em estruturas como espinhos, flores e novos brotos, sendo mais piriformes e estão presentes em ambos os lados dos cladódios (FARIAS, 2013). O sistema radicular atinge profundidade de até 30cm, com predominância de raízes superficiais, distribuídas na horizontal, conferindo maior sobrevivência a grandes períodos de estiagem, apresentando características xeromórficas (MARQUES et al., 2017).

As características morfológicas da palma (*O. stricta*) como a altura e largura da planta, índice de área do cladódio, comprimento do cladódio, o produto da biomassa da planta, e as relações entre si, representam um dado de grande importância para a compreensão da resposta da palma forrageira (*O. stricta*) às condições do ambiente de cultivo. Apesar da sua tolerância a seca, quando cultivada em condições edáficas mais favoráveis, como tipo de solo e livre demanda hídrica, a palma forrageira (*O. stricta*) pode aumentar ainda mais o seu desempenho e atingir seu potencial máximo produtivo (EPIFÂNIO, 2019).

#### **2.4 Estresse hídrico e salino**

As perdas ocasionadas por fatores abióticos são consideradas as mais limitantes às atividades agrícolas (MONTEIRO et al., 2014). Diante disso, a produção pecuária fica estagnada em decorrência do suprimento irregular de forragem, pelo fato de uma boa produtividade dependem de condições ambientais adequadas (SILVA et al., 2011). O estresse causado pelo déficit hídrico destaca-se pelo fato de ser comum nos ecossistemas do semiárido, o que ocasiona sérias disfunções nas plantas, tanto pelo decréscimo de turgor das células, ou pelo fato de causar alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, tendo como consequência o transporte e absorção de nutrientes pelas plantas dificultado (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 1997; MONTEIRO et al., 2014).

Os efeitos nas plantas dependem do grau de estresse abiótico (ARAÚJO FILHO et al., 1995; ARAÚJO FILHO; CARVALHO 1997) e da espécie cultivada, pois algumas plantas podem desenvolver o mecanismo de tolerância ou até mesmo de adaptações às condições de estresse seja salino ou hídrico (SILVA et al., 2011), diminuindo assim maiores prejuízos.

Segundo Silva et al., (2011) mesmo que algumas plantas apresentem certa tolerância ao estresse decorrente da deficiência hídrica, é possível observar que existem alterações no desenvolvimento e crescimento de plantas forrageiras, sendo possível observar que na cultura do sorgo (*S. bicolor*), apresenta maior tolerância seja ela por deficiência ou excesso hídrico. Segundo Felix (2018), trabalhando com lâminas de água salinas em palma forrageira (*O. stricta*) obteve-se os melhores parâmetros morfológicos quando o nível de salinidade foi de 1,5 dS/m, acima desse valor a salinidade influenciou de forma negativa no desenvolvimento da palma forrageira.

## **2.5 Avaliações fisiológicas de plantas sob estresses abióticos**

A escassez de água é um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento das plantas, o que é essencial para o desenvolvimento das culturas. No Nordeste, em decorrência do clima instável desde o super úmido até o semiárido, com a pluviosidade restrita a poucos meses do ano, o que ocasiona o estresse hídrico, sendo uma ameaça que afeta o rendimento e a fisiologia vegetal (KAVAMURA et al., 2013; QUEIROZ et al., 2005; SOUSSI et al., 2015). Outro fator é a temperatura elevada, que limita o desenvolvimento das espécies vegetais ao longo do seu ciclo, por essa razão, é uma das principais respostas fenológicas das plantas (HATFIELD; PRUEGER, 2015). Os estresses bióticos e abióticos podem ocorrer de forma agressiva, pois a influência da temperatura juntamente com patógenos de plantas, isto indica que temperaturas elevadas aumentam a susceptibilidade das plantas às doenças (RAMEGOWDA; SENTHIL-KUMAR, 2015).

Estudos recentes dizem que o déficit hídrico causa a diminuição do período de crescimento e desenvolvimento das plantas, o que provoca a redução da produtividade. A partir disso, pesquisas buscam a produção suficiente de alimentos com pouca disponibilidade hídrica tornam-se essenciais (PAIVA et al., 2021; REIS, 2019).

O potencial hídrico das plantas é um indicador forte sobre o status hídrico das plantas. O potencial hídrico da folha fornece o estado energético das plantas, cujos gradientes fornecem a informação dos fluxos de água no sistema solo-água-planta, sendo que uma redução no potencial hídrico das folhas pode afetar a assimilação do carbono da planta (BERGONCI et al., 2000; FULAN et al., 2021).

O potencial osmótico está ligado a concentração de elementos químicos no meio, visto que é o potencial de energia química com que a água fica no meio, portanto é de extrema relevância quando se trata de salinidade do solo (LEAL, 2018; WILLADINO; CAMARA,



2010). Dessa maneira, o potencial osmótico quando este é reduzido, isto indica que é um fator negativo para as plantas (LEAL, 2018), afetando os seus ciclos vegetativos.

A avaliação de clorofila a e pigmentos fotossintéticos é um dispositivo de grande importância para observar o desempenho da absorção de energia solar pelas plantas sob estresse abiótico (SHU et al., 2013). Diante disso, o conteúdo de pigmentos que fazem parte do complexo da antena, os quais captam a energia solar e transferem para o centro da reação, podem ser reduzidos, ocasionando déficit na captação de energia luminosa (BOUNCHENAK et al., 2012). No entanto o aparato fotossintético e as taxas fotossintéticas são os principais fenômenos afetados por estresse hídrico ou salino (GLENN, 2012; MELO; SOUZA; CUNHA, 2017). Monteiro et al. (2018) trabalharam com parâmetros de fluorescência da clorofila a em sorgo (*S. sudanense*) irrigado com água salina de diferentes composições iônicas, os quais observaram um desgaste do aparato fotossintético causado pelo aumento da salinidade, além da redução na emissão da fluorescência da clorofila a, apontando a uma possível fotoinibição do fotossistema II.

A fotossíntese líquida é a diferença entre a fotossíntese bruta e a respiração (RAVEN et al. 2007). Sendo assim, a fotossíntese líquida é a energia que sobra desse processo. Na presença de luz, o processo chamado de fotorrespiração corresponde à perda de CO<sub>2</sub> (liberação) e consumo de O<sub>2</sub>. Tal processo ocorre apenas em tecidos verdes em condições de altos níveis de luminosidade e temperatura, tendo o semiárido brasileiro essas condições favoráveis com a cultura da Palma (*O. stricta*) e o sorgo (*S. sudanense*). Este processo pode reduzir em até 50 a 60% a fotossíntese líquida.

A transpiração das plantas é um mecanismo regulatório da quantidade de água presente nas plantas, a qual é desenvolvida através das estruturas foliares, cutícula e estômatos, sendo que enquanto o funcionamento destes, é condicionado pelas disposições ambientais (abióticas) e bióticas, transpiração estomática, a transpiração cuticular não é controlada pela planta (ALMEIDA, 2015). A cultura do sorgo é considerada moderadamente tolerante ao sal (FRANCOIS; DONOVAN; MAAS, 1984), a partir de 6,8 dS m<sup>-1</sup> a produtividade de grãos é afetada, porém esse efeito pode variar de acordo com a variedade e genótipos diferentes.

## **2.6 Respiração basal do solo e Efluxo de CO<sub>2</sub>**

A maior parte do carbono está localizada na forma de matéria orgânica do solo (MOS), dessa forma, pequenas mudanças relativas à MOS podem resultar em consequências sobre a concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico, causando mudanças climáticas (KOCHY et al., 2015; MYHRE et al., 2013). A liberação do carbono para atmosfera, acontece

principalmente pelo processo de respiração basal do solo (RBS) na forma de CO<sub>2</sub>. A RBS tem participação efetiva na maior fonte do fluxo de carbono do solo para a atmosfera, pois é o resultado do processo de decomposição da matéria orgânica do solo por meio dos organismos heterotróficos (LAL, 2015).

Dentre os processos que influenciam a RBS, a temperatura é considerada peça-chave neste processo (SHABAGA et al., 2015), tendo um comportamento exponencial, principalmente nas temperaturas de 10 a 30°C. Porém outros processos têm grande influência como a umidade (TUOMI, et al., 2008), atributos físico-químicos e de fertilidade do solo (MAZZETTO et al., 2016) e diversidade do componente arbóreo (THAKUR et al., 2015) podem influenciar significativamente na RBS.

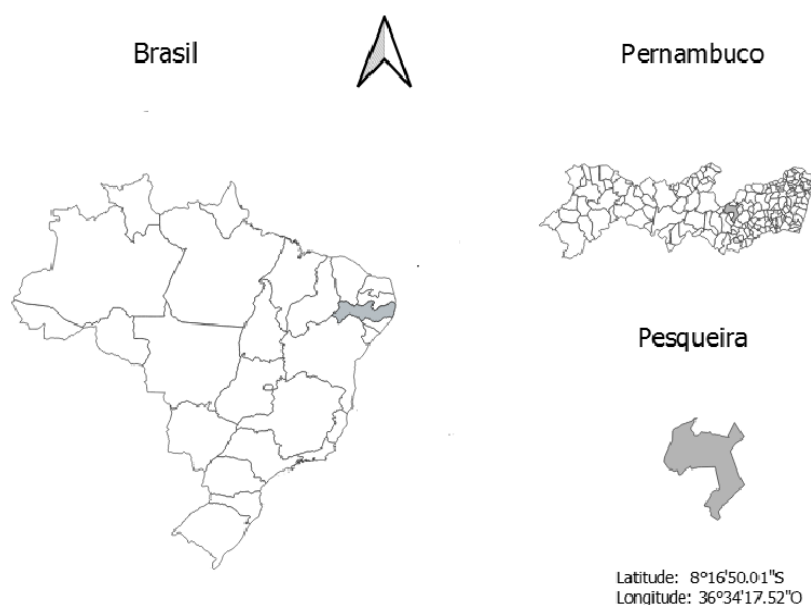
A respiração do solo é conhecida como a principal rota em que o Carbono é liberado do solo (COSTA, 2019; SOTTA et al., 2006). A quantificação do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo representa de 60 a 90% da respiração total dos ecossistemas, dessa forma é um dos métodos mais amplamente utilizados para estimar a taxa de respiração do solo *in situ* (COSTA, 2019; KUZUYAKOV, 2006). Por esta razão, o conhecimento e quantificação do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo é de suma importância, em relação aos estudos de ecossistemas, pois têm relação direta com a dinâmica e balanço de CO<sub>2</sub>. Além disso, o efluxo de CO<sub>2</sub> é o resultado da atividade microbiana do solo e por este motivo têm dependência espacial e temporal, em relação a umidade e a temperatura do solo (COSTA, 2019; EPRON et al., 2004; KANG et al., 2003).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

O experimento foi realizado no município de Pesqueira, Agreste do Estado de Pernambuco, Semiárido Brasileiro, em área agrícola da Estação Experimental de Tratamento e Reúso de Esgotos Domésticos do Distrito de Mutuca, apresenta clima BSh, segundo Koeppen (1948), tendo como coordenadas geográficas a latitude de 8°16'50.94"S e longitude de 36°34'17.63"O, com altitude de 654 metros (Figura 1). O solo da área é classificado como Planossolo Háplico Sáfico Sódico Hipereutrófico (SANTOS et al., 2017). O preparo da área foi realizado de forma manual, com limpeza da área por meio de capina.

**Figura 1** -Localização do município, onde foi realizado o estudo da pesquisa em Pesqueira, Pernambuco, Brasil



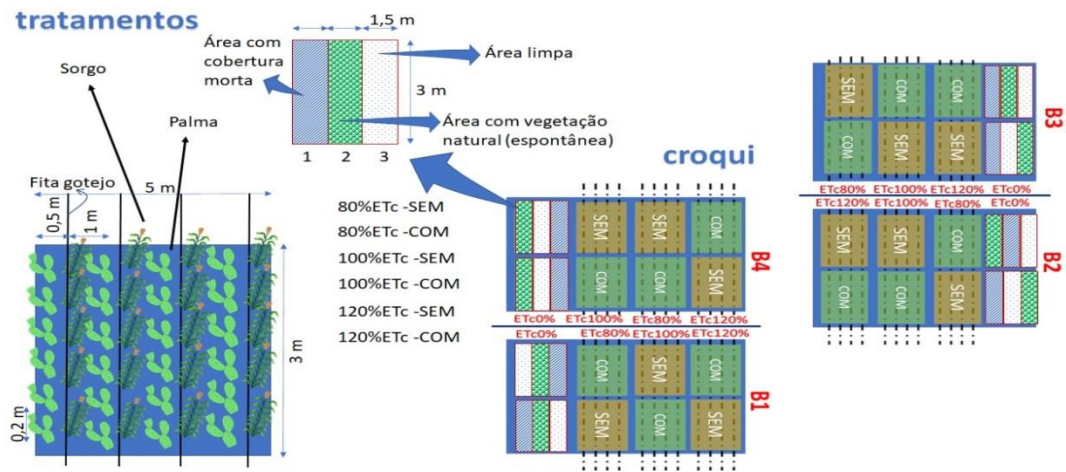
O experimento foi conduzido em plantio consorciado entre palma forrageira orelha de elefante (*O. stricta*) e sorgo (*S. sudanense*), cuja variedade é a IPA SUDAN 4202. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e os tratamentos consistiram em lâminas de água de reúso calculadas a partir da evapotranspiração da cultura (ETc) do sorgo (*S. sudanense*) e a presença e ausência da cobertura morta. As lâminas empregadas foram de 80%, 100% e 120% de ETc.

