

# MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

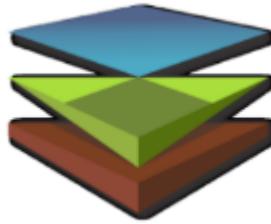
PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA ECONÔMICA  
PALMA FORRAGEIRA GIGANTE  
IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA E  
DA CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

*Rafael Olimpio Ferreira Araujo*

Serrinha - Bahia - Brasil - 2023



**INSTITUTO FEDERAL**  
Baiano  
Campus Serrinha

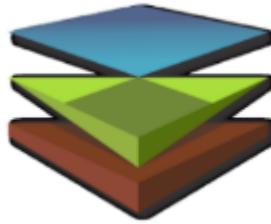


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO  
*CAMPUS SERRINHA*  
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

RAFAEL OLÍMPIO FERREIRA ARAUJO

**PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA PALMA FORRAGEIRA  
GIGANTE IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA E DA CHUVA NO  
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

SERRINHA  
BAHIA - BRASIL  
2023



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO  
CAMPUS SERRINHA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

RAFAEL OLÍMPIO FERREIRA ARAUJO

**PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA PALMA FORRAGEIRA  
GIGANTE IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA E DA CHUVA NO  
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *campus* Serrinha, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, para obtenção do título de Mestre.

**Orientador:** Dr. Welson Lima Simões  
**Coorientador:** Dr. Delfran Batista dos Santos  
**Coorientadora:** Dra. Jucicléia Soares da Silva  
**Coorientadora:** Dra. Delka de Oliveira Azevedo Batista

SERRINHA  
BAHIA - BRASIL  
2023

Araújo, Rafael Olímpio Ferreira

A663p Produção e eficiência econômica da palma forrageira gigante irrigada com água residuária e da chuva no Semiárido brasileiro/ Rafael Olímpio Ferreira Araújo - Serrinha, Ba, 2023.

118 p.; il.: color.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências Ambientais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Serrinha.

Orientador: Prof. Dr. Welson Lima Simões.

Coorientadores: Prof. Dr. Delfran Batista dos Santos, Profa. Dra. Jucicléia Soares da Silva e Profa. Dra. Delka de Oliveira Azevedo Batista.

1. Irrigação. 2. Retorno financeiro 3. Opuntia ficus indica. 4. Reuso de água. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. II. Simões, Welson Lima (Orient.). III. Santos, Delfran Batista dos (Coorient.). III. Silva, Jucicléia Soares da (Coorient.). IV. Batista, Delka de Oliveira Azevedo. V. Título.

CDU: 626.8



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO

## Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais

### ATA da 15ª Defesa de Trabalho de Conclusão do Curso (TCC)

Realizou-se no dia 29 de junho de 2023 as 13 horas, de forma remota pela plataforma <https://meet.google.com>, a Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso do aluno **Rafael Olímpio Ferreira Araújo**, como requisito para conclusão do curso de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais. O trabalho foi intitulado "**PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA PALMA FORRAGEIRA GIGANTE IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA E DA CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**".

A Banca foi composta pelo Presidente: Welson Lima Simões (Professor Orientador) e pelos seguintes membros: Dr. João Ricardo Ferreira de Lima e Dra. Juciléia Soares da Silva. Inicialmente, o aluno fez a apresentação sintética do seu trabalho, tendo, em seguida, sido arguido pelos membros da banca, que deferiu pela sua **APROVAÇÃO** e atribuiu ao aluno **NOTA 90**.

#### Observações:

O aluno terá **120 dias** para realizar as correções/alterações sugeridas pela banca examinadora para fazer jus ao recebimento do título de Mestre em Ciências Ambientais. Serrinha, 29 de junho de 2023.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** WELSON LIMA SIMOES  
Data: 04/09/2023 11:40:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Welson Lima Simões  
(Professor Orientador)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JOAO RICARDO FERREIRA DE LIMA  
Data: 04/09/2023 11:48:46-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. João Ricardo Ferreira de Lima  
(Examinador externo – Embrapa Semiárido)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JUCICLEIA SOARES DA SILVA  
Data: 05/09/2023 12:17:35-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Juciléia Soares da Silva  
(Examinador externo – Embrapa Semiárido)

## **AUTOBIOGRAFIA**

*Nasci ou apareci, não sei, “só sei que foi assim “Ariano que o diga”*, na cidade de Teofilândia/BA, onde estudei até o ensino fundamental. Devido as dificuldades nas pequenas cidades, fiz meu ensino médio em Salvador/BA, na antiga Escola Técnica Federal da Bahia (atual IFBA, campus Salvador) no curso de formação técnica em Química (1994). O nível superior foi realizado na Universidade Federal da Bahia, no curso de Bacharel em Administração (2004). A especialização em Gerenciamento de Projetos foi realizada na Universidade Católica de Salvador (2010).

Trabalhei no Polo Petroquímico de Camaçari, em uma empresa de celulose (1995 - 2010) e depois passei a trabalhar na concessionária de água e esgoto (2010 - Atual). Durante minhas atividades laborais, pude verificar que, mesmo grandes empresas apresentam dificuldades com seus passivos ambientais, seja por geração excessiva, por falta de investimento ou tecnologia adequada para o devido tratamento.

O contato com a natureza, para mim, foi intenso, acredito por morar em uma cidade do interior. Meu interesse pelas questões ambientais surgiu na infância, nas experiências e convívio com as plantas existentes no quintal de casa. As diversas conversas com os mais antigos da comunidade e suas relações com a natureza. Com meu avô que nasceu no século XIX e faleceu com 104 anos, ainda lúcido, que sua paixão pela terra, pelas coisas da natureza, suas comidas e suas melíponas me cativaram e espero ter um pouco da sua longevidade. Andando pelas regiões de caatinga ainda intocáveis, com diversas espécies de árvores e animais de médio porte que ainda podia se ver durante a minha vida em Teofilândia. Era possível encontrar Raposas, Tatus, Veados, Gatos selvagens, Lebres, Jabutis, dentre outros. Uma flora outrora exuberante, com várias árvores nativas, e os pequenos riachos que surgiam depois das tempestades e ficavam “vivos” durante semanas, escorrendo pelos leitos secos dos rios temporários. Hoje, após as tempestades, depois de um ou dois dias, não existe mais riachos. Com o tempo, foi possível notar nitidamente que o desmatamento ia se tornando mais intenso, já não se encontrando mais estes animais e as chuvas mais escassas e irregulares, assim pude infelizmente aprender sobre desertificação.

Durante minha trajetória de vida, visitei vários locais para tentar entender e acompanhar as atividades e ações que cada comunidade realizava para atender suas necessidades e a convivência com o ambiente onde viviam: Áreas quilombolas, Unidades de Conservação, projetos especiais como o Tamar na Praia do Forte, curtumes manuais, dentre outros tantos.

Por muitos anos, visitando Teofilândia, sempre me perguntava onde o Rio Inhambupe findava seu caminho e se encontrava com o mar, pois o município pertence a bacia deste rio e todo o fluxo de águas pluviais se direcionam para ele. Desta forma, eu pude em cada viagem que fazia, passar por alguns trechos deste rio, para conhece-lo, até que cheguei a sua foz, na região de Baixios, antes uma pequena vila de pescadores, hoje cercada por hotéis. Assim, além das outras vivencias, esta experiência foi a que mais me incentivou a estudar e conhecer formas de ações e atividade para a proteção ambiental e ao mesmo tempo apoiar as comunidades da

região a ter formas alternativas à produção convencional e poder aumentar a sustentabilidade da cadeia produtiva e beneficiar pequenos produtores da região semiárida.

Muitos estudos e práticas de produção realizamos, trabalhando com algumas comunidades da região de Teofilândia. Conseguimos produzir, alface hidropônico, milho hidropônico, mudas de diversas árvores nativas e formas alternativas de produção animal. Contudo, notava que faltava mais profissional e com conhecimento mais aprofundado sobre as ciências ambientais.

Ao avaliar a proposta do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais (MPCA) ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha, notei que era o que faltava, e que eu realmente precisava para me qualificar profissionalmente, adquirir as competências necessárias para capacitação, conhecer outras realidades, aprender para discutir a resolução de problemas socioambientais e principalmente na aprendizagem do método científico. A multidisciplinaridade dos colegas que encontrei no MPCA me permitiu entender as diversas dimensões do conhecimento e os impactos antropogênicos que cada um conhecia. Isto tudo por meio da integração das várias áreas de atuação dos colegas mestrados, que muito me ajudaram nessa jornada.

A soma da minha experiência de vida, com a vida laboral, contatos com as comunidades, formação acadêmica, vivência do dia a dia, minhas indagações sobre os problemas ambientais e a possibilidade de fazer um mestrado em ciências ambientais, me fez participar do processo seletivo, ao qual fui aprovado para participar do MPCA. Fomos a primeira turma o MPCA, uma enorme responsabilidade para todos nós mestrados

A ideia era produzir a palma forrageira irrigada com efluente doméstico e água da chuva, por acreditar na sua importância para a região semiárida, com o apoio do coorientador Professor Dr. Delfran Batista dos Santos que pôde fornecer a área experimental do IFBaiano e ao apoio da EMBRAPA para este projeto. O uso e reúso de água, vem das experiências que tive com tratamento de efluentes no Polo Petroquímico e na empresa de água e esgoto, uma vez que estas trabalham com um volume grande e efluentes. O gotejamento, acompanha minhas experiências com projetos hidropônicos e a possibilidade de uso mínimo de água para produzir o máximo possível. O cálculo econômico, inerente a minha formação acadêmica em Administração e a necessidade de mostrar e acreditar na viabilidade econômica deste empreendimento.

Com todos estes elementos postos em conjunto, a roda da *Fortuna* girou. Realizamos as caminhadas necessárias a conclusão deste Mestrado, que nos foi tão especial. Por meio dele foi possível nos relacionar com entendimento da ciência na sua relação com as práticas sociais, econômicas e ecológicas e a aplicação do conhecimento tradicional no convívio com a biodiversidade.

*No contexto descrito nesta pequena autobiografia, tentei falar um pouco da minha vida, do meu pensamento, minhas ideias sobre o meio ambiente e a nossa relação com este planeta, que é único, “um pálido ponto azul, pequeno numa vasta arena cósmica (Sagan)”.*

*Então, vamos.....ao infinito e além.....∞*

“Somos assim: sonhamos o voo, mas tememos a altura.  
Para voar é preciso ter coragem para enfrentar o terror do vazio.  
Porque é só no vazio que o voo acontece.  
O vazio é o espaço da liberdade, a ausência de certezas.  
Mas é isso o que tememos: o não ter certezas.  
Por isso trocamos o voo por gaiolas.  
As gaiolas são o lugar onde as certezas moram”.

*Fiódor Dostoiévski em “Os Irmãos Karamazov”*

## AGRADECIMENTOS

Dedico este momento a *Nhandervuçu*, nossa Grande Avó Eterna, geradora do tudo e do nada. A *Olorum* que criou o *Aiê* e *Orum*. A *Oxalá* que com sua sabedoria e energia, criou o universo, todos os seres e coisas que existem no mundo. À *Mev* que une as partículas do universo. À *Ajá*, a alma da floresta e sua defensora. À *Deméter*, deusa da colheita e da agricultura, da terra cultivada e das estações do ano, que ensinou os homens a cuidarem da terra e das plantações. À *Saraswati* deusa da sabedoria, do conhecimento e da aprendizagem, que nos impulsiona a pensar e nos traz inspiração. A *Allāh*, que guie nossos eventos futuro, “in shā’ Allāh”. Cada um dia eu possa escrever uma história de vida como *Gilgamesh* o fez, não com a sua grandiosidade, mas bem mais simples. E que cada escolha seu caminho, seja em *Orum*, nos *Campos Elísios* ou em *Valhala*. Agradeço a Oração de São Francisco, que me traz a paz, principalmente os trechos “Senhor, fazei-me instrumento de vossa paz; onde houver trevas, que eu leve a luz; pois é dando que se recebe”. *Viva a diversidade*.

Aos meus avós, meu avô Olímpio Moura (*in memoriam*), que sua paixão pela terra, pelas coisas da natureza, me cativou. A minha Avó, Dona Miquelina Conceição (*in memoriam*), sempre presente na nossa vida.

Aos meus pais, meu pai “Seu” Fernando Araújo, (*in memoriam*) que me ensinou a gostar das coisas e dos causos da terra, minha mãe, “Dona” Maria Ferreira, por me estimular nos estudos desde cedo, e nos deu a nossa base vital.

A minha esposa e filhas, Ana Barbara, Rafaela Azevedo e Renata Azevedo, pelo apoio e estímulo durante a pesquisa. Entendo, agora, o porquê outros autores falavam da dificuldade de conciliar família e pesquisa, esta que me exigiu dedicação exclusiva, e ficamos em falta com a família. Minhas desculpas e agradecimento pela compreensão.

Ao meu orientador professor doutor Welson Lima Simões, pesquisador da Embrapa Semiárido, que muito me ajudou com objetividade, incentivo, prestativo e auxílio intelectual. Principalmente pela sua simplicidade de “quebrar” toda a minha dissertação e “montar” de forma tão simples, que muito admirei.

As professoras Alessandra e Jucicléia, que me ajudaram nas dúvidas e na reestruturação da dissertação. E principalmente nas análises estatísticas, pois a gente pensa que sabe, mas não sabemos. E aparecem pessoas como elas que nos orientam e direcionam para os melhores caminhos.

Aos meus coorientadores, Prof. Dr. Delfran Batista dos Santos, Profa. Dra. Delka de Oliveira Azevedo e Dra. Jucicléia Soares da Silva com sua forma de transmitir um imenso conhecimento de forma que parece tudo fácil, mesmo não sendo.

A todos os colegas do MPCA pela troca de saberes e discussões que nos fazem refletir. Contudo, infelizmente devido a pandemia da COVID, nos obrigou ao isolamento social, e deixando mais distante o nosso convívio. Mas ao mesmo tempo, mostrou como as ações antrópicas provocam as mudanças climáticas, por isso, verifica-se a importância dos estudos

ambientais e do Mestrado Acadêmico em Ciências Ambientais, promovido pelo IFBaiano, para podermos mitigar estas mudanças.

Aos colegas do MPCA pela dedicação e troca de experiências em especial à Andréia Bárbara Serpa Dantas, Talita Alves Menezes, Péricles Souza de Carvalho, José Alexandre da Silva, nas nossas discussões e apoio nas criações das produções acadêmicas.

À colega do MPCA 2021, Marcia Raimunda de Jesus Moreira da Silva, que muito me ajudou em diversos textos e nas suas explicações e orientações sobre a vida acadêmica.

Aos docentes do MPCA por contribuírem com a minha formação e se dispuseram a me ajudar e também a me orientar em vários momentos, obrigada por todo suporte e apoio.

Aos idealizadores do MPCA, em especial ao coordenador Delfran Batista dos Santos por acreditar neste programa de Pós-Graduação de excelência e sua incansável persistência para promover a sua implantação em nossa região.

Ao Instituto Federal Baiano, campus Serrinha/BA, que nos conferiu a competência para realizarmos as avaliações críticas necessárias para a intervenção e resolução de problemas socioambientais. Nos capacitando para a solução de problemas científicos e tecnológicos, pautada nos princípios da ciência ambiental e da ética profissional.

As equipes de funcionários do IFBaiano que mantem tudo funcionando e que facilitam a nossa vida acadêmica. Principalmente a Hortência que me orientava nas ações do Laboratório, obrigado por toda ajuda no uso e manejo dos equipamentos, sempre prestativa com meus pedidos, que não foram poucos.

A equipe de segurança patrimonial do IFBaiano, que devido a COVID, foi meu único contato com pessoas durante a pesquisa, visto que estávamos no mesmo local, porém sem podermos nos encontrar de perto, devido a pandemia. Mas nunca deixaram de me ajudar e acolher. Principalmente ao Segurança patrimonial “Aldir, Cantor e Contador” das suas histórias de vida e desafios, que conheci nos momentos de solidão no laboratório, devido à pandemia, eu escutei em algum lugar, “alguém” cantando e parei as atividades para ficar ouvindo-o. Linda voz.

Ao Agricultor e amigo Adilson Queiroz e sua família, cujo conhecimento das coisas da vida, me recarregam a energia em cada novo encontro e pela partilha de conhecimentos no campo, uma beleza singular.

Ao colega Mychel de Oliveira Figueredo, que muito me ajudou nos cálculos, que não foram poucas as vezes que eu mandava mensagens pela madrugada a fora, pedindo ajuda.

Aos membros da banca, por aceitarem o nosso convite e pela contribuição para o aprimoramento deste trabalho.

A todos que eu possa não ter inserido neste texto, mas que foram importantes neste momento. E principalmente a todos e todas que diretamente ou indiretamente contribuíram para o crescimento do MPCA, para o meu desenvolvimento pessoal e profissional, e ajudaram de alguma forma neste novo passo na minha vida.

A Patativa do Assaré, Rolando Boldrin, Renato Teixeira, Svetlana Alexijevich, Cora Coralina, Jair Rodrigues, Sun Tzu, Isaac Asimov, Monteiro Lobato, Arthur C. Clarke, Euclides da Cunha, Fiódor Dostoiévski e outros sonhadores que nos acompanham, nos formam e alegram a nossa vida. ∂.....*Muito obrigado a todos*..... ∂

# **PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA PALMA FORRAGEIRA GIGANTE IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA E DA CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**RESUMO:** Devido as condições edafoclimáticas e as limitações da oferta de água para a agricultura no semiárido nordestino, estudos são necessários para avaliar a viabilidade da tecnologia de irrigação com águas residuárias como técnica de cultivo de plantas, como alternativa à produção convencional, verificando as possibilidades de promover a sustentabilidade da cadeia produtiva e beneficiar pequenos produtores. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de águas residuárias e da chuva para o cultivo irrigado da palma forrageira gigante (*Opuntia ficus indica*) no Semiárido brasileiro. A pesquisa foi conduzida no município de Serrinha/BA, no período de maio de 2021 a julho de 2022. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três formas de cultivo da palma forrageira: irrigada com água residuária de esgoto doméstico e água pluvial e em sequeiro. Foram feitas medições das características morfométricas, produtivas e da eficiência econômica das formas de cultivo da palma. O tratamento com água residuária foi superior em relação aos demais tratamentos nas variáveis comprimento, largura, espessura, altura, área, volume, quantidade de cladódios e produtividade da massa de matéria seca. Não houve diferença significativa para as variáveis de produção de massa de matéria verde, índice de área do cladódio inicial e índice de área do cladódio final. As análises estatísticas da produtividade e das variáveis morfológicas do cladódio apresentaram coeficientes de determinação elevados para a maioria dos modelos gerados. Assim, estas formas de cultivo demonstram um investimento promissor e de um retorno que permite, já no primeiro ciclo, abater os valores negativos gerados pelo investimento inicial. O uso da água residuária para irrigação foi considerada promissora nas condições edafoclimáticas onde foi realizada a pesquisa.

**Palavras-chave:** Irrigação, Retorno financeiro, *Opuntia ficus indica*, Reuso de água

# **PRODUCTION AND ECONOMIC EFFICIENCY OF GIANT CACTUS PEAR IRRIGATED WITH WASTEWATER AND RAIN IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID**

**ABSTRACT:** Due to edaphoclimatic conditions and the limitations of water supply for agriculture in the semiarid northeastern region, studies are necessary to evaluate the viability of irrigation technology with wastewater as a plant cultivation technique, as an alternative to conventional production, verifying the possibilities of promoting the sustainability of the production chain and benefit small producers. In this context, the objective of this work was to evaluate the use of wastewater and rain for the irrigated cultivation of giant forage cactus (*Opuntia ficus indica*) in the Brazilian semi-arid. The research was conducted in the municipality of Serrinha/BA, from May 2021 to July 2022. The experimental design was in randomized blocks with three forms of cactus cultivation: irrigated with wastewater from domestic sewage and rainwater as well as in rainfed. Measurements were made of the morphometric and productive characteristics in addition to economic efficiency of the palm cultivation methods. The wastewater treatment was superior in comparison to the other treatments in the variable length, width, thickness, height, area, volume, number of cladodes and dry matter mass productivity. There was no significant difference for the variables of green matter mass production, initial cladode area index and final cladode area index. Statistical analyses of correlations between productivity and cladode morphological variables showed high determination and correlation coefficients for most of the generated models. Thus, these forms of cultivation demonstrate a promising investment and a return that allows, in the first cycle, to offset the negative values generated by the initial investment. The use of wastewater for irrigation was considered promising under the soil and climate conditions where the research was carried out.

**Keywords:** Irrigation, Financial feedback, *Opuntia ficus indica*, Reclaimed water

## **LISTA DE FIGURAS**

### **Capítulo 01 - Desenvolvimento e produtividade da palma forrageira gigante irrigada com água residuária**

Figura 1. Área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Serrinha/BA.

Figura 2. Croqui da área experimental com a distribuição dos três sistemas de cultivo da palma forrageira com água residuária, água de chuva e sequeiro.

Figura 3. Estação meteorológica automática instalada na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, para o acompanhamento do experimento da palma.

Figura 4. Distribuição da precipitação, temperatura máxima, média e mínima durante o período experimental entre os meses de junho a maio no município de Serrinha, Bahia

Figura 5. Área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA.

Figura 6. Trincheira do perfil do solo e amostra coletada para análise química e física do solo da área experimental da palma forrageira em Serrinha/Ba.

Figura 7. Sistemas de irrigação com um hidrômetro para medir o volume de água e um manômetro para medir a pressão da água no sistema.

Figura 8. Estação de tratamento de esgoto instalada no campus experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA.

Figura 9. Reservatório de águas pluviais recebidas do sistema de drenagem das áreas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA.

Figura 10. Medição de parâmetros biométricos em cladódios de *Opuntia ficus-indica* na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA.

Figura 11. Colheita e pesagem da palma forrageira realizada no final do experimento na área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, para realização das análises.

Figura 12. Cortes dos cladódios colhidos do experimento no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA.

Figura 13. Material obtido nos cortes dos cladódios e armazenados na estufa para secagem.

Figura 14. Efeito das formas de cultivo sobre o Índice de área do cladódio.

Figura 15. Efeito das formas de cultivo da palma forrageira sob o comprimento, largura, espessura dos cladódios e altura da palma.

Figura 16. Efeito das formas de cultivo da palma forrageira sobre a área, volume, quantidade e umidade dos cladódios.

Figura 17. Produtividade da massa de matéria seca (PMS) dos cladódios da palma sobre diferentes formas de cultivo.

Figura 18. Características das ordens dos cladódios na palma forrageira.

Figura 19. Comprimento, largura, espessura e número de cladódios e altura da palma forrageira durante o período de avaliação das três formas de cultivo.

Figura 20. Variação das características morfológicas da palma forrageira durante o período de avaliação das três formas de cultivo.

## **Capítulo 2 - Viabilidade econômica e eficiência do uso da água residuária e da chuva para o cultivo da palma forrageira**

Figura 1. Croqui da área experimental com a distribuição dos três sistemas de cultivo da palma forrageira com Água residuária, Água de chuva e Sequeiro.

Figura 2. Distribuição da precipitação, temperatura máxima, média e mínima durante o período experimental entre os meses de junho a maio no município de Serrinha, Bahia.

## **LISTA DE TABELAS**

### **Capítulo 01 - Crescimento e produtividade da palma forrageira gigante irrigada com água residuária**

Tabela 1 - Caracterização granulométrica e textural do solo na profundidade de 0 – 20 cm, na área do experimento com palma forrageira, na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA.

Tabela 2 - Caracterização das águas residuárias e pluviais usadas nos tratamentos na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA.

Tabela 3 - Caracterização química de um solo Latossolo vermelho-amarelo antes e depois da aplicação dos tratamentos com o cultivo da palma na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA.

Tabela 4 - Resultado médio da aplicação mensal na composição química do aporte de nutrientes aplicados aos tratamentos em 53 irrigações na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano.

Tabela 5 - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) da água no campo, em %, para os tratamentos com águas residuárias e águas pluviais.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância das variáveis biométricas e produtivas da palma forrageira sobre três formas de cultivo.

Tabela 7 - Equações médias para determinação das variáveis de produtividade da palma forrageira na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA.

### **Capítulo 2 - Viabilidade econômica e eficiência do uso da água residuária e da chuva para o cultivo da palma forrageira**

Tabela 1 - Caracterização química de um solo Latossolo vermelho-amarelo antes e depois da aplicação dos tratamentos com o cultivo da palma na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA.

Tabela 2 - Caracterização física do solo na profundidade de 0 – 20 cm, na área do experimento com palma forrageira, na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância das variáveis produtivas da palma forrageira sobre três formas de cultivo.

Tabela 4 – Número de cladódios da planta (NC), produtividade de massa de matéria verde (PMV) e produtividade da massa de matéria seca (PMS) da palma forrageira sobre três formas de cultivo, no semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

Tabela 5 – Receitas obtidas para a Palma Forrageira, sobre três formas de cultivo, no semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

Tabela 6 – Custo de aquisição de raquetes sementes e implantação para o cultivo de um hectare de Palma forrageira cultivada em três tratamentos com dados complementares da área no semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

Tabela 7 – Custo de manutenção anual para implantação e cultivo de um hectare de Palma forrageira cultivada sobre três formas de cultivo no semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

Tabela 8 – Valor presente líquido (VPL) com a taxa mínima de atratividade (TMA), na produção em um hectare de Palma forrageira sobre três formas de cultivo no semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

Tabela 9 – Cálculos econômicos dos valores verificada para produção em um hectare de Palma forrageira sobre três formas de cultivo no Semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

Tabela 10 – Resumo das variáveis de viabilidade econômicas e indicadores em valores verificada na produção em um hectare de Palma forrageira sobre três formas de cultivo no Semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

Tabela 11 – Dados da eficiência de uso da água (EUA) pela palma forrageira sobre três formas de cultivo no Semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

(H+Al)	Acidez Total
NP	Adubo Nitrogênio (N), Fósforo (P)
NPK	Adubo Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K)
ANA	Agencia Nacional das Águas
H	Altura
Al	Alumínio
CaCO <sub>3</sub>	Alcalinidade
NH <sub>3</sub>	Amônia
AC	Áreas dos cladódios
Art.	Artigo
BA	Bahia
BACEN	Banco Central do Brasil
Cd	Cádmio
Ca	Cálcio
CTC	Capacidade de troca de cátion efetiva
T	Capacidade de Troca Catiônica potencial
CNF	Carboidratos não fibroso
CHT	Carboidratos totais
C	Carbono
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Carbonato
Pb	Chumbo
Cl <sup>-</sup>	Cloretos
Cl-L	Cloro livre
Cl-T	Cloro total
Cu	Cobre
R	Coefficiente de correlação
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação
R <sup>2</sup> _A	Coefficiente de determinação ajustado.
CUD	Coefficiente de Uniformidade de Distribuição
CV	Coefficiente de variabilidade
CC	Comprimento do cladódio
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CE	Condutividade elétrica
Cor-A	Cor aparente
Cr VI	Cromo hexavalente
CLIMATE	Dados climáticos para Cidades
(Mg <sup>+2</sup> )	Dureza Magnésio
EUA	Eficiência do uso da água
ENOS	El Niño Oscilação Sul
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
EC	Espessura do cladódio
ETE	Estação de tratamento de esgoto
FAEMG	Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais
Fe	Ferro
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente ácido
P	Fosforo
(PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	Fosfato
FUNDAJ	Fundação Joaquim Nabuco
F	Flúor
GL	Grau de liberdade
GEPAC	Grupo de Estudo e Pesquisa de Agropecuária na Caatinga
IAF	Índice da área foliar
IAC	Índice da área de cladódio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IFBaiano	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
LC	Largura dos cladódios
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MV	Massa de matéria verde
MM	Matéria mineral
MS	Matéria Seca
CAM	Metabolismo Ácido das Crassuláceas
MCA	Metros coluna de água
MG	Minas Gerais
Mo	Molibdênio
NS	Não significativo
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato
NO <sub>2</sub>	Nitrito
Ni	Níquel
N	Nitrogênio
NC	Número de cladódios
n°	Número
ONU	Organização das Nações Unidas
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
O <sub>2</sub>	Oxigênio dissolvido
PE	Pernambuco
% MS	Percentual de massa de matéria seca

P	Pluviosidade medida
K	Potássio
pH	Potencial hidrogeniônico
PMS	Produção de Massa de matéria seca
PMV	Produção de Massa de matéria verde
PB	Proteína Bruta
kW	Quilowatts
RAS	Relação de adsorção de sódio
RN	Rio Grande do Norte
V	Saturação por bases;
SDACE	Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Ceará
Si	Sílica
SB	Soma de Bases
Na	Sódio
SEI	Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Sulfato
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
U	Teor de umidade
Um:	Umidade.
Un	Unidade
VPL	Valor presente líquido
I	Volume de Irrigação
VC	Volume dos cladódios
Zn	Zinco

## LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
cm <sup>3</sup>	Centímetro cubico
cmolc dm <sup>-3</sup>	Centimol por decímetro cubico
dS m <sup>-1</sup>	Deci-Siemen por metro
DAP	Dias após plantio
DDC	Dias de cultivo
g	Gramma
g kg <sup>-1</sup>	Gramma por quilo
°C	Graus Celsius
ha	Hectare
hm <sup>3</sup>	Hectômetro cúbico
Hh	Homem-hora
h	hora
Hm	Hora máquina
L	Litro
L h <sup>-1</sup>	Litro por hora
L planta <sup>-1</sup> semana <sup>-1</sup>	Litro por planta por semana
L s <sup>-1</sup>	Litro por segundo
m	Metro
MCA	Metros de coluna de água
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup>	Metro cúbico por ano
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>2</sup> .m <sup>-2</sup>	Metro quadrado por metro quadrado
mS cm <sup>-1</sup>	Mili-Siemens por centímetro
mg L <sup>-1</sup>	Miligramma por litro
mg dm <sup>-3</sup>	Miligramma por decímetro cubico
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mm ano <sup>-1</sup>	Milímetro por ano
“O	Longitude Oeste
PCU	Unidades de cobalto de platina

§	Parágrafo
ciclos	Período por tempo
plantas ha <sup>-1</sup>	Plantas por hectare
%	Porcentagem
Kg	Quilograma
kgf.cm <sup>-2</sup>	Quilograma força por centímetro quadrado
Kg ha <sup>-1</sup>	Quilograma por hectare
kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Quilograma por hectare por ano
kg.ha <sup>-1</sup> .mm <sup>-1</sup>	Quilograma por hectare por milímetro
Kg MS ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>	Quilograma de Massa de matéria seca por hectare por milímetro
km <sup>2</sup>	Quilometro quadrado
RAS	Relação de adsorção de sódio
“S	Latitude Sul
t ha <sup>-1</sup>	Tonelada por hectare
t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Tonelada por hectare por ano
t MS ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Toneladas de matéria seca por hectare por ano
t MS ha <sup>-1</sup>	Toneladas de matéria seca por hectare
t MV ha <sup>-1</sup>	Toneladas de matéria verde por hectare
R\$	Unidade monetária: Reais
Un	Unidade

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 01 .....</b>	<b>28</b>
<b>PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA GIGANTE IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....</b>	<b>28</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 02 .....</b>	<b>76</b>
<b>VIABILIDADE ECONÔMICA E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA RESIDUÁRIA NO CULTIVO DA PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....</b>	<b>76</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>79</b>
<b>Materiais e Métodos .....</b>	<b>81</b>
<b>Resultados e Discussões .....</b>	<b>87</b>
<b>Conclusões .....</b>	<b>105</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>106</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU, 2022), as perspectivas do crescimento populacional levarão a um aumento nas quantidades demandadas dos recursos naturais, principalmente os hídricos. Assim, a ausência de técnicas apropriadas e de uma gestão sustentável poderá acarretar impactos negativos nos recursos ambientais. Desta forma, os estudos do uso da água são importantes para garantir um aumento na eficiência e na produção de alimentos, principalmente em regiões semiáridas (UNESCO, 2023).