A irrigação foi feita em sistema de irrigação de gotejamento na linha do sorgo (*S. sudanense*), irrigando as duas culturas, pela frente de molhamento. Também foi avaliada a presença e ausência de cobertura morta, conforme detalhado posteriormente. A água utilizada para irrigação no experimento foi a água de reúso de esgoto tratado. A estação de tratamento de esgoto de Mutuca recebe águas residuárias de 150 residências, por meio de gravidade, aproximadamente 3000 L dia<sup>-1</sup>. O esgoto doméstico passa por um tratamento preliminar com grades de barras, seguido para um reator Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), combinado com um filtro anaeróbio de fluxo ascendente. A partir disso, é gerado o efluente de esgoto tratado para irrigação.

O experimento foi implementado no início da estação chuvosa de 2021, com o plantio da palma forrageira (*O. stricta*), que foi feito em março de 2021, já o plantio do sorgo (*S. sudanense*) foi realizado em abril de 2022. A instalação do sistema de irrigação por gotejamento com água de reúso foi implementado em março de 2022 para estabelecimento da cultura do sorgo (*S. sudanense*), após o pleno estabelecimento do sistema de irrigação foi feito o teste de uniformidade de vazão.

A palma forrageira (*O. stricta*) foi plantada em fileira simples com espaçamento de 0,2m entre plantas e 1m entre linhas. O sorgo (*S. sudanense*) foi plantado entre as linhas da palma forrageira (*O. stricta*) no espaçamento de 0,5m de distância para a palma forrageira (*O. stricta*), sendo 12 plantas de sorgo (*S. sudanense*) por metro linear. O experimento foi dividido em quatro blocos casualizados, as parcelas foram formadas por quatro fileiras simples de palma forrageira (*O. stricta*) e quatro fileiras de sorgo (*S. sudanense*), cada parcela tem o tamanho de 3m de comprimento por 5m de largura totalizando em 15m<sup>2</sup> por parcela, tendo 4 repetições (Figura 2).

**Figura 2** -Croqui da unidade experimental de Mutuca, Pesqueira-PE

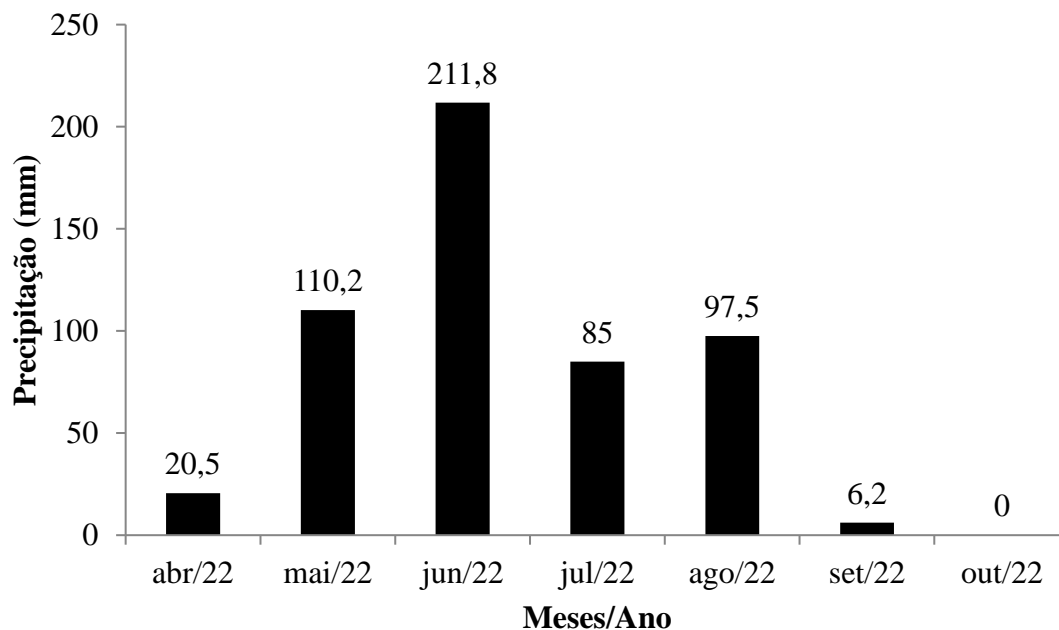


COM = área com cobertura morta, SEM = área sem cobertura morta, Etc = Evapotranspiração da cultura do sorgo (*S. sudanense*), Área com cobertura morta sem plantio, Área limpa sem plantio, Área com vegetação natural (espontânea) sem plantio. B1, B2, B3 e B4 = Blocos 1, 2, 3 e 4, respectivamente, totalizando 32 parcelas.

Após o plantio do sorgo (*S. sudanense*) foi inserido a cobertura morta nas parcelas. A cobertura morta foi composta por espécies presentes na área da unidade experimental, sendo as espécies identificadas como capim corrente (*Urochloa mosambicensis*), Capim carrapicho (*Cenchrus echinatus*), Pé de galinha (*Eleusine indica*) e folhas de Chichá (*Sterculia striata*), tendo maior presença na cobertura morta o capim corrente (*Urochloa mosambicensis*) e o capim carrapicho (*Cenchruse chinatus*). A quantidade de cobertura morta foi de  $8000 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo o equivalente a 12kg/parcela. Foram coletadas amostras da cobertura morta, para realização das análises físico-químicas.

A Evapotranspiração de Referência (Etc) da cultura do sorgo (*S. sudanense*) foi estimada a partir do método de Penman-Monteith – FAO 56, que foi obtido com dados da estação meteorológica automática completa da Onset (Modelo – EAC-U30-900) situada na área de estudo, fornecendo registros de temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar global, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento e precipitação. A precipitação foi medida durante o período de avaliações do experimento de abril de 2022 a outubro de 2022 (Figura 3).

**Figura 3** -Precipitação de abril a outubro de 2022, na área experimental de Mutuca, Pesqueira-PE



### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, sendo 4 blocos, divididos em 32 parcelas, sendo 8 tratamentos, os tratamentos foram divididos com e sem a presença de cobertura morta, a partir da lâmina de irrigação que foram calculadas a partir da ETc da cultura do sorgo (*S. sudanense*), as lâminas utilizadas foram de 80%, 100% e 120%, além dos tratamentos testemunhas, que não receberam irrigação, sendo divididos em com a presença de cobertura morta, área limpa e área com vegetação natural.

De maneira geral, os tratamentos foram divididos em 80% de ETc da cultura do sorgo (*S. sudanense*) com e sem a presença de cobertura morta, 100% de ETc da cultura do sorgo (*S. sudanense*) com e sem a presença de cobertura morta, 120% de ETc da cultura do sorgo (*S. sudanense*) com e sem a presença de cobertura morta, 0% de ETc da cultura do sorgo (*S. sudanense*) com a presença de cobertura morta, 0% de ETc da cultura do sorgo (*S. sudanense*) com área limpa e 0% de ETc da cultura do sorgo (*S. sudanense*) com a presença de vegetação espontânea.

### 3.3 Coleta do solo

A coleta de solo foi realizada para caracterização do solo e para as análises de condutividade elétrica (CE), respiração basal do solo (RSB) e umidade gravimétrica. A coleta de caracterização foi realizada em maio de 2021. Sendo as demais coletas realizadas em setembro de 2021, abril de 2022, junho de 2022 e agosto de 2022. As amostras foram coletadas com o auxílio do trado tipo holandês, sendo essas amostras deformadas, nas profundidades de 0-10cm, 10-20cm e 20-40cm.

### 3.4 Caracterização química e física do solo e água de reúso

A coleta para as análises de solo para caracterização física e química foram coletadas na profundidade de 0-10cm, 10-20cm e 20-40cm, além da amostragem de torrões e cilindros volumétricos nas profundidades de 0-5 cm; 10-15 cm e 25-30 para realizar a análise de densidade. A caracterização química foi realizada as análises de pH em água, condutividade elétrica, macronutrientes P, S, K, Na, Ca e Mg, de acordo com Teixeira et al. (2017) (Tabela 2), a determinação de carbono orgânico total (COT) foi quantificado por meio da oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio, segundo método Yeomans e Bremmer (1988) adaptado (PRIBYL, 2010). Foi realizada a caracterização física: densidade do solo foi obtida pelo método do cilindro volumétrico (ALMEIDA et al., 2017), a porosidade foi determinada baseando-se no método direto, proposto por Almeida et al., 2017, condutividade hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ) foi determinada pelo método do permeâmetro de carga constante (TEIXEIRA et al., 2017), análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro, com dispersante NaOH (Tabela 1).

**Tabela 1** - Caracterização da análise granulométrica e densidade de partículas do solo da área de pesquisa.

Camada (cm)	ADA (g/kg)	GF (%)	DS (g.cm <sup>-3</sup> )	Dp (g.cm <sup>-3</sup> )	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	Argila (g/kg)	Textura
0-10	5,3	96	1,3	2,6	734	119	147	Franco-arenoso
10-20	6,8	96	1,5	2,6	724	107	169	Franco-arenoso
20-40	7,1	96	1,7	2,6	704	118	178	Franco-arenoso

ADA = Argila dispersa em água; GF = Grau de floculação; DS = Densidade do solo; Dp = Densidade de partícula.

**Tabela 2** - Caracterização da análise química do solo da área de pesquisa

Camada (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (cmolc/dm <sup>3</sup> )	Na (cmolc/dm <sup>3</sup> )	Corg (g/kg)	N (g/kg)	CE (dS/m)
0-10	7,42	117,75	1,5	1,8	14,89	4,63	0,96
10-20	7,91	94,22	1,4	1,9	11,35	3,16	1,72
20-40	8,12	51,22	1,3	2,1	7,26	2,22	2,44

P = fósforo; K = potássio; Na = sódio; Corg = carbono orgânico; N = nitrogênio; CE = condutividade elétrica.

### 3.5 Manejo das Culturas

A palma forrageira (*O. stricta*) foi plantada em maio de 2021 no período chuvoso, a qual precisou de 4 meses para o seu estabelecimento na área. O plantio do sorgo (*S. sudanense*), foi realizado em abril de 2022. Os cortes na cultura do sorgo (*S. sudanense*) foram feitos a cada 90 dias de intervalo entre um corte e outro, tendo um total de 2 cortes. As culturas foram irrigadas com efluente de esgoto tratado, mantendo o turno de rega nos dias da semana, segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira, ficando dessa forma um dia de irrigação para dois dias sem irrigação.

### 3.6 Avaliações Vegetais

As análises das plantas em relação as questões fotossintéticas foram feitas a cada três meses, após o estabelecimento das culturas. Os cortes foram realizados na cultura do sorgo (*S. sudanense*) em agosto de 2022 e outubro de 2022. Sendo as análises fisiológicas feitas dias antes de cada corte, sendo o momento ideal, para as avaliações na cultura do sorgo (*S. sudanense*).

### 3.7 Trocas gasosas foliares

Foram avaliadas, de acordo com as fases fenológicas das culturas, variáveis relacionadas como a fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) utilizando o equipamento Infra Red Gas Analyser (IRGA - Licor(LI6400XT,LICOR®, Inc., Lincoln, NE, USA); e calculadas a eficiência instantânea do uso da água (A/E) (OLIVEIRA et al. 2017). Sendo avaliadas no sorgo (*S. sudanense*) a partir das folhas do terço médio, as avaliações de trocas gasosas foram realizadas das 8:30 às 11:30 horas da manhã.



### 3.8 Fluorescência da clorofila *a*

Após 60 dias após a semeadura, foram determinados parâmetros relacionados à fluorescência da clorofila *a* da cultura do sorgo (*S. sudanense*), a saber: fluorescência inicial ( $F_0$ ), Fluorescência máxima ( $F_m$ ) e Fluorescência ( $F_v$ ), utilizando o fluorômetro (Fluorpen, Modelo: FP-100) (MARTINS et al. 2020). As variáveis supracitadas foram determinadas diretamente no campo, entre 8:30 e 11:30 horas da manhã em folhas aclimatadas ao escuro por meio de um pinçamento durante 30 minutos, submetendo-se ao escuro a área foliar, que, após esse período foi iniciada a medição da fluorescência da clorofila *a*. Foi realizado o rendimento quântico máximo do fotossistema II, sendo o resultado da Fluorescência ( $F_v$ ) dividida pela Fluorescência Máxima ( $F_m$ ).

### 3.9 Pigmentos fotossintéticos

Além disso foram coletadas amostras de folhas da cultura do sorgo (*S. sudanense*) para determinar em laboratório os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides, importantes pigmentos fotossintéticos que, associados com os dados de trocas gasosas foliares e fluorescência da clorofila, comporão a série de dados que permitirá a análise da performance fotossintética das plantas (LICHTENTHALER, 1987).

### 3.10 Potencial hídrico foliar

O potencial de hídrico das amostras experimentais do sorgo (*S. sudanense*) foi avaliado através de medições na Câmara de Pressão de *Scholander* (modelo, 1515D, PMS instrument Company) em amostras de plantas coletadas antes do amanhecer ( $\Psi_{pdw}$ ). Após a coleta das folhas, procedeu-se com as leituras diretamente no local do experimento. O material foliar foi submetido a uma pressão de fluxo constante até a observação do momento de extravasamento da seiva através do pecíolo da folha (LEAL, 2018). As avaliações foram feitas após 60 dias da semeadura, no total foi realizado duas avaliações, uma em agosto de 2022 e a última em outubro de 2022.

### 3.11 Potencial osmótico foliar

A medição da osmolalidade total do tecido foliar foram realizadas na seiva das mesmas folhas que foram utilizadas para determinar o potencial hídrico, sendo maceradas em almofariz com pistilo. A seiva foi obtida após maceração em nitrogênio líquido e centrifugação a 10.000g por 10 minutos a 4°C. Uma alíquota de 10 $\mu$ L do sobrenadante foi utilizada para a determinação

da osmolalidade do tecido, com um osmômetro de pressão de Vapor (VAPRO, Modelo 5600, Wescor).

Os valores da osmolalidade foram obtidos em milimoles por quilograma, em seguida foram convertidos em potencial osmótico ( $\Psi_{os}$ ), através da equação de Van'tHoff (Equação 1) (KIRKHAM, 2004; HILLEL, 2007; SOUZA et al., 2012).

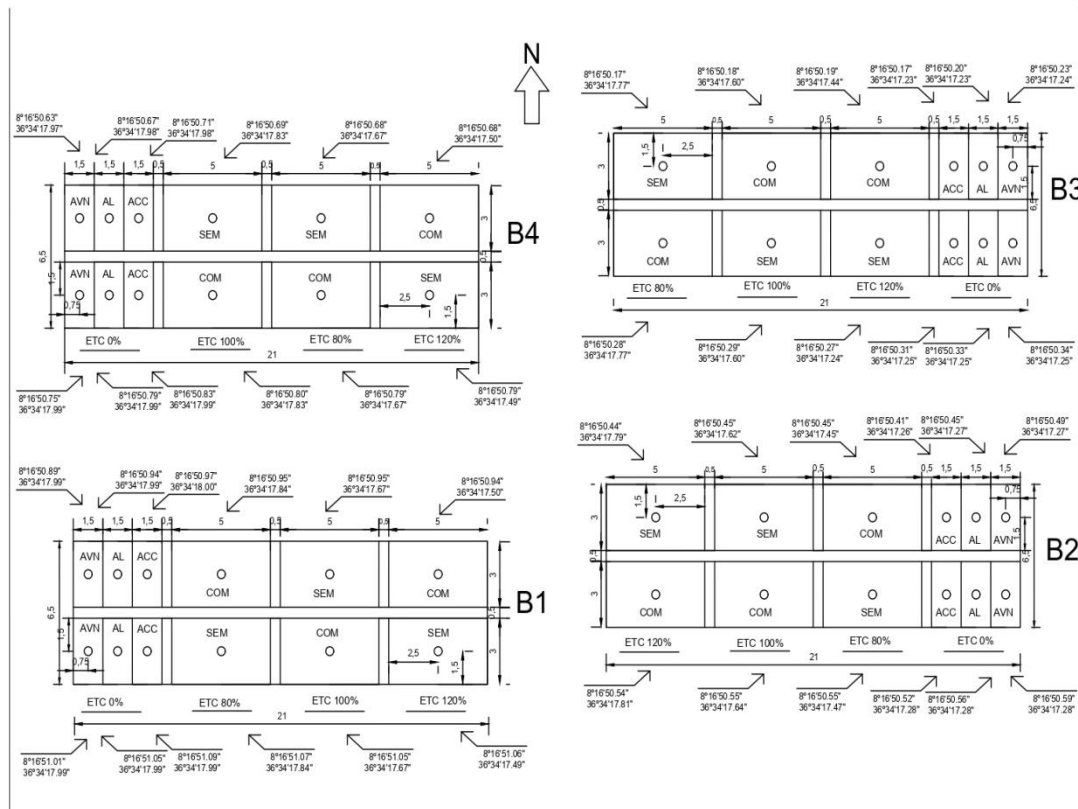
$$\Psi_{os}(MPa) = - \text{moles do soluto} * R * T \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo, R a constante universal dos gases ( $0,008314 \text{ MPa Kg K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ) e T é a temperatura em Kelvin.

### **3.12 Efluxo de CO<sub>2</sub>**

O efluxo de CO<sub>2</sub> foi realizado em três períodos: abril de 2022, agosto de 2022 e outubro de 2022, sendo obtido com o auxílio de uma Câmara de fluxo de CO<sub>2</sub> (Modelo 6400-09) acoplada ao IRGA (LI 6400XT, LICOR®, Inc., Lincoln, NE, USA), que foi inserida nos colares de PVC que estavam cravados no solo na profundidade de 5cm, em cada parcela experimental, sendo cada colar inserido no meio da parcela experimental, indicados no ponto (Figura 4).

**Figura 4** -Locais de instalação dos colares de acesso para Efluxo de CO<sub>2</sub> nos quatro blocos na área experimental de Mutuca, Pesqueira-PE, sendo a coleta de solo para análise de respiração basal do solo feita ao lado dos colares



COM = área com cobertura morta, SEM = área sem cobertura morta, ETC = Evapotranspiração da cultura do sorgo (*S. sudanense*), ACC = Área com cobertura morta sem plantio, AL = Área limpa sem plantio, AVN = Área com vegetação natural (espontânea) sem plantio.

### 3.13 Respiração basal do solo

A coleta do solo para análise da respiração basal do solo foi realizada em quatro períodos, em abril de 2022, julho de 2022, agosto de 2022 e em outubro de 2022. A coleta foi realizada com o auxílio de um trado tipo holandês, sendo coletadas ao lado dos colares de acesso para a medição do Efluxo de CO<sub>2</sub> nos quatro blocos na área experimental (Figura 4), sendo coletadas de 0-10 cm e 10-20cm de profundidade. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados, após a coleta foram transferidas para uma caixa isopor contendo gelo e foram transportadas para a UFRPE, no laboratório de microbiologia do solo. A respiração basal do solo foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado no processo de respiração microbiana, seguindo a metodologia da Embrapa (2014).

### 3.14 Umidade gravimétrica do solo

A umidade gravimétrica do solo foi realizada seguindo a metodologia da Embrapa (1979); Uhlend (1951). em três períodos: abril de 2022, julho de 2022 e em agosto de 2022. O cálculo da umidade gravimétrica do solo foi realizado seguindo a equação 2:

$$Umidade\ Gravimétrica\ do\ Solo = 100 (mau - mas) / mas \quad (Equação\ 2)$$

Onde mau= Massa da amostra úmida (g). mas = Massa da amostra seca (g).

### 3.15 Monitoramento da Condutividade Elétrica (CE) e pH

Foi monitorado a condutividade elétrica (CE) e pH do extrato da pasta saturada, durante todo o experimento, desde a coleta de caracterização do solo até a última coleta realizada em agosto de 2022, totalizando quatro coletas de monitoramento da CE e pH. Sendo os períodos identificados como: T1= setembro/2021; T2= abril/2022; T3= junho/2022 e T4= agosto/2022.

### 3.16 Análise estatística

Os resultados foram tabulados e submetidos à análise de variância utilizando o software SISVAR5.0 (FERREIRA, 2008). Foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade dos dados. Após isso, foram calculadas as médias, que foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas de regressões e correlações foram feitas através do software SISVAR5.0, utilizando-se a análise de variância pelo teste T, a 5% de significância. Para cada cultura foi feito a estatística separadamente, levando em consideração o tempo entre análises e as lâminas de efluente de esgoto tratado utilizada, para fazer a correlação, além da presença e ausência da cobertura morta. Para os parâmetros de planta, CE e pH da solução do solo, foram aplicados o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, na avaliação das lâminas e o teste T Student(LSD) a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

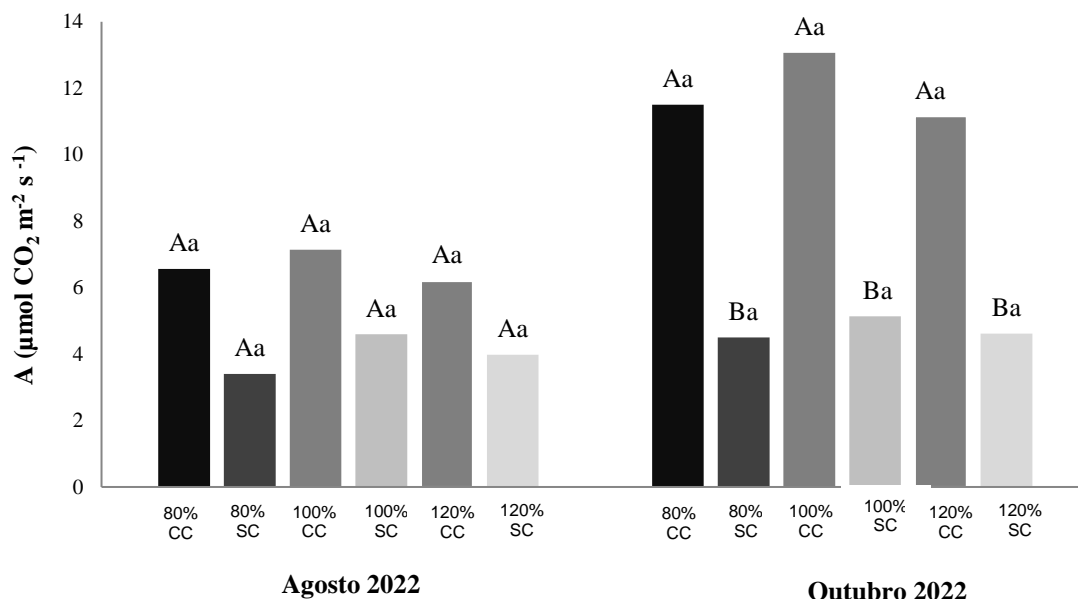
### 4.1 Trocas gasosas

A análise da variância revelou que a fotossíntese líquida (A), Transpiração (E) e Condutância estomática (gs) apresentaram diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, para a interação entre a presença e ausência de cobertura morta e sem diferença significativa entre as lâminas de irrigação. Para a variável, relação da concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e concentração externa de CO<sub>2</sub> (Ca), não foi observado diferença significativa ( $p > 0,05$ ), para a interação entre a presença e ausência de cobertura morta e sem diferença significativa entre as lâminas de irrigação.

#### 4.1.1 Fotossíntese líquida (A)

Não foi observado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos com as lâminas de irrigação da água de reúso sobre a Fotossíntese líquida (A). Entretanto, nos tratamentos entre a presença e ausência da cobertura morta foi constatada influência significativa ( $p > 0,05$ ) ao longo do tempo, no período de agosto de 2022, não foram evidenciadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). Entretanto, em outubro de 2022, no tratamento com cobertura morta o efeito significativo foi observado. Os maiores valores em relação ao manejo sem cobertura morta, indicando assim que o tratamento com cobertura morta auxilia o sorgo (*S. sudanense*) em uma maior taxa de fotossíntese líquida (Figura 5).

**Figura 5** -Fotossíntese líquida (A) do sorgo (*S. sudanense*), irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos



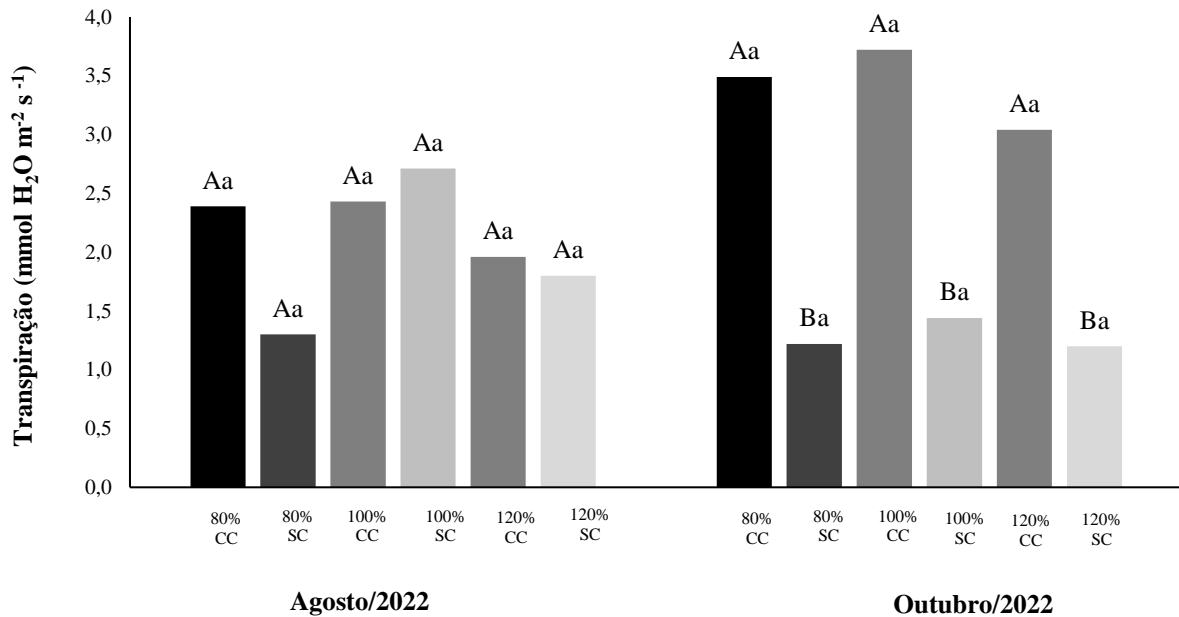
Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre a presença e ausência de cobertura morta não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETC do Sorgo.