Considerando a deficiência hídrica e os espaços reduzidos de produção nas pequenas propriedades rurais no semiárido, verifica-se a necessidade de proposição de sistemas de produção adaptados às condições edafoclimáticas da região, visando a resiliência e a adaptabilidade dos sistemas de produção animal, principal fonte de renda dos pequenos produtores. A palma forrageira é uma cactácea pertencente à família Cactaceae e ao gênero *Opuntia*. Este gênero tem sua origem no México e atualmente está distribuído pelo mundo todo (BRITTON; ROSE, 1919). Avaliando as condições do semiárido e as necessidades dos produtores rurais, o cultivo da palma forrageira indica, possivelmente, ser um dos mais interessantes para a região semiárida.

Os sistemas de manejo propostos para o desenvolvimento desta cultura devem considerar, além das questões de mudanças climáticas e de disponibilidade hídrica, o aumento da produtividade e da qualidade nutricional da forragem produzida, visando o aumento da sustentabilidade da cadeia produtiva da palma (BAPTISTA e CAMPO, 2013). Esta linha de estudo deve levar em consideração a fragilidade do produtor perante o clima semiárido predominante na região, pois tem-se as baixas precipitações, a irregularidade na distribuição das chuvas e a baixa qualidade da água dos mananciais subterrâneos, além da redução da disponibilidade hídrica no solo e da elevação da salinidade com os manejos incorretos (SCHISTEK, 2013).

O Semiárido brasileiro apresenta características peculiares em termos de distribuição hídrica, existindo áreas chamadas de sedimentares com um volume de águas subterrâneas abundantes e de melhor qualidade e as áreas cristalinas, onde dispõe de água de baixa qualidade para a irrigação (BRITO *et al.*, 2021; MENTE, 2008).

A decisão estratégica a ser utilizada quanto ao uso da água, vai depender das condições impostas, do local em estudo, das condições tecnológicas e sociais existentes no momento histórico (CONTI e PONTEL, 2013).

Nas regiões áridas e semiáridas, que apresentam baixa disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação, pesquisas com a utilização de água residuária para fins agrícolas tem despontado como uma alternativa viável para aumentar a sua disponibilidade hídrica. Estas águas podem ser um importante componente do sistema de produção de palma forrageira, pois sua utilização promove, além da disponibilidade hídrica, o aporte de nutrientes no solo (SANTOS *et al.*, 2021).

Para Handam (2021) e Cavalcante (2015) a prática de utilização de águas de reuso dentro de padrões de qualidade sanitária traz diversos benefícios, representando uma fonte segura e sustentável, principalmente na agricultura, promovendo um aumento significativo na produção agrícola, vinculada à economia de recursos hídricos e com preservação do meio ambiente.

Segundo Santos (2019) e Bortoni *et al.* (2018), o uso de águas residuárias pode ser responsável pela elevação da fertilidade do solo e, conseqüente, aumento do desenvolvimento de culturas, como o rabanete (*Raphanus sativus*). Contudo, é importante que se façam os devidos monitoramentos da qualidade do solo, pois valores aplicados que excedam a necessidade nutricional da cultura podem acarretar o aumento expressivo dos níveis de sais, como sódio no solo, e com isso, proporcionar a diminuição do desempenho das culturas, bem como o aumento da salinidade e sodicidade.

Segundo Santos Neto (2017), o uso de águas residuárias trouxe benefício para a produção da palma forrageira, variedade Orelha Elefante Mexicana (*Opuntia tuna* (L.) Mill), permitindo a irrigação dos cultivos, mesmo nos períodos de estiagem, gerando uma produção de 400 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, especialmente pelo fornecimento de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio.

A utilização da melhor técnica na produção de alimentos deve se mostrar promissora na geração de renda da região do semiárido, no intuito de atender a segurança alimentar alinhada à preservação ambiental, atendendo a simplicidade na produção, com fácil aplicação e trazendo um impacto social positivo no sentido de mitigar as deficiências encontradas pelas populações locais que vivem nestes ambientes.

Neste contexto, estudos que possam avaliar a viabilidade da tecnologia de irrigação com águas residuárias como técnica de cultivo de plantas da espécie *Opuntia ficus*, como alternativa à produção convencional, podem aumentar a sustentabilidade da cadeia produtiva e beneficiar pequenos produtores da região semiárida.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade e a viabilidade econômica da palma forrageira gigante (*Opuntia ficus indica*) irrigada com água residuária no Semiárido brasileiro.

## Referências Bibliográficas

- BAPTISTA, N. de Q.; CAMPOS, C. H. A convivência com o Semiárido e suas potencialidades. *In: Convivência com o Semiárido Brasileiro: Autonomia e Protagonismo Social.* (Org.). Irio Luiz Conti e Edni Oscar Schroeder. Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: FAURGS/REDEgenteSAN; Instituto Ambiental Brasil Sustentável: IABS; Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento: AECID; Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome: MDS. Editora IABS. Brasília/DF, 2013. p 51-58. Disponível em: <https://www.asabrazil.org.br/images/UserFiles/File/convivenciacomosemiaridobrasileiro.pdf>. Acesso em 26.07.2023
- BORTONI, S. F.; SILVA, J. B. G.; SOUSA, C. P. de. Efeito residual da fertirrigação com água residuária de bovinocultura na qualidade de um solo argilo-arenoso. *Revista Engenharia na Agricultura/REVENG*, v.26, n.05. Departamento de Engenharia Agrícola/DEA. Universidade Federal de Viçosa-UFV. Viçosa/MG, 2018. p 452-463. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/790/pdf>. Acesso em: 10.07.2022
- BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; MELO, R. F. de. Águas Subterrâneas. Disponibilidade hídrica subterrânea. *In: Bioma Caatinga.* Agência de informação tecnológica/Embrapa. Conteúdo migrado na íntegra em: 08.12.2021. Online. Brasília/DF, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/agua/subterranea>. Acesso em: 25.07.2023.
- BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. The Cactaceae. Descriptions na illustrations of plants of the Cactus Family. v.1. Ano, 1919. The Carnegie Institution of Washington. Press of Gibson Brotheres, Washington, 1919. p 177-178. Disponível em: [https://publicationsonline.carnegiescience.edu/publications\\_online/cactaceae/Britton\\_Rose\\_Cactaceae\\_1.pdf](https://publicationsonline.carnegiescience.edu/publications_online/cactaceae/Britton_Rose_Cactaceae_1.pdf). Acesso em 12.08.2022
- CAVALCANTE, K. D. B. O uso de águas residuais e as vantagens de sua aplicação na agricultura. TCC (Graduação em Ciências Biológicas). Orientador Prof. Msc José Cavalcante da Silva. Centro de ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Estadual da Paraíba/UEPB. Campina Grande/PB, 2015. 39 p. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/7154/1/PDF%20-%20Karla%20Danielle%20Bizerra%20Cavalcante.pdf>. Acesso em 01/04/2022

CONTI, I. C.; PONTEL, E. Transição paradigmática na convivência com o Semiárido. In: *Convivência com o Semiárido Brasileiro: Autonomia e Protagonismo Social*. (Org.). Irio Luiz Conti e Edni Oscar Schroeder. Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: FAURGS/REDEgenteSAN; Instituto Ambiental Brasil Sustentável: IABS; Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento: AECID; Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome: MDS. Editora IABS. Brasília/DF, 2013. p 21-30. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/images/UserFiles/File/convivenciacomosemiaridobrasileiro.pdf>. Acesso em 26.07.2023

HANDAM, N. B. Qualidade sanitária da água de reúso como destino sustentável para a agricultura. Tese (Doutorado em Ciências. Gestão e Saneamento ambiental). Orientador: Adriana Sotero Martins. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro/RJ, 2021. 179 p. Disponível em: [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/49460/natasha\\_berendonk\\_handam\\_ens\\_p\\_dout\\_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/49460/natasha_berendonk_handam_ens_p_dout_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Acesso em 25.07.2023

MENTE, A. A Água Subterrânea no Brasil. *In: Hidrogeologia Conceitos e Aplicações*. Coordenação: Fernando A. C. Feitosa et al. 3ª ed. CPRM: Serviço Geológico do Brasil. LABHID. Rio de Janeiro/RJ, 2008. p 31-48. Disponível em: [https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/14818/3/livro\\_hidrogeologia\\_conceitos.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/14818/3/livro_hidrogeologia_conceitos.pdf). Acesso em 26.07.2023

ONU. Organização das Nações Unidas. World Population Prospects 2022. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>. Acesso em 10.10.2022

SANTOS, D. B. dos; AZEVEDO, D. de O.; SOUZA, J. A. A. de; SIMÕES, W. L.; RODRIGUES, C. S.; ARAUJO, R. O. F.; SOUZA, M. C.; CARVALHO, C. M. de; SANTOS, L. V. C. Uso de esgoto doméstico na produção da palma forrageira / Use of domestic sewage in the production of forage palm. *South Florida Publishing LLC Brazilian Journal Of Development*, 10 set. v.7, n.9. 2021. p 88639-88650. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/35748/pdf>. Acesso em: 12.06.2021

SANTOS NETO, J. A. dos. O uso de águas residuais tratada para produção de palma forrageira resistente à cochonilha do carmim. Anais II CONIDIS. Realize Editora. Campina Grande/PB, 2017. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/33695>. Acesso em: 02.09.2022

SANTOS, R. D. S. Reúso de Água Residuária Tratada no Cultivo de Hortaliças. Tese (Doutorado em Agronomia: Irrigação e Drenagem). Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román. Faculdade de Ciências agrônômicas. Campus de Botucatu. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu/SP, 2019. 133 p. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191384/santos\\_rds\\_dr\\_botfca.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191384/santos_rds_dr_botfca.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 25.07.2023.

SCHISTEK, H. O Semiárido Brasileiro: uma região mal compreendida. In: Convivência com o Semiárido Brasileiro: Autonomia e Protagonismo Social. (Org.). Irio Luiz Conti e Edni Oscar Schroeder. Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: FAURGS/REDEgenteSAN; Instituto Ambiental Brasil Sustentável: IABS; Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento: AECID; Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome: MDS. Editora IABS. Brasília/DF, 2013. p 31-44. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/images/UserFiles/File/convivenciacomosemiaridobrasileiro.pdf>. Acesso em 26.07.2023

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: parcerias e cooperação para a água; fatos, dados e exemplos de ação. Editores técnicos: Richard Connor; Engin Koncagül. UNESCO Digital Library, 2023. 15 p. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659_por). Acesso em 26.07.2023.

## **CAPÍTULO 01**

# **PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA GIGANTE IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

SERRINHA  
BAHIA - BRASIL  
2023

## **Produtividade da palma forrageira gigante irrigada com água residuária no Semiárido brasileiro**

**RESUMO:** Devido as condições edafoclimáticas e as limitações da oferta de água para a agricultura no Semiárido nordestino, estudos ainda são necessários para avaliar a viabilidade de novas tecnologias de cultivo de plantas como alternativa à produção convencional, verificando as possibilidades de promover a sustentabilidade da cadeia produtiva e beneficiar pequenos produtores. Neste contexto, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar o crescimento e a produtividade da palma forrageira gigante (*Opuntia fícus indica*) irrigada com água residuária no Semiárido brasileiro. A pesquisa foi conduzida na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha, no município de Serrinha, BA, no período entre maio de 2021 a julho de 2022. Utilizou-se um delineamento de blocos casualizados com dez repetições e três formas de cultivo: Irrigação com água residuária e água da chuva e sequeiro. Foram realizadas medições das características morfológicas e produtivas na palma. O cultivo irrigado com água residuária proporcionou aumento na produção de matéria seca, comprimento, largura e espessura do cladódio, altura média da palma, área, volume e número médios de cladódios e umidade média da palma forrageira gigante no Semiárido brasileiro. O tratamento da palma forrageira com esgoto doméstico tratado foi eficiente, favorecendo a utilização da fertirrigação, sendo considerado promissor, nas condições edafoclimáticas do Semiárido brasileiro.

**Palavras-chave:** Irrigação, Água de esgoto doméstico, *Opuntia fícus indica*, Reuso de água

## **PRODUCTIVITY OF GIANT CACTUS PEAR IRRIGATED WITH WASTEWATER IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID.**

**ABSTRACT:** Due to edaphoclimatic conditions and the limitations of water supply for agriculture in the semiarid northeastern region, studies are still necessary to evaluate the viability of new planting cultivation technologies as an alternative to conventional production, verifying the possibilities of promoting the sustainability of the production chain and benefit small producers. In this context, the objective of this research was to evaluate the growth and productivity of giant forage cactus (*Opuntia ficus indica*) irrigated with wastewater in the Brazilian semi-arid. The research was conducted in the experimental area of the Federal Institute of Education, Science and Technology Baiano, Serrinha campus, in the town of Serrinha, BA, from May 2021 to July 2022. A randomized block design with ten replications was used as well as three other forms of cultivation: Irrigation with wastewater in addition to rainwater and rainfed. Measurements of the morphometric and productive characteristics of the palm were carried out. Cultivation irrigated with wastewater provided an increase in dry matter production, length, width and thickness of the cladode, average palm height, area, average volume and number of cladodes, as well as average humidity of the giant forage cactus in the Brazilian Semiarid. The treatment of forage cactus with treated domestic sewage was efficient, favoring the use of fertigation, and is considered promising in the edaphoclimatic conditions of the Brazilian Semiarid region.

**Keywords:** Irrigation, Wastewater, *Opuntia ficus indica*, Reclaimed water

## Introdução

Considerando-se à deficiência hídrica nas pequenas propriedades rurais no Semiárido brasileiro, verifica-se a necessidade de proposição de sistemas de produção adaptados às condições edafoclimáticas da região, visando a resiliência e a adaptabilidade dos sistemas de produção animal, principal fonte de renda dos pequenos produtores (ARAÚJO *et al.*, 2021).

Com relação as culturas promissoras ao clima, destaca-se o mecanismo interno vegetal da palma, que permite um acúmulo de água, mesmo em condições de estresse hídrico provocado por secas extremas (ALVES, 2022). A palma apresenta sistema radicular superficial com elevada capacidade de absorção de água das chuvas (EPIFÂNIO, 2019), sendo adaptado para absorver a menor quantidade de água oferecida, até mesmo nas condições de orvalho, uma importante estratégia para locais com índices pluviométricos baixos (CASTRO, *et al.*, 2021).

A palma forrageira tem seu uso bastante significativo como reserva forrageira, no intuito de fornecer a sustentabilidade necessária para pecuária na região semiárida (LIMA *et al.*, 2019). Seu cultivo tem sido destinado, basicamente, para a produção de forragem utilizada na alimentação animal, podendo também ter o consumo dos seus frutos in natura ou para a produção de sucos, geleias e seus cladódios usados para preparar diversos alimentos (NEVES, 2020; RITA, 2022).

Em regiões áridas e semiáridas, como no Semiárido brasileiro, a irrigação se torna importante principalmente nos períodos mais secos, onde a produção é afetada pela escassez de água nestes períodos (ANA, 2021). O acesso à água para uso diário na região geralmente ocorre por perfuração de poços tubulares alimentados por lençóis freáticos formados por aquíferos fissurais geralmente contendo águas salinas, o que dificulta a produção agrícola (LIMA *et al.*, 2020). Assim, pesquisas alternativas como a prática do uso de águas residuárias na agricultura se tornam importantes (NETO *et al.*, 2023).

Algumas pesquisas vêm sendo realizadas para avaliar o desempenho da palma forrageira, sob irrigação com águas residuárias nas condições do Semiárido brasileiro, demonstrando potencial de uso para esta forma de cultivo (OLIVEIRA, 2021; MOURA, 2019).

A prática de utilização de águas de reuso traz benefícios principalmente na agricultura, promovendo um aumento significativo na produção agrícola vinculada à economia de recursos hídricos e com preservação do meio ambiente (MAGALHÃES *et al.*, 2019; ARAÚJO *et al.*, 2020; MELO, 2023).

Santos (2021) ressalta em pesquisa que o uso de águas residuárias permitiu o fornecimento ao solo de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, como nitrogênio,

fósforo e potássio. Ribeiro *et al.* (2021), verificou que a irrigação dos cultivos, mesmo nos períodos de estiagem, potencializa a produção de palma forrageira, especialmente pelo crescimento do volume das raízes.

Pesquisa realizada por Campos (2018) com irrigação de palma forrageira utilizando-se de um uma lâmina de irrigação de 237,0 mm ano<sup>-1</sup> via gotejamento obteve uma produtividade de massa de matéria verde de 327,8 t ha<sup>-1</sup>.

Reis (2018) demonstra que o uso da água residuária aplicando-se 3,5 mm por irrigação, com intervalos de 2,3 a 21 dias, favorece o rendimento da palma forrageira gigante (*Opuntia ficus indica*) quando comparado com o cultivo de sequeiro, sendo suficiente para aumentar a taxa de sobrevivência da cultura em condições de estiagem prolongada.

Junior *et al.* (2019), avaliando a produtividade e teor de nutrientes em palma forrageira irrigada com efluente de esgoto doméstico, obtiveram uma produção de massa de matéria seca por hectare de 1,27 t MS ha<sup>-1</sup> e 5,67 t MS ha<sup>-1</sup>, para os tratamentos de sequeiro e águas residuárias, respectivamente, avaliando 234 dias após o primeiro corte. Estes valores são baixos se estes dados forem comparados com os trabalhos de Dantas (2019), onde o autor encontrou valores de 6,25 t MS ha<sup>-1</sup>.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a produtividade da palma forrageira gigante (*Opuntia ficus indica*) irrigada com água residuária no Semiárido brasileiro.

## Materiais e Métodos

A pesquisa foi conduzida na área experimental do Grupo de Estudo e Pesquisa de Agropecuária na Caatinga – GEPAC, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha, localizado no município de Serrinha, Bahia, inserido no Território de Identidade do Sisal (latitude 11°40'51.950"S, longitude 38°59'01.101"O) e situada a uma altitude de 359 m, em relação ao nível do mar (Figura 1).

A tipologia climática da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo predominante “BSh - Clima Semiárido Quente”, com alguns ambientes Ecótonos “Am-Tropical Chuvoso de Floresta”, estando estes ambientes em zona de mudança entre os dois tipos (SEI, 2014a).

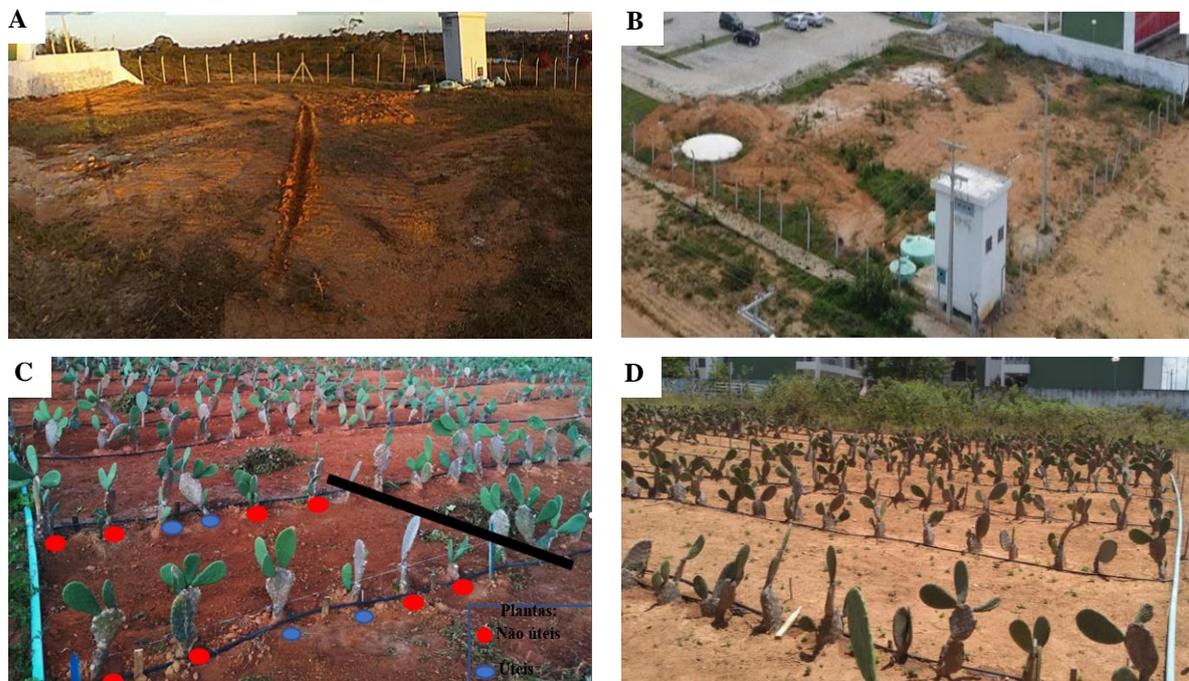


Figura 1. Área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA. Antes da implantação do palmar (1A); Vista aérea da área, antes da implantação do palmar (1B); Parcela do experimento, com destaque para as plantas úteis e não úteis (1C) e Área geral do palmar (1D). FONTE: Figuras 1a e 1b, Google Maps® e Figuras 1c e 1d, autor em 15.10.2021.

O município de Serrinha pertence ao Polígono das Secas e possui uma distribuição irregular de chuva, permanecendo com um período de estiagem extenso. A precipitação é irregularmente distribuída durante o ano, concentradas nos meses de março a junho (SEI, 2014b). As médias climatológicas dos valores de uma série de dados de 30 anos (1991- 2021), observados para o município de Serrinha/BA, apresenta uma média histórica de temperatura anual de 24,6 °C e uma pluviosidade média anual de 548 mm. Nesta série, a maior

umidade relativa média anual foi de 78,63% medida no mês de junho e a menor foi de 62,26% medida no mês de dezembro (CLIMATE, 2021).

O solo do campo experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, A fraco e textura média (LUZ *et al.*, 2018).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 10 repetições. Os tratamentos consistiram de três sistemas de cultivo de palma forrageira cultivar gigante (*Opuntia ficus indica*): (i) irrigação com esgoto doméstico tratado; (ii) irrigação com água de chuva; e (iii) sem irrigação (sequeiro). As parcelas experimentais foram compostas com o cultivo em espaçamento 1,0 x 0,5 m, totalizando 360 plantas na área experimental (Figura 2), ocupando uma área de 0,50 m<sup>2</sup> por planta, numa densidade de plantio equivalente a 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>. As duas primeiras plantas das parcelas foram consideradas como bordaduras, sendo consideradas úteis as 04 plantas centrais das mesmas, somando 120 plantas úteis para todo o experimento.

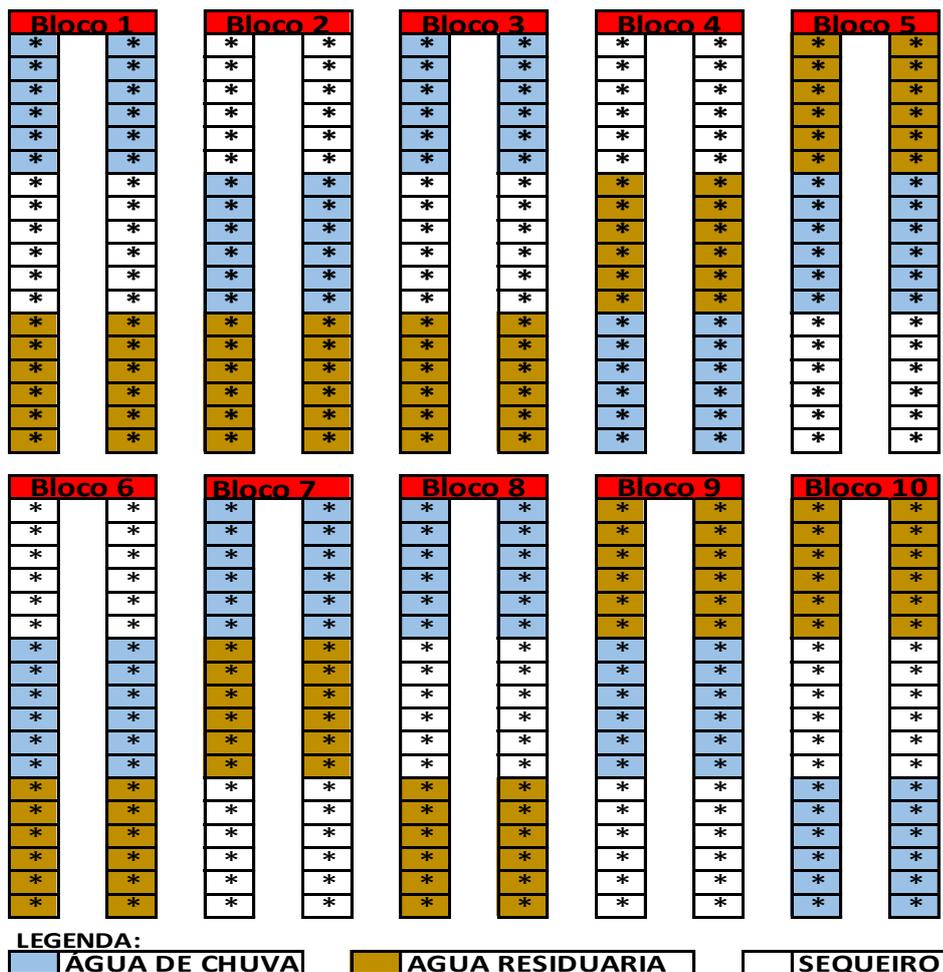


Figura 2. Croqui da área experimental com a distribuição dos três sistemas de cultivo da palma forrageira com água residuária, água de chuva e sequeiro.

FONTE: Autor em 10.04.2021.

A pesquisa foi conduzida entre os meses de maio de 2021 e julho de 2022, correspondendo ao período que antecede ao terceiro corte, implantada com a cultura da palma forrageira, com 31 meses de estabelecimento em campo.

Os parâmetros climáticos de precipitação, umidade relativa do ar e temperaturas, foram monitorados a partir de uma estação meteorológica automática (Instrutemp® Profissional ITWH-1080, EasyWeather) instalada no centro da área experimental (Figura 3), cujos dados estão expostos na Figura 4.



Figura 3. Estação meteorológica automática instalada na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, para o acompanhamento do experimento da palma. Estação meteorológica automática (3A) e receptor da estação (3B).  
FONTE: Autor em 20.05.2021.