Nesse sentido, em um estudo com plantas de sorgo (*S. sudanense*) sob condições salinas segundo Feijão et al. (2011), trabalhando com, a fotossíntese líquida (A) foi afetada, a partir do aumento do nível de salinidade. Os maiores valores encontrados no período de outubro de 2022 podem ser explicados pelo corte que foi realizado, após a primeira coleta em agosto de 2022. Pois, tal resposta a maior renovação e novas brotações está relacionada a uma maior eficiência fotossintética (ALEXANDRINO et al., 2011; SANTOS et al., 2011).

#### 4.1.2 Transpiração

A transpiração das plantas de *S. sudanense* sofreu influência significativa ( $p < 0,05$ ), ao longo do tempo, em relação dos tratamentos com cobertura morta, com valores maiores relativamente ao manejo sem cobertura no solo. Porém às lâminas de irrigação não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) (Figura 6).

**Figura 6** -Transpiração (E) do sorgo (*S. sudanense*) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos



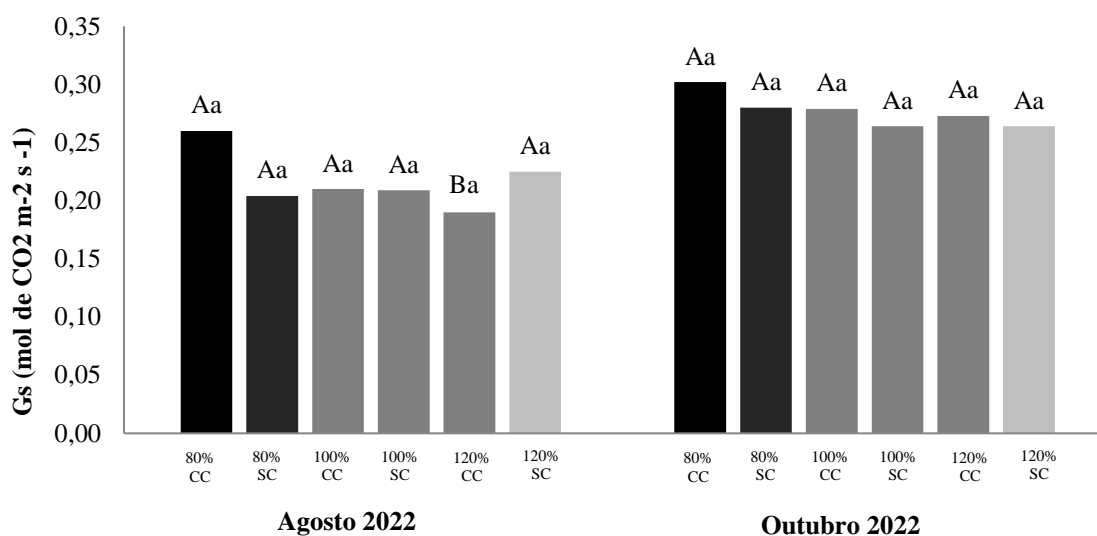
Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo (*S. sudanense*).

Fatores abióticos como maior temperatura e estresse salino diminuem a transpiração da planta de sorgo (FEIJÃO et al., 2011). A transpiração do sorgo não foi alterada em relação à disponibilidade hídrica, resultado semelhante ao encontrado por Moreira et al. (2013), que trabalhando com cultivares de sorgo e disponibilidade hídrica, observaram que a transpiração não foi alterada quando foram empregadas lâminas de irrigação de 80%, 60% e 40% da capacidade de campo, nas cultivares Ramanda e BRS 501.

#### 4.1.3 Condutância estomática

Para condutância estomática (gs), houve diferença significativa entre a presença e ausência de cobertura morta, no tempo 1, onde o tratamento com cobertura no solo na lâmina de 120% apresentou os menores valores (Figura 7).

**Figura 7** -Condutância estomática (gs) do sorgo (*S. sudanense*) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos



Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ET<sub>c</sub> do Sorgo (*S. sudanense*).

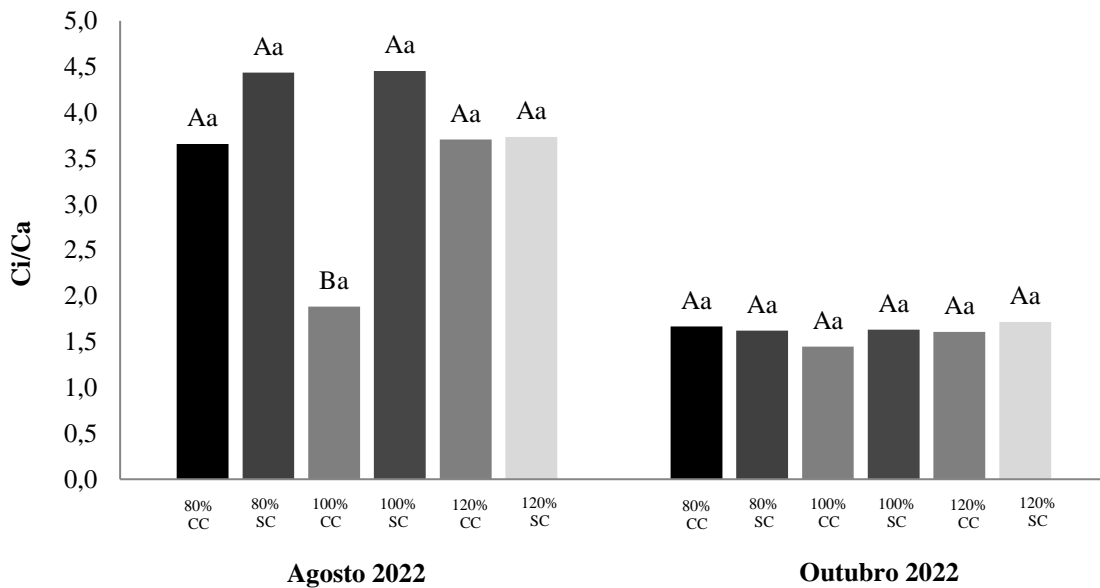
Isto pode ser explicado pela redução de trocas gasosas em aliado ao fechamento estomático, sendo uma das principais causas o estresse salino. Por outro lado, isto pode contribuir para uma maior eficiência do uso de água, favorecendo assim uma melhor resposta em relação ao estresse hídrico (MELGAR et al., 2008). Resultados estes semelhantes aos de Moreira et al. (2013), onde trabalhando com cultivares de sorgo e disponibilidade hídrica, também não encontraram diferença significativa para condutância estomática.

#### 4.1.4 Relação da Concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e concentração externa de CO<sub>2</sub> (C<sub>a</sub>)

Para a relação de concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e concentração externa de CO<sub>2</sub> (C<sub>a</sub>), não foi observado diferença significativa, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott, entre as lâminas e a presença e ausência de cobertura morta (Figura 8).



**Figura 8** -Relação da Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e concentração externa de CO<sub>2</sub> (Ca) do sorgo (*S. sudanense*) Ci/Ca irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos



Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo (*S. sudanense*).

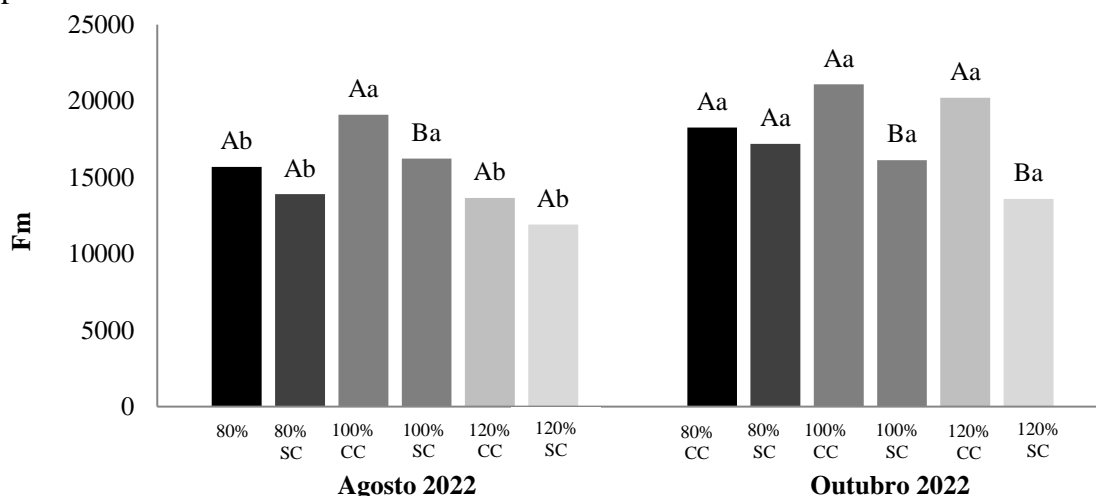
Segundo Feijão et al. (2011) o estresse salino não afeta a concentração interna de CO<sub>2</sub> em plantas de sorgo, sendo isto visto nesta pesquisa, pois a água de reúso utilizada é salina, mesmo assim não ocorreu diferença na relação Ci/Ca do sorgo (*S. sudanense*). É importante considerar que a concentração externa de CO<sub>2</sub> (Ca) mantém-se constante, portanto, o aumento na relação Ci/Ca é apenas por causa das variações na concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci). Dessa forma, se os valores de Ci estão aumentando, isto significa que o CO<sub>2</sub> que está chegando no mesófilo não está sendo fixado na fase carboxilativa da fotossíntese, isto pode ocorrer possivelmente por algum dano em sua estrutura, tendo como consequência a redução da taxa fotossintética (PEREIRA et al., 2020).

## 4.2 Fluorescência da Clorofila a

### 4.2.1 Fluorescência máxima

A Fluorescência máxima (F<sub>m</sub>) teve diferença significativa entre as lâminas e a presença e ausência de cobertura morta em Agosto de 2022, um destaque para o tratamento com a presença de cobertura morta na lâmina de 100% de ETc, onde se observou o maior valor de F<sub>m</sub>(Figura 9).

**Figura 9** -Fluorescência máxima ( $F_m$ ) do sorgo (*S. sudanense*) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos



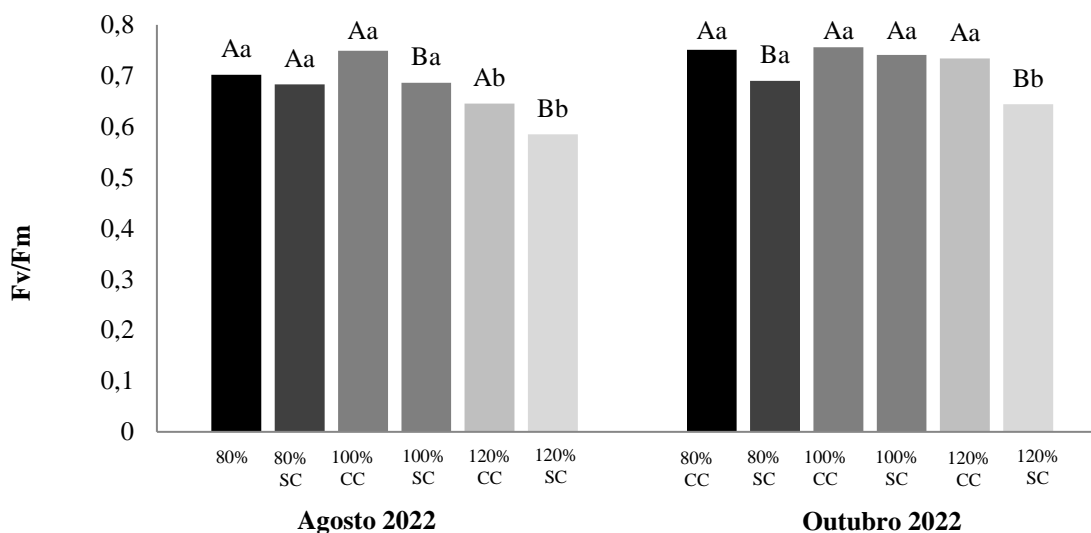
Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo (*S. sudanense*).

Na avaliação de outubro de 2022 ocorreu diferença significativa entre a presença e ausência de cobertura morta, onde o tratamento com a presença de cobertura morta nas lâminas de 100% e 120% de ETc expressaram os maiores valores em relação aos demais tratamentos. A fluorescência máxima é conhecida, porque ela representa uma variável da fluorescência da clorofila a, pois  $F_m$  indica a completa reação da quinona a partir da incidência de um pulso de luz no centro da reação da quinona, gerando a  $F_m$ , principalmente quando os centros de reação do fotossistema II estão fechados (BOLHÀR-NORDENKAMPF; ÖQUIST, 1993; LEAL, 2018).

#### 4.2.2 Rendimento quântico máximo

O Rendimento quântico máximo do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) do sorgo (*S. sudanense*) teve diferença significativa entre as lâminas e a presença e ausência de cobertura morta em Agosto de 2022, um destaque para o tratamento com a presença de cobertura morta na lâmina de 100% de ETc, onde se observou o maior valor de  $F_v/F_m$  (Figura 10).

**Figura 10** -Rendimento quântico máximo do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) do sorgo (*S. sudanense*) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos



Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo (*S. sudanense*).

Na avaliação de outubro de 2022 ocorreu diferença significativa entre as lâminas de irrigação e a presença e ausência de cobertura morta, onde o tratamento com a presença de cobertura morta nas lâminas de 80%, 100% e 120% de ETc tiveram os maiores valores em relação aos demais tratamentos, que não tinham a presença de cobertura morta.

Estes resultados maiores do ( $F_v/F_m$ ) nos tratamentos com lâminas de irrigação e presença de cobertura morta, podem ser explicados, porque plantas submetidas a estresse hídrico fecham seus estômatos, o que acarreta valores significativos de ( $F_v/F_m$ ) devido à reciclagem de  $CO_2$  (LEITE, 2020). O resultado entre a  $F_v/F_m$  é uma estimativa da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do fotossistema II, isto acontece quando os centros de reação do fotossistema II estão abertos (BAKER; ROSENQVST, 2004). A observação no incremento de  $F_v/F_m$  no presente trabalho indica que teve aumento na eficiência de conversão fotossintética no fotossistema II (GUIDI et al., 2019). Dessa forma, as plantas de sorgo (*S. sudanense*) submetidas ao incremento de estresse hídrico têm menores magnitudes de  $F_v/F_m$ , isto indica que a ação inibitória do estresse hídrico sobre a fluorescência da clorofila, através do declínio na eficiência fotoquímica do fotossistema II, um distúrbio ou um dano no aparato fotossintético. Isto ocorreu nas plantas de sorgo (*S. sudanense*) que receberam tratamento com a presença de cobertura morta, pois foram menos afetadas pelo estresse hídrico, apresentando assim melhor estabilidade energética em relação as plantas do tratamento sem a presença de cobertura morta.

### 4.3 Pigmentos Fotossintéticos

Os resultados para pigmentos fotossintéticos, não foi observado diferença significativa entre os tratamentos a 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (Tabela 3).

**Tabela 3** - Pigmentos do sorgo (*S. sudanense*) para diferentes tratamentos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com presença e ausência de cobertura morta

Variável	Manejo/Lâmina					
	CC			SC		
	80%	100%	120%	80%	100%	120%
	( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )					
Clorofila a	0,3074 aA	0,2924 aA	0,2293 aA	0,2701 aA	0,2209 aA	0,2849 aA
Clorofila b	0,2647 aA	0,2788 aA	0,1929 aA	0,1193 aA	0,1324 aA	0,1793 aA
Clorofila Total	0,5164 aA	0,4931 aA	0,3848 aA	0,4455 aA	0,3669 aA	0,4738 aA
Carotenoides	0,1721 aA	0,1714 aA	0,1348 aA	0,1225 aA	0,1099 aA	0,1553 aA

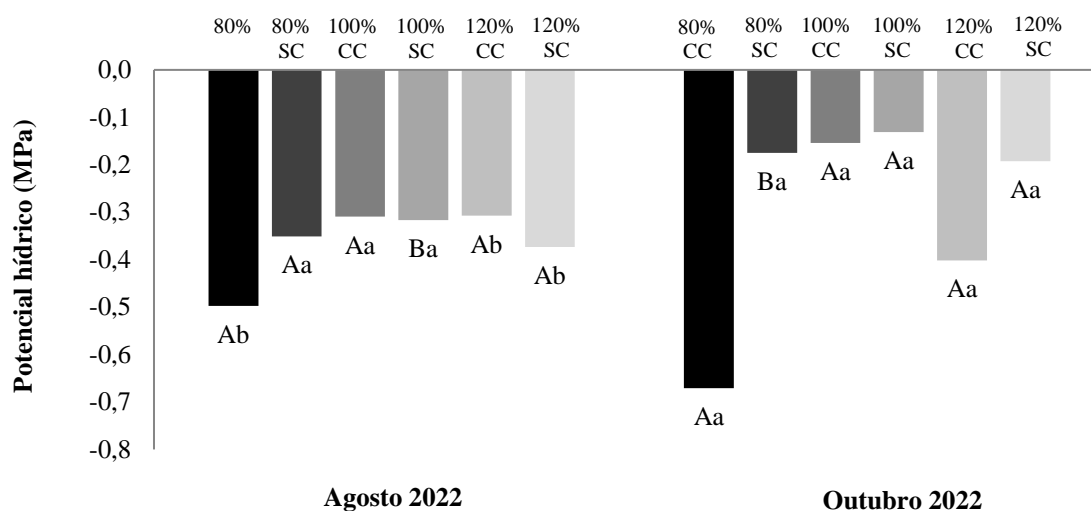
Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo (*S. sudanense*).

O uso de cobertura morta e lâminas utilizadas não influenciaram nas quantidades dos pigmentos. Além disso, a manutenção dos teores de pigmentos fotossintéticos é uma característica essencial para a tolerância das plantas, sendo bastante importante para a etapa fotoquímica da fotossíntese (FANG; XIONG, 2015). Sendo a diminuição dos pigmentos fotossintéticos considerada uma das principais causas da inativação da fotossíntese (MANAVALAN; NAUYEN, 2017).

### 4.4 Potencial Hídrico Foliar do Sorgo

O potencial hídrico foliar do Sorgo (*S. sudanense*), foi observado que teve diferença significativa entre a presença e ausência de cobertura morta, durante o tempo, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (Figura 11).

**Figura 11** -Potencial hídrico do sorgo (*S. sudanense*) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos



Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo.

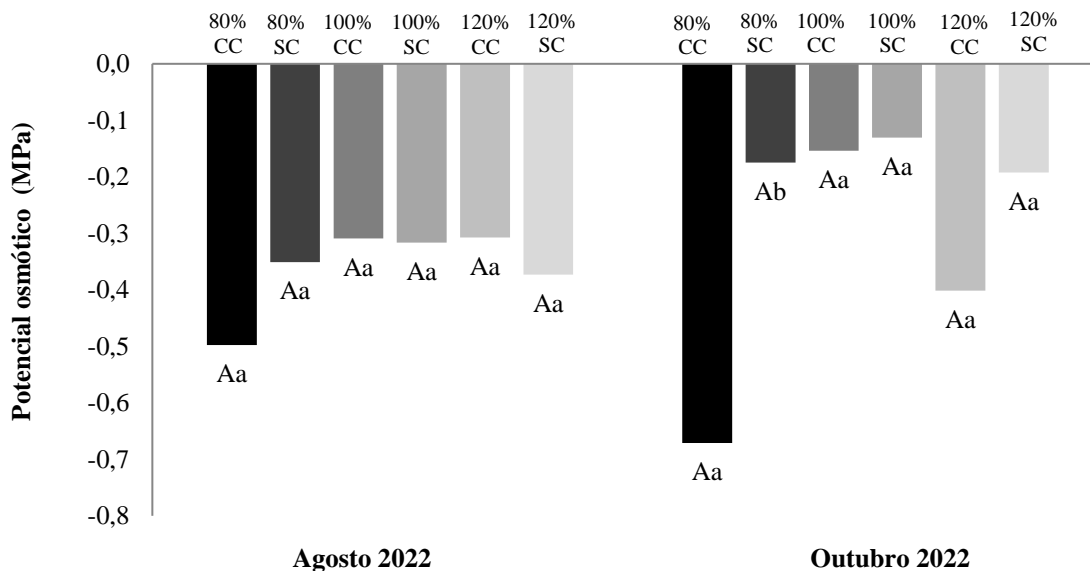
Os tratamentos sem cobertura morta no solo no período de outubro de 2022 apresentaram os menores valores, indicando assim que essas plantas estavam mais estressadas em relação às plantas que estavam no tratamento com cobertura morta no solo, tendo assim, os maiores valores.

Segundo Lavinsky et al. (2015) a baixa disponibilidade hídrica no solo, tem como consequência a diminuição do potencial hídrico foliar, o que pode ocasionar déficit hídrico. Além disso, plantas submetidas a estresses abióticos, a exemplo da seca e /ou salinidade, reduzem o potencial hídrico foliar e o teor relativo de água, porque estes fatores estão intimamente ligados com a disponibilidade hídrica (CASCARDO et al., 1993; LEAL, 2018; MARQUES et al., 2011; NOGUEIRA et al., 2001).

#### 4.5 Potencial Osmótico Foliar

Para o Potencial Osmótico foliar do sorgo (*S. sudanense*) foi observado diferença significativa, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott, tanto para as diferentes lâminas de irrigação, quanto para a presença e ausência de cobertura morta, em relação aos dois períodos de tempo avaliados (Figura 12).

**Figura 12** - Potencial Osmótico do sorgo (*S. sudanense*) irrigado com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, com a presença e ausência de cobertura morta em diferentes períodos



Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo; Tempo 1 = Agosto 2022; Tempo 2 = Outubro 2022.

Segundo Dias e Blanco (2016), a salinidade do solo pode reduzir o potencial osmótico do solo, dificultando assim a absorção de água pelas plantas. Porém, estes resultados podem ser explicados pelo fato da cultura do sorgo (*S. sudanense*) apresentar tolerância à salinidade (HASSANEIN et al., 2010), dessa forma, os valores do potencial osmótico não apresentam diferença significativa, porque a cultura apresenta uma tolerância à salinidade, fazendo com que os valores do potencial osmótico sejam semelhantes, não se diferenciando estatisticamente ( $P > 0,05$ ).

#### 4.6 Efluxo CO<sub>2</sub>

O Efluxo de CO<sub>2</sub> apresentou interação significativa pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, entre a presença e ausência de cobertura morta e as diferentes lâminas de irrigação (Tabela 4).

**Tabela 4** -Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em diferentes manejos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, em diferentes períodos

PERÍODOS	LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO								
	0%			80%		100%		120%	
	TAL	TCC	TVN	CC	SC	CC	SC	CC	SC
	$\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$								
1	0,620 Bc	0,773 Bc	0,516 Bc	6,233 Aa	3,580 Ab	4,602 Aa	2,782 Ab	4,517 Aa	3,272 Ab
2	0,567 Cc	1,416 Cb	0,613 Cc	4,798 Aa	3,408 Ab	5,446 Aa	3,639 Ab	4,393 Ba	2,615 Bb
3	0,482 Cc	1,876 Cb	0,710 Cc	5,720 Ba	3,685 Bb	7,078 Aa	5,118 Ab	5,979 Ba	3,099 Bb

Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; TAL = Testemunha área limpa; TCC= testemunha com cobertura; TVN= testemunha vegetação natural; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo. Período 1 = Abril/22; Período 2= Agosto/22; Período 3 = Outubro/22.

De modo geral, foi observado que os tratamentos com a presença de cobertura morta sobre o solo e irrigados tiveram os maiores valores, indicando que a quantidade de microorganismos presentes no solo, nestes tratamentos foram maiores devido ao maior índice de CO<sub>2</sub> produzido. Ao longo do tempo foi observado um leve aumento na produção de CO<sub>2</sub>, indicando que a utilização de manejos conservacionistas e água de reúso na irrigação, favorecem ambientes propícios para uma maior população microbiana. A cobertura vegetal sobre o solo preserva a estrutura do solo, dessa maneira o solo sofre poucas alterações em relação aos fatores bióticos e abióticos (GARCÍA-ORENES et al., 2010), além de formar um ambiente protegido para os microrganismos.

Foi possível observar valores acima de 5,45  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , no manejo com cobertura em diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, isto indica que estes valores estão próximos ou acima do valor médio encontrado para uma Floresta de Transição Amazônica Cerrado (PINTO-JÚNIOR et al., 2009). Indicando que este tipo de manejo com utilização de irrigação com água de reúso aumenta o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.

#### 4.7 Respiração Basal do Solo (RBS)

Para Respiração Basal do Solo (RSB), não teve diferença significativa nos períodos 1 e 3 pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, nestes dois períodos teve resultados semelhantes aos de Santos et al. (2011), que observaram que a presença de sais na água reúso influenciou de forma negativa a atividade microbiana. No período 2 teve diferença significativa em relação aos tratamentos com a presença e ausência de cobertura morta nas camadas de 0-10cm a de 10-20cm, sendo os maiores valores encontrados na primeira camada do solo, isto indica que a presença da lâmina de irrigação de reúso, atua fortemente nesta camada. Já no 4 e

último período foi observado diferença significativas entre os diferentes tratamentos com a presença e ausência de cobertura morta e as diferentes lâminas de irrigação (Tabela 5).