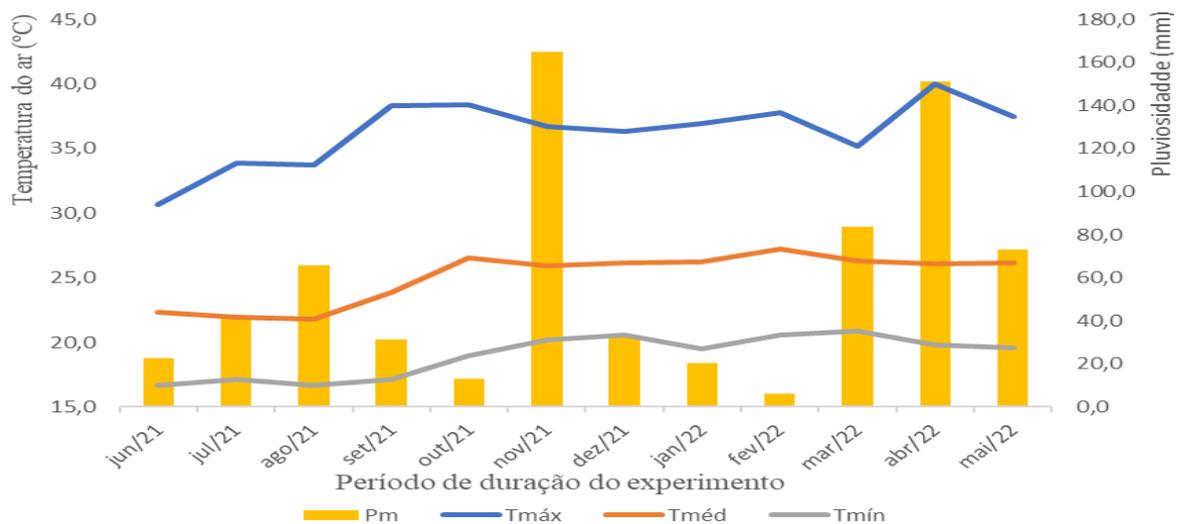


Figura 4. Distribuição da precipitação, temperatura máxima, média e mínima durante o período experimental entre os meses de junho a maio no município de Serrinha, Bahia.

Legenda: Pm: pluviosidade acumulada mensal; Tmáx: temperatura máxima; Tméd: temperatura média; Tmin: temperatura mínima.

FONTE: Estação meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA (2021/2022).

A precipitação pluvial acumulada durante período experimental foi de 705,40 mm, a qual representa 157,40 mm acima da média dos 30 anos dos dados climatológicos da região, sendo as maiores concentrações de chuvas ocorridas nos meses de novembro/21 (164,70 mm) e abril/22 (151,20 mm).

Os tratos culturais para a manutenção do experimento, como a limpeza por meio da capina (Figura 5), foram executados mensalmente. Utilizou-se como adubação de fundação a aplicação de 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino (SANTOS *et al.*, 2021).

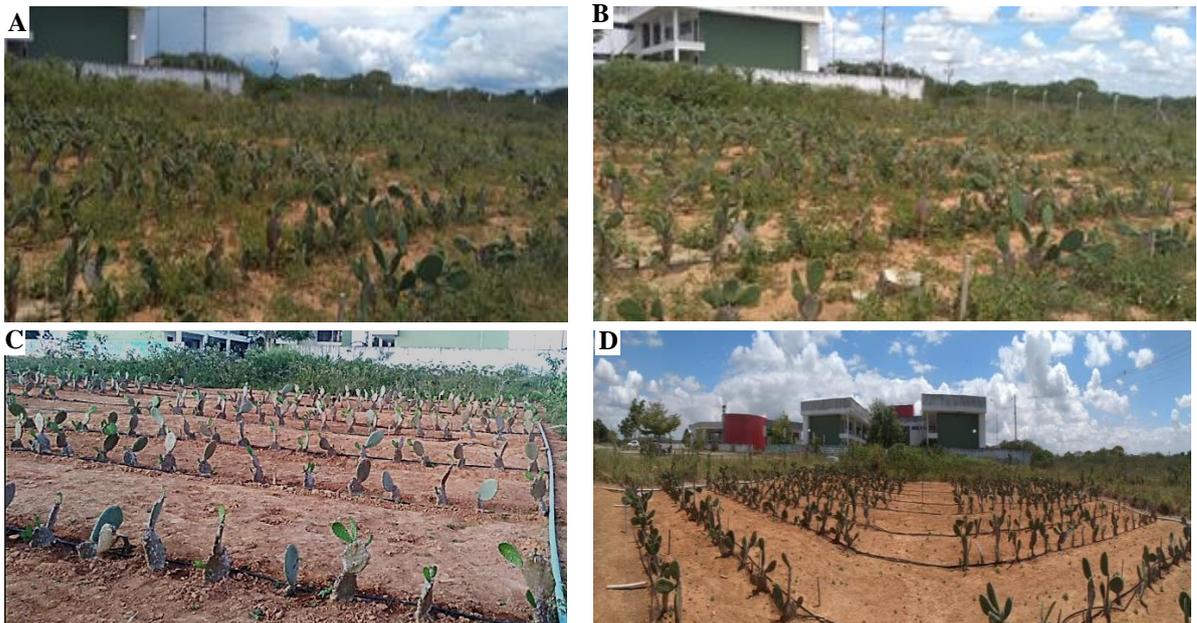


Figura 5. Área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA. Antes da realização da limpeza manual (5A; 5B) e depois da realização da limpeza manual (5C; 5D).

FONTE: Autor em 23.09.2021.

O solo da área experimental foi coletado por meio de amostras compostas, sendo coletado uma amostra simples em cada parcela experimental, antes e depois da aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0 – 20,0 cm (Figura 6) (EMBRAPA, 2001).

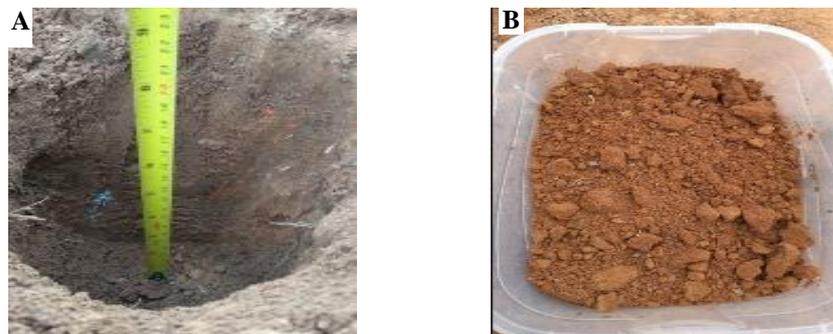


Figura 6. Trincheira do perfil do solo e amostra coletada para análise química e física do solo da área experimental da palma forrageira em Serrinha/Ba. Trincheira do perfil do solo (6A) e solo coletado (6B).

FONTE: Autor em 23.04.2021.

As amostras de solo foram homogeneizadas por tratamento, acondicionadas em sacos devidamente identificados e encaminhadas ao Laboratório de Solo da Embrapa Semiárido, Petrolina/PE, para sua caracterização física, cujos resultados estão expostos na Tabela 1 respectivamente.

Tabela 1 - Caracterização granulométrica e textural do solo na profundidade de 0 – 20 cm, na área do experimento com palma forrageira, na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA.

Determinações		Tratamentos		
Parâmetros	Unidade	Águas Residuárias	Sequeiro	Águas Pluviais
		0 – 20 cm		
Granulometria				
A. Total	g Kg <sup>-1</sup>	455,01	418,98	453,82
Silte	g Kg <sup>-1</sup>	249,51	290,44	263,30
Argila	g Kg <sup>-1</sup>	295,50	290,60	282,90
Densidade				
Solo	g dm <sup>-3</sup>	1.150	1.820	1.210
Partículas	g dm <sup>-3</sup>	2.530	2.520	2.460
Porosidade				
Total	%	54,76	53,11	50,96

FONTE: Laboratório de Análise de Solo da Embrapa Semiárido (2021).

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejadores autocompensantes (NETAFIM, Aries™ HWD 16009), com vazão de 2,0 L h<sup>-1</sup> e espaçamento de 0,50 m entre os mesmos. O experimento foi conduzido com sistemas de irrigação independente, sendo um para o tratamento com água pluvial e outro para água residuária.

Os sistemas de irrigação tiveram boa uniformidade de distribuição de água, por meio do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) conforme metodologia Embrapa (2008), onde observou-se influência da qualidade da água residuária e pluvial durante a aplicação dos tratamentos no possível surgimento de problemas de obstrução no sistema de irrigação, segundo as diretrizes estabelecidas por Merriam e Keller (1978).

Foram instalados dois sistemas de medição de pressão e vazão, no início das linhas de derivação dos sistemas de irrigação (Figura 7). Um instalado na irrigação do tratamento com água pluvial e outro na irrigação do tratamento com água residuária. Para iniciar a irrigação, antes de aciona a bomba de irrigação, direcionava-se o fluxo, por meio dos rearranjos de

registros de controle de fluxo, para passar pelo medidor de vazão e conseqüentemente pelo medidor de pressão.

Foi utilizado o turno de rega fixo, aplicando 1,0 litros de água por planta por semana, conforme recomendado por Reis (2018).



Figura 7: Sistemas de irrigação com um hidrômetro para medir o volume de água e um manômetro para medir a pressão da água no sistema.

FONTE: Autor em 23.08.2021.

Os efluentes gerados nas instalações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano foram direcionados para uma estação de tratamento de efluentes. Após o tratamento dos efluentes, às águas residuárias eram armazenadas em dois reservatórios de 500 L cada um (Figura 8).



Figura 8. Estação de tratamento de esgoto instalada no campus experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA.

FONTE: Autor em 23.08.2021.

A água da chuva captada por meio dos sistemas de drenagens do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, foi armazenada em um reservatório feito de placas de cimento com capacidade de armazenamento de 50 mil litros, instalado no campus (Figura 9).



Figura 9. Reservatório de águas pluviais recebidas do sistema de drenagem das áreas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA.  
FONTE: Autor em 23.08.2021.

Os tratamentos com águas residuárias e captadas da chuva utilizaram motobombas de 0,37 kW e sistemas de filtro de tela de 120 mesh e vazão de  $1.860 \text{ L.h}^{-1}$ , antes de serem direcionadas para as mangueiras gotejadoras por meio de tubulações de 50mm de PVC.

Amostras das águas residuárias e pluviais utilizadas nos tratamentos foram coletadas mensalmente e enviadas ao laboratório para a realização das análises químicas, no intuito de determinar as quantidades de nutrientes aplicadas por tratamento e posteriormente avaliar os aportados no solo e os absorvidos pelas plantas. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, por meio da utilização do instrumento de fotômetro de bancada multiparâmetro (Hanna Instruments HI 83099) com metodologia Hanna Instruments (2019), cujos resultados estão dispostos na Tabela 2.

Avaliou-se o aporte de nutrientes advindo da aplicação de irrigação com esgoto tratado, calculando-se a partir da diferença entre os atributos do solo irrigado com esgoto tratado em relação a condição inicial do solo no início do experimento. Os elementos avaliados foram: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), Amônia ( $\text{NH}_3$ ), Fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ), Fósforo (P) e Potássio (K).

Tabela 2 - Caracterização das águas residuárias e pluviais usadas nos tratamentos na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA.

Determinações		Resultados	
Parâmetros	Unidade	Águas Residuárias	Água Pluviais
pH	-	6,76	6,75
CE	dS m <sup>-1</sup>	0,70	0,07
Cor-A	PCU	170,60	42,40
Al <sup>+3</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0,03	0,02
CaCO <sub>3</sub>	mg L <sup>-1</sup>	190,00	95,30
NH <sub>3</sub>	mg L <sup>-1</sup>	32,58	0,06
Ca <sup>+2</sup>	mg L <sup>-1</sup>	179,00	168,40
Cl-L	mg L <sup>-1</sup>	0,07	0,09
Cl-T	mg L <sup>-1</sup>	0,18	0,04
Cr VI	ug L <sup>-1</sup>	-	-
Cu	ug L <sup>-1</sup>	13,33	-
F	mg L <sup>-1</sup>	2,20	-
(Mg <sup>+2</sup> )	mg L <sup>-1</sup>	0,12	0,16
Fe	mg L <sup>-1</sup>	0,09	0,01
Mg <sup>+2</sup>	mg L <sup>-1</sup>	6,40	8,70
Mn	mg L <sup>-1</sup>	0,03	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	170,79	5,09
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	23,68	0,01
Ni	mg L <sup>-1</sup>	0,09	0,11
O <sub>2</sub>	mg L <sup>-1</sup>	0,86	3,05
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg L <sup>-1</sup>	23,42	2,00
P	mg L <sup>-1</sup>	8,17	1,01
K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	30,70	4,20
SiO <sub>2</sub>	mg L <sup>-1</sup>	43,24	10,67
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg L <sup>-1</sup>	48,11	13,11
Zn	mg L <sup>-1</sup>	0,39	0,39

FONTE: Laboratório de Análises de Químicas do Instituto Federal Baiano. Autor em 2021/2022.

Legenda: pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; Cor-A: Cor aparente; Al<sup>+3</sup>: Alumínio; CaCO<sub>3</sub>: Alcalinidade; NH<sub>3</sub>: Amônia; Ca<sup>+2</sup>: Cálcio; Cl-L: Cloro livre; Cl-T: Cloro total; Cr VI: Cromo 6; Cu: Cobre; F: Flúor; Mg<sup>+2</sup>: Dureza Magnésio; Fe: Ferro; Mg<sup>+2</sup>: Magnésio; Mn: Manganês; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Nitrato; NO<sub>2</sub><sup>-</sup>: Nitrito; Ni: Níquel; O<sub>2</sub>: Oxigênio dissolvido; PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>: Fosfato; P: Fosforo; K<sup>+</sup>: Potássio; SiO<sub>2</sub>: Sílica; SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>: Sulfato; Zn: Zinco.

Avaliou-se o efeito dos tratamentos testados com relação aos seguintes parâmetros morfométricos da cultura: comprimento, largura, espessura do cladódio, altura da planta e número de cladódios. As avaliações foram realizadas mensalmente durante todo o experimento nas plantas úteis, exceto o cladódio base (mãe) e o cladódio primário (filha inicial).

O comprimento dos cladódios (CC) largura (LC), e altura (H) foram mensurados com o auxílio de uma fita métrica, sendo a medição da espessura do cladódio (EC) mensurada com o auxílio de um paquímetro digital. Para a medição do comprimento foi considerado a região de maior valor longitudinal no cladódio. Para medição da LC foi considerado a região de maior valor latitudinal no cladódio e para medição da espessura dos cladódios (EC) foi considerado a

média das 03 regiões do cladódio, desprezando a parte inferior. A medição da altura (H) da planta foi considerada a distância desde o solo até a extremidade do cladódio mais alto (Figura 10).

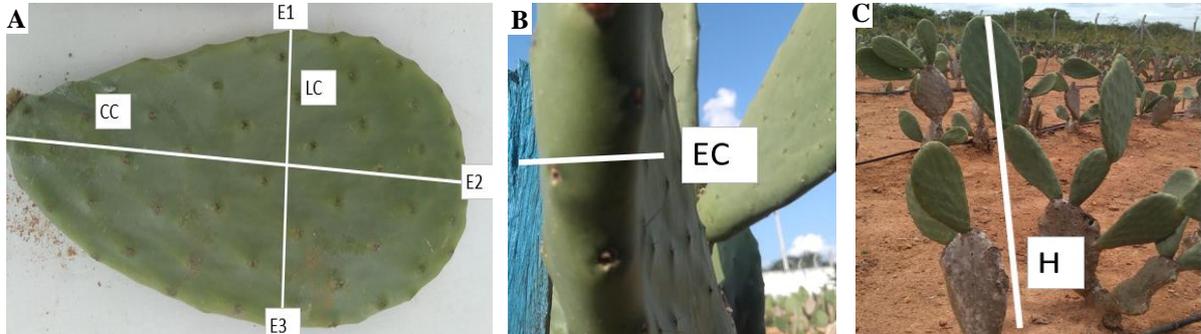


Figura 10. Medição de parâmetros biométricos em cladódios de *Opuntia ficus-indica* na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA. Medição de comprimento (CC) e largura (LC) dos cladódios (10A); Medição da espessura do cladódio (EC) (10B) e Medição da altura da planta (H) (10C).

FONTE: Autor em 10.06.2022.

As áreas dos cladódios (AC) foram estimadas por meio dos dados obtidos de largura e comprimento, conforme metodologia descrita por Pinto *et al.* (2002). O volume dos cladódios (VC) foi estimado multiplicando-se o valor da área de cladódio pela espessura de cladódios, conforme metodologia de Amorim (2011).

Com os dados da AC, espaçamento entre fileiras e plantas e do número de cladódios (NC) foi calculado o índice de área dos cladódios (IAC), que mensura a área total dos cladódios da planta, considerando-se os dois lados e divide-se pela área ocupada pela planta no solo ( $m^2$  de área de cladódio  $m^{-2}$  de solo), conforme metodologia de Pinheiro (2014). Foram calculados o IAC inicial, considerando apenas cladódio base (mãe) e o cladódio primário (filha inicial) e o IAC final, considerando todos os cladódios gerados e incluindo cladódio base (mãe) e o cladódio primário (filha inicial).

No final do experimento foram realizadas as últimas avaliações biométricas, acima citadas, para produção de massa de matéria verde (PMV), quantidade final de cladódios (NC), teor de umidade (U) e produção de matéria seca (PMS), mantendo intacto os cladódios base (mãe) e os cladódios primários. O NC da palma foi mensurado contando-se todos os cladódios gerados, exceto os cladódios mãe e o cladódio primário.

A colheita da palma nas plantas úteis se deu com auxílio de uma faca, realizando-se um corte na junção dos cladódios de todas as plantas da parcela útil, preservando somente o cladódio base e o cladódio primário (Figura 11).



Figura 11. Colheita e pesagem da palma forrageira realizada no final do experimento na área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, para realização das análises. Corte dos cladódios (11A); Área após os cortes (11B) e Pesagem dos cladódios (11C).

FONTE: Autor em 14.07.2022.

Os cladódios colhidos por planta úteis foram contabilizados e acondicionados em caixas identificadas para cada parcela, separados por tratamento e pesados em campo com auxílio de uma balança digital. Os dados da pesagem foram somados para obtenção da produção de massa e produtividade por hectare. Para determinação do teor de umidade das plantas foram selecionados 04 cladódios por parcela. As amostras foram cortadas em pedaços em torno de  $1\text{ cm}^2$ , acondicionados em sacos de papel e pesadas em balança digital de precisão (Figura 12).

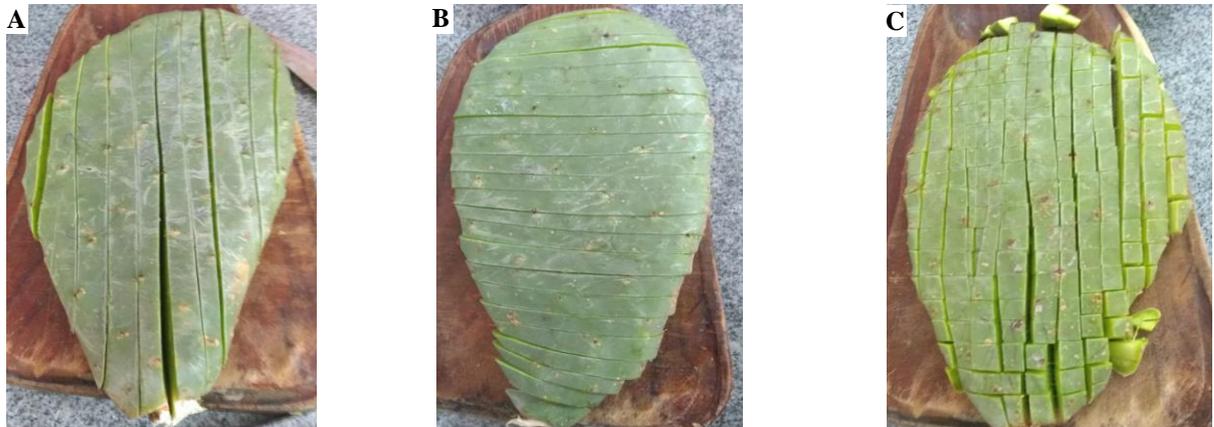


Figura 12. Cortes dos cladódios colhidos do experimento no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA Corte Longitudinal (12A); Corte Latitudinal (12B) e Corte final para envio à dos cladódios para a estufa (12C).

FONTE: Autor em 14.07.2022.

A secagem das amostras foi feita por meio de estufa de ar forçado (Lucadema<sup>®</sup> 80/336) (Figura 13), com a temperatura de  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 72 horas para evitar perda por volatilização ou alteração de outros nutrientes, principalmente compostos nitrogenados. Ao término do tempo previsto foi retirado o material da estufa, deixando-o esfriar sobre a mesa do laboratório durante uma hora. Após este tempo, colocou-se o material em um recipiente próprio e foi efetuada a pesagem das amostras com a utilização de uma balança digital de precisão.



Figura 13. Material obtido nos cortes dos cladódios e armazenados na estufa para secagem.  
FONTE: Autor em 14.07.2022.

O percentual de massa de matéria seca (% MS) dos cladódios foi calculado segundo metodologia da EMBRAPA (2010). Assim, utilizando-se a metodologia descrita por Bueno *et al.* (2017), calculou-se a produção de matéria seca da cultura para cada tratamento.

Os dados das características dos cladódios avaliadas foram submetidos análise de variância e regressão a 5% e 1% de probabilidade, as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Statistic, versão 14.

## Resultados e Discussão

Com relação às características químicas do solo, Latossolo vermelho-amarelo, expressas na Tabela 3, observa-se uma baixa quantidade dos macronutrientes Magnésio, Potássio, Cálcio e Fósforo antes da aplicação dos tratamentos. Cabe ressaltar que estes baixos valores podem estar associados ao fato do solo da área experimental ter sofrido remoção da sua camada superficial para nivelamento e uso externo em outras atividades.

Tabela 3 - Caracterização química de um solo Latossolo vermelho-amarelo antes e depois da aplicação dos tratamentos com o cultivo da palma na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA

Determinações		Resultados da camada 0 – 20 cm					
Parâmetros	Unidade	Trat. Águas Residuárias		Trat. Sequeiro		Trat. Água Pluviais	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
pH	-	4,90	5,00	4,90	5,20	5,10	5,50
CE	dS m <sup>-1</sup>	0,31	1,13	0,29	1,47	0,31	1,29
P	mg dm <sup>-3</sup>	1,43	4,67	1,43	2,87	1,50	3,52
K	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,03	0,18	0,03	0,22	0,03	0,14
Na	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,21	0,30	0,15	0,27	0,14	0,23
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,50	1,20	0,40	1,10	0,60	0,80
Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,20	0,50	0,20	0,70	0,35	0,70
Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,15	0,10	0,10	0,10	0,05	0,00
H+Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,60	1,90	3,40	2,20	2,90	0,70
SB	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,90	2,20	0,80	2,30	1,10	2,90
T	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,50	4,10	4,10	4,50	4,00	3,60
V	%	19,80	53,20	18,80	51,50	28,00	79,90
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	1,00	0,71	1,04	1,86	1,01	2,38
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	31,08	327,75	32,53	317,70	30,42	297,57
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	1,41	5,20	1,76	3,17	1,50	4,36
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	0,37	1,44	0,53	3,17	1,00	4,36

FONTE: Laboratório de Solo da Embrapa Semiárido (2021).

Legenda: Trat: Tratamento; pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; P: Fosforo; K: Potássio; Na: Sódio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; H+Al: Acidez Total; SB: Soma de Bases; T: Capacidade de Troca Catiônica potencial; V: Saturação por bases; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco.

Avaliando-se os dados de antes e depois da aplicação dos tratamentos com o cultivo da palma (Tabela 3), verifica-se que houve redução da acidez potencial (H+Al), o que está refletida na elevação do pH, mostrando que a aplicação de água residuária pode contribuir para diminuição da acidez do solo, por meio do aporte de cátions, principalmente potássio, cálcio e magnésio. De maneira geral, houve aumento nos teores da maioria dos macronutrientes e micronutrientes para todos os tratamentos, exceto Cobre para o uso de água residuária. Corroborando com esta pesquisa, Santos et al. (2021), encontrou valores próximos ao do experimento, sendo que apenas houve redução no teor de ferro. Assim, considerando-se o

aumento significativo deste elemento no solo da área, no final do experimento, pode-se verificar que as qualidades químicas dos solos podem estar associadas ao uso das águas nos locais onde foram geradas as águas residuárias dos testes.

Biserra (2018), ao analisar a viabilidade de aplicar um efluente de uma estação de tratamento de efluentes em um solo do agreste de Pernambuco, visando o seu reuso para fins agrícolas, verificou que com a aplicação dos efluentes ocorreu um aumento do pH nas camadas do solo. Ocorreu também um aumento de Cálcio e Magnésio e uma pequena redução no valor de potássio.

Sena *et al.* (2020), ao avaliar os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de água residuária sobre as propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico e a eficiência na complementação nutricional no cultivo de abobrinha-italiana, verificou um aumento de 12% no pH do solo, se utilizando uma baixa lâmina de irrigação, o que corrobora com a presente pesquisa. Observou também que o uso de águas residuárias ocasionou um aumento da matéria orgânica.

Os valores médios de pH foram de 6,76 e 6,75 para água de esgoto tratado e da água pluvial, respectivamente. Os valores encontrados (Tabela 3) atendem a Resolução CONAMA 430/2011, situando-se na faixa considerada normal para irrigação, entre 6,5 e 8,4 que não causariam desequilíbrios nutricionais nas plantas, segundo Ayers e Westcot (1985).

A condutividade elétrica (CE) média das águas dos tratamentos foram de 0,70 e 0,07 dS m<sup>-1</sup>, para água residuária e da água pluvial, respectivamente, valores estes considerados médios e baixos, respectivamente, segundo a metodologia de Richards (1954). O autor classificou os valores menores que 0,25 dS m<sup>-1</sup> como baixos, entre 0,25 e 0,75 dS m<sup>-1</sup> são considerados médios, entre 0,75 a 2,25 dS m<sup>-1</sup> considerado altos e os resultados acima de 2,25 dS m<sup>-1</sup> são considerados muito altos.

Tem-se observado trabalhos como o de Oliveira (2021), utilizando esgoto doméstico com valores sólidos solúveis de pH 9,0 e CE 2,58 dS m<sup>-1</sup>. Junior (2017) estudando o desempenho da palma forrageira irrigada com esgoto tratado, obteve valores médios de pH de 7,07; 6,97 e 7,40 nos tratamentos utilizados e CE do esgoto doméstico tratado com médias 1,03, 1,12 e 1,09 dS m<sup>-1</sup>. Souza (2019) utilizou esgoto doméstico com valores sólidos solúveis de pH 7,3; CE de 1,67 dS m<sup>-1</sup>.

Observa-se na Tabela 3 que a utilização do esgoto tratado, causou uma maior variação nos atributos químicos do solo ao final do período experimental que os demais tratamentos, refletindo em aporte de nutrientes possivelmente disponíveis para a extração pela palma forrageira.

A Tabela 4 apresenta o resultado dos contrastes das análises químicas das águas residuárias e pluviais dos tratamentos. Observa-se que, com exceção do magnésio, o aporte de nutrientes do tratamento com águas residuárias foram superiores ao aporte de nutrientes do tratamento de irrigação com águas pluviais.

O aumento do pH, conforme observado na Tabela 1, contribui na melhoria da capacidade de troca de cátions (CTC), modificando o meio de ácido para básico. Segundo Villar (2007), os valores elevados de cálcio e potássio nas águas residuárias (Tabela 4) podem contribuir na elevação das bases no solo, redução da acidez potencial e aumentando o CTC.

As concentrações quantificadas dos elementos nos efluentes em cada tratamento foram bastante variáveis. Verifica-se que o aporte de nutrientes por meio do tratamento com água residuária se deu na ordem de grandeza,  $Ca > S > K > N > P > Mg$ . Esta ordem de grandeza se comporta próximo as necessidades nutricionais da planta  $Ca > N > P > K$ , diferenciando apenas o Fósforo e o Potássio conforme Lopes *et al.* (2012).

Tabela 4 - Resultado médio da aplicação mensal na composição química do aporte de nutrientes aplicados aos tratamentos em 53 irrigações na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Elemento avaliado		Águas Residuárias	Águas Pluviais	Aporte por diferença
Nome	Símbolo	mg L <sup>-1</sup>		
Cálcio	Ca <sup>+2</sup>	179,00	168,40	10,60
Magnésio	Mg <sup>+2</sup>	6,40	8,70	-2,30
Sulfato	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	48,11	13,11	35,00
Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-N</sup>	38,72	1,08	37,64
Nitrito	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	23,68	0,01	23,67
Amônia	NH <sub>3</sub> -N	26,78	0,05	26,73
Fosfato	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	23,51	2,31	21,20
Fosforo	P	8,17	01,01	7,16
Potássio	K <sup>+</sup>	30,70	4,05	26,65

FONTE: Laboratório de Análise químicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. Autor em 2022.

Camelo (2018) avaliando a produtividade e aporte de nutrientes utilizando irrigação com água residuária em palma forrageira gigante verificou que a palma forrageira extraiu em maior quantidade  $Ca > K > N > Mg$  e em menor quantidade o enxofre e depois o potássio.