**Tabela 5** -Respiração Basal do Solo (RSB) em diferentes manejos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, em diferentes períodos

Camada/Profundidade (cm)	LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO									
	0%		80%			100%		120%		
	TAL	TCC	TVN	CC	SC	CC	SC	CC	SC	
<b>Tempo 1 (<math>\mu\text{g CO}_2\text{.g solo}^{-1}\text{.dia}^{-1}</math>)</b>										
<b>0-10</b>	22,37	23,25	25,33	27,26	22,71	28,74	24,31	27,28	19,59	
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
<b>10-20</b>	15,13	15,51	25,62	28,16	23,01	18,86	28,12	22,82	25,37	
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
<b>Tempo 2 (<math>\mu\text{g CO}_2\text{.g solo}^{-1}\text{.dia}^{-1}</math>)</b>										
<b>0-10</b>	21,43	15,70	22,85	18,08	20,95	23,32	22,85	27,60	17,61	
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
<b>10-20</b>	16,53	13,77	31,64	20,64	26,15	11,47	17,90	24,79	16,68	
	Ab	Ab	Aa	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	
<b>Tempo 3 (<math>\mu\text{g CO}_2\text{.g solo}^{-1}\text{.dia}^{-1}</math>)</b>										
<b>0-10</b>	23,06	31,75	32,13	30,99	27,97	36,29	34,40	27,59	36,29	
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
<b>10-20</b>	21,64	32,99	28,73	26,96	30,86	29,44	24,48	34,77	35,12	
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
<b>Tempo 4 (<math>\mu\text{g CO}_2\text{.g solo}^{-1}\text{.dia}^{-1}</math>)</b>										
<b>0-10</b>	46,09	57,39	29,52	21,03	14,29	28,57	16,45	23,44	18,32	
	Aa	Aa	Ab	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	
<b>10-20</b>	44,99	42,49	27,77	20,09	17,99	26,28	20,03	23,63	23,02	
	Aa	Aa	Ab	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	

Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre presença e ausência de cobertura morta não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; TAL = Testemunha área limpa; TCC= testemunha com cobertura; TVN= testemunha vegetação natural; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo. Tempo 1 = Abril/22; Tempo 2= Junho/22; Tempo 3 = Agosto/22 e Tempo 4= Outubro/22.

Isto, pode se explicado que ao longo do tempo do experimento teve um incremento na população microbiana, isto devido ao ambiente proporcionado, onde tem umidade, cobertura do solo e a temperatura ambiente elevada, o que proporciona um ambiente ideal para a maioria dos microorganismos presentes no solo. Segundo Simões et al. (2013), a utilização de efluente de esgoto tratado estimula a atividade microbiana, fazendo com que ocorra o aumento da respiração basal do solo.

#### 4.8 Umidade Gravimétrica do Solo

Para umidade gravimétrica do solo foi observado em quatro períodos durante o experimento sendo eles denominados como Tempo 1 = Abril/22; Tempo 2= Junho/22; Tempo 3 = Agosto/22 e Tempo 4= Outubro/22. Sendo, no tempo1 que teve diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott, entre as lâminas de irrigação, onde com a presença da irrigação os valores foram maiores, quando se comparados as testemunhas que não receberam irrigação. Já no tempo 2 foi observada diferença significativa entre as lâminas e a



presença e ausência de cobertura morta, diferenciando assim dos tratamentos das testemunhas. No tempo 3 não foi observado diferença significativa entre os tratamentos. No tempo 4 foi observado diferenças significativas entre as lâminas de irrigação e a presença e ausência de cobertura morta (Tabela 6).

**Tabela 6** -Umidade Gravimétrica do solo em diferentes manejos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, em diferentes períodos

Camada/Profundidade (cm)	Lâminas de Irrigação								
	0%			80%		100%		120%	
	TAL	TCC	TVN	CC	SC	CC	SC	CC	SC
<b>Tempo 1 (Umidade %)</b>									
<b>0-10</b>	11,18	11,96	13,39	13,55	15,82	15,07	15,22	16,91	15,66
	Ba	Ba	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
<b>10-20</b>	12,41	10,50	10,22	13,00	12,19	15,07	14,78	11,87	13,45
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
<b>Tempo 2 (Umidade %)</b>									
<b>0-10</b>	19,72	16,11	20,62	23,06	22,00	26,17	21,25	21,70	27,12
	Bb	Bb	Bb	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
<b>10-20</b>	14,56	17,88	16,95	20,55	16,92	22,99	18,66	14,55	16,29
	Ba	Ba	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa	Ba	Ba
<b>Tempo 3 (Umidade %)</b>									
<b>0-10</b>	14,38	15,35	13,93	14,92	16,69	18,30	18,14	20,03	15,51
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
<b>10-20</b>	10,78	17,61	11,30	13,73	13,51	17,46	17,12	13,59	13,90
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
<b>Tempo 4 (Umidade %)</b>									
<b>0-10</b>	21,52	20,80	20,93	21,11	21,04	25,82	21,11	21,92	21,26
	Ba	Ab	Ab	Aa	Bb	Ba	Ab	Aa	Ab
<b>10-20</b>	20,32	20,59	20,42	21,26	19,15	20,14	20,20	21,67	20,53
	Ba	Ba	Ba	Ab	Aa	Aa	Ba	Ba	Ba

Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; TAL = Testemunha área limpa; TCC= testemunha com cobertura; TVN= testemunha vegetação natural; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo. Tempo 1 = Abril/22; Tempo 2= Junho/22; Tempo 3 = Agosto/22 e Tempo 4= Outubro/22.

É possível observar que em alguns resultados o tratamento sem a presença de cobertura morta teve valores significativos maiores que o tratamento com a presença da cobertura morta, estes resultados são semelhantes aos de Carvalho et al. (2021), onde também a umidade do solo foi maior no tratamento sem cobertura, isto pode estar associado ao maior consumo hídrico pelo sorgo ocorrido nos tratamentos com a presença de cobertura morta, além disso a produção de massa verde, taxa de crescimento absoluta e taxa de crescimento relativo foram maiores no tratamento com a presença de cobertura morta, portanto a cobertura morta pode promover a interceptação da chuva (LYRA et al., 2010).

#### 4.9 Condutividade Elétrica da solução do solo (CE)

Para condutividade elétrica (CE) do extrato da pasta saturada foi observado em quatro períodos durante o experimento sendo eles denominados como Tempo 1 = Setembro/21; Tempo 2= Abril/22; Tempo 3 = Junho/22 e Tempo 4= Agosto/22. Não foi observado diferença significativa no tempo 1 e 3, entre os tratamentos com a presença e ausência de cobertura morta, lâminas de irrigação e profundidade do solo. No tempo 2 foi observado uma diferença significativa entre a presença e ausência de cobertura morta na camada de 20-40cm. No tempo 4 foi observado diferença significava entre os tratamentos com a presença e ausência de cobertura morta, nas diferentes camadas 0-10 e 10-20cm de profundidade (Tabela 7).

**Tabela 7** -Condutividade Elétrica (CE) do extrato da pasta saturada, em diferentes manejos, irrigados com diferentes lâminas de irrigação de água de reúso, em diferentes períodos

Camada/Profundidade (cm)	LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO					
	80%		100%		120%	
	CC	SC	CC	SC	CC	SC
<b>Tempo 1 (CE dS m<sup>-1</sup>)</b>						
<b>0-10</b>	1,4 Aa	1,8 Aa	2,9 Aa	1,4 Aa	0,9 Aa	1,0 Aa
<b>10-20</b>	1,5 Aa	1,5 Aa	3,2 Aa	1,3 Aa	1,0 Aa	1,2 Aa
<b>20-40</b>	1,8 Aa	2,4 Aa	2,9 Aa	1,5 Aa	1,2 Aa	1,7 Aa
<b>Tempo 2 (CE dS m<sup>-1</sup>)</b>						
<b>0-10</b>	1,5 Aa	2,0 Aa	1,8 Aa	2,0 Aa	1,2 Aa	1,6 Aa
<b>10-20</b>	1,2 Aa	2,0 Aa	1,2 Aa	1,8 Aa	1,4 Aa	1,3 Aa
<b>20-40</b>	1,1 Aa	1,1 Aa	1,3 Aa	1,1 Ab	1,1 Aa	1,0 Aa
<b>Tempo 3 (CE dS m<sup>-1</sup>)</b>						
<b>0-10</b>	0,9 Aa	0,9 Aa	1,0 Aa	1,1 Aa	1,4 Aa	1,2 Aa
<b>10-20</b>	1,2 Aa	1,1 Aa	1,6 Aa	1,0 Ab	1,0 Aa	1,0 Aa
<b>20-40</b>	1,8 Aa	1,5 Aa	2,0 Aa	1,5 Aa	1,7 Aa	1,5 Aa
<b>Tempo 4 (CE dS m<sup>-1</sup>)</b>						
<b>0-10</b>	1,4 Aa	1,6 Aa	2,2 Aa	1,3 Ab	1,6 Aa	1,3 Aa
<b>10-20</b>	1,2 Ab	2,4 Aa	2,6 Aa	2,3 Aa	2,6 Aa	1,4 Ab

Letras iguais, minúsculas entre as diferentes lâminas não diferem entre si, letras iguais, maiúsculas entre os manejos não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CC = com cobertura; SC = sem cobertura; TAL = Testemunha área limpa; TCC= testemunha com cobertura; TVN= testemunha vegetação natural; 80%, 100% e 120% = Lâmina de irrigação a partir da ETc do Sorgo. T1 = Setembro/21; T2= Abril/22; T3 = Junho/22 e T4= Agosto/22.

No tempo 2 e 3 em abril e junho de 2022 ocorreram precipitações no local do experimento, isto pode ter influenciado e pequenas diminuições da CE, já em Agosto de 2022 onde o período chuvoso já tinha passado a tendência é de aumento da CE, pois os sais não foram lixiviados. A condutividade elétrica quando se trabalhado com água residuária, possui alta correlação positiva com os sólidos totais (DANTAS et al., 2019), presente no efluente de esgoto tratado.

Segundo Silva (2016) a condutividade elétrica tende a aumentar, pois os sólidos totais, fixos e voláteis possuem conexão com os sólidos dissolvidos no meio, favorecendo a maior concentração de íons.

## 5 CONCLUSÕES

O uso da cobertura morta em plantio consorciado entre Palma e sorgo, influenciou as trocas gasosas da cultura do sorgo, onde o tratamento com a presença de cobertura vegetal, teve os maiores valores para fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e condutância estomática (gs). Porém as diferentes lâminas não influenciaram estes parâmetros, indicando que mesmo na lâmina de 80% de ETc as plantas de sorgo não sofreram estresse.

A Fluorescência máxima e o rendimento quântico, foram influenciados positivamente pela presença da cobertura morta e da lâmina de irrigação de 100% de ETc. Os pigmentos fotossintéticos não sofreram influência dos tratamentos avaliados.

O potencial hídrico e potencial osmótico do sorgo foram influenciados pela presença da cobertura morta e pela lâmina de 100% de ETc, tendo os maiores valores encontrados neste tratamento, indicando que esses indivíduos sofreram menos estresse sob manejo da cobertura morta.

O efluxo de CO<sub>2</sub> e respiração basal do solo, foram influenciadas pela presença da cobertura morta e lâminas de irrigação a 100% de ETc, tendo um aumento nestes valores durante o tempo avaliado, estabelecendo ambiente propício para o aumento da microbiota do solo.

O monitoramento da condutividade elétrica, mostrou que durante todo o experimento não ocorreu grandes aumentos na salinidade do solo, tendo pequenos aumentos o que não influenciou na cultura do sorgo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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**, São Paulo, v.12, n.1, p.59-71, 2011.

ALMEIDA, SANDRA. **Transpiração (nas plantas) Conceito de transpiração (nas plantas)**. 2015. Disponível em: <<https://knoow.net/cienciterravida/biologia/transpiracao-nas-plantas/>>. Portugal. Acesso em: 24 jan. 2023.

ALVES, H. K. M. N.; JARDIM, A. M. R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SOUZA, C. A. A.; LEITE, R. M. C.; SILVA, G. I. N.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F. Uma abordagem sobre práticas agrícolas resilientes para maximização sustentável dos sistemas de produção no Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Serra Talhada, v. 1, n. 1, p. 373-392, jan. 2022. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p373-392>

ANDRADE NETO, R. C., MIRANDA, N. O., DUDA, G. P., GÓES, G. B., & LIMA, A. S. (2010). Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** ,14(2), 124-130. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200002>

ARAÚJO FILHO J. A.; SOUSA F. B.; CARVALHO F. C. Pastagens no semi-árido: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. **Simpósio Sobre Pastagens Nos Ecossistemas Brasileiros**. Fortaleza, v. 22, p. 28-62. 1995.

ARAÚJO FILHO J. A.; CARVALHO F. C. Desenvolvimento sustentável da caatinga. Sobral: **EMBRAPA CNPC** v. 1, p. 1-17. 1997.

ARAÚJO, J. C.; HERMANN, K.; ARAÚJO, J. C.; CAMPOS, J. N. B.; BEZERRA, N. F.; MOTA, S.; PARENTE, F. B.; GARJULLI, R.; SÁVIO, E.; SUASSUNA, J.; SILANS, A. P.; STUDART, T. **Água e desenvolvimento sustentável no Semi-Árido**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, (Série Debates), p. 169. 2002.

BAKER, N. R. EVA ROSENQVIST. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal Of Experimental Botany**. v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 16 jul. 2004. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erh196>

BEDBABIS, S.; ROUINA, B. B.; BOUKHRIS, M.; FERRARA, G. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. **Journal of environmental management**, v. 133, p. 45-50, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.11.007>

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1531-1540. Eldorado do Sul, 2000.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; OQUIST, G. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual (Hall, D.; SCURLOCK, J. M. O.; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.R.; LEEGOOD C. R. C.; LONG S. P.). **Chapman & Hall**, p. 193-206, 1993. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-1566-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-94-011-1566-7_12)

BONFIM-SILVA, EDNA MARIA; SILVA, TONNY JOSÉ ARAÚJO DA; CABRAL, CARLOS EDUARDO AVELINO; KROTH, BRUNA ELUSA; REZENDE, DIOGO. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 180-186, jun. 2011.

BORGES, V. E.; MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; DANTAS NETO, J.; SOBRINO, T. G. Análise de crescimento de três cultivares de palma forrageira. **Educação Agrícola Superior**, v.30, p.7-14, 2015. <https://doi.org/10.12722/0101-756X.v30n02a07>

BOUCHENAK, F.; HENRI, P.; BENREBIHA, F. Z.; REY, P. Differential responses to salinity of two *Atriplex halimus* populations in relation to organic solutes and antioxidant systems involving thiol reductases. **Journal of Plant Physiology**, v. 119, n.15, p. 1445-1453, out., 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.06.009>

BRAGA, M. B.; MAROUELLI, W. A.; RESENDE, G. M.; MOURA, M. S. B.; COSTA, N. D.; CALGARO, M.; CORREIA, J. S. Coberturas do solo e uso de manta agrotêxtil (TNT) no cultivo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 147- 153, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170123>

BRASIL. Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios para o reúso de água não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 31, 28 nov. 2005a. Seção 1, p. 31-36.

CARVALHO, AILTON ALVES DE. **Estratégias produtivas em cultivo de sequeiro e reúso de água residual para convivência com a escassez hídrica, pernambuco (brasil)**. 2020. 155 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020. Cap. 6.

CARVALHO, AILTON ALVES DE; MONTENEGRO, ABELARDO ANTÔNIO DE ASSUNÇÃO; SILVA, LUANDSON JOSÉ DA SILVA E; COSTA, RODRIGO SOARES; ALMEIDA, GISELLE CRUZ. Análise do crescimento fisiológico do sorgo irrigado com água residual tratada associado com cobertura morta. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 14, p. 4258-4270, mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v14n501212>

CARVALHO, D. F. de; RIBEIRO, E. C.; GOMES, D. P. Marketable yield of onion under different irrigation depths, with and without mulch. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 107-112, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n2p107-112>

CASCARDO, J. C. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; SOARES, A. M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 5, p. 31-34, 1993.

CHAGANTI, V. N.; GANJEGUNTE, G.; NIU, G.; ULERY, A.; FLYNN, R.; ENCISO, J. M.; MEKI, M. M.; KINIRY, J. R. Effects of treated urban waste water irrigation on bioenergy sorghum and soil quality. **Agricultural Water Management**, v. 228, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105894>

COELHO, A. M. (2010). **A implantação da cultura do sorgo**. Sistema de Produção, 2 (6a ed.). Embrapa Milho e Sorgo. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica.

COSTA, CÁSSIO RICARDO GONÇALVES DA. **Dinâmica temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> e produção de glomalina em área de caatinga sob NEOSSOLO LITÓLICO**. 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2019.

DANTAS, PAULO RICARDO; CHAVES, MARIA TATIANE LEONARDO; CAVALCANTE, DOUGLAS MONTEIRO; ALBUQUERQUE, WALKER GOMES DE; MEDEIROS, WEVERTON PEREIRA DE; BEZERRA, ANDREZA MAIARA SILVA. Reúso de água cinza tratada em sistema de alagado construído com resíduos da construção civil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 14, n. 1, p. 62, 1 jan. 2019. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v14i1.5819>.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2 ed, p. 151-161, 2016.

ELFANSSI, SALOUA; OUZZANI, NAAILA; MANDI, LAILA. Soil properties and agro-physiological responses of alfalfa (*Medicago sativa* L.) irrigated by treated domestic wastewater. **Agricultural water management**, 2018, 202: 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.003>

EPIFÂNIO, NÚBIA MEIRELLY LOPES DA SILVA. **DESCRITORES MORFOLÓGICOS E INDICADOR DE METABOLISMO FOTOSSINTÉTICO EM CLONES DE PALMA FORRAGEIRA**. 2019. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

EPRON, D.; NOUVELLON, Y.; ROUPSARD, O.; MOUVONDY, W.; MABIALA, A.; SAINTANDRÉ, L.; JOFFRE, R.; JOURDAN, C.; BONNEFOND, J.; BERBIGIER, P.; HAMEL, O. Spatial and temporal variations of soil respiration in a Eucalyptus plantation in Congo. **Forest, Ecology and Management**, v.202, p.149-160, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.019>

FANG, Y.; XIONG, L. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, Basel, v. 72, p. 673-689, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00018-014-1767-0>

FAO. **Water for Sustainable Food and Agriculture**. A report was produced for the G20 Presidency of Germany. Rome, 2017.

FARIAS, VERLÂNIA FABÍOLA DE SOUSA. **Avaliação do desenvolvimento, qualidade e capacidade antioxidante em brotos de palma (*Opuntia sp.*) Para o consumo humano.** 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2013.

FEIJÃO, A. R.; SILVA, J. C B. da; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T.; FILHO, E. G. Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 675-683, set. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000300014>

FELIX, EVALDO DOS SANTOS; LIMA, WASHINGTON BENEVENUTO DE; SILVA, CARLOS TRAJANO DA; ARAÚJO, JUCILENE SILVA; PEREIRA, DANIEL DUARTE; LIRA, ELDER CUNHA DE. Cultivation of palma forrageira (*Opuntia stricta*) irrigated with salinized water. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 2, n. 6, p. Edição especial, 1869-1875, nov. 2018. <https://doi.org/10.34115/basr.v2i6.581>

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.

FITO, J.; VAN HULLE, S. W. H. Wastewater reclamation and reuse potentials in agriculture: towards environmental sustainability. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, p. 2949–2972, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00732-y>

FRANCOIS, L. E.; DONOVAN, T.; MAAS, E. V. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. **Agronomy Journal**, v. 76(5), p. 741–744, 1984. <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600050008x>

FURLAN, DIEGO ALBANI; SOUSA, ELIAS FERNANDES DE; MENDONÇA, JOSÉ CARLOS; SOUZA, CLAUDIO LUIZ MELO DE; GOTTARDO, ROMILDO DOMINGOS; LIMA, RODOLPHO ARTUR DE SOUZA. Potencial hídrico foliar e desenvolvimento vegetativo do cafeeiro conilon sob diferentes lâminas de irrigação na região e campos dos Goytacazes-RJ. **Irriga**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 13-28, 31 mar. 2021. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p13-28>.

GARCÍA-ORENES, F.; GUERREROA, C.; ROLDÁN, A.; MATAIX-SOLERAA, J.; CERDÀ, A.; CAMPOY, M.; ZORNOZAD, R.; BÁRCENASA, G.; CARAVACAB, F. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. **Soil & Tillage Research**, v. 109, n. 2, p. 110-115, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.05.005>

GLENN, D.M.. The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in horticultural and agricultural crops. **HortScience** 47:710-711, 2012. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.6.710>

HASSANEIN, M. S.; AHMED, A. G.; ZAKI, N. M. Growth and productivity of some sorghum cultivars under saline soil condition. **Journal of Applied Science Research**, Cairo, Egito, v. 6, n. 11, p. 1603-1611, 2010.

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J.H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. **Weather and Climate Extremes**, v 10, p 4–10, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>

HILLEL, D. Soil in the Environment: Crucible of Terrestrial Life. **Elsevier**, 2007. 320p. New York. ISBN: 0080554962, 9780080554969.

HUSSAIN, HAFIZ A. et al. Chilling and Drought Stresses in Crop Plants: implications, cross talk, and potential management opportunities. **Frontiers In Plant Science**, v. 9, n. 1, 10 abr. 2018. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2018.00393>.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP**. NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL – Período: 1981-2010. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em 10/01/2022.

Instituto Nacional do Semiárido (INSA). **Semiárido Brasileiro**. 2023. Disponível em:< <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>>. Acesso em: 05 mar. 2023.

IRANDOUST, M.; TABRIZ, A. S. The effect of municipal wastewater on soil chemical properties. **Solid Earth Discussions**, 1-13, 2017. <http://dx.doi.org/10.5194/se-2017-6>

JIMÉNEZ, M. N., PINTO, J. R., RIPOLL, M. A., SÁNCHEZ-MIRANDA, A., NAVARRO, F. B. (2017). Impact of straw and rock-fragment mulches on soil moisture and early growth of holm oaks in a semiarid area. **Catena**, 152, 198–206. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.01.021>

KANG, S.; DOH, S.; LEE, D.; LEE, D.; JIN, V.L.; KIMBALL, J. Topographic and climatic controls on soil respiration in six temperate mixed-hardwood forest slopes, Korea. **Global Change Biology**, v.9, p.1427-1437, 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00668.x>

KAVAMURA, V.N.; SANTOS, S.N.; SILVA, J. L.; PARMA, M. M.; ÁVILA, L.A.; VISCONT, A.; ZUCCHI, T. D.; TAKETANI, R. G.; ANDREOTE, F. D.; MELO I. S. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. **Microbiological Research**, v 168, p. 183–191, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2012.12.002>

KIRKHAM, M. B. Principles of soil and plant water relations. **Academic Press**, 1 ed, 2004, 520p. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-12871-1>

KÖCHY M, HIEDERER R, FREIBAUER A. Global distribution of soil organic carbon – Part 1: masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world. **Soil**. 2015;1:351–365. <https://doi.org/10.5194/soil-1-351-2015>

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la Tierra. Pánuco, México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

KUZYAKOV, Y. Sources of CO<sub>2</sub> efflux from soil and review of partitioning methods. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 38, p. 425-448, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.08.020>



LAL R. Sequestering carbon and increasing productivity by conservation agriculture. **J. Soil Water Conservation** 2015; 70 (3): 55A–62A. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.3.55A>

LAVINSKY, A. O.; MAGALHÃES, P. C.; ÁVILA, R. G.; DINIZ, M. M.; SOUZA, T. C. Partitioning between primary and secondary metabolism of carbon allocated to roots in four maize genotypes under water deficit and its effects on productivity. **The Crop Journal**, Oxford, v. 3, n. 5, p. 379-386, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.04.008>

LEAL, LUCAS YAGO DE CARVALHO. **Relações hídricas em Espinafre (*Spinacia oleracea* L.) cultivado com águas salobras sob sistemas hidropônico e solo com e sem cobertura**. 2018. 93 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

LEITE, LÍVIA CARVALHO. **Memória fisiológica induz respostas fotoquímicas e bioquímicas em plantas de sorgo sob déficit hídrico recorrente**. 2020. 53 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas (Botânica), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2020.

LESSA, Carla Ingrid Nojosa; OLIVEIRA, Ádila Cristina Nunes de; MAGALHÃES, Clarissa Lima; SOUSA, José Thomas Machado de; SOUSA, Geocleber Gomes de. Estresse salino, cobertura morta e turno de rega na cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 5, p. 3637-3645, 16 abr. 2020. INOVAGRI. <https://doi.org/10.7127/RBAI.V13N5001122>

LICHTENTHALER, HARMUT K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic bio membranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 350-383. 1987. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)

LIMA, M.; ARAUJO, B. M.; SOARES, S. R. A.; SANTOS, A. S. P.; VIEIRA, J. M. P. Water reuse potential for irrigation in Brazilian hydrographic regions. **Water Supply**, v. 21, n. 6, p. 2799–2810, 2021. <https://doi.org/10.2166/ws.2020.280>

LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; MOURA FILHO, G.; ARAÚJO JÚNIOR, R. F. Conteúdo de água no solo em cultivo de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na Região de Arapiraca-AL. **Irriga**, v.15, n.2, p.173-183, 2010. <https://doi.org/10.15809/irriga.2010v15n2p173>

MAGALHÃES, P. C., DURÃES, F. O. M., RODRIGUES, J. A. S. Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, **Comunicado técnico**, 86. 4p Sete Lagoas, (2010).