Devido as expressivas quantidades de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio na água residuária, o aporte destes nutrientes ao solo via este tratamento foi superior ao tratamento da água pluvial quantificado com base nas concentrações de nutrientes apresentados na Tabela 4.

Estas informações demonstram que nas formas de cultivo convencionais, em que os produtores não adubam da forma tecnicamente correta, o uso das águas residuárias possivelmente proporcionarão uma capacidade maior do solo para suprir as necessidades nutricionais desta cultura.

Alguns pesquisadores chamam atenção para alterações dos teores de nutrientes no solo com aplicação de águas residuárias (AMARAL, 2019; SENA *et al.*, 2020), demonstrando que existe uma necessidade real de monitoramento contínuo do solo para evitar problemas relacionados ao balanço nutricional e as condições do mesmo (SANTOS, 2022; EVANGELISTA, 2023).

Ao analisar a influência da qualidade da água residuária e pluvial durante a aplicação dos tratamentos no possível surgimento de problemas de obstrução no sistema de irrigação, verificou-se que o uso destas águas não apresentou nenhum grau de restrição, segundo as diretrizes estabelecidas por Merriam e Keller (1978). O coeficiente de uniformização de distribuição (CUD) para as quatro amostragens realizadas durante o experimento ficou dentro das faixas estabelecidas como excelente, variando entre 95 a 98% para as águas pluviais e 92 a 94% para as águas residuárias, conforme Tabela 5, indicando ser eficiente a aplicação do produto advindo do uso da água residuária com o tipo de água do efetuado nesta pesquisa.

Tabela 5 - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) da água no campo, em %, para os tratamentos com águas residuárias e águas pluviais.

Determinações		Resultados do CUD	
Parâmetros	Data	Águas Residuárias	Águas Pluviais
1ª coleta	02.11.2021	98	94
2ª coleta	02.01.2022	97	93
3ª coleta	11.02.2022	96	93
4ª coleta	22.04.2022	95	92

FONTE: Autor em 2022.

Corroborando com o resultado da presente pesquisa, Camelo (2018), em pesquisa para avaliar a produtividade da palma forrageira gigante irrigada com água residuária, encontrou um

CUD variando de 93 a 95%, e o uso de água residuária durante o experimento não afetou a uniformidade de distribuição de água, nem a vazão média dos emissores.

Com base nas análises estatísticas dos dados experimentais (Tabela 6), foi observado que houve diferença significativa para as variáveis de comprimento, largura, espessura, altura, área, volume, quantidade, umidade e produtividade da massa de matéria seca (PMS) entre os tratamentos. Não havendo diferenças significativas para as variáveis de produtividade de massa de matéria verde (PMV), índice de área do cladódio inicial e índice de área do cladódio final.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância das variáveis biométricas e produtivas da palma forrageira sobre três formas de cultivo.

	GL	CC	LC	EC	H	AC	VC	NC	U	PMV	IACi	IACf	PMS
Trat	2	4,428**	4,540**	9,119**	7,344**	5,014**	9,041**	4,360**	9,093**	2,733 <sup>ns</sup>	1,319 <sup>ns</sup>	3,055 <sup>ns</sup>	5,182**
Bl.	9	2,865**	1,995 <sup>ns</sup>	2,437 <sup>ns</sup>	3,008**	1,127 <sup>ns</sup>	1,199 <sup>ns</sup>	2,652**	1,699 <sup>ns</sup>	1,171 <sup>ns</sup>	1,881 <sup>ns</sup>	1,297 <sup>ns</sup>	1,167 <sup>ns</sup>
CV		5,834 <sup>ns</sup>	7,294 <sup>ns</sup>	9,286 <sup>ns</sup>	7,730 <sup>ns</sup>	16,864 <sup>ns</sup>	36,055 <sup>ns</sup>	22,185 <sup>ns</sup>	17,415 <sup>ns</sup>	20,702 <sup>ns</sup>	10,629 <sup>ns</sup>	17,034 <sup>ns</sup>	20,548 <sup>ns</sup>

FONTE: Software Statistic, versão 14. Tabela elaborada pelo Autor em 2022.

Legenda: Trat: Tratamento; Bl: Bloco; GL: Grau de liberdade; CV: Coeficiente de variabilidade; CC: Comprimento do cladódio; LC: Largura do cladódio; EC: Espessura do cladódio; H: Altura da planta; AC: Área do cladódio; VC: Volume do cladódio; NC: número de cladódios; U: Umidade; PMV: Produtividade da massa de matéria verde; IACi: Índice de área do cladódio início; IACf: Índice de área do cladódio final; PMS: Produtividade de massa de matéria seca.

\*\* : Significativo; ns: Não significativo.

Com relação as variáveis estudadas, os resultados de PMV, índice de área do cladódio inicial (IAC inicial) antes da aplicação dos tratamentos e índice de área do cladódio final (IAC final) depois da aplicação dos tratamentos, observados na Figura 14, verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados durante o experimento. O excesso de pluviosidade pode ter tido o efeito de favorecer o tratamento não irrigado, provocando a não significância entre ele e os tratamentos irrigados.

A PMV alcançada foi de 37,38; 40,21; 45,46 t MV ha<sup>-1</sup> (Figura 14b), para os tratamentos em sequeiro, águas pluviais e águas residuárias, respectivamente. Estes valores são inferiores aos observados por Junior *et al.* (2019), os quais obtiveram uma PMV por hectare de 53,56 t MV ha<sup>-1</sup>, aos 234 dias após o primeiro corte. Silva *et al.* (2014a), em condições de sequeiro, encontraram valores da PMV de 200 t ha<sup>-1</sup> para a palma forrageira com corte realizado um ano após o plantio. Campos (2018), utilizando de uma lâmina de irrigação de 237,0 mm ano<sup>-1</sup> via gotejamento na produção de Palma Forrageira, obteve uma PMV de 327,8 t ha<sup>-1</sup> enquanto no sistema de sequeiro o valor foi de 95,7 t ha<sup>-1</sup> para uma precipitação de 345,0 mm.

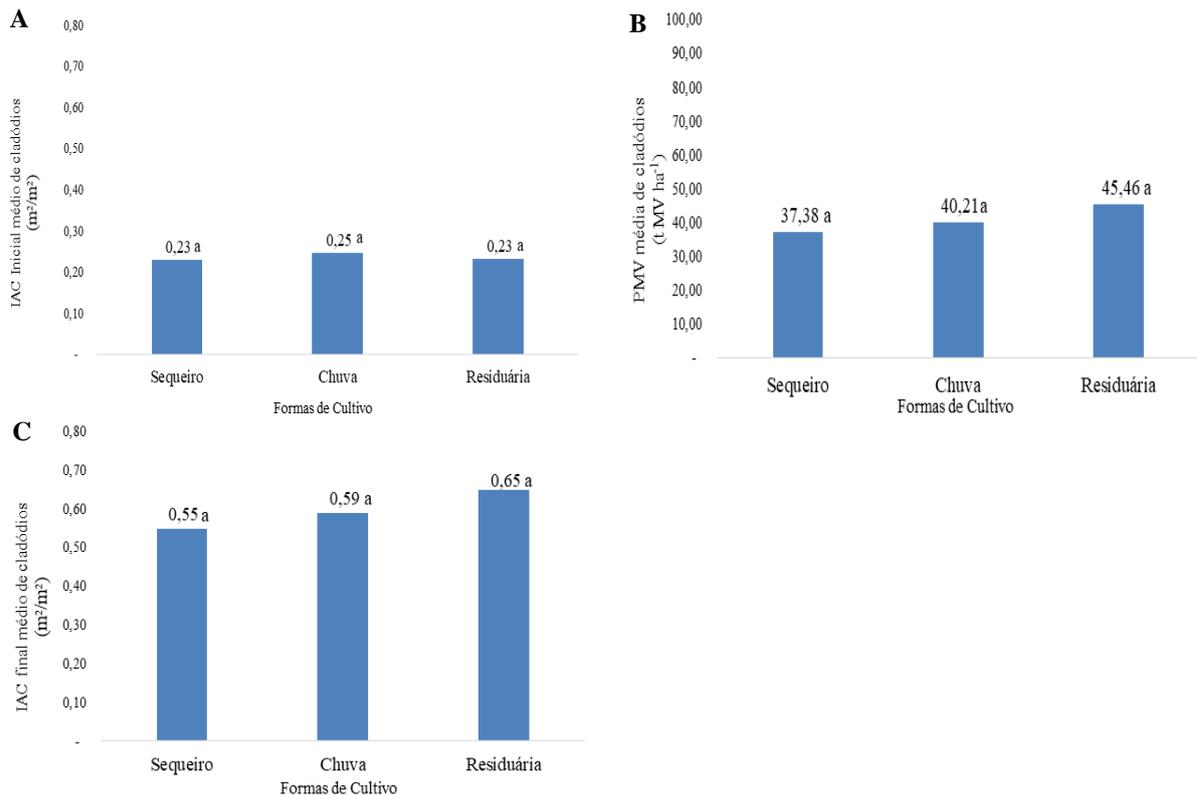


Figura 14. Efeito das formas de cultivo sobre o Índice de área do cladódio (IAC). IAC inicial. (14A); Produtividade da massa de matéria verde (14B) e IAC Final (14C).

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. FONTE: Autor em 2022.

O motivo da baixa PMV pode estar associada a variabilidade espacial da nutrição do solo, tendo em vista a retirada da sua camada superficial para alinhamento da área do instituto e do baixo nível de adubação. Observa-se que o coeficiente de variação (CV) da variável foi de 20,70% (Tabela 6) e estudos apontam que quanto maior o CV, maior a variabilidade e menor a probabilidade de diferença entre os tratamentos.

Junior *et al.* (2006) observaram que a produtividade de milho (*Zea mays*) foi afetada negativamente pela distribuição inadequada de plantas, indicado pelos valores do CV. Estes autores verificaram que um aumento de 10,00% para 17,32% do CV, reduziu significativamente a produção do milho em 25%. Destacaram que a partir de um CV de 20%, a cada 5 pontos ocorreram perdas de produção na ordem de 100-300 kg ha<sup>-1</sup>.

Ramos *et al.* (2018) objetivando avaliar a caracterização de crescimento, características fisiológicas e rendimento forrageiro de genótipos de palma no Semiárido da Paraíba, mesmo tentando manter os grupos o mais homogêneo possível entre si, encontraram valores de PMV de 185,13; 182,24; 137,03; 95,68; 31,96 t ha<sup>-1</sup> para valores de 20,81; 16,00; 26,58; 33,54; 40,05% de CV, respectivamente.

Cabe destacar que o solo da área experimental não foi adubado, sendo que, a baixa fertilidade do solo, pode ter influenciado na produtividade da palma. Verificando-se que não foi feita nenhuma adição de produtos que pudessem melhorar a fertilidade do solo. Pesquisas indicam que o uso de adubação, acarreta o aumento significativo da produtividade da palma forrageira. Barros (2019), ao avaliar o efeito do fornecimento da adubação fosfatada e potássica sobre o desenvolvimento da propagação de palma forrageira (*Opuntia ficus indica var. gigante*), verificou que a adubação, fosfatada e potássica, acarretou um maior número de brotações e diminuição da mortalidade da planta, recomendando a aplicação de 166; 555 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O respectivamente, no desenvolvimento inicial da planta.

Peixoto *et al.* (2018), verificou que o uso de adubação com esterco bovino promove maior incremento de produtividade na palma forrageira. Barbosa *et al.* (2015) ao avaliar o efeito de fontes de adubo na produtividade de variedades de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*), verificou que o esterco bovino resultou em um acréscimo de 63,28 t ha<sup>-1</sup> na produtividade da variedade Orelha de Elefante mexicana.

Silva (2018), ao avaliar o efeito do uso de adubação orgânica sobre o desempenho produtivo da palma forrageira, verificou que o esterco caprino foi mais efetivo na obtenção de melhores valores do número de cladódios por planta e de produtividade.

Com relação a variável do índice de área do cladódio (IAC) da palma, observa-se na Figura 14a e 14c que não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados no experimento. Os valores médios encontrados para o IAC inicial foram de 0,23; 0,25; 0,23 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> para os tratamentos de sequeiro, água pluvial e água residuária, respectivamente e de 0,55; 0,59; 0,65 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> de IAC final para os tratamentos de sequeiro, água pluvial e água residuária, respectivamente.

Os resultados encontrados do IAC inicial e final estão muito aquém dos valores ideais, conforme as pesquisas de Nobel (2001), em que a acumulação máxima de fitomassa de palma alcança o seu ponto ótimo de produtividade em IAC na faixa de quatro a cinco, indicando que a área dos cladódios é quatro a cinco vezes maior que a área de solo.

O IAC determina a área fotossinteticamente ativa da planta, que indica a capacidade da planta em interceptar a luz solar, para eficientemente transformá-la em produção de matéria (CARON *et al.*, 2012). Desta forma, observa-se que o experimento apresenta baixa taxa de transformação de matéria orgânica na planta. Um fato a ser considerado para a obtenção destes resultados de IAC, pode estar relacionado a densidade populacional encontradas no experimento. Pesquisas realizadas encontraram relações diretas entre a densidade populacional e os valores de IAC.

Nova *et al.* (2003), em uma pesquisa com eucalipto (*Eucalyptus pellita* F. Muell), para determinar a eficiência de captura de radiação solar, sob diferentes densidades de plantio, em um ciclo de sete anos, verificou que a eficiência de aproveitamento da energia solar durante o experimento demonstrou dependência, uma função direta, na forma potencial da densidade de plantio.

Pinheiro *et al.* (2014) em pesquisa para avaliar as correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira, verificou que o índice de área do cladódio dos clones IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera*) e Orelha de Elefante Mexicana de palma forrageira (*Opuntia stricta*) apresenta correlação alta e positiva com a densidade do plantio e que a variabilidade do rendimento da palma forrageira é mais influenciada pelo número total de cladódios, independentemente do clone avaliado.

Com relação as variáveis de comprimento, largura, espessura do cladódio e altura da planta, observa-se na Figura 15, que houve diferença significativa, sendo estas variáveis da palma irrigada com água residuária superiores ao tratamento por sequeiro.

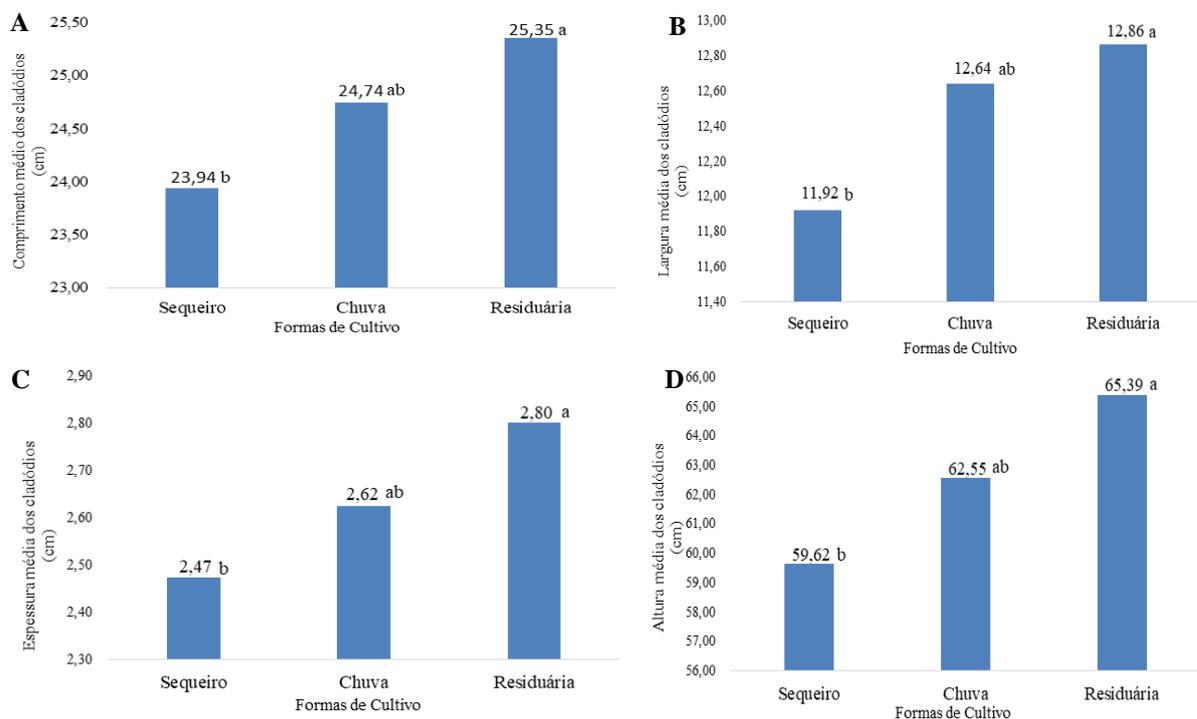


Figura 15. Efeito das formas de cultivo da palma forrageira sob o comprimento, largura, espessura dos cladódios e a altura da palma. Comprimento médio dos cladódios (15A); Largura média dos cladódios (15B); Espessura média dos cladódios (15C) e Altura média da palma (15D). Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

FONTE: Autor em 2022.

O comprimento médio do cladódio (Figura 15a) foi influenciado positivamente em 5,92% pela irrigação com água residuária em relação ao tratamento com sequeiro, sendo o comprimento médio para o tratamento com água residuária de 25,35 cm.

Corroborando com o resultado encontrado, em estudo realizado com águas residuárias e sequeiro, Reis (2018) encontrou uma diferença no comprimento de 3,11% com irrigação com águas residuárias em relação ao uso de tratamento com sequeiro, e com valores médios de 24,55 cm para o cladódio irrigado com água residuária.

A largura média do cladódio (Figura 15b) foi influenciada positivamente em 7,90% pela irrigação com água residuária em relação ao tratamento com sequeiro, sendo que a largura média para o tratamento com água residuária foi de 12,86 cm. Em estudo realizado com águas residuárias e sequeiro, Reis (2018) encontrou uma diferença na largura de 2,32% com irrigação com águas residuária em relação ao uso de tratamento com sequeiro, e com valores médios de 12,78 cm para o cladódio com o tratamento com água residuária.

A espessura média do cladódio foi influenciada positivamente em 13,32% pela irrigação com água residuária em relação ao tratamento com sequeiro, sendo que a espessura média para o tratamento com água residuária foi de 2,18 cm. Estes valores encontrados foram superiores ao trabalho de Silva *et al.* (2020), que com objetivo de determinar a produtividade, a evapotranspiração (ET) e a eficiência no uso de água (EUA) de palma forrageira, sob irrigação suplementar no agreste pernambucano encontrou valores médios de espessura dos cladódios que variaram de 1,46 a 1,52 cm.

Queiroz *et al.* (2015) objetivando verificar o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação na morfofisiologia e no desempenho produtivo da palma forrageira cultivada em ambiente Semiárido, encontrou valores variando de 1,50 a 2,16 cm em palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação suplementar em Serra Talhada/PE, valores estes também inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

A altura média da planta (Figura 15d) foi influenciada positivamente em 9,68% pela irrigação com água residuária em relação ao tratamento com sequeiro, sendo a altura média para o tratamento com água residuária de 65,39 cm.

Em estudo realizado com águas residuárias e sequeiro, Reis (2018) encontrou uma diferença na altura de 2,44% com irrigação com água residuária em relação ao uso de tratamento com sequeiro, e com valores médios de 64,10 cm para o cladódio irrigado com água residuária.

Oliveira (2021) avaliando a aplicação de esgoto doméstico tratado no cultivo de palma forrageira na região do semiárido paraibano, encontrou valores médios de altura de 48,2 cm para os tratamentos por sequeiro e 59,6 cm para o tratamento com água residuária.

Com relação as médias das variáveis de área do cladódio, volume do cladódio e quantidade de cladódios, observa-se na Figura 16, que houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo estas variáveis da palma irrigada com água residuária superior ao tratamento por sequeiro. Para a variável umidade média do cladódio (Figura 16d), houve diferença significativa, sendo esta variável da palma irrigada com água pluvial superior aos tratamentos em sequeiro e com água residuária.

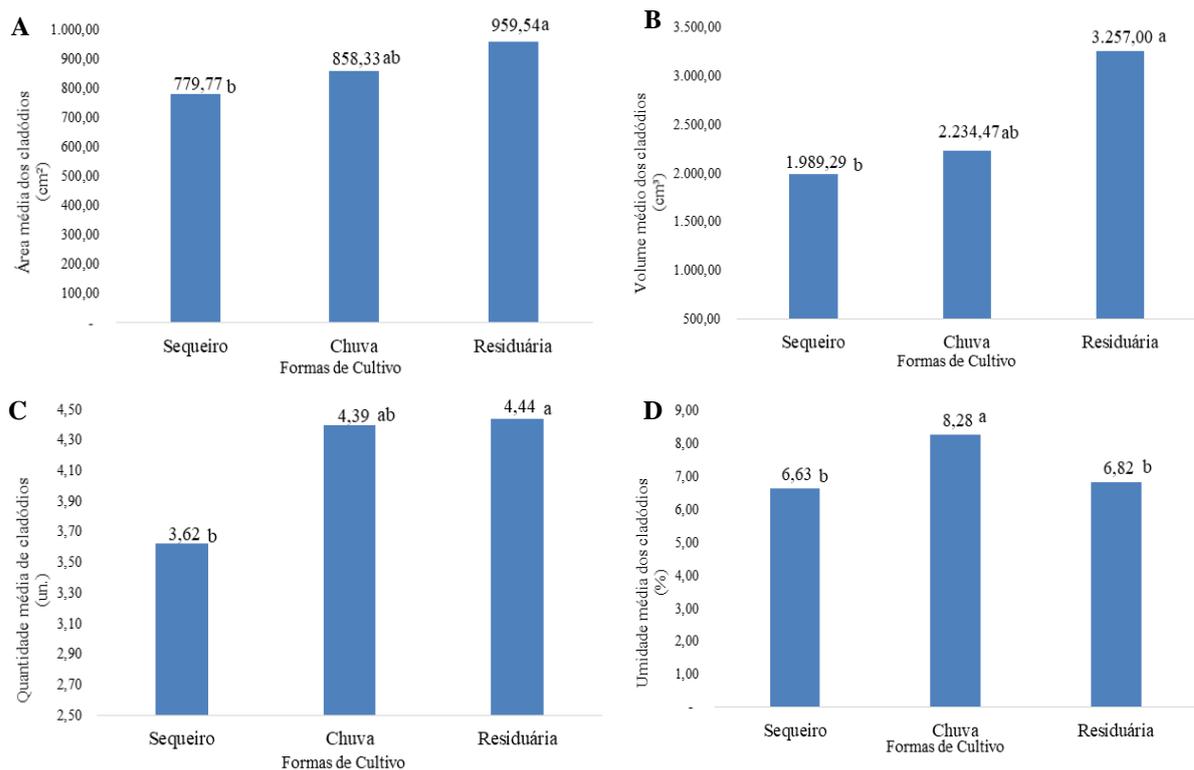


Figura 16. Efeito das formas de cultivo da palma forrageira sobre a área, volume, quantidade e umidade dos cladódios. Área média dos cladódios (16a); Volume médio dos cladódios (16b); Quantidade média de cladódios (16c) e umidade média dos cladódios (16d).

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. FONTE: Autor em 2022.

A área média do cladódio (Figura 16a) foi influenciada positivamente em 23,05% pela irrigação com água residuária em relação ao tratamento em sequeiro, sendo a área média do cladódio para o tratamento com água residuária de 959,44 cm<sup>2</sup>.

O volume médio dos cladódios foi influenciado positivamente em 63,73% pela irrigação com água residuária em relação ao tratamento com sequeiro, sendo que o volume médio para o tratamento com água residuária foi de 3.257,00 cm<sup>3</sup> (Figura 16b).

A quantidade média de cladódios da planta foi influenciada positivamente em 22,62% pela irrigação com água residuária, em relação ao tratamento com sequeiro, sendo que a quantidade média para o tratamento com água residuária foi de 4,44. Em estudo realizado com

águas residuárias e sequeiro, Reis (2018) encontrou uma diferença na quantidade de cladódios de 10,00% com irrigação com águas residuárias em relação ao uso de tratamento com sequeiro, e com valores médios de 7,7 unidades para palmas irrigação com água residuária.

Santos *et al.* (2021) avaliando o cultivo da palma forrageira gigante (*Opuntia ficus indica*) irrigada com esgoto doméstico tratado, nas condições edafoclimáticas do Semiárido brasileiro, encontraram valores médios do número de cladódios de 7,00 e 6,00 unidades para os tratamentos com água residuária e tratamento por sequeiro, respectivamente.

A unidade média da planta foi influenciada positivamente em 24,84% pela irrigação com água pluvial em relação ao tratamento com sequeiro, sendo a unidade média para o tratamento com água pluvial foi de 8,28%. A unidade teve uma relação de não significância entre o tratamento com águas residuárias e com o tratamento de sequeiro.

Com relação a variável PMS, observada na Figura 17, verifica-se que houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados durante o experimento. Os valores encontrados demonstram diferenças nos resultados entre os tratamentos irrigados com o de sequeiro.

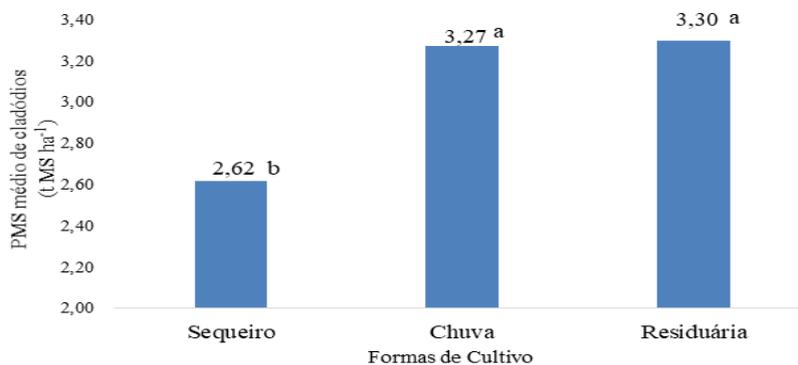


Figura 17. Produtividade da massa de matéria seca (PMS) dos cladódios da palma sobre diferentes formas de cultivo.

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

FONTE: Autor em 2022.

A PMS médio foi influenciada positivamente em 26,50% pela irrigação com água residuária, em relação ao tratamento com sequeiro. A PMS alcançada para esta equivalência foi de 2,62; 3,27; 3,30 t MS ha<sup>-1</sup>, para os tratamentos em sequeiro, águas pluviais e águas residuárias, respectivamente. A densidade de plantio pode ter sido um fator importante para a baixa produtividade no experimento. Estes valores podem ser considerados baixos quando comparados aos trabalhos de Dantas (2019), onde o autor encontrou valores de 6,25 t MS ha<sup>-1</sup>.

Silva *et al.* (2014b), avaliando a produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio, verificou que a cultura respondeu positivamente ao cultivo adensado com até 80.000 plantas por hectare. Os autores encontraram valores de PMS na densidade de 10.000 a 80.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  de 8,5 a 44,7; 5,8 a 26,5; 5,8 a 20,2  $\text{t ha}^{-1}$ , para as palmas Miúda; Redonda e Gigante, respectivamente. Cavalcante *et al.* (2014), ao avaliar respostas sobre o cultivo adensado da palma forrageira a diferentes densidades, verificou que independentemente do tipo de palma, o aumento na densidade de cultivo proporciona maior produtividade.

Junior *et al.* (2019), avaliando a produtividade e o teor de nutrientes em palma forrageira irrigada com efluente de esgoto doméstico, obtiveram uma PMS por hectare de 1,27  $\text{t MS ha}^{-1}$  e 5,67  $\text{t MS ha}^{-1}$ , para os tratamentos de sequeiro e águas residuárias, respectivamente, avaliando a 234 dias após o primeiro corte.

A baixa produtividade do experimento pode estar relacionada com o período de corte utilizado na área experimental, que durante os três cortes efetuados no período de existência da área experimental, foi feito cortes com 1 ano entre eles. Outro fator a ser verificado, que pode ter contribuído para a baixa produtividade foi a retirada, em todos os cortes, dos artículos secundários, mantendo apenas os cladódios base e primário. Estas afirmações podem ser corroboradas por Farias *et al.* (2000), onde verificaram que a PMS foi maior quando se conservaram os artículos secundários (Figura 18), tendo obtida alta produção de biomassa. Segundo os autores, esta condição é verificada devido a um maior índice de área de cladódio remanescente após a colheita, o que possibilitou às plantas maior eficiência fotossintética.



Figura 18. Características das ordens dos cladódios na palma forrageira.  
FONTE: Autor em 2022.

Alves *et al.* (2007), em estudo sobre a palma forrageira e visando entender os efeitos das práticas de manejo sobre a produção desta cultura, verificaram que em uma área cultivada com a cultura da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill), após 19 anos de cultivo, a maior

produção de forragem foi observada na frequência de corte de quatro anos, em relação à de dois anos, quando se conservaram os artículos primários. Na frequência de corte de dois anos, os autores observaram que a produtividade é maior quando se conserva os artículos secundários.

Os resultados acima descritos e mencionados demonstram a importância e o potencial de uso da água residuária para o cultivo da palma em regiões com baixa disponibilidade de água para irrigação.

De acordo com a Figura 19, a morfologia dos cladódios durante o experimento teve seu aumento mais significativo durante os primeiros meses de experimento, tendo um crescimento mais lento após este período. Este resultado pode estar associado às características climáticas e a qualidade química do solo em estudo. Contudo, alguns autores corroboram com a informação de que o crescimento morfológico acontece nos primeiros meses do desenvolvimento da palma forrageira (RAMOS *et al.*, 2018; NUNES *et al.*, 2020; JUNIOR, 2017 e LEMOS, 2016).

De acordo com a Figura 19, o comprimento, a largura e a espessura dos cladódios tiveram seus aumentos mais significativos durante os primeiros 100 dias de experimento. Este resultado é corroborado com Lemos (2016), que durante o experimento com o uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira, verificou que o aumento da morfologia de cladódios ocorre nos primeiros meses da produção, mesmo nos casos em que as condições sejam extremamente favoráveis para a produção.

Junior (2017) verificou em estudos realizados com palma forrageira e irrigação com água residuária, que o aumento da morfologia de cladódios sempre ocorre nos primeiros meses da produção e observou que o comprimento e largura tiveram relação direta de crescimento entre as duas variáveis.

De acordo com a Figura 19d, a altura média das plantas teve seu aumento mais significativo durante os primeiros 100 dias e uma menor taxa de crescimento ao longo do experimento, comportamento próximo ao ocorrido com a taxa de crescimento do comprimento, da largura e da espessura do cladódio.

Nunes *et al.* (2020), avaliando a morfogênese do dossel de clones de palma forrageira (*Nopalea sp.* e *Opuntia sp.*) em diferentes ambientes de crescimento, verificaram um comportamento da tendência de um crescimento rápido inicial da altura da palma e depois uma tendência a estabilização até o momento do corte.

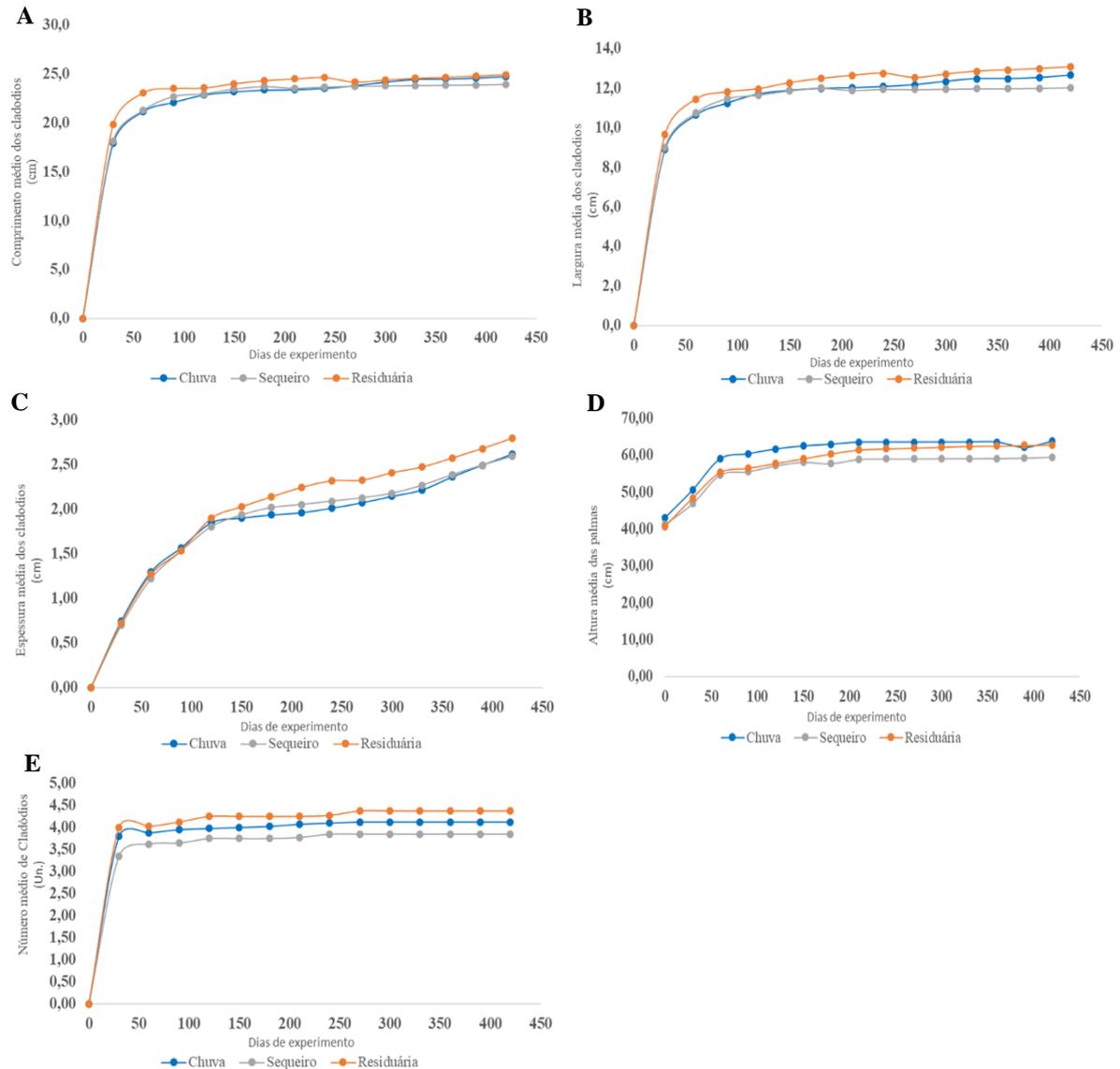


Figura 19. Comprimento, largura, espessura e número de cladódios e altura da palma forrageira, durante o período de avaliação das três formas de cultivo. Comprimento do cladódio (19a), largura do cladódio (19b), espessura do cladódio (19c), altura da palma (19d) e número de cladódios (19e).  
 FONTE: Autor em 2022.

De acordo com a Figura 19e, o número médio de cladódios das plantas durante o experimento teve seu aumento mais significativo durante os primeiros 100 dias e uma menor taxa de crescimento ao longo do experimento, comportamento próximo ao ocorrido com a taxa de crescimento do comprimento, largura, espessura do cladódio e altura.

Ramos *et al.* (2018) avaliando o crescimento vegetativo e rendimento produtivo da palma forrageira clone Gigante (*Opuntia ficus indica*) em função da adubação orgânica e manejo de colheita, verificaram que a maximização do comprimento de cladódio até sua estabilidade (platô), foi atingido mais rapidamente aos 218 DAP com 31,25 cm e adubação a nível de 15 t ha<sup>-1</sup>. Segundo os autores, este ponto de estabilização corresponde a maximização

do comprimento do cladódio, informando que este momento poderia servir com um dos possíveis critérios para a colheita da palma forrageira.

Após os 100 primeiros dias verificou-se uma maior diferença nas variáveis morfológica de comprimento, largura, espessura, quantidade de cladódios e altura da planta, entre os tratamentos (Figura 19). Esta diferenciação, indica que o tratamento com água residuária pode ser superior aos demais tratamentos. Corroborando com esta afirmação, o trabalho de Siqueira (2021), que avaliando a produção de palma forrageira sob o efeito de irrigação com efluente de esgoto tratado, verificou que após a aplicação dos tratamentos, tanto aos 90 quanto aos 180 dias, os valores de comprimento, largura, altura e o índice de área do cladódio foram maiores com as plantas irrigadas com a água residuária, do que com os outros tratamentos.

Lemos (2016), em estudo com a palma forrageira irrigada com esgoto doméstico tratado, verificou que as variáveis de altura de plantas, quantidade total de cladódios, largura, comprimento e espessura dos cladódios, tiveram diferenças significativas aos 75 DAP, em relação à testemunha em condições de sequeiro. Demonstrou que na fase inicial do crescimento da palma forrageira houve maior alongamento dos cladódios. Esta diferença entre os tratamentos se intensificou no início do experimento, mantendo-se ao longo do experimento e tendo uma estabilidade nos períodos mais longos.

O crescimento vegetativo da palma forrageira expresso em número de cladódios por planta, altura de planta, comprimento e largura de cladódios pode evidenciar o rendimento da palma Ramos *et al.* (2018).

Desta forma, o indicativo dos 100 primeiros dias, pode ser um indicador de acompanhamento e de desenvolvimento das condições do cultivo da palma.

No contexto deste experimento, cabe salientar que na análise descritiva das dimensões do cladódio, e uma estimativa visual, verifica-se que as variáveis morfológicas dos artigos nos três tratamentos tiveram uma alta variação entre as amostras coletadas (Figura 20). A alta variação pode se confirmar com os resultados da análise estatística verificada na Tabela 6, onde os valores dos CVs estavam em torno de 5,83 a 9,29% para as variáveis de comprimento, largura e espessura dos artigos e as demais variáveis em torno de 10,63 a 36,05%.



Figura 20. Variação das características morfológicas da palma forrageira durante o período de avaliação das três formas de cultivo. Palma em sequeiro (20a), irrigada com água pluvial (20b) e irrigada com água residuária (20c).

FONTE: Autor em 2022.

Verifica-se na Tabela 7 que, de maneira geral, as análises estatísticas das correlações entre a produtividade e as variáveis morfológicas do cladódio apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) elevados para a maioria dos modelos gerados. Foram realizados os modelos para os três tratamentos e um modelo se utilizando de todos os 494 cladódios obtidos em 120 plantas durante o corte da palma. O modelo com menor  $R^2$  foi o gerado a partir da utilização de todos os cladódios obtidos, independente do tratamento (Tabela 7).

Tabela 7 - Equações médias para determinação das variáveis de produtividade da palma forrageira na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA

Tratamentos	$R^2$	PMS
Sequeiro	91,05	$PMS = 521,53 - (50,22 \times C) - (182,90^* \times E) - (49.652 \times U) - (635,58 \times IACf) + (94,56^* \times L) + (11,39 \times A) + (36,99^* \times Q)$
Pluvial	90,93	$PMS = 21.092 - (12.2582^{**} \times C) + (59.221^{**} \times E) + (10.383^* \times U) + (360,634^* \times IACf)$
Residuária	90,44	$PMS = 111.948 + (12.745 \times L) - (143,11^* \times E) + (7.671^{**} \times A) - (400,24^* \times U) + (96,37 \times IACf)$
Todos Cladódios	67,98	$PMS = 0,00 + (0,393^* \times C) - (0,310^* \times L) + (0,305^* \times Q \times C) + (0,581^{**} \times IACf) + (0,41^{**} \times U)$
Tratamentos	$R^2$	PMV
Sequeiro	82,31	$PMV = 4.098,14 - (317,37^{**} \times U) + (20.297,37^* \times IACi) - (202,36 \times C)$
Pluvial	91,39	$PMV = (-1.508,81) - (5.201,45^{**} \times IACi) + (8.158,79^{**} \times IACf)$
Residuária	85,03	$PMV = 21.136,33 - (680,74^* \times E) - (613,34^* \times U) + (475,72^{**} \times Q) - (17.005,27^* \times IACi) - (210,02^{**} \times C)$
Todos Cladódios	70,12	$PMV = 0,00 + (0,213^{ns} \times C) - (0,414^* \times L) + (0,167^{ns} \times Q \times C) - (0,131 \times U) + (0,195^{ns} \times E) + (0,418^* \times A) + (0,177^{ns} \times V) + (0,128^{ns} \times IACi)$

FONTE: Software Statistic, versão 14. Tabela elaborada pelo autor em 2022.

Legenda: PMS: produtividade da massa de matéria seca; PMV: produtividade da massa de matéria verde;  $R^2$ : coeficiente de determinação ajustado. \*: significativo a 5%; \*\*: significativo a 1% (p-value); ns: não significativo. C: comprimento; L: largura; E: espessura; A: área; Q: quantidade de cladódios; U: umidade; V: volume do cladódio; IACf: índice de área final; IACi: índice de área inicial; x: multiplicação; -,+: sinais algébricos.

Os  $R^2$  encontrados para os modelos gerados para o cálculo da PMV foram de 82,31; 91,39 e 85,03% para os tratamentos de sequeiro, irrigação com água pluvial e irrigação com água residuária, respectivamente. Os  $R^2$  para os modelos gerados para o cálculo da PMS foram de 91,05; 90,93 e 90,44% para os tratamentos de sequeiro, irrigação com água pluvial e irrigação com água residuária, respectivamente (Tabela 7).

Castro (2013), ao avaliar métodos não destrutivos para estimativa da área do cladódio e do índice de área do cladódio em palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia sp.*), obteve os melhores modelos utilizando o produto entre largura e altura da planta (com média  $R^2 = 0,7170$ ,  $r = 0,7952$ ) e verificando que a largura e comprimento do cladódio podem ser usados para estimar a sua área. A análise descritiva das dimensões do cladódio também demonstrou elevados coeficientes de variação para área dos cladódios (42,37 e 63,61%).

Segundo Camargo & Sentelhas (1997), um modelo apresentando valores de coeficientes de determinação acima de 85%, é considerado um modelo ótimo, podendo determinar suas relações com grande precisão.

Leite *et al.* (2020), objetivando avaliar os melhores modelos para estimar de maneira não destrutiva a área e o peso do cladódio de Doce Miúda (*N. cochenillifera*), com base em suas dimensões lineares, verificaram que as dimensões lineares do cladódio são um parâmetro apropriado para uso na predição da área e peso do cladódio por modelos de regressão, obtendo valores de  $R^2$  variando entre 90 e 95%.

A precipitação pluvial acumulada durante período experimental foi 157,40 mm acima da média dos 30 anos da avaliação climatológica da região, o que proporcionou uma maior disponibilidade de água no solo da área, inclusive no tratamento do cultivo em sequeiro.

Observa-se com o resultado acima que o uso de águas residuárias de esgoto doméstico para o cultivo da palma forrageira gigante (*Opuntia ficus indica*), nas condições edafoclimáticas locais, pode ter a capacidade de aumentar a fertilidade do solo, suprimindo as necessidades nutricionais desta cultura, levando em consideração que não foi realizada nenhum tipo de adubação na cultura durante o experimento, pois o efluente tratado apresentou características aceitáveis para a fertirrigação.

Neste contexto, levando-se em consideração que o uso da água residuária na irrigação potencializou a produção de alimentos nas propriedades no semiárido brasileiro e que após o ciclo de cultivo da palma a camada de 0-0,2 m mostrou-se ainda em condições favoráveis ao cultivo, pode-se considerar que esta metodologia é uma alternativa viável para o tratamento dessas águas, sendo assim possível destinar as águas potáveis e pluviais para outros fins, como o cultivo de hortaliças.

## **Conclusões**

O cultivo irrigado da palma com água residuária proporciona aumento na produção de matéria seca e em alguns parâmetros biométricos da cultura com relação ao cultivo de sequeiro.

Os modelos matemáticos não destrutivos gerados possibilitam estimar com precisão a taxa de crescimento e a produtividade da palma forrageira sob distintos sistemas de cultivo.

## Referências Bibliográficas

- ALVES, R. N.; FARIAS, I.; CEZAR, R. S. C.; LIRA, M. de A.; SANTOS, D. C. dos. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. Revista Caatinga, v.20, n.4, Universidade Federal Rural do Semiárido Mossoró/UFERSA. Mossoró/RN, 2007. p 38-44. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237117664007.pdf>. Acesso em: 01.12.2022
- ALVES, S. A. A. Sistema de cultivo sobre o solo de palmas forrageiras implantadas em período de déficit hídrico. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas). Orientação: Prof. Dr. Fernando Kidelmar Dantas de Oliveira. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde. Cuité/PB, 2022. 37 p. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/30429>. Acesso em 14.07.2023
- AMARAL, I. C. Reutilização de águas residuais tratadas na rega de espaços verdes: efeito de salinidade nos solos e nas plantas. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Qualidade e Ambiente). Departamento de Engenharia Química. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa/Portugal, 2019. 117 p. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/12317/1/Disserta%20a7%20a3o.pdf>. Acesso em: 12/12/2022
- AMORIM, P. L. de. Caracterização morfológica e produtiva em variedades de palma forrageira. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas/UFAL. Rio Largo/AL, 2011. 55 p. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1133/1/Caracteriza%20a7%20a3o%20morfol%20b3gica%20e%20produtiva%20em%20variedades%20de%20palma%20forrageira.pdf>. Acesso em: 03.03.2022
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. 2ªed. Brasília/DF, 2021. 130 p. Disponível em: [https://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=148256&tipo\\_midia=2&iIndexSrv=1&iUsuario=0&obra=88090&tipo=1&iBanner=0&iIdioma=0](https://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=148256&tipo_midia=2&iIndexSrv=1&iUsuario=0&obra=88090&tipo=1&iBanner=0&iIdioma=0). Acesso em 02.10.2022

ARAUJO, A. F. B. de; LACERDA, C. F. de; CAVALCANTE, E. S.; SALES, J. R. da S.; COSTA, R. N. T.; LOPES, F. B. Irrigação suplementar do algodoeiro com água residuária tratada: análises biométricas e produção de biomassa. *Brazilian Journal of Irrigation and Drainage*. Universidade Estadual Paulista. IRRIGA/Unesp, v. 25, n. 4, 16 dez. Botucatu/SP, 2020. p 683-688. Disponível em: <https://actarborea.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4178/2732>. Acesso em: 02.11.2022

ARAUJO, G. G. L. de.; SILVA, T. G. F. CAMPOS, F. S. Agricultura bioessalina e uso de águas salobras na produção de forragem. In: *Agricultura irrigada em ambientes salinos*. Editores técnicos, Paulo Cerqueira et al. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba/Codevasf. Brasília/DF, 2021. p 174-206. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-rocha/publicacoes/outras-publicacoes/agricultura-irrigada-em-ambientes-salinos.pdf>. Acesso em: 01.12.2022

AYERS, R.S. WESCOTT, D.W. Water quality for agriculture. In: *FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER*. n.29, Editora FAO, Roma, 1985. Cap 05, p 234. Disponível em: <https://www.fao.org/3/T0234E/T0234E06.htm#ch5.2>. Acesso em: 22.11.2022

BARBOSA, M. A. da S.; LIMA, W. dos S. L.; MARTIN, A. M. P.; VENDRUSCOLO, J.; LIMA, B. J. da S. Produtividade de variedades de palma forrageira cultivadas com diferentes tipos de adubos em Planossolo Nátrico. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Natal/RN, 2015. 4 p. Disponível em: <https://eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/429.pdf>. Acesso em: 01.02.2023

BARROS, T. M. Propagação de palma forrageira pelo método da fragmentação do cladódio para produção de mudas. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal, Nutrição e Alimentação de Ruminantes). Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB. Cruz das Almas/BA, 2019. 60 p. Disponível em: <https://www1.ufrb.edu.br/pgcienciaanimal/images/Dissertacoes/DISSERTA%C3%87%C3%83O-TARCISIO.pdf>. Acesso em: 02.02.2023

- BISERRA, J. L. A. Impacto da aplicação de efluente tratado em solo fértil visando o reuso. TCC (Conclusão de Curso, Engenharia Civil), Centro Acadêmico do Agreste/CAA, Universidade Federal de Pernambuco/UFPE. Nova/PE, 2018. 35 p. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/43082/1/BISERRA%2C%20Jonathan%20Luan%20Alves.pdf>. Acesso em: 01.02.2023
- BUENO, A. V. I.; JOBIM, C. C.; RIBEIRO, M. G.; OLIVEIRA, J. P. Método de obtenção de matéria seca e composição química de volumosos. *Ciência Animal Brasileira* v.18. e-44913. Goiana/GO, 2017. 8 p. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cab/a/vZTykNYJtPkxm3GYrxKt55p/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10.08.2021
- CAMARGO, Â.P; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa potencial da evapotranspiração no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia (Revista AGROMETEOROS)*, Santa Maria, v.5, n.1, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/SBAgro. Serra Talhada/PE, 1997, p 89-97. Disponível em: [http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos\\_sentelhas\\_1997/1997\\_RB\\_Agro\\_5\(1\)\\_89-97\\_ETPM%E9todosSP.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1997/1997_RB_Agro_5(1)_89-97_ETPM%E9todosSP.pdf). Acesso em 12.08.2022
- CAMELO, T. C. Produtividade e aporte de nutriente em palma forrageira “Gigante” irrigada com água residuária. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi. Guanambi/BA, 2018. 36 p. Disponível em: <https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/guanambi/files/2019/04/Thais-Carvalho-Camelo.pdf>. Acesso em: 03.03.2023
- CAMPOS, A. R. F. Manejo de irrigação na palma forrageira: definição de critérios com base no potencial matricial da água no solo. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Orientador: Vital Pedro da Silva Paz. Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB. Cruz das Almas/BA, 2018. 102 p. Disponível em: [https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/ALLAN\\_RADAX\\_FREITAS\\_CAMPOS.pdf](https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/ALLAN_RADAX_FREITAS_CAMPOS.pdf). Acesso em: 09.08.2022

- CARON, B. O.; SOUZA, V. Q. de; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SCHMIDT, D.; BAMBERG, R.; ELOY, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. *Revista Árvore*, v.36, n.5. FapUNIFESP. 2012. p 833-842. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/JkBYmHfGTNHbhsFQqKf76Ln/?lang=pt>. Acesso em: 11.12.2022
- CASTRO, F. M. de. Avaliação de métodos não destrutivos para estimar o índice de área do cladódio em palma forrageira orelha de elefante mexicana. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem). Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE. Garanhuns/PE, 2013. 66 p. Disponível em: [http://www.pgcap.ufrpe.br/sites/ww4.pgcap.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao\\_francisco\\_martins\\_de\\_castro\\_agosto\\_2013.pdf](http://www.pgcap.ufrpe.br/sites/ww4.pgcap.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao_francisco_martins_de_castro_agosto_2013.pdf). Acesso em: 15.11.2022
- CASTRO, I.N. de; SANTOS, Silvânio R. dos; SANTOS, M. R. dos; OLIVEIRA, P. M. de; ASPIAZÚ, I.; GODINHO, F. L. Root distribution of cactus pear genotypes under different soil water replacement levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 12, dez. Fundação de Apoio à Universidade Federal de São Paulo/FapUNIFESP, Universidade Federal de São Paulo/UNIFESP. São Paulo/SP, 2021. p 819-825. Disponível em: <http://palmaforrageira.com.br/wp-content/uploads/2021/07/Artigo-Igor-Unimontes-Agriambi.pdf>. Acesso em: 02.08.2022
- CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. de A.; SILVA, L. M. da; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. da. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. Fundação de Apoio à Universidade Federal de São Paulo FapUNIFESP (SciELO). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.44, n.4, dez/14. 2014. p 424-433. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/hvNSMbdhrYRKPVGxLv4RhGG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12.03.2023
- CLIMATE. Dados climáticos para cidades mundiais. Climate.Data.Org. Data Sources (pt.climate-data.org/info/licensing). Clima do município de Serrinha/BA (Brasil) em 30 anos. Dados fornecidos de forma gratuita, para trabalhos acadêmicos, em meio eletrônico. 2021. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/serrinha-42889/>. Acesso em: 09.06.2022

CONAMA. Conselho Nacional do Meio ambiente. 2011. Resolução CONAMA nº430/2011 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/CONAMA/RE0430-130511.PDF>. Acesso em: 02.02.2022

DANTAS, F. D. G. Sistema de cultivo da palma forrageira irrigada no semiárido Potiguar. Tese (Doutorado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE. Recife/PE, 2019. 135 p. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/bitstream/tede2/8412/2/Fernanda%20Daniele%20Goncalves%20Dantas.pdf>. Acesso em: 23.09.2022

EPIFÂNIO, N. M. L. da S. Descritores morfológicos e indicador de metabolismo fotossintético em clones de Palma forrageira. Tese (Doutorado em Zootecnia). Orientadora: Mércia Virginia Ferreira dos Santos. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife/PE, 2019. 84 p. Disponível em: [https://ppgz.ufrpe.br/sites/default/files/testes-dissertacoes/nubia\\_meirelly\\_lopes\\_da\\_silva\\_epifanio.pdf](https://ppgz.ufrpe.br/sites/default/files/testes-dissertacoes/nubia_meirelly_lopes_da_silva_epifanio.pdf). Acesso em: 02.02.2022

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Amostragem para análise de fertilidade do solo em cultivo de fruteiras. Instruções técnicas da Embrapa semiárido n.52. Embrapa. Petrolina/PE. 2001. Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br/catalogo/amostragemparaanalisedefertilidade.pdf>. Acesso em: 21.03.2022

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Determinação da Uniformidade de Distribuição de Água em Sistema de Irrigação Localizada. Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido. Petrolina/PE, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA-2009-09/40526/1/INT86.pdf>. Acesso em: 01.02.2022

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Métodos de Análises Bromatológicas de Alimentos: Métodos Físicos, Químicos e Bromatológicos. Documentos, 306. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2010. p 25-39. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40059/1/documento-306.pdf>. Acesso em: 01.06.2022

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Resultado da caracterização do solo do sistema de irrigação localizada. Laboratório Agroambiental. Embrapa Semiárido. Petrolina/PE, 2021.

EVANGELISTA, D. de L. Análise bibliométrica dos impactos do reúso de efluentes na qualidade do solo. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Orientadora: Profa. Dra. Karina Patrícia Vieira da Cunha. Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte/ UFRN. Natal/RN, 2023. 44 p. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/53320/1/TRABALHO\\_CONCLUSO\\_CURSO\\_DALLYANE\\_EVANGELISTA\\_ENG\\_AMBIENTAL.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/53320/1/TRABALHO_CONCLUSO_CURSO_DALLYANE_EVANGELISTA_ENG_AMBIENTAL.pdf). Acesso em: 25.07.2023

FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; FILHO, J. J. T.; SANTOS, M. V. F.; FERNANDES, A. P. M.; SANTOS, V. F. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no Agreste de Pernambuco. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.2. Brasília/DF, 2000. p 341-347. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/5759/2863>. Acesso em: 07.08.2022

HANNA. Hanna Instruments Inc. Manual de Fotômetro de Bancada Multiparâmetro HI83399. Hanna Instruments Inc, Woonsocket, Rhode Island, 02895, USA. 019. 2019. 137 p. Disponível em: [https://hannainst.com.br/manuais\\_fichas/](https://hannainst.com.br/manuais_fichas/). Acesso em: 01.03.2022

JUNIOR, P. A. V.; MOLIN, J. P.; NETO, D.D.; MANFRON, P. A.; MASCARIN, L. S.; FAULIN, G. D. C. DETOMINI, E. R. Plant population and soil attributes that drives corn grain yield (População de plantas e alguns atributos do solo relacionados ao rendimento de grãos de milho). Acta Scientiarum Agronomy, v.28. 2006. p 483-492. Disponível em: [https://www.agriculturadeprecisao.org.br/wp-content/uploads/2020/01/cgr\\_2004-07.pdf](https://www.agriculturadeprecisao.org.br/wp-content/uploads/2020/01/cgr_2004-07.pdf). Acesso em: 10.10.2022

- JUNIOR, M. S.A. Desempenho da palma forrageira em segundo ciclo sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado nas condições semiáridas. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Orientador: Prof. Dr Miguel Ferreira Neto. Programa de Pós-Graduação em manejo do solo e água. Universidade Federal Rural do Semiárido/UFERSA. Mossoró/RN, 2017, 97 p. Disponível em: <https://ppgmsa.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/59/2018/02/MANOEL-SIM%C3%94ES-DE-A-JUNIOR-TCC.pdf>. Acesso em: 19.05.2022
- JUNIOR, M. S. de A.; NETO, M F.; MEDEIROS, J. F. de; SÁ, F. V. da S.; LIMA, Y. B. de; LEMOS, M. de. Produtividade e teor de nutrientes em palma forrageira irrigada com efluente de esgoto doméstico. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage. Universidade Estadual Paulista. IRRIGA/Unesp, v. 24, n. 4, dez. Botucatu/SP, 2019. p 830-842. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3552/2593>. Acesso em: 10.03.2023
- LEITE, M. L. de M. V.; OLIVEIRA, G. A. de; LUCENA, L. R. R. de; OLIVEIRA, A. D. M. de; COSTA, Á. C. de L.; ANJOS, F. L. Q. dos; SILVA, C. B. da; FARIAS, I. M. de. Modelos matemáticos para estimativa de área e peso de cladódio de palma Doce Miúda. Research, Society And Development, 30 dez, v.9, n.12. 2020. 21 p. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11503/10129>. Acesso em: 12.02.2023
- LEMOS, M. Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água no Semiárido). Orientador: Miguel Ferreira Neto. Programa de Pós-Graduação em manejo de solo e água, Universidade Federal do Semiárido/UFERSA. Mossoró/RN, 2016. 244 p. Disponível em: [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/tede/610/1/Marc%c3%adriol\\_TESE.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/tede/610/1/Marc%c3%adriol_TESE.pdf). Acesso em: 06.02.2023
- LIMA, G. F. da C.; DANTAS, F D. G.; CHAGAS, M. C. M. das.; GUEDES, F. X.; TORRES, J. F.; HOLANDA, J. S. de; SILVA, E. C. S.; MORAIS, A. M. B. de; NASCIMENTO, S. M. do. Caminhos para expansão e desenvolvimento da palma forrageira no Rio Grande do Norte. (Org.). Guilherme Ferreira da Costa Lima et al. Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte/EMPARN. Documento n 49. Parnamirim/RN, 2019. 81 p. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC000000000215306.PDF>. Acesso em: 06.02.2023

- LIMA, B. R. de; OLIVEIRA, E. P.; JÚNIOR, E. P. D.; BEBÉ, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 7, n. 16. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*. João Pessoa/PB, 2020. p 679-689. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v7n16/v07n16a15.html>. Acesso em: 07.11.2022
- LOPES, E. B.; SANTOS D. C. dos; VASCONCELOS M. F. de. Cultivo da palma forrageira. In: *Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no Semiárido nordestino*. LOPES, Edson Batista. (Org.). Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba/EMEPA. João Pessoa/PB, 2012. p 11-33. Disponível em: [https://issuu.com/abarriguda/docs/livro\\_palma](https://issuu.com/abarriguda/docs/livro_palma). Acesso em: 05.05.2021
- LUZ, I. S. da; SANTOS, D. B. dos.; ARAUJO, A. de S.; CARVALHO, C. M. de.; AZEVEDO, D. de O.; SOUZA, J. A. A. de. Propagação vegetativa de estacas de pereskia acuelata mil. V Seminário de Iniciação e Inovação Científica Tecnológica. Ciência para a redução das desigualdades. 23 a 24 /out./2018. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha. Serrinha/BA, 2018
- MAGALHÃES, A. G.; MARTINS, E. L.; MEDEIROS, S. de S. Análise do crescimento de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. irrigada com água residuária em região semiárida. *Brazilian Journal Of Development*, v. 5, n. 12. São José dos Pinhais/PR, 2019. p 28334-28342. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/5097/4659>. Acesso em: 02.11.2022
- MELO, V. S. Biometria de variedades de palma forrageira irrigada com água de esgoto doméstico tratada. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharel em Engenharia Agrônômica). Campus do Sertão. Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão Universidade Federal de Sergipe. Orientadora: Dra. Monalisa Soares Costa. Nossa Senhora da Glória/SE, 2023. 19 p. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/17728/2/Vinicius\\_Silva\\_Melo.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/17728/2/Vinicius_Silva_Melo.pdf). Acesso em: 10.07.2023

- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan; Utah State University, 1978, 271 p.: Disponível em: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAG745.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAG745.pdf). Acesso em: 05.07.2022
- MOURA, B. R. Reuso da água residuária de suinocultura na produção de palma forrageira, como contribuição para a educação ambiental no semiárido. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola). Programa de Pós-Graduação em educação agrícola. Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ. Seropédica/RJ, 2019. 66 p. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/5270/2/2019%20-%20Bruno%20Rocha%20de%20Moura.pdf>. Acesso em: 15.09.2022
- NETO, J. M. M. de; FILHO, F. R. C.; ANDRADE, C. L. L. de; TEIXEIRA, M. B.; ALVES, D. K. M.; SILVA, N. F. da. Análise econômica da cultura do milho em diferentes manejos de adubação com água residuária de suinocultura. Brazilian Journal Of Science v. 2, n. 3, jan. Lepidus Tecnologia. Rio Verde/GO, 2023. p. 6-13. Disponível em: <https://www.brazilianjournalofscience.com.br/revista/article/view/254/155>. Acesso em: 06.06.2023
- NEVES, F. L. Palma-forrageira: opção e potencialidades para alimentação animal e humana em propriedades rurais do Estado do Espírito Santo. NEVES, Felipe Lopes (Org.), Incaper, Documentos, 276. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/INCAPE. Vitória/ES, 2020. 52 p. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/4153/1/Doc-276-cartilha-palma-forrageira-Incaper.pdf>. Acesso em: 15.02.2022
- NOBEL, P. S. Biologia ambiental. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E.P.: (Ed.). Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. SEBRAE-PB: FAO. Estudo da FAO em Produção e Proteção Vegetal, 132. João Pessoa/PB, 2001. p 36-48. Disponível em: <http://www.ipa.br/novo/pdf/cadernos-do-semiarido/7---palma-forrageira---cultivo-e-usos.pdf>. Acesso em: 03.11.2022.
- NOVA, N. A.V.; MOREIRA, P. R.; PEREIRA, A. B. Eficiência de captura de energia solar por um dossel de *Eucalyptus pellita* F. Muell sob várias densidades de plantio. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.11, n.2, 2003. p 63-68. Disponível em: <http://sbgro.org/files/biblioteca/1383.pdf>. Acesso em: 10.11.2022

- NUNES, J. da S. L.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B. de; JARDIM, A. M. da R. F.; ALVES, H. K. M. N.; NETO, J. F. da C.; LEITE, R. M. C.; PINHEIRO, A. G. Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. *Agrometeoros*, v.27, n.2, 2020. p 367-374. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/viewFile/26449/14644>. Acesso em: 09.08.2022
- OLIVEIRA, L. N. R. Cultivo de palma fertirrigada com água residuária em sistema agroflorestal. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos/PROFÁGUA, Universidade Federal de Campina Grande/UFCG. Campina Grande/PB, 2021. 72 p. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/18659/1/LADJA%20NAFTALY%20RODRIGUES%20DE%20OLIVEIRA%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20PROF%C3%81GUA%202021.pdf>. Acesso em: 15.11.2022
- PEIXOTO, M.J.A.; CARNEIRO, M.S. de S.; AMORIM, D.S.; EDVAN, R.L.; PEREIRA, E.S.; COSTA, M.R.G.F. Características agronômicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio. *Archivos de Zootecnia*, 15 jan, v.67, n.257, Cordoba University Press (UCOPress). 2018. p. 35-39. Disponível em: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/3489>. Acesso em: 13.06.2022
- PINHEIRO, K. M. Métodos indiretos de estimativa do índice de área do cladódio da palma forrageira e sua relação com as características morfogênicas e produtivas. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal). Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE. Serra Talhada/PE, 2014. 57 p. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/6934/2/Karina%20Mendes%20Pinheiro.pdf>. Acesso em: 12.11.2022
- PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, 2014. p 939-947. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/KvzHthcDktBCYnPzKdZ5dJK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10.04.2023

- PINTO, M.S.C.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E.V.S. B; ANDRADE, A.P.; PIMIENTA FILHO, E.C.; ANDRADE, M.V.M.; FIGUEIREDO, M.V. Estimativa do peso da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*, Mill.) a partir de medidas dos cladódios. *In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 39. SBZ, Anais. v.1, Recife/PE, 2002. p 54- 64. Disponível em: [http://www.sbz.org.br/reuniaoanual/anais/arq\\_reuniao\\_anual/sbz2002.rar](http://www.sbz.org.br/reuniaoanual/anais/arq_reuniao_anual/sbz2002.rar). Acesso em: 01.09.2022
- QUEIROZ, M. G. de; SILVA, T. G. F. da; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S. e; LIMA, L. R.; ALVES, J. de O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, out, v.19, n.10, FapUNIFESP. 2015. p 931-938. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/n6d3mqmPtyGv9MCwXtJgLhx/?lang=pt#>. Acesso em: 02.07.2022
- RAMOS, J. P. de F.; SOUZA, W. H. de; SOUZA, T.A.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. de; CARTAXO, F. Q. Produção e utilização de palma forrageira para alimentação de caprinos e ovinos. *In: Estratégias de produção e utilização de forragens na alimentação de pequenos ruminantes na Paraíba*. RAMOS, João Paulo de Farias Ramos, SANTOS, Edson Mauro Santos, SOUSA, Wandrick Hauss de (Org.). EMEPA-PB. João Pessoa/PB, 2018. p 95-115. Disponível: <https://empaer.pb.gov.br/pdf/livro-estrategias-de-producao-de-forragens-020620202058-compactado.pdf>. Acesso em: 23.01.2023
- REIS, G. A. dos. Rendimento e taxa de sobrevivência da palma forrageira gigante, cultivada com aplicação de água residuária. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi. Guanambi/BA, 2018. 43 p. Disponível em: <https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/guanambi/files/2019/05/DIserta%C3%A7%C3%A3o-Giliarde-Alves-dos-Reis.pdf>. Acesso em: 12.12.2022
- RIBEIRO, J. S. M.; NETO, J. V. E.; SANTOS, R. da S.; SILVA, M. A.da.; BEZERRA, J. D. do V.; FREITAS, B. C .de. Características estruturais da palma forrageira sob irrigação. *In: Resumos Expandidos. Palmatech. 2º Palmatech. 1º Simpalma. 1, 1º Palmathon, 20 a 24 de setembro de 2021. EPAMIG Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Janaúba/MG, 2021. p 82-85. Disponível em: https://www.livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/02/palmatech-2021.pdf*. Acesso em: 08.08.2022

- RICHARDS, L. A. Improvement and management of soils in arid and semi-arid regions in relation to salinity and alkalinity. *In: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook, v. 60. 1954. p 34-54* Disponível em: [https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/20360500/hb60\\_pdf/hb60complete.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/20360500/hb60_pdf/hb60complete.pdf). Acesso em: 05.05.2022
- RITA, A. E. C. S. Palma forrageira: opção sustentável para alimentação humana no semiárido. Tese (Doutorado em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial). Orientador: Prof. Dr. David Fernandes Lima. Espaço Plural. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Campus Juazeiro. Juazeiro/BA, 2022. 143p. Disponível em: <https://ppgadt.univasf.edu.br/wp-content/uploads/2022/12/PALMA-FORRAGEIRA-opcao-sustentavel-para-alimentacao-humana-no-semiarido.pdf>. Acesso em: 25.07.2023
- SANTOS, D. B. dos; AZEVEDO, D. de O.; SOUZA, J. A. A. de; SIMÕES, W. L.; RODRIGUES, C. S.; ARAUJO, R. O. F.; SOUZA, M. C.; CARVALHO, C. M. de; SANTOS, L. V. C. Uso de esgoto doméstico na produção da palma forrageira / Use of domestic sewage in the production of forage palm. *Brazilian Journal Of Development, South Florida Publishing LLC, v.7, n.9. 2021. p 88639-88650.* Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/35748/pdf>. Acesso em: 12.06.2021
- SANTOS, L. A. Impacto no solo do uso de esgoto doméstico rural tratado em reator UASB e lagoas de polimento. Trabalho de conclusão de curso (Pós graduação lato sensu em Manejo de Solo e Água). *Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural. Instituto Federal de Educação. Petrolina, PE, 2022. 33 p.* Disponível em: <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/856>. Acesso em: 10.03.2023
- SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. *Tipologia climática segundo \_koppen\_2014* (Mapa eletrônico da tipologia climática). Salvador/BA, 2014a. Disponível em: [https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia\\_climatica\\_segundo\\_koppen\\_2014.pdf](https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf). Acesso em: 05.07.2022
- SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. *Mapa Polígono das secas. Estado da Bahia. Salvador/BA, 2014b.* Disponível em: [https://sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/mapa\\_poligono\\_das\\_secas.pdf](https://sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/mapa_poligono_das_secas.pdf). Acesso em: 09.08.2022

- SENA, C. C. R. S.; FERREIRA, A. A.; SILVA, V. C. R. Mudança dos atributos químicos do solo após a aplicação de água residuária. *Revista de Biotecnologia & Ciência*, v.9, n.2, Campus Ipameri, Universidade Estadual de Goiás/UEG. Ipameri/GO, 2020. p 01-10. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/biociencia/article/view/10008/7551#:~:text=CONCLUS%C3%83O-,A%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1gua%20residu%C3%A1ria%20aumentou%20o%20pH%2C%20os%20teores,da%20planta%20de%20abobrinha%2Ditalian.> Acesso em: 10.02.2023
- SIQUEIRA, J. V. G. de. Variedades de palma forrageira irrigadas com efluente de esgoto tratado e com diferentes manejos de corte. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) Orientador: Prof.º Drº Mário Adriano Ávila Queiroz. Pós-Graduação em Agronomia Produção Vegetal. Campus Ciências Agrárias. Universidade Federal do Vale do São Francisco/UNIVASF. Petrolina/PE, 2021. 96 p. Disponível em: <http://www.producaovegetal.univasf.edu.br/Arquivos/jessicasiqueira.pdf>. Acesso em: 10.03.2023
- SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; SILVA, S. M. S. e; MOURA, M. S. B. de; SANTOS, D. C. dos; SILVA, M. da C.; ARAUJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. *Revista Bragantia*, 3 jun. v.73. Instituto Agrônomo da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Campinas/SP, 2014a. p 184-191. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/VZ4FL9kNtm8Pk9yV9CYfy6k/?lang=pt>. Acesso em: 05.03.2023
- SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, n. 11. Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. Santa Maria/RS, 2014b. p 2064-2071. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/dJHwF8CkgZv6GSPgw3vQCdQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20.11.2022

- SILVA, J. L. C. da. Avaliação da produtividade de palma forrageira submetida a diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica no semiárido paraibano. TCC (Conclusão de curso, Engenheiro Agrônomo). Centro de ciências agrárias. Universidade Federal da Paraíba/UFPB. Areia/PB, 2018, 35p. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/3652/1/JLCS07032018.pdf>. Acesso em: 18.09.2022
- SILVA, E. C. B. da; LIMA, J. R. de S.; ANTONINO, A. C. D.; MELO, A. A. S. de; SOUZA, E. S. de; SOUZA, R. M. S.; SILVA, V. P. da; OLIVEIRA, C. L. de. Efeito da Irrigação Suplementar na Produtividade e Eficiência no Uso de Água da Palma Forrageira. Revista Brasileira de Geografia Física, 26 nov. v.13, n.6, 2020. p 2744. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/244824/37220>. Acesso em: 07.09.2022.
- SOUZA, M. C. de. Avaliação da prática do reúso com esgoto tratado em lagoas de estabilização no semiárido do Rio Grande do Norte. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN. Natal/RN, 2019. 67 p. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletosPDF/II-314.pdf>. Acesso em: 15.08.2022
- VILLAR, M. L. P. Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação: Série Documentos, n.35. MT. Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural/EMPAER/MT. Cuiabá/MT, 2007. p 11-77. Disponível em: <http://www.empaer.mt.gov.br/documents/8024815/9382198/Manual+de+Interpretação+de+Análise+de+Plantas+e+Solos+e+Recomendação+de+Adubação/09cae279-bdf6-5b4a-4b05-67fe9b4522f1>. Acesso em: 15.07.2022

## **CAPÍTULO 02**

# **VIABILIDADE ECONÔMICA E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA RESIDUÁRIA NO CULTIVO DA PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

SERRINHA  
BAHIA - BRASIL  
2023

## **Viabilidade econômica e eficiência do uso da água residuária no cultivo da palma forrageira no Semiárido brasileiro**

**RESUMO:** O objetivo do presente trabalho foi verificar a viabilidade econômica e a eficiência do uso da água na produção da palma forrageira gigante (*Opuntia fícus indica*) irrigada com águas da chuva e residuárias de esgoto doméstico no Semiárido brasileiro. A pesquisa foi conduzida na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha, no município de Serrinha/BA, no período de maio 2021 a julho 2022. Foram avaliadas três formas de cultivo da palma forrageira: Irrigada com água residuária e da chuva e sequeiro, sendo uma frequência semanal de irrigação, com aplicação de uma lâmina de 2,0 mm. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com dez repetições. Após o corte final, foram feitas as medições das características produtivas na palma e avaliadas a parte econômica e de eficiência de uso da água (EUA) pela planta. Observou-se os valores de investimentos iniciais de R\$ 22.090,00; 22.090,00 e 12.370,00; obteve-se um TIR descontado de 57,60; 55,61 e 121,99% e um Payback de 7,61; 7,71 e 5,41 meses para os tratamentos com água residuária, água da chuva e sequeiro, respectivamente. Indicou-se um retorno já no primeiro ano, com valor superior ao TMA de 13,75%. Os valores encontrados de EUA foram de 3,70; 4,03 e 4,06 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, para os tratamentos de sequeiro, águas pluviais e águas residuárias, respectivamente, demonstrando que a irrigação com água residuária apresenta-se como uma técnica promissora ambientalmente e economicamente para o cultivo da palma no semiárido.

**Palavras-chave:** Irrigação, Reúso, *Opuntia fícus indica*, Economia

**ECONOMIC VIABILITY AND EFFICIENCY OF THE USE OF WASTEWATER IN  
THE CULTIVATION OF FORAGE CACTUS PEAR IN THE BRAZILIAN SEMI-  
ARID REGION**

**ABSTRACT:** The objective of this work was to verify the economic viability and efficiency of water use in the production of giant forage cactus (*Opuntia ficus indica*) irrigated with rainwater and domestic sewage waste. The research was conducted in the experimental area of the Federal Institute of Education, Science and Technology Baiano, Serrinha campus, in the town of Serrinha/BA, from May 2021 to July 2022. Three forms of cactus cultivation were evaluated: Irrigated with water residual and rain and rainfed, within a weekly irrigation frequency with the application of a 2.0 mm blade. A randomized block design with ten replications was used. After the final cut, measurements of the palm's productive characteristics were made and the plant's economic and water use efficiency (WE) were assessed. Initial investment values of R\$ 22,090.00 were observed; 22,090.00 and 12,370.00; a discounted IRR of 57.60 was obtained; 55.61 and 121.99% as well as a Payback of 7.61; 7.71 and 5.41 months for treatments with wastewater, rainwater and rainwater, respectively. A return was indicated in the first year, with a value higher than the TMA of 13.75%. The AUS values found were 3.70; 4.03 and 4.06 kg DM ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, for rainwater, rainwater and wastewater treatments, respectively, demonstrating that irrigation with wastewater presents itself as an environmentally and economically promising technique for cultivation of palm in the semi-arid region.

**Keywords:** Irrigation, Reuse, *Opuntia ficus indica*, Economy

## Introdução

A palma forrageira, por suas características naturais, tem se tornado uma das culturas mais promissoras para o desenvolvimento econômico e sustentável de regiões semiáridas (NEVES *et al.*, 2020; RITA, 2022). Com suas peculiaridades, a mesma tem contribuído nas atividades agropecuárias para amenizar os problemas causados principalmente em períodos de estiagem, sendo um suporte nas atividades agrícolas e na alimentação animal (NEVES *et al.*, 2020; VOLTOLINI *et al.*, 2016; DANTAS *et al.*, 2017).

A produção animal visa produzir alimentos para o homem em quantidade, qualidade e ao menor custo. Porém, entre os custos de produção, o alimento é o que representa as maiores parcelas de gastos. Assim, conhecer os custos da produção, é de suma importância na produção animal e no controle das despesas do agricultor (SOARES, 2020; MARQUES *et al.*, 2017).

Dantas *et al.* (2017) e Melo *et al.* (2021) ao avaliarem a viabilidade econômica da produção de palma irrigada no Semiárido, verificaram que esta forma de cultivo se apresenta como uma atividade promissora e economicamente viável. Assim, em se tratando de manejo irrigado da palma no Semiárido brasileiro, um dos principais gargalos é a baixa disponibilidade de água para os produtores na região. Uma opção alternativa para tal problema pode ser o reúso da água para o cultivo irrigado de culturas alternativas para o retorno financeiro da região (FILHO, 2021 e HANDAM, 2021).

Quanto ao uso desta água, a avaliação da viabilidade econômica e índices econômicos podem permitir a correta orientação para tomar melhor decisão do uso e do manejo. Os métodos mais comuns relacionados a viabilidade econômica são o valor presente Líquido, a taxa interna de retorno e o payback (OLIVEIRA, 2021).

Segundo Neto (2020) as decisões baseadas em resultados de estudos provenientes de metodologia de análise de viabilidade podem responder alguns questionamentos, indicando se o projeto vai se pagar ou terá prejuízo. Além disso, somente é possível obter alguma conclusão sobre a viabilidade econômica desta atividade quando se compara outros indicadores, como por exemplo a parte ambiental e a eficiência do uso da água pela cultura.

Neves *et al.* (2017) verificaram que a palma forrageira é uma cultura viável e que para a implantação de uma área de 0,50 hectares o produtor terá custos totais que podem variar de R\$ 1.500,00 a 2.000,00, com a vantagem de ter uma cultura perene que, manejada adequadamente, pode ter uma vida útil de 20 a 25 anos. Porém, poucas são as informações com relação os custos para o cultivo da palma irrigada com água da chuva e residuária.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar a viabilidade econômica e a eficiência do uso da água para produção da palma forrageira gigante (*Opuntia ficus indica*) irrigada com o uso de águas da chuva e residuárias de esgoto doméstico no Semiárido brasileiro.

## Materiais e Métodos

A pesquisa foi conduzida na área experimental do Grupo de Estudo e Pesquisa de Agropecuária na Caatinga - GEPAC no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha, localizado no município de Serrinha, Bahia, inserido no Território de Identidade do Sisal (latitude 11°40'51.950"S, longitude 38°59'01.101"O), situada a uma altitude de 359 m em relação ao nível do mar.

A tipologia climática da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo predominante “BSh – Clima Semiárido Quente”, estando o município de Serrinha inserido no Polígono das Secas. A precipitação é irregularmente distribuída durante o ano, concentradas nos meses de março a junho, cujas chuvas anuais variam de 250 a 500 mm, do tipo semideserto quente, que apresenta temperatura anual média igual ou superior a 18 °C (SEI, 2014a; SEI, 2014b; INMET, 2016).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 10 repetições. Os tratamentos consistiram de três sistemas de cultivo da palma forrageira cultivar gigante (*Opuntia ficus indica*): (i) irrigação com esgoto doméstico tratado; (ii) irrigação com água de chuva; e (iii) sem irrigação (sequeiro).

As parcelas experimentais foram compostas com o cultivo em espaçamento 1,0 x 0,5 m, totalizando 360 plantas na área experimental (Figura 1), ocupando uma área de 0,50 m<sup>2</sup> por planta, numa densidade de plantio equivalente a 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>. As duas primeiras e últimas plantas das parcelas foram consideradas como bordaduras, sendo consideradas úteis as 04 plantas centrais das mesmas, somando 120 plantas úteis para todo o experimento.

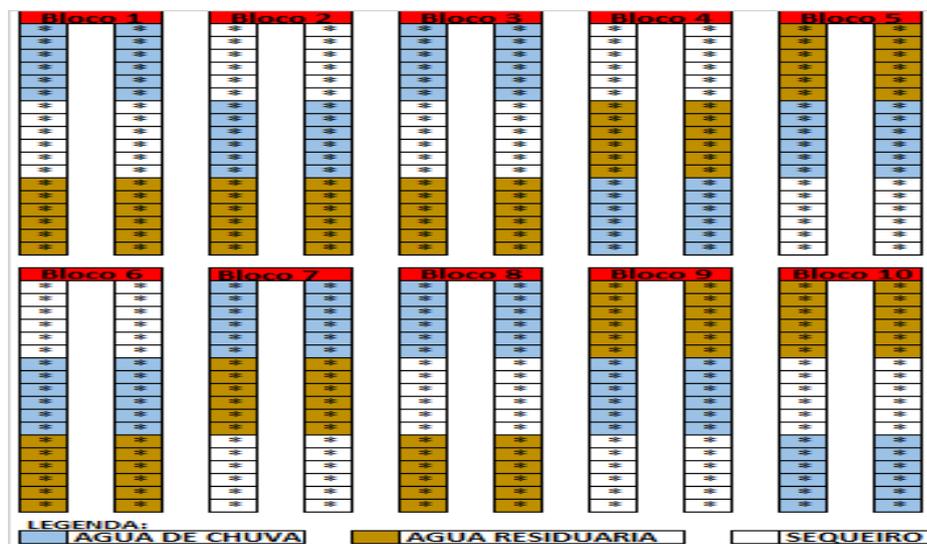


Figura 1. Croqui da área experimental com a distribuição dos três sistemas de cultivo da palma forrageira com Água residuária, Água de chuva e Sequeiro.

FONTE: Autor em 10.04.2021

A pesquisa foi conduzida entre os meses de maio de 2021 e julho de 2022, correspondendo ao período que antecede ao terceiro corte, implantada com a cultura da palma forrageira, com 31 meses de estabelecimento em campo.

Os parâmetros climáticos precipitação, umidade relativa do ar e temperaturas, foram monitorados a partir de uma estação meteorológica automática (Instrutemp® Profissional ITWH-1080, EasyWeather) instalada no centro da área experimental, cujos dados estão expostos na Figura 2.

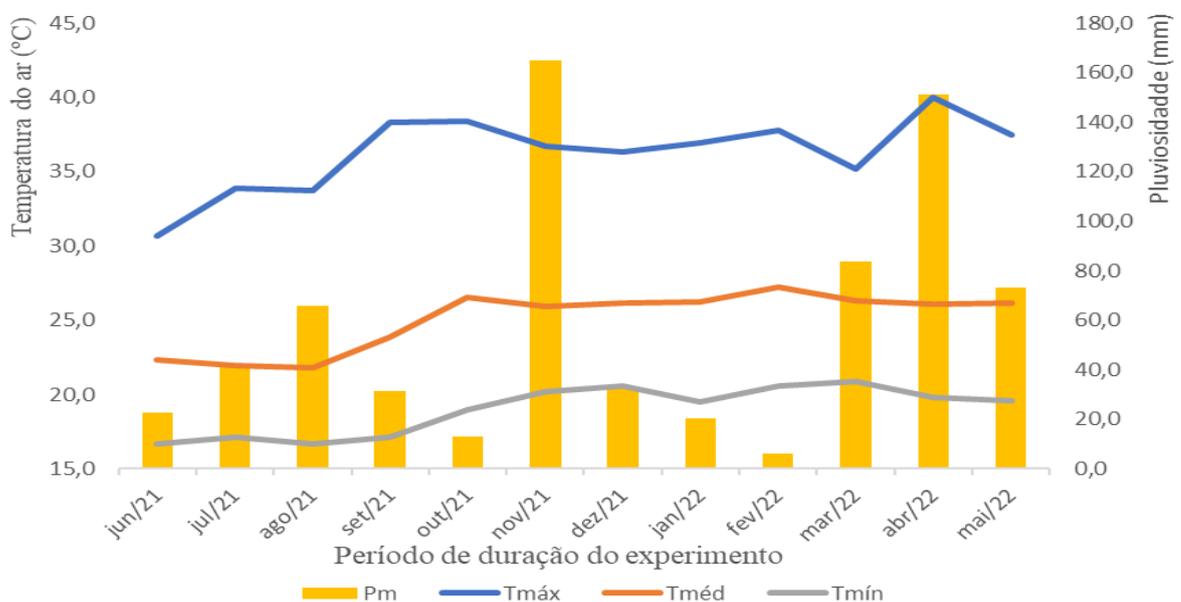


Figura 2. Distribuição da precipitação, temperatura máxima, média e mínima durante o período experimental entre os meses de junho a maio no município de Serrinha, Bahia.

Legenda: Pm: pluviosidade acumulada mensal; Tmáx: temperatura máxima; Tméd: temperatura média; Tmin: temperatura mínima.

FONTE: Estação meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha/BA (2021/2022).

Os tratos culturais para a manutenção do experimento, como a limpeza por meio da capina, foram executados mensalmente. Utilizou-se como adubação de fundação a aplicação de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco bovino (SANTOS *et al.*, 2021).

O solo do campo experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, A fraco e textura média (LUZ *et al.*, 2018). As amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Solo da Embrapa Semiárido, Petrolina/PE para suas caracterizações química e físicas, cujos resultados estão expostos nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Caracterização química de um solo Latossolo vermelho-amarelo antes e depois da aplicação dos tratamentos com o cultivo da palma na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA

Determinações		Resultados da camada 0 – 20 cm					
Parâmetros	Unidade	Solo com águas Residuárias		Solo em Sequeiro		Solo com água Pluviais	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
pH	-	4,90	5,00	4,90	5,20	5,10	5,50
C.E.	dS m <sup>-1</sup>	0,31	1,13	0,29	1,47	0,31	1,29
P	mg dm <sup>-3</sup>	1,43	4,67	1,43	2,87	1,50	3,52
K	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,03	0,18	0,03	0,22	0,03	0,14
Na	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,21	0,30	0,15	0,27	0,14	0,23
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,50	1,20	0,40	1,10	0,60	0,80
Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,20	0,50	0,20	0,70	0,35	0,70
Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,15	0,10	0,10	0,10	0,05	0,00
H+Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,60	1,90	3,40	2,20	2,90	0,70
SB	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,90	2,20	0,80	2,30	1,10	2,90
T	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,50	4,10	4,10	4,50	4,00	3,60
V	%	19,80	53,20	18,80	51,50	28,00	79,90
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	1,00	0,71	1,04	1,86	1,01	2,38
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	31,08	327,75	32,53	317,70	30,42	297,57
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	1,41	5,20	1,76	3,17	1,50	4,36
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	0,37	1,44	0,53	3,17	1,00	4,36

FONTE: Laboratório de Solo da Embrapa Semiárido (2021).

Legenda: pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; P: Fósforo; K: Potássio; Na: Sódio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; H+Al: Acidez Total; SB: Soma de Bases; T: Capacidade de Troca Catiônica potencial; V: Saturação por bases; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco.

Tabela 2 - Caracterização física do solo na profundidade de 0 – 20 cm, na área do experimento com palma forrageira, na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus, Serrinha/BA

Determinações		Resultados da camada 0 – 20 cm		
Parâmetros	Unidade	Solo com Águas Residuárias	Solo em Sequeiro	Solo com Águas Pluviais
		0 – 20 cm		
Granulometria				
A. Total	g Kg <sup>-1</sup>	455,01	418,98	453,82
Silte	g Kg <sup>-1</sup>	249,51	290,44	263,30
Argila	g Kg <sup>-1</sup>	295,50	290,60	282,90
Densidade				
Solo	g dm <sup>-3</sup>	1.150	1.820	1.210
Partículas	g dm <sup>-3</sup>	2.530	2.520	2.460
Porosidade				
Total	%	54,76	53,11	50,96

FONTE: Laboratório de Análise de Solo da Embrapa Semiárido (2021)

O experimento foi conduzido com dois sistemas de irrigação por gotejamento, sendo um para o tratamento com água pluvial e outro para água residuária. Foi utilizado o turno de rega fixo, aplicando 1,0 litros de água por planta por semana, conforme recomendado por Reis (2018).

Os efluentes gerados nas instalações do Instituto Federal Baiano foram direcionados para uma estação de tratamento de efluentes instalada no campus. Após o tratamento dos efluentes, às águas residuárias foram armazenadas em dois reservatórios de 500 L, cada um. As águas residuárias utilizadas no tratamento foram provenientes desta estação.

Utilizou-se também a água da chuva, a qual era captada por meio dos sistemas de drenagens da instituição e armazenada em um reservatório feito de placas de cimento com capacidade de armazenamento de 50 mil litros, instalado no campus.

Aos 366 dias de cultivo (DDC) foi realizado a colheita, no qual pesou-se as plantas úteis de cada parcela e estimou-se a produção para as diferentes formas de cultivo de um hectare da palma forrageira cultivar gigante.

Para determinar os valores dos custos e receitas das práticas de cultivo testadas, avaliou-se as seguintes variáveis de estudos de viabilidade: avaliações do estudo, cronograma de desembolso, simulação do fluxo de caixa, cálculo do investimento, retorno e indicadores de desempenho, conforme descrito por GITMAN (2017) e PUCCINI (2016).

Os valores referentes aos custos dos insumos, mão de obra, valores dos materiais e serviços do investimento para implantação do sistema de irrigação e da implantação da área de cultivo da palma, foram obtidos por meio da pesquisa dos preços estabelecidos no mercado do produtor nas cidades de Serrinha e Teofilândia/BA, durante o período do experimento. Os valores referentes aos insumos de energia elétrica e água tratada foram obtidos junto as concessionárias regionais da Bahia.

Para os cálculos de receitas e despesas considerou-se que os preços e a quantidade dos produtos disponibilizados estavam sujeitos a diversos fatores, internos e externos, principalmente o comportamento do mercado consumidor (EPAMIG, 2021; FAEMG, 2021).

Os dados de produtividade e unidades de cladódios foram utilizados para os cálculos econômicos e de viabilidade, em conjunto com os dados obtidos por meio de uma pesquisa de preços das raquetes da palma forrageira, estabelecidos entre os produtores locais, nas cidades de Serrinha e Teofilândia/BA, durante o período do experimento.

Com os dados obtidos, foi calculado o valor presente líquido (VPL), que está correlacionado ao valor presente do fluxo de caixa (ROSSETTI, 2017). O VPL foi usado como a fórmula econômico-financeira de um fluxo de caixa, considerando-se que o mesmo seria igual

ao valor presente de suas parcelas futuras, capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros, descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial. Foi também avaliado o custo de oportunidade, que é conhecido como taxa de desconto ou taxa de retorno (GITMAN, 2017).

Na avaliação, considerou-se que a taxa de juros que o dinheiro investido iria proporcionar, deveria ser superior a uma taxa prefixada com a qual deveria se realizar a comparação. Esta taxa de juros mínimos é conhecida como taxa de atratividade, segundo Hirschfeld (2000).

Avaliou-se o índice de lucratividade, o qual constitui um parâmetro que estabelece uma razão entre o valor presente das entradas líquidas do projeto com o investimento inicial (ROSSETTI, 2017). Foi calculado também o payback, que é um indicador que determina o tempo necessário de recuperação do valor do investimento inicial (GITMAN, 2017).

Para a implantação de um palmar, geralmente os produtores tem uma exigência para realizar o isolamento da área com o uso de cercas, no intuito de impedir que os animais possam promover danos à cultura. Contudo, para a redução dos custos, não foi desenvolvido estes cálculos, acreditando-se que podem-se instalar em área sem cercamento específico para o palmar, onde poderá ficar distante dos animais. O custo de transporte também não foi considerado, pois foi calculado os valores com base nos quantitativos obtidos no IFBaiano.

Não foram considerados nos cálculos, os itens como valor de depreciação da terra, dos equipamentos, implementos e das edificações, além do valor de oportunidade do capital.

Cabe destacar que os custos primários das ETE's das concessionárias pública ou privada são os custos para o atendimento à legislação. Assim, considerou-se que por estarem associados ao devido tratamento de esgotos, não seriam atribuídos nas contas do reúso de água, pois seriam legalmente necessários para o atendimento aos padrões de emissão estabelecidos (CONAMA nº 357/2005; CONAMA nº 430/2011; CNI, 2019; CNI, 2017). Os custos marginais, por sua vez, estão associados as unidades de tratamento complementares caso necessárias, para um polimento para reúso, a depender da finalidade, e com o sistema de adução e reservação. Estes custos na abrangência do projeto de pesquisa foram considerados nulos, limitando os cálculos aos dados encontrados no experimento (CNI, 2019; CNI, 2017).

Cabe destacar que os dados e as variáveis utilizadas nos cálculos realizados, foram sujeitos as situações encontradas durante o experimento realizado na área experimental do IFBaiano, bem como suas características locais.

Foi calculado a eficiência do uso da água (EUA) pela palma forrageira por meio da relação entre a biomassa alcançada pela cultura (massa de matéria seca) e a quantidade de água

aplicada durante o ciclo por cada tratamento, considerando a precipitação e a irrigação conforme metodologia sugerida por Donato *et al.* (2013) e Irmak *et al.* (2011).

Os dados das características descritas foram submetidos ao teste de variância e realizadas análises estatísticas entre eles, utilizando-se o software Statistic, versão 14.

## Resultados e Discussões

Com base na análise de variância das variáveis produtivas da palma forrageira sobre três formas de cultivo (Tabela 3), foi observado que houve diferença significativa para o número de cladódios da planta (NC) e produtividade da massa de matéria seca (PMS) entre os tratamentos. Não havendo diferenças significativas para a produtividade de massa de matéria verde (PMV).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância das variáveis produtivas da palma forrageira sobre três formas de cultivo.

	GL	NC	PMV	PMS
Tratamento	2	4,360 <sup>**</sup>	2,733 <sup>ns</sup>	5,182 <sup>**</sup>
Bloco	9	2,652 <sup>**</sup>	1,171 <sup>ns</sup>	1,167 <sup>ns</sup>
CV		22,185 <sup>ns</sup>	20,702 <sup>ns</sup>	20,548 <sup>ns</sup>

FONTE: Software Statistic, versão 14. Tabela elaborada pelo autor em 2022.

Legenda: GL: Grau de liberdade; CV: Coeficiente de variabilidade; NC: número de cladódios da planta; PMV: Produtividade da massa de matéria verde e PMS: Produtividade de massa de matéria seca.

\*\* : Significativo; ns: Não significativo.

Na Tabela 4 estão apresentados o número de cladódios da planta (NC), produtividade de massa de matéria verde (PMV) e produtividade da massa de matéria seca (PMS) da palma forrageira sobre as três formas de cultivo avaliadas. Observa-se que não houve diferença significativa da PMV da palma forrageira para as três formas de cultivo. Entretanto, para PMS, verificou-se que os valores proporcionados pelos tratamentos irrigados com água residuária e pluvial foram superiores ao do sequeiro, não havendo diferença entre eles. Verifica-se que, estatisticamente, a palma forrageira cultivada com água residuária e pluvial obteve superioridade no NC em relação ao tratamento em sequeiro, não havendo diferença do mesmo com o cultivo de água pluvial.

Tabela 4 – Número de cladódios da planta (NC), produtividade de massa de matéria verde (PMV) e produtividade da massa de matéria seca (PMS) da palma forrageira sobre três formas de cultivo, no semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

Tratamento	NC	PMV (g MV planta <sup>-1</sup> )	PMS (g MS planta <sup>-1</sup> )
Sequeiro	3,62 b	1.868,91 a	130,34 b
Pluvial	4,39 ab	2.010,38 a	163,42 a
Residuária	4,44 a	2.272,81 a	164,89 a

FONTE: Elaborado pelo autor em 2022.

Legenda: Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As receitas usadas nos cálculos econômicos e de viabilidade, considerando-se os preços das unidades e dos quilos de cladódios disponibilizados para venda, estão distribuídas na Tabela 5.

Tabela 5 – Receitas obtidas para a Palma Forrageira, sobre três formas de cultivo, no semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

	Valor	Produtividade			Receita		
		Água Residuária	Água Pluvial	Sequeiro	Água Residuária	Água Pluvial	Sequeiro
	R\$	NC			R\$		
Unidades	0,50	88.800	87.800	72.400	44.400,00	43.900,00	36.200,00
		Kg			R\$		
Quilo	0,50	45.460	40.210	37.380	22.730,00	20.105,00	18.690,00

FONTE: Elaborado pelo autor em 2022. Base de dados complementar coletados no BACEN, 2022. Dados calculados e coletados durante o experimento. Referencial de base de preços para comparação entre os valores no período de tempo considerado no cálculo: Salário mínimo em dezembro de 2022: R\$ 1.212,00  
 LEGENDA: NC: Número de cladódios. Uni.: Unidade

Verifica-se que a forma de venda local da palma forrageira influenciou diretamente nos valores obtidos na receita gerada, no qual observa-se na Tabela 5 que a unidade e o quilo de cladódio estavam sendo vendido na região por R\$ 0,50. Observa-se nesta tabela que os maiores valores de receita foram obtidos para a palma cultivada com água residuária (44.400,00 R\$ ha<sup>-1</sup>) e menor para o sequeiro (36.200,00 R\$ ha<sup>-1</sup>), verificando-se uma diferença significativa nos valores alcançados pelas suas formas de cultivo.

O maior valor observado para o cultivo com água residuária pode estar associado com a melhoria dos atributos químicos do solo durante a forma de cultivo, quando comparado com os demais tratamentos, uma vez que esta água traz um aporte de nutrientes que possivelmente ficam mais disponíveis para extração pela palma forrageira (Tabela 1). Nos trabalhos de Santos (2019) e Handam (2021) o uso de águas residuárias para a irrigação favoreceram o desenvolvimento das culturas, proporcionando uma fonte alternativa de nutrientes para as plantas e, conseqüentemente, uma economia na aplicação de fertilizantes químicos.

Apesar da relevância dos dados obtidos, cabe ressaltar que nos anos mais secos grande parte dos agricultores se utilizam da sua palma produzida, e desta forma reduz a oferta de palma disponível, elevando-se os preços destes insumos. Assim, a implantação do palmar e a venda da produção obtida, para atingir valores adequados aos agricultores, devem ser avaliados com relação ao período climático, uma vez que o mesmo altera significativamente a questão dos

preços dos insumos, bem como a venda por quilo ou a venda por raquete (EPAMIG, 2021). Desta forma, as instituições de pesquisa e as possíveis parcerias com os produtores, podem se mostrar promissoras para se entender e contribuir para obtenção das melhores respostas para estas situações (EPAMIG, 2021; FAEMG, 2021).

A forma de venda da palma forrageira, no modelo de venda por raquete ou venda por quilo, requer avaliações de mercado com o preço e as condições de venda. Neto *et al.* (2017a), avaliando a produção em dois regimes hídricos com base na climatológica, verificaram que um aumento de pluviosidade, somada ao incremento de água por meio de irrigação, a produção de palma para raquetes sementes se torna mais rentável ao produtor do que sua produção para alimentação animal.

Tal informação corrobora em parte com os resultados obtidos no presente trabalho, onde a quantidade de cladódios no experimento foi superior no tratamento da irrigação com água residuária em relação ao tratamento em sequeiro e não houve diferença significativa do tratamento de irrigação com água residuária em relação ao tratamento de irrigação com água pluvial.

A Tabela 6 detalha os custos de aquisição de raquetes sementes, da mão de obra necessária para a implantação de um hectare de Palma forrageira e dos custos de instalação do sistema de irrigação para a forma de cultivo.

Os valores dos custos dos insumos, tempo de duração da mão de obra por hectare e valores dos materiais e serviços do investimento para implantação do sistema de cultivo de um hectare de palma forrageira cultivada demonstraram diferença entre as três formas de cultivo. Cabe destacar que os valores dos mesmos estão associados aos preços estabelecidos no mercado produtor nas cidades de Serrinha e Teofilândia/BA durante o período do experimento.

Tabela 6 – Custo de aquisição de raquetes sementes e implantação para o cultivo de um hectare de Palma forrageira sobre três formas de cultivo, com dados complementares da área no semiárido brasileiro, Serrinha/BA

Determinações			Tratamentos			
Insumos	Unidade	Qte	Valor Unitário	Residuária	Pluvial	Sequeiro
	Und	20.000	0,50	10.000,00	10.000,00	10.000,00
			<b>Subtotal (I)</b>	<b>10.000,00</b>	<b>10.000,00</b>	<b>10.000,00</b>
<b>Mão de Obra</b>						
Mão de obra	Hh	8,0	60,00	480,00	480,00	480,00
Limpeza do terreno	Hm	5,0	130,00	650,00	650,00	650,00
Subsolação	Hm	2,0	130,00	260,00	260,00	260,00
Aração	Hm	2,0	130,00	260,00	260,00	260,00
Gradagem	Hm	3,0	130,00	390,00	390,00	390,00
Abertura de sulcos	Hm	1,0	130,00	130,00	130,00	130,00
Plantio	Hh	6,0	60,00	360,00	360,00	360,00
			<b>Subtotal (II)</b>	<b>2.530,00</b>	<b>2.530,00</b>	<b>2.530,00</b>
<b>Irrigação</b>						
Mangueiras	R\$ m <sup>-1</sup>	10.000	0,40	4.000,00	4.000,00	--
Tubos	R\$ m <sup>-1</sup>	100	20,00	2.000,00	2.000,00	--
Conexões	und	100	10,00	1.000,00	1.000,00	--
Bombas	und	01	1.700,00	1.700,00	1.700,00	--
Material elétrico	Div.	10	50,00	500,00	500,00	--
Medidor vazão	und	01	60,00	60,00	60,00	--
Mão de obra	Hh.	05	60,00	300,00	300,00	--
			<b>Subtotal (III)</b>	<b>9.560,00</b>	<b>9.560,00</b>	<b>--</b>
			<b>Total (I)</b>	<b>22.090,00</b>	<b>22.090,00</b>	<b>12.530,00</b>

FONTE: elaborado pelo autor em 2022. Base de dados complementar coletados no BACEN, 2022. Dados calculados e coletados durante o experimento.

LEGENDA: Hh.: Hora homem de serviço; hm: hora máquina de serviço; R\$ m<sup>-1</sup>: Reais por metro linear; Qte: quantidade. Und: unidade de medida; Div.: diversos.

Observa-se na Tabela 6 que o custo mais elevado na implantação de um palmar foi a aquisição das raquetes, sendo encontrado raquetes sementes pelo valor de R\$ 0,50, no qual este preço foi independente do tipo de manejo aplicado. O segundo custo mais elevado foi a compra das mangueiras de gotejamento, que custou R\$ 4.000,00 para a aplicação em um hectare, para os tratamentos com água residuária e água pluvial com os preços do comércio local, valores que podem ser reduzidos a depender da quantidade a ser adquirida.

Os custos, conforme a Tabela 6, foram de R\$ 22.090,00; 22.090,00 e 12.530,00, para os tratamentos com água residuária, água pluvial e sequeiro, respectivamente. O menor custo para o sequeiro está associado a não ser necessário a instalação do sistema de irrigação e com isso os custos iniciais são menores que os outros tratamentos aplicados.

Dentre várias alternativas, pode-se indicar o projeto “Fossas Sépticas Econômicas e Quintais Agroecológicos” da Prefeitura do município de Caratinga em Minas Gerais. Este projeto foi contemplado pela Fundação Banco do Brasil, para a realizações de ações de implantação. E que tinha o objetivo, melhorar as condições ambientais da área e dos índices de qualidade de vida dos moradores da região. Os custos de implantação por unidade familiar ficaram em torno de R\$ 1.579,25 (FBB, 2013).

No edital nº 001/2015 do Fundo Nacional de Meio Ambiente e do Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal selecionaram o projeto da EMBASA que tinha o objetivo de implantar 61 unidades simplificadas e individuais de fossas sépticas ecológicas em residências familiares de comunidades rurais localizadas nos municípios de Camaçari, Simões Filho e Candeias, na região metropolitana de Salvador. Os custos de implantação por unidade familiar ficaram em torno de R\$ 2.019,32 (EMBASA, 2023; BAHIA, 2023; SEMA, 2023).

Considerando-se o valor elevado encontrado para as raquetes na região, pesquisas indicam que o custo para obtenção das mesmas pode ser reduzido pelo uso do sistema de produção de mudas, conforme desenvolvido pela Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Ceará (SDACE) em parceria com produtores do perímetro irrigado Tabuleiro de Russas a partir da partição de raquetes, permitindo produzir mudas no valor de R\$ 0,05 a 0,07 por muda (LIMA *et al.*, 2015).

Na região de Virgem da Lapa/MG, os produtores locais atendidos pelo Programa de Assistência Técnica e Gerencial Balde Cheio e por meio do apoio e organização das entidades como o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural/MG, a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais e o Instituto Antônio Ernesto de Salvo, realizaram uma compra coletiva de 40 mil raquetes de palma forrageira. Desta forma conseguiram com a negociação

coletiva, comprar cada raquete por R\$ 0,16, sendo que o preço de mercado em 2021, na região, conforme entidades foi de R\$ 0,50 (FAEMG, 2021).

Dantas *et al.* (2017), verificando a viabilidade econômica da produção de palma irrigada e adensada no município de Apodi/RN, encontrou mudas de raquetes na região no valor unitário de R\$ 0,20. Esta diferença pode estar relacionada ao período, a região e o tipo de palma a ser utilizada.

Cabe destacar que a manutenção contínua do palmal é uma fonte variável necessária para mitigar os riscos de ocorrências de pragas e doenças, que podem afetar a produtividade e também para evitar o aparecimento de ervas daninhas, que concorrem com a cultura em água e nutrientes. Neste contexto, destacaram-se neste trabalho: capinas, rearranjo da palma, tratamentos mensais e energia elétrica para irrigação, sendo esta última para os cultivos irrigados, o que proporciona despesas diferenciadas entre as formas de cultivo, como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 – Custo de manutenção anual para implantação e cultivo de um hectare de Palma forrageira cultivada sobre três formas de cultivo no semiárido brasileiro, Serrinha/BA.

Insumos	Determinações		Valor unitário	Tratamentos		
	Unidade	Qte.		Água Residuária	Água Pluvial	Sequeiro
(R\$)						
Capina	Hh	2 x	60,00	120,00	120,00	120,00
Rearranjo da palma	Hh	2 x	60,00	120,00	120,00	120,00
Tratos mensais	Hh	2 x	60,00	120,00	120,00	120,00
Energia elétrica	R\$	4 x	5,00	20,00	20,00	--
Subtotal Mês:				380,00	380,00	360,00
Custo Anual (*)						
Subtotal Ano:				4.560,00	4.560,00	4.320,00
Colheita (a)	Hh	04	60,00	240,00	240,00	240,00
<b>Total (II):</b>				<b>4.800,00</b>	<b>4.800,00</b>	<b>4.560,00</b>

FONTE: elaborado pelo autor em 2022. Base de dados complementar coletados no BACEN, 2022. Dados calculados e coletados durante o experimento.

LEGENDA: Qte.: quantidade; Un.: unidade de medida. Hh.: Homem hora de serviço. (\*): Custo anual, custo mensal multiplicado por 12 meses. (a): Colheita anual.

Apesar da picagem da palma ser uma atividade necessária na maioria das vezes para a realização da mistura com alimentos concentrados, para o cálculo do projeto, optou-se em calcular os custos sem a picagem, direcionando a palma para a produção de raquetes sementes.

Conforme verificado na Tabela 7, os valores anuais de manutenção de um palmal foram de R\$ 4.800,00; 4,800,00 e 4.560,00, para as formas de cultivo com água residuária, água pluvial e sequeiro, respectivamente. Os valores para os tratamentos de água pluvial e água residuária foram similares e o tratamento em sequeiro foi 5,00% menor em relação aos outros tratamentos, estando esta diferença diretamente ligada ao consumo de energia elétrica, a qual é necessária para uma irrigação por gotejamento.

Cabe ressaltar que, conforme descrito acima, para o cálculo dos custos observados nas Tabelas 6 e 7 não foram considerados o valor e a depreciação da terra, dos equipamentos, implementos e das edificações, além do valor de oportunidade do capital.

Apesar dos custos de implantação de um palmal serem considerados elevados, os mesmos são diluídos ao longo dos anos por ser uma cultura perene, compensando desta forma o investimento. Um ponto importante é a disseminação das informações técnicas, para que o produtor possa ter o menor custo, com uma alta produtividade. Em momento de baixa pluviosidade, principalmente na época das secas do semiárido, recomenda-se que se a produção de mudas em pequenos canteiros para expansão futura a médio e longo prazo sejam realizadas (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Os custos de implantação e manutenção de um palmal podem variar de acordo com alguns fatores que pode impactar positivamente ou negativamente na produção e na rentabilidade de se ter um palmal. As variáveis como nível tecnológico utilizado pelo produtor, o material adequado para o plantio, a necessidade de avaliar fertilidade do solo, se a mão de obra é familiar manual ou mecanizada. Desta forma, os estudos realizados pelas instituições públicas de pesquisa sobre a palma forrageira permitem avaliar as possibilidades de formas de cultivo e redução de custos (DONATO *et al.*, 2017).

Cabe ressaltar que a taxa de juros que o valor investido irá proporcionar, deverá ser superior a uma taxa prefixada com a qual deve-se realizar a comparação. Este valor é conhecido como taxa mínima de atratividade (TMA), a qual representa o mínimo que um investimento deve remunerar para que seja considerado viável economicamente (HIRSCHFELD, 2000). Assim, considerando-se os dados obtidos de receita com a possível venda das raquetes sementes, com os custos de materiais e serviços, manutenções e colheitas, foi calculado o fluxo de caixa, para verificar a viabilidade econômica e índices econômicos, no qual observa-se na Tabela 8, o resultado do Valor Presente Líquido (VPL) com utilização de uma TMA para as três formas de cultivo da palma forrageira avaliada Gitman (2017).

Tabela 8 – Valor presente líquido (VPL) com a taxa mínima de atratividade (TMA), na produção em um hectare de Palma forrageira sobre três formas de cultivo no semiárido brasileiro, Serrinha/BA

Determinações	<b>CULTIVO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA</b>								
Período	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8
	R\$								
Receita	0,00	44.400	44.400	44.400	44.400	44.400	44.400	44.400	44.400
Custo Anual	22.090	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Saldo	-22.090	39.600	39.600	39.600	39.600	39.600	39.600	39.600	39.600
Fluxo Simples		39.600	39.600	39.600	39.600	39.600	39.600	39.600	39.600
Fluxo descontado		34.813	30.605	26.905	23.653	20.794	18.280	16.070	14.128
VPL acumulado		12.723	43.328	70.234	93.887	114.681	132.961	149.032	<b>163.160</b>
<b>Ano</b>		01	02	03	04	05	06	07	08
TMA		1,138	1,294	1,472	1,674	1,904	2,166	2,464	2,803
<b>VPL</b>		<b>34.813</b>	<b>30.605</b>	<b>26.905</b>	<b>23.653</b>	<b>20.794</b>	<b>18.280</b>	<b>16.070</b>	<b>14.128</b>
	<b>CULTIVO IRRIGADO COM ÁGUA PLUVIAL</b>								
Receita	0,00	43.900	43.900	43.900	43.900	43.900	43.900	43.900	43.900
Custo Anual	22.090	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Saldo	-22.090	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100
Fluxo Simples		39.100	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100
Fluxo descontado		34.373	30.218	26.565	23.354	20.531	18.049	15.867	13.949
VPL acumulado		12.283	42.502	69.068	92.422	112.953	131.003	146.871	<b>160.821</b>
<b>Ano</b>		01	02	03	04	05	06	07	08
TMA		1,138	1,294	1,472	1,674	1,904	2,166	2,464	2,803
<b>VPL</b>		<b>34.373</b>	<b>30.218</b>	<b>26.565</b>	<b>23.354</b>	<b>20.531</b>	<b>18.049</b>	<b>15.867</b>	<b>13.949</b>
	<b>CULTIVO EM SEQUEIRO</b>								
Receita	0,00	36.200	36.200	36.200	36.200	36.200	36.200	36.200	36.200
Custo Anual	12.530	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560	4.560
Saldo	-12.530	31.640	31.640	31.640	31.640	31.640	31.640	31.640	31.640
Fluxo Simples		31.640	31.640	31.640	31.640	31.640	31.640	31.640	31.640
Fluxo descontado		27.815	24.453	21.497	18.898	16.614	14.605	12.840	11.288
VPL acumulado		15.285	39.738	61.360	80.134	96.748	111.354	124.194	<b>135.482</b>
<b>Ano</b>		01	02	03	04	05	06	07	08
TMA		1,138	1,294	1,472	1,674	1,904	2,166	2,464	2,803
<b>VPL</b>		<b>27.815</b>	<b>24.453</b>	<b>21.497</b>	<b>18.898</b>	<b>16.614</b>	<b>14.605</b>	<b>12.840</b>	<b>11.288</b>

FONTE: elaborado pelo autor em 2022. Base de dados complementar coletados no BACEN, 2022. Valores em Reais. Taxa Selic em dezembro de 2022: 13,75%. Referencial de base de preços para comparação entre os valores no período de tempo considerado no cálculo: Salário mínimo em dez.2022: R\$ 1.212,00

Com a utilização dos valores iniciais de investimento de R\$ 22.090,00; 22.090,00 e 12.370,00, para tratamento com água residuária, água pluvial e sequeiro, respectivamente, verifica-se que o fluxo de caixa e o VPL, para 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, foi diferente para as três formas de cultivo no semiárido brasileiro (Tabela 8). O VPL encontrado foi de R\$ 163.160,14; 160.821,12 e 135.482,99, para os tratamentos de água residuária, água pluvial e sequeiro, respectivamente, se utilizando de uma TMA de 13,75%, valores estes considerados como um retorno adequado para um pequeno investimento inicial.

Donato *et al.* (2017), trabalhando com a cultura da palma forrageira com densidade de 40.000 plantas por hectare e utilizando uma TMA de 6,0%, encontraram um VPL de R\$ 101.689,17, com um custo de investimento inicial de R\$ 29.489,50.

Os resultados positivos dos VPLs encontrados (Tabela 8) tornam-se promissores para estas formas de cultivo, uma vez que esta variável é uma das ferramentas analíticas mais usadas, consistindo em trazer ao presente, o fluxo de caixa a ser realizado no futuro, descontando-se o valor do dinheiro no tempo por meio do uso com uma determinada taxa de juros. Assim, estes valores positivos representam que o resultado econômico do investimento, levando em conta o valor do dinheiro no tempo, indicam uma rentabilidade superior e aceitável, conforme descrito por Gitman (2017).

Para uma melhor avaliação utilizou-se a taxa mínima de atratividade para os cálculos dos investimentos (Taxa Selic), uma vez que a taxa básica de juros da economia funciona como o principal instrumento de política monetária utilizado pelo Banco Central, influenciando todas as taxas de juros do país. A taxa Selic utilizada para os cálculos econômicos foi definida com o valor correspondente ao mês de dezembro de 2022, o qual apresentava um valor de 13,75% (BACEN, 2022).

Observa-se na Tabela 9 uma diferença entre a Taxa Interna de Retorno e Payback para as formas de cultivo da palma forrageira, com utilização de uma taxa mínima de atratividade para cada uma delas.

Os resultados econômicos da produção de um corte da palma forrageira estão descritos na Tabela 9, onde observa-se uma diferença entre as taxas internas de retorno descontado (TIR), sendo de 57,60; 55,61 e 122,99%, para os tratamentos com água residuária, água pluvial e sequeiro, respectivamente, valores estes superiores à TMA que foi de 13,75%. Estes resultados demonstram viabilidade para as três formas de cultivo na região, pois Segundo Hirschfeld (2000), quanto mais a TMA se aproxima do TIR, maior fica o risco de realizar o projeto de investimento.

Tabela 9 – Cálculos econômicos dos valores verificada para produção em um hectare de Palma forrageira sobre três formas de cultivo no Semiárido brasileiro, Serrinha/BA

Período	Base de calculo			Cálculos Econômicos				
	Receita - Custo	Saldo	Fluxo caixa descontado	TIR (s)	TIR (d)	VPL	Payback Simple	Payback Descontado
	R\$	R\$	R\$	%	%	R\$	Meses	Meses
<b>CULTIVO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA</b>								
Ano 0	-22.090,00	-22.090,00	-22.090,00					
Ano 1	39.600,00	39.600,00	34.813,19	79,27	<b>57,60</b>		6,69	<b>7,61</b>
Ano 2	39.600,00	79.200,00	30.605,00	150,76	120,45	--	--	--
Ano 3	39.600,00	118.800,00	26.905,49	170,18	137,52	--	--	--
Ano 4	39.600,00	158.400,00	23.635,18	176,19	143,80	--	--	--
Ano 5	39.600,00	198.000,00	20.794,01	178,19	144,56	--	--	--
Ano 6	39.600,00	237.600,00	18.280,44	178,89	145,17	--	--	--
Ano 7	39.600,00	277.200,00	16.070,72	179,13	145,39	--	--	--
Ano 8	39.600,00	316.800,00	14.127,11	179,22	145,47	<b>163.160,14</b>	--	--
<b>CULTIVO IRRIGADO COM ÁGUA PLUVIAL</b>								
Ano 0	-22.090,00	-22.090,00	-22.090,00					
Ano 1	39.600,00	39.100,00	34.373,63	77,00	<b>55,61</b>		6,78	<b>7,71</b>
Ano 2	39.600,00	78.200,00	30.218,57	148,29	118,28			
Ano 3	39.600,00	117.300,00	26.535,78	167,79	135,42			
Ano 4	39.600,00	156.400,00	23.354,53	173,86	140,75			
Ano 5	39.600,00	195.500,00	20.531,46	175,90	142,55			
Ano 6	39.600,00	234.600,00	18.049,63	176,61	143,17			
Ano 7	39.600,00	273.700,00	15.867,81	176,86	143,39			
Ano 8	39.600,00	312.800,00	13.949,72	176,95	143,47	<b>160.821,12</b>		
<b>CULTIVO EM SEQUEIRO</b>								
Ano 0	-12.530,00	-12.370,00	-12.370,00					
Ano 1	31.640,00	31.640,00	27.839,00	152,51	<b>121,99</b>		4,75	<b>5,41</b>
Ano 2	31.640,00	63.280,00	24.496,00	229,22	189,42	--	--	--
Ano 3	31.640,00	94.560,00	21.554,00	246,44	204,56	--	--	--
Ano 4	31.640,00	126.560,00	18.965,00	250,85	208,44	--	--	--
Ano 5	31.640,00	158.200,00	16.687,00	252,05	209,49	--	--	--
Ano 6	31.640,00	189.840,00	14.683,00	252,38	209,79	--	--	--
Ano 7	31.640,00	221.480,00	12.919,00	252,48	209,87	--	--	--
Ano 8	31.640,00	253.120,00	11.367,00	252,50	209,89	<b>135.482,99</b>	--	--

FONTE: elaborado pelo autor em 2022. Base de dados complementar coletados no BACEN, 2022. Valores em Reais. Taxa Selic em dezembro de 2022: 13,75%. Referencial de base de preços para comparação entre os valores no período de tempo considerado no cálculo: Salário mínimo em dez.2022: R\$ 1.212,00

Legenda: TIR (s): Taxa Interna de Retorno simples. TIR (d): Taxa Interna de Retorno descontado. VPL: Valor Presente Líquido.

O Payback do investimento ficou em 7,61; 7,71 e 5,41 meses, para os tratamentos de água residuária, água pluvial e sequeiro, respectivamente, indicando um retorno possível ainda no primeiro ano. Segundo Gitman (2017) o payback é um indicador que determina o tempo necessário de recuperação do valor do investimento inicial. Sendo medido pelo tempo decorrido entre a data inicial do fluxo de caixa e a data futura mais próxima até a qual o valor do investimento inicial é coberto pela soma dos valores presentes das parcelas positivas do fluxo de caixa.

Os resultados encontrados na Tabela 9, indicam valores mais promissores para o tratamento por sequeiro em relação TIR e ao Payback. Contudo, o TIR e o Payback, não representam a totalidade da viabilidade econômica podendo ser utilizado outras avaliações da viabilidade econômica e índices econômicos para permitir a correta orientação para tomar melhor decisão do uso e do manejo, especialmente quando se tem valores econômicos e ambientais envolvidos (OLIVEIRA, 2021).

Com relação a variação da produção no cultivo da palma, segundo a EMBRAPA (2016), a primeira colheita deve ocorrer entre um ano e meio a dois anos após o plantio da palma forrageira e as demais ocorrem a cada dois anos ou de acordo com a necessidade de uso das raquetes. Entretanto, nos casos de períodos secos, os agricultores prolongam o tempo de corte, o que pode ser uma variável importante a ser considerada ao comparar o cultivo irrigado com sequeiro. Geralmente, a partir da primeira colheita, para o modelo proposto, tem-se colheitas anuais.

Com os resultados do TIR e do Payback ainda no primeiro ano para os três tratamentos, o indicador da viabilidade econômica para esta avaliação mais preciso pode ser o VPL, no qual obteve-se os valores de R\$ 163.160,14; 160.821,12 e 135.482,99, para os cultivos irrigados com água residuária e pluvial e sequeiro, respectivamente (Tabela 9). Valores próximos para o TIR e com VPL maior foram encontrados por DANTAS *et al.* (2017). Os autores verificaram uma viabilidade econômica para produção de palma irrigada e adensada no município de Apodi, Rio Grande do Norte, com VPL de R\$ 105.892,49 e TIR de 88,0%.

Considerando-se as inúmeras variáveis que devem ser levadas em conta para tomada de decisão, colocou-se na Tabela 10 um resumo de todos os cálculos de viabilidade econômica e seus indicadores estabelecidos para as três formas de cultivo avaliadas.

Tabela 10 – Resumo das variáveis de viabilidade econômicas e indicadores em valores verificada na produção em um hectare de Palma forrageira sobre três formas de cultivo no Semiárido brasileiro, Serrinha/BA

Variáveis	Unidades	Formas de cultivo		
		Irigado com Água Residuária	Irigado com Água Pluvial	Sequeiro
Custos de implantação	R\$	22.090,00	22.090,00	12.370,00
Custos manutenção anual	R\$	4.800,00	4.800,00	4.560,00
Quantidade de cladódios*	Un.	88.800	87.800	72.400
Receita	R\$	44.400,00	43.900,00	36.200,00
Período de Retorno	Período	Ano 1	Ano 1	Ano 1
Taxa Interna de Retorno	%	79,27	77,00	152,51
Taxa Interna de Retorno	%	57,60	55,61	121,99
Valor presente líquido	R\$	163.160,14	160.821,12	135.482,99
Payback simples	Meses	6,69	6,78	4,75
Payback descontado	Meses	7,61	7,71	5,41

Fonte: elaborado pelo autor em 2022. Base de dados complementar coletados no BACEN, 2022. Dados calculados e coletados durante o experimento. Valores em Reais. Taxa Selic em dezembro de 2022: 13,75%. Referencial de base de preços para comparação entre os valores no período de tempo considerado no cálculo: Salário mínimo em dez.2022: R\$ 1.212,00

Legenda: \*: Quantidade de cladódios gerados para 20.000 plantas por hectare; (S): Simples; (D): Descontado

Avaliando-se estes resultados, os valores de VPL das formas de cultivo com água residuária, água pluvial e sequeiro podem ser considerados com retorno adequado para um pequeno investimento inicial. Donato *et al.* (2017), verificou que a produção da palma forrageira com densidade de 40.000 plantas por hectare, encontrou um VPL de R\$ 101.689,17 e uma TIR de 44,42%. Desta forma, todas as formas de cultivo testadas se mostram um investimento promissor e de um retorno que permite, já no primeiro ciclo, abater os valores negativos gerados pelo investimento inicial, sendo os mesmos considerados viáveis para as condições impostas para regiões com as características similares à do experimento.

Considerando-se os valores de preço regionais da raquete semente, a diferença na receita entre os tratamentos com água residuária e água pluvial foi de 1,13% e de 18,47% entre o tratamento de água residuária e sequeiro. Verifica-se na Tabela 10 que os custos de implantação e manutenção do primeiro ano de cultivo são amortizados pela receita gerada na primeira colheita. No segundo ano de produção, considerando a receita da colheita do segundo ciclo, os lucros são significativos para as três formas de cultivo, sendo os mesmos considerados viáveis para as condições impostas da região e do experimento.

De modo geral, verifica-se na Tabela 10, que o plantio de palma irrigada pode ser considerado uma atividade rentável, promissora para instituições de apoio aos produtores,

investidores e órgãos públicos e pode contribuir positivamente para incrementar a renda dos agricultores rurais, principalmente nos períodos de seca na região.

Com relação a maior produtividade alcançada para o uso de água residuária, os resultados obtidos por Santos (2019) e Bortoni *et al.* (2018), com o uso de águas residuárias, corrobora com o resultado obtido. Os autores informam que este resultado ocorreu pela elevação da fertilidade do solo, e conseqüente aumento do desenvolvimento do rabanete (*Raphanus sativus*). Contudo é importante que se faça os devidos monitoramentos da qualidade do solo, pois valores aplicados que excedam a necessidade nutricional da cultura podem acarretar o aumento expressivo dos níveis de sais no solo e com isso, proporcionar a diminuição do desempenho das culturas, bem como o aumento da salinidade e sodicidade.

Para Cavalcante (2015) a prática de utilização de águas residuárias traz diversos benefícios principalmente na agricultura, promovendo um aumento significativo na produção agrícola vinculada à economia de recursos hídricos e com preservação do meio ambiente. Desta forma, o uso de água pluvial para fins agrícolas, se torna importante, em detrimento do uso de águas residuárias para estes fins, principalmente devido a risco e contaminação por patógenos. Assim, água residuária pode ser usada em função de um uso específico menos exigente (CUBA *et al.*, 2020).

Diante do exposto, observa-se que o uso de água residuária para o cultivo da palma, nas condições estabelecidas no experimento, promove um aumento de produção em relação ao tratamento com água pluvial, permitindo o uso da água pluvial para outros fins. Verifica-se, avaliando os cálculos econômicos apresentados, o uso do tratamento com água pluvial potável pode ser substituído pelo tratamento com água residuária.

Diversos autores corroboram com a influência positiva do uso de água residuária para irrigação e aumento da produtividade da palma forrageira. Junior (2017), verificou que o desempenho da palma forrageira em condições de sequeiro foi significativamente inferior às plantas irrigadas com esgoto doméstico, no qual o desenvolvimento da palma sem irrigação não teve condições de apresentar um crescimento satisfatório no período seco.

O menor valor alcançado para o cultivo em sequeiro foi observado por Campos (2018), o qual verificou que longos períodos de seca (dois a três meses), ocasionam efeitos fisiológicos negativos à palma forrageira tais como: redução da fotossíntese ou estagnação das medidas morfológicas e biométricas dos cladódios, dentre outros. Os efeitos negativos nas medidas biométricas foram observados em todas as cultivares em condição de sequeiro. Nos períodos de ausência de precipitação pluviométrica as diferenças entre as médias das variáveis de

crescimento só ocorreram entre os tratamentos irrigados e o de sequeiro, para todas as cultivares utilizadas.

Gouveia (2018) verificou que uso de águas residuárias na irrigação da palma forrageira, apresenta-se como uma alternativa viável, principalmente quando se utiliza o manejo correto da água de esgoto e que pode estar sendo aproveitada e transformada em algo útil e evitando o descarte incorreto e desta forma contribuindo para o Desenvolvimento Sustentável e serviços ambientais.

Melo *et al.* (2021), com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica do bioágua familiar integrado ao cultivo de palma-forrageira com complementação com águas cinzas, no município de Petrolina/PE, trabalhando com um sistema familiar com reuso, verificaram que poderia irrigar 1.260 plantas por meio do sistema de irrigação por gotejamento. Observaram que todos os indicadores indicaram a viabilidade econômica de se produzir palma irrigada utilizando o sistema de reuso de água. O VPL foi positivo e igual a R\$ 7.312,97 ao final dos quatro ciclos de sete meses cada. A TIR também é positiva e igual a 49,0%. O payback simples é de 1,63 ciclos, ou seja, cerca de 11 meses para se ter retorno do investimento realizado e o payback descontado é de 1,82 ciclos, ou seja, 13 meses para se ter o retorno do investimento realizado.

Neto (2017b), utilizando águas residuárias tratada para produção de palma forrageira resistente à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*), também verificou que o plantio de palma é uma forma eficiente de conviver com a escassez da água e de produzir forragem, mesmo sob as condições climáticas adversas do semiárido brasileiro.

Para que se possa verificar alternativas de utilização de efluente tratado, duas metodologias de reuso do efluente podem ser utilizados como complemento aos cálculos da pesquisa: O modelo de reuso do efluente tratado fornecido pelas concessionárias (EMBASA, 2021; CNI, 2017; IFBAIANO, 2021) e o modelo de utilização familiar, onde a instalação e montagem seria feita pelos próprios moradores, para o devido tratamento do próprio efluente gerado na residência (OCT, 2023; FBB, 2013; EMBASA, 2023). As duas formas podem ter seus benefícios e dificuldades, e seu uso vai depender das condições do local, do momento, das necessidades locais e atendendo as exigências legais (IBAMA, 2005; IBAMA, 2010).

Cabe ressaltar que o reúso, em muitos casos, exigem outros tipos de tratamentos e/ou adaptações posteriores a ETE para que se possa utilizar o efluente tratado no ponto de uso, gerando alguns custos adicionais. Estes custos extras são: a) relativos a adutoras e reservatórios de distribuição para o atendimento da demanda de áreas específicas nos casos de uso do efluente

da concessionária (EMBASA, 2021; CNI, 2017); b) custos de montagem de um sistema de uso residencial (EMBASA, 2023; OCT, 2023).

Para Braga (2016), a regulamentação do reúso de água no Brasil ainda é incipiente, sendo necessário fomentar a discussão em torno de padrões adequados de qualidade, sem estabelecimentos de valores excessivamente restritivos ou à mera proibição de algumas práticas, desenvolvendo políticas para maior estímulo à adoção do reúso e possibilitando a adequação da legislação brasileira. Bem como promover as tecnologias compatíveis com as nossas condições técnicas, culturais e socioeconômicas.

Com relação aos sistemas de tratamento de efluentes das concessionárias, geralmente, são sistemas biológicos secundários de lodos ativados. São projetados e construídos com seus devidos levantamentos de custo de: a) instalação; b) operação; c) manutenção, para que a ETE possa atender corretamente a legislação brasileira, produzindo efluentes com qualidade adequada para a grande maioria de tipos de reúso (CNI, 2017; IBAMA, 2005; IBAMA, 2010).

Assim pode-se separar os custos em dois tipos principais: a) custos primários; b) custos marginais (CNI, 2019). Os custos primários das ETE's das concessionárias pública ou privada são os custos para o atendimento à legislação. Estão associados ao devido tratamento de esgotos, não podendo ser atribuídos ao reúso de água, pois são legalmente necessários para o atendimento aos padrões de emissão estabelecidos principalmente, pelas Portarias Conama nº 357/2005 e nº 430/2011 (CNI, 2019; CNI, 2017). Souza *et al.* (2021) avaliando os custos de ETEs de nível terciário, encontrou valores médios de R\$ m<sup>-3</sup> 0,32, 0,30 e 0,38.

Santos (2018) avaliando os custos de diversas ETEs, verificou que os custos estão relacionados com a vazão de operação, sendo que, quanto maiores as vazões, menores os custos relativos. Foi encontrada a mediana geral para o custo operacional das estações analisadas de R\$ m<sup>-3</sup>, 0,96. O maior custo foi de R\$ m<sup>-3</sup> 4,67 com equivalente populacional menor do que 5.000 habitantes. E o menor custo foi de R\$ m<sup>-3</sup> 0,13 para um equivalente populacional maior do que 50.000 habitantes.

Os custos marginais estão associados as unidades de tratamento complementares caso necessárias, um polimento para reúso a depender da finalidade e com o sistema de adução e reservação (CNI, 2019; CNI, 2017). A EMBASA (2021) em estudo sobre reúso de efluentes verificou que os custos marginais variam de acordo com as distancias para o ponto de uso, bem como o volume de utilização dos efluentes tratados. Encontrando valores de R\$ m<sup>-3</sup> 0,12 para uma vazão de operação de 96,8 L s<sup>-1</sup> e com valores de R\$ m<sup>-3</sup> 3,71 para vazão de operação de 10,4 L s<sup>-1</sup>. A média de custos ficou entre R\$ m<sup>-3</sup> 0,22 a 0,31, dependendo da vazão de operação.

A CNI (2017), avaliando o potencial do uso de efluentes tratados, corrobora com os dados da EMBASA (2021), onde quanto maiores as distancias e os volumes de reuso, maiores são os custos marginais. A CNI (2019) avaliando o potencial do uso de efluentes tratados no estado da Paraíba, com distancias maiores dos pontos de reuso em relação à pesquisa da EMBASA (2021) encontrou uma média de R\$ m<sup>-3</sup> 1,90.

No intuito de avaliar a eficiência do uso da água (EUA) pelas três formas de cultivo testadas, quantificou-se o volume de água inserida no sistema produtivo, incluindo as lâminas de 2 mm a cada sete dias, totalizando 106,00 mm para os tratamentos irrigados e a precipitação de 705,40 mm ocorrida durante o período de avaliação. Também se utilizou a PMS, alcançada pelos tratamentos, as quais foram de 2.606,89; 3.268,34 e 3.297,81 kg MS ha<sup>-1</sup>, para as formas de cultivo de sequeiro, águas pluviais e águas residuárias, respectivamente. Assim, por meio dos dados foi calculado o indicador de EUA (kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), permitindo avaliar a capacidade da cultura de converter a lâmina de água recebida em biomassa.

A Tabela 11 apresenta os dados para a EUA, em que foram encontrados valores de 3,70; 4,03; 4,06 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para as formas de cultivo em sequeiro, águas pluviais e águas residuárias, respectivamente. Estes valores podem ser considerados baixos se compararmos com os dados de Neto *et al.* (2017a), em pesquisa de irrigação em sistemas de produção da palma forrageira cv. Miúda, porém com água de melhor qualidade e com uso de adubação e controle químico, nos quais os valores variaram entre 6,43 a 8,07 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>.

Tabela 11 – Dados da eficiência de uso da água (EUA) pela palma forrageira sobre três formas de cultivo no Semiárido brasileiro, Serrinha/BA

Determinações	Resultados				
	Tratamentos			PMS	EUA
	P	I	P + I	kg MS ha <sup>-1</sup>	Kg MS ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>
	mm				
Sequeiro	705,40	0,00	705,40	2.606,89	3,70
Água Pluvial	705,40	106,00	811,40	3.268,34	4,03
Água Residuária	705,40	106,00	811,40	3.297,81	4,06

FONTE: Autor em 2022.

Legenda: P: pluviosidade; I: irrigada; EUA: eficiência de uso de água; PMS: Produtividade de massa de matéria seca.

Assis (2018), ao avaliar a EUA e nutrientes da palma forrageira sob diferentes regimes hídricos e sistemas de plantio, encontrou valores médios de EUA de 7,42 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> de matéria seca, utilizando-se de cobertura morta e adubação. Desta forma, justifica-se maiores estudos que possam otimizar o manejo da irrigação para palma forrageira. Silva *et al.* (2014),

avaliando o desempenho de clones de palma forrageira resistentes à Cochonilha do Carmim (*Dactylopius opuntiae*), verificou valores de EUA da ordem de 6,9 a 10,8 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>.

A diferença entre os valores encontrados no presente trabalho e os demais acima citados pode estar associada a questões como: anomalia climática, uso de adubação, uso de cobertura morta e densidade de plantio diferenciada do experimento avaliado. Corroborando com esta afirmação tem-se o trabalho de Oliveira (2022), o qual verificou valores diferenciados para a EUA, no experimento com palma forrageira, em que o tratamento em sequeiro obteve 12,22 e 16,76 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, sem e com adubação respectivamente. O tratamento com irrigação obteve 15,69 e 33,53 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, sem e com adubação, respectivamente.

Com relação a parte ambiental dos resultados, cabe ressaltar que a água residuária utilizada na irrigação apresentou condutividade de 0,69 dS m<sup>-1</sup> e RAS de 2,99 (C2S1), podendo a mesma ser usada para irrigação da maior parte dos cultivos, em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de atingir níveis prejudiciais de sódio trocável (ALMEIDA, 2010).

Os estudos de Silva *et al.* (2013) ao simular os efeitos de cenários futuros de mudanças climáticas sobre a eficiência produtiva e o retorno econômico da água de irrigação para a cultura da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*), observou que a evapotranspiração da cultura apresentou redução em torno de 4 e 5% para os alguns cenários propostos. Como consequência, a necessidade líquida de irrigação para o sistema de produção da cultura aumentará na ordem de 13 e 23%, promovendo redução na produtividade da água da cultura e na produtividade econômica da água de irrigação em 8 e 12%, para os dois cenários, respectivamente.

Ribeiro *et al.* (2021), verificou que a irrigação dos cultivos, mesmo nos períodos de estiagem, potencializa a produção de palma forrageira, especialmente pelo crescimento do volume das raízes. Cunha e Mello (2017) destacam que a irrigação viabiliza a produção de palma forrageira e permite o plantio em diferentes épocas do ano, mesmo nos períodos climáticos atípicos, no Nordeste brasileiro.

Reis (2018) ao avaliar a taxa de sobrevivência da palma forrageira verificou que a mortalidade de plantas ficou em torno de 40 a 61% e 4 a 6% entre as parcelas os tratamentos de não irrigados e nos tratamentos irrigados com água residuária, respectivamente.

Neste mesmo trabalho, Reis (2018) verificou que durante os períodos que a cultura foi submetida a uma combinação de alta temperaturas, baixa umidade relativa do ar, falta de precipitação e rajadas de ventos com altas intensidades, fez a cultura perder suas características de resiliência, levando várias plantas à morte. E nos períodos com ocorrência de precipitação pluviométrica, combinados com a irrigação favoreceu a subsistência da cultura da palma forrageira.

Observou-se que a precipitação pluvial acumulada durante período experimental foi de 705,40 mm, valor este 157,40 mm acima da média dos 30 anos dos dados climatológicos da região (CLIMATE, 2021), sendo as maiores concentrações de chuvas ocorridas nos meses de novembro/21 (164,70 mm) e abril/22 (151,20 mm) o que, de certa forma, reduz o impacto do efeito do sistema de irrigação com relação ao sequeiro, considerando as séries históricas dos outros anos.

Neste contexto, se o período climático fosse similar ao da média histórica ou de seca extrema como ocorrida a pouco tempo, acredita-se que as possibilidades que as diferenças entre os tratamentos seriam maiores, principalmente entre os tratamentos irrigados com água residuária e pluvial em relação ao tratamento com sequeiro, considerando uma expressiva redução de produtividade para o último.

Os dados avaliados neste capítulo podem constituir ações para atuação de política públicas destinadas a pequenos produtores. Entretanto, cabe destacar que a análise realizada considerou apenas custeio e custo de financiamento de palmas cultivadas no sistema convencional, com valores dos insumos e serviços tomados na região dos municípios de Serrinha/BA e Teofilândia/BA durante o experimento. Assim, os valores utilizados têm-se os custos médios de produção convencional e que em outros sistemas, estes dados podem oscilar, devendo-se atentar para as peculiaridades de cada sistema produtivo.

## Conclusões

Os cultivos palma forrageira gigante (*Opuntia ficus indica*) em sequeiro, com águas pluviais e residuárias, demonstram viabilidade econômica com os investimentos iniciais de R\$ 22.090,00; 22.090,00 e 12.370,00 e uma taxa interna de retorno descontado de 57,60; 55,61; 121,99%, respectivamente.

O Payback de 7,61, 7,71 e 5,41 meses para os tratamentos com água residuária, água pluvial e sequeiro, respectivamente, indicam um retorno do investimento no primeiro ano de cultivo.

Os valores de eficiência de uso da água variando de 3,70 a 4,06 kg MS ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> demonstram uma condição viável para as formas de cultivo em sequeiro, com águas pluviais e residuárias.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, O. Á. de. Modelo de classificação da água para irrigação. *In: Qualidade da água de irrigação*. ALMEIDA, Otávio Álvares de (Org.). 1ªed. Dez 2010. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas/BA, 2010. p 59-78. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/875385/1/livroqualidadeagua.pdf>. Acesso em: 02.11.2022
- ASSIS, M. C. de S. Eficiência do uso da água e nutrientes da palma forrageira sob diferentes regimes hídricos e sistemas de plantio. TCC (Conclusão de Curso, Bacharel em Zootecnia). Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPR. Serra Talhada/PE, 2018. 37 p. Disponível em: [https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1612/1/tcc\\_merycristinadesaassis.pdf](https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1612/1/tcc_merycristinadesaassis.pdf). Acesso em: 02.02.2023
- BACEN. Banco Central do Brasil. Taxa Selic. Informativo online. Meio Eletrônico. Política monetária/Metas para a inflação/Taxa Selic. Brasília/DF, 2022. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>. Acesso em: 04.01.2023
- BAHIA. Governo do Estado da Bahia. Notícias governamentais. Portal oficial do estado da Bahia. Acesso a informação, 17/abr/23. Salvador/BA, 2023. Disponível: <https://www.bahia.ba.gov.br/2023/04/noticias/embasa-projeto-promove-saneamento-rural-simplificado-em-bacias-hidrograficas-do-joanes-e-do-jacuipe>. Acesso em 18.06.2023
- BORTONI, S. F.; SILVA, J. B. G.; SOUSA, C. P. de. Efeito residual da fertirrigação com água residuária de bovinocultura na qualidade de um solo argilo-arenoso. *Revista Engenharia na Agricultura/Reveng*, v.26, n.05. Departamento de Engenharia Agrícola/DEA. Universidade Federal de Viçosa/UFV. Viçosa/MG, 2018. p 452-463. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/790/pdf>. Acesso em: 10.07.2022
- BRAGA, M. B. Reúso de água na produção de alimentos. II SSA, Seminário Solo e Água no Contexto de Desenvolvimento em Bacias Hidrográficas (2016). 3 e 4 de novembro de 2016. CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. Brasília/DF, 2016. Disponível em: [https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/participacao-social/eventos/seminario-solo-e-agua-no-contexto-de-desenvolvimento-em-bacias-hidrograficas/ii-ssa/programacao-1/palestra-3-2-reuso-da-agua-como-fator-na-producao-de-alimentos\\_palestrante-marcos-brandao-braga.pdf](https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/participacao-social/eventos/seminario-solo-e-agua-no-contexto-de-desenvolvimento-em-bacias-hidrograficas/ii-ssa/programacao-1/palestra-3-2-reuso-da-agua-como-fator-na-producao-de-alimentos_palestrante-marcos-brandao-braga.pdf). Acesso em 12.11.2022

CAMPOS, A. R. F. Manejo de irrigação na palma forrageira: definição de critérios com base no potencial matricial da água no solo. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Orientador: Vital Pedro da Silva Paz. Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB. Cruz das Almas/BA, 2018. 102 p. Disponível em: [https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/ALLAN\\_RADAX\\_FREITAS\\_CAMPOS.pdf](https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/ALLAN_RADAX_FREITAS_CAMPOS.pdf). Acesso em: 09.08.2022

CAVALCANTE, K. D. B. O uso de águas residuárias e as vantagens de sua aplicação na agricultura. TCC (Graduação em Ciências Biológicas). Orientador Prof. Msc José Cavalcante da Silva. Centro de ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Estadual da Paraíba/UEPB. Campina Grande/PB, 2015. 39 p. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/7154/1/PDF%20-%20Karla%20Danielle%20Bizerra%20Cavalcante.pdf>. Acesso em 01/04/2022

CLIMATE. Dados climáticos para cidades mundiais. Climate.Data.Org. Data Sources (pt.climate-data.org/info/licensing). Clima do município de Serrinha/BA (Brasil) em 30 anos. Dados fornecidos de forma gratuita, para trabalhos acadêmicos, em meio eletrônico. 2021. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/serrinha-42889/>. Acesso em: 09.06.2022

CNI. Confederação Nacional da Indústria. Reúso de efluentes: metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial. Confederação Nacional da Indústria. Brasília/DF, 2017. 44 p. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/38/25/38258d1e-92e6-4141-9f0b-d7e3e787c4be/reuso\\_de\\_efluentes\\_metodologia\\_para\\_analise\\_do\\_potencial\\_do\\_uso\\_de\\_efluentes\\_tratados\\_para\\_abastecimento\\_industrial.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/38/25/38258d1e-92e6-4141-9f0b-d7e3e787c4be/reuso_de_efluentes_metodologia_para_analise_do_potencial_do_uso_de_efluentes_tratados_para_abastecimento_industrial.pdf). Acesso em: 25.07.2023

CNI. Confederação Nacional da Indústria. Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no estado da Paraíba. Confederação Nacional da Indústria. Brasília/DF, 2019. 93 p. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/10/af/10afd131-cef9-4c13-a350-38e7afb23d50/reuso\\_de\\_efluentes\\_para\\_abastecimento\\_industrial\\_avaliacao\\_da\\_oferta\\_e\\_da\\_demanda\\_no\\_estado\\_da\\_paraiba.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/10/af/10afd131-cef9-4c13-a350-38e7afb23d50/reuso_de_efluentes_para_abastecimento_industrial_avaliacao_da_oferta_e_da_demanda_no_estado_da_paraiba.pdf). Acesso em: 25.07.2023

CONAMA. Conselho Nacional do Meio ambiente. Resolução CONAMA nº 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, 2005. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfcd\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf). Acesso em: 02.02.2022

CONAMA