MANAVALAN, L. P.; NGUYEN, H. T. Drought tolerance in crops: physiology to genomics. In: SHABALA, S. (Ed.). **Plant stress physiology**. 2nd ed. Wallingford: CABI, 2017. p. 1-23. <https://doi.org/10.1079/9781780647296.0001>

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS H. F. **Reúso de Água**. São Paulo: Manole, 2013.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S.P.; MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; PIRES NETO, O. de S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MARQUES, R. P.; FREIRE, C. S.; NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações Hídricas e Produção de Pigmentos Fotossintéticos em Mudas de *Eugenia Unifloral*. Sob Condições de Salinidade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 497-509, 2011. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i3.232729>

MARTINS, E. L.; SILVA SOUZA, R. F.; SILVA FRAGA, V.; SOUSA MEDEIROS, S. Effects of Treated Wastewater on Soil Recovery in Degraded Semiarid Region. **Journal of Experimental Agriculture International**, 1-7, 2019. <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v4i1i630430>

MARTINS, J. B.; SANTOS JUNIOR, J. A. ; COSTA, L. L. Y. ; PAULINO, M. K. S. S.; DE SOUZA, ER ; GHEYI, HANS R . Fluorescence emission and photochemical yield of parsley under saline waters of different cationic natures. **Scientia Horticulturae**, v. 273, p. 109574, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109574>

MAZZETTO AM, CERRI CEP, FEIGL BJ, CERRI CC. Activity of soil microbial biomass altered by land use in the southwestern Amazon. **Bragantia**. 2016;75(1):79–86. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.066>

MELGAR, J. C.; MOHAMED, Y.; NAVARRO, C.; PARRA, M. A.; BENLLOCH, M.; FERNANDEZ-ESCOBAR, R. Long-term growth and yield responses of olive trees to different irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, v. 95, p. 968-972, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.03.001>

MELO, HIDELBLANDI F. DE; SOUZA, EDIVAN R. DE; CUNHA, JAILSONC..Fluorescence of chlorophyll a and photosynthetic pigments in *Atriplex nummularia* under abiotic stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 4, p. 232-237, abr. 2017. FapUNIFESP (SCIELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p232-237>.

MONTEIRO J. G., CRUZ F. J. R., NARDIN M. B. & SANTOS D. M. M. (2018). Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 49, 18-25. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000100003>

MORAIS, M. A.; FERREIRA NETO. M.; SILVA, G. DE F.; DE LIRA, R. B., DE BRITO, R.F.; MIGUEL, L. C. V. Contaminação microbiológica no perfil do solo por águasresiduais. **HOLOS**, v. 3, p. 76-83, 2016. <https://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.2782>

MOREIRA, LUCIANO REZENDE; ERVILHA, JARDÉLCIO DAMIÃO CARVALHO; COUTINHO, PAULO HENRIQUE; VIDIGAL, JULIANA GONÇALVES; OGLIARI, JUARES; MIRANDA, GLAUCO VIEIRA; PEREIRA, LUCAS FELISBERTO. Caracterização fisiológica de sorgo sacarino em diferentes intensidades de irrigação. **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 15, n. 2, p. 39-48, ago. 2013. Essentia Editora. <http://dx.doi.org/10.5935/1809-2667.20130017>.

MOURA, P. G. ARANHA F. N.; HANDAM, N. B.; MARTIN, L. E.; SALLES, M. J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; MARTINS, A. S. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 791–808, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>

MUSAZURA, W.; ODINDO, A. O.; TEFAMARIAM, E. H.; HUGHES, J. C.; BUCKLEY, C. A. (2019). Nitrogen and phosphorus dynamics in plants and soil fertigated with decentralised wastewater treatment effluent. **Agricultural Water Management**, 215, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.01.005>

MYHRE G, SHINDELL D, BRÉON FM, COLLINS W, FUGLESTVEDT J, HUANG J, KOCH D, LAMARQUE JF, LEE D, MENDOZA B, NAKAJIMA T, ROBOCK A, STEPHENS G, TAKEMURA T, ZHANG H. Anthropogenic and natural radiative forcing. In: Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM, editors. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: **Cambridge University Press**; New York, 2013. p. 659–740.

NOGUEIRA, R. J.; MORAES, J. A. P. D.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, p. 75-87, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000100009>

OFORI, S., PUŠKÁČOVÁ, A., RŮŽIČKOVÁ, I., & WANNER, J. (2021). **Reuse of treated waste water for irrigation: pros and cons. Science of The Total Environment**, 760. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720375574>>. Acesso em 02 Dezembro de 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144026>.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R. & ROSSETO, R. Efeito das aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana de açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:505-519, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000200025>

OLIVEIRA, W. J.; DE SOUZA, ER ; CUNHA, J. C. ; SILVA, E. F. F. ; VELOSO, V. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO<sub>2</sub> efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 32-37, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929>

PAIVA, A. P. L. de; LANA, U. G. de P.; MAGALHAES, P. C.; CARVALHO, L. P. de; JALES, H. F.; CÉSAR JÚNIOR, C. G.; MARRIEL, I. E. Caracterização ecofisiológica de sorgo granífero inoculado por *Azospirillum brasilense* e submetido à restrição hídrica. **Revista Saberes**, Sete Lagoas, v. 1, n. 7, p. 46-52, jan. 2021. Versão on-line ISSN 2525-9318 - <http://revista.unifemm.edu.br/>

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. DE F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2011. 69 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2021.

PENG, YAOQI; XIAO, YINGXIN; FU, ZETIAN; DONG, YUHONG. Precision irrigation perspectives on the sustainable water-saving of field crop production in China: Water demand prediction and irrigation scheme optimization. **Journal of cleaner production**, v. 230, p. 365-377, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.347>

PEREIRA, FRANCISCO HEVILASIO FREIRE; SILVA, LUANDSON JOSÉ DA SILVA E; SILVA, FRANCISCO DE ASSIS DA; DIAS, MIRANDY DOS SANTOS. Trocas gasosas, eficiência fotoquímica e potencial osmótico de plantas de tomate submetidas a condições salinas. **Revista Pesquisagro**, Confresa, v. 3, n. 1, p. 36-51, jul. 2020. <https://doi.org/10.33912/pagro.v3i1.656>

PINTO, H. S.; FARIA, I. D.; BAPTISTA, R.; KASSMAYER, K.; ABBUD, A.; PINTO, V. C. (2014), **A Crise Hídrica e suas Consequências**. Brasil: Núcleo de Estudo e Pesquisas, Senado Federal. 32 p. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/508678>>.

PINTO-JUNIOR, O. B.; SANCHES, L.; DALMOLIN, A. C.; NOGUEIRA, J. S. Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 813-822, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400009>

QUEIROZ, L. P.; RAPINI, A.; GIULIETTI, A. M. Rumo ao Amplo Conhecimento da Biodiversidade do Semiárido Brasileiro. **Ministério da Ciência e Tecnologia**. Brasília, 2005.

RAMEGOWDA, V.; SENTHIL-KUMAR, M. The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: Mechanistic understanding from drought and pathogen combination. **Journal of Plant Physiology**, v176, p.47-54, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.11.008>

RAMOS, J. P. D. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; BEZERRA, H. F. C.; PEREIRA, G. A.; BELTRÃO, G. R.; OLIVEIRA, J. S. Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica. REDVET. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 16, n. 12, p.1-11, 2015. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.34257>

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830 p.

REIS, C. O. *Azospirillum brasilense* alternativa ecológica na superação do estresse hídrico em milho. Orientador: Dr. Paulo César Magalhães. 2019. TESE (DOUTORANDA EM BOTÂNICA APLICADA). Alfenas, Universidade Federal de Alfenas, 2019.

REZA, A.; SHIM, S.; KIM, S.; AHMED, N.; WON, S.; RA, C. Nutrient Leaching Loss of Pre Treated Struvite and Its Application in Sudan Grass Cultivation as an Eco-Friendly and Sustainable Fertilizer Source. **Sustainability**, v.11, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11154204>

SALL, J.; CREIGHTON, L.; LEHMAN, A. **JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP and JMP IN software**. 3rd ed. Cary: Duxbury Press, 2005. 580p.

SANTOS, F. D., CASELA, C. R., & WAQUIL, J. M. (2005). **Melhoramento de sorgo**. In BORÉM A. (org). Melhoramento de espécies cultivadas, 2 (2a ed.). (pp. 605-658). Viçosa: UFV.

SANTOS, C. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, M. A.; PEDROSA, E. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da Moringa oleifera no semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.12, p.840–845, dez. 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929>

SANTOS, K. C. F.; SILVA, M. S. L.; SILVA, L. D.; MIRANDA, M. A. & FREIRE, M. B. G. S. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex numularia*. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 42, n. 3, p. 619-627, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000300007>

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BRAZ, T. G. S.; SILVA, S. P.; GOMES, V. M.; SILVA, G. P. Características morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim-braquiária em locais do pasto com alturas variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.535-542,2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000300010>

SCOTTI-CAMPOS, P; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three Vigna genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Abu Dhabi, v. 25, p. 1002-1013, 2013. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i12.16733>

SHABAGA JA, BASILIKO N, CASPERSEN JP, JONES TA. Seasonal controls on patterns of soil respiration and temperature sensitivity in a northern mixed deciduous forest following partial-harvesting. **Forest Ecology and Management**. 2015; 348:208–219. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.022>

SHU, S. YUAN, LING-YUN; GUO, SHI-RONG; SUN, JIN; YUAN, YING-HUI. Effects of exogenous spermine on chlorophyll fluorescence, antioxidant system and ultrastructure of chloroplasts in *Cucumis sativus* L. under salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 63, p. 209-2016, jan., 2013. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.11.028>

SILVA, DAVI FRANCISCO DA; GARCIA, PEDRO HENRIQUE DE MELO; SANTOS, GIRLENE CORDEIRO DE LIMA; FARIAS, IASMIN MYRELE SANTOS CALAÇA DE; PÁDUA, GUILHERME VINICIUS GONÇALVES DE; PEREIRA, PEDRO HENRIQUE BORBA; SILVA, FRANCISCO EDSON DA; BATISTA, REGIANE FARIAS; NETO, SEVERINO GONZAGA; CABRAL, ANA MARIA DUARTE. Morphological characteristics, genetic improvement and planting density of sorghum and corn crops: a review. **Research, Society And Development**, v. 10, n. 3, p. 1-9, 08 mar. 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13172>

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 201-205, jul./dez. 2004.

SILVA, H. C. **Tratamento de efluente proveniente da lavagem de resíduos de construção e demolição**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2016.

SIMÕES, K DA S.; PEIXOTO, M. DE F. DA S. P.; ALMEIDA, A. T.; LEDO, C. A. DA S.; PEIXOTO, C. P.; PEREIRA, F. A. DE C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 5, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500008>

SOTTA, E.D.; VELDKAMP, E.; GUIMARÃES, B.; PAIXÃO, R.K.; RUIVO, M.L.P. Landscape and climatic controls on spatial and temporal variation in soil CO<sub>2</sub> efflux in an Eastern Amazonian Rainforest, Caxiuanã, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 237, p. 57-64, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.09.027>

SOUSSI, A.; FERJANI, R.; MARASCO, R.; GUESMI, A.; CHERIF, H.; ROLLI, E.; MAPELLI, F.; OUZARI, H. I.; DAFFONCHIO, D.; CHERIF, A. Plant-associated microbiomes in arid lands: diversity, ecology and biotechnological potential. **Plant Soil**, p.1-14, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2650-y>

SOUZA, E. R.; FREIRE, M. B. G. S.; CUNHA, K. P. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; RUIZ, H. A.; LINS, C. T. Biomass, anatomical changes and osmotic potential in *Atriplex nummularia* Lindl. cultivated in sodic saline soil under water stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 82, p. 20-27, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.03.007>

SOUZA, M. S., SILVA, T. G. F., SOUZA, L. S. B., JARDIM, A. M. R. F., ARAÚJO JÚNIOR, G. N., ALVES, H. K. M. N. (2019). Practices for the improvement of the agricultural resilience of the forage production in semiarid environment: a review. **Amazonian Journal of Plant Research**, 3, 417-430. <https://doi.org/10.26545/ajpr.2019.b00051x>

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 118 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

TEIXEIRA, P.C; DONAGEMMA, G.K; FONTANA, A; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, 3. edição revisada e ampliada. Embrapa, 2017.

THAKUR, D.; KAUSHIK, M. K. Assessment of drainage properties of tires derived aggregates to be used as drainage layer material in leachate collection system of MSW landfill. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, v. 5, n. 2, p. 2219-2230, 2016. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2016.050114>

TUOMI M, VANHALA P, KARHU K, FRITZE H, LISKI J. Heterotrophic soil respiration-comparison of different models describing its temperature dependence. **Ecological Modelling** 2008; 211: 182 – 190. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.09.003>

UHLAND, R. E., & O'NEAL, A. M. Soil permeability determinations for use in soil and water conservation: **US Soil Conservation Surveys Division**. Washington D. C. Pub, 101. 1951.

UNGUREANU, N.; VLĂDUȚ, V.; VOICU, G. Water Scarcity and Wastewater Reuse in Crop Irrigation. **Sustainability**, 12(21), 9055, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12219055>

YEOMANS, J.C., BREMNER, J.M. 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, 19, 1467-1476. <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>.

ZHANG, P., WEI, T., HAN, Q., REN, X., JIA, Z. (2020). Effects of different film mulching methods on soil water productivity and maize yield in a semiarid area of China. **Agricultural Water Management**, 241(July 2019), 106382. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106382>

ZHANG, Z., YU, K., SIDDIQUE, K. H. M., NAN, Z. (2019). Phenology and sowing time affect water use in four warm-season annual grasses under a semi-arid environment. **Agricultural and Forest Meteorology**, 257–269. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.027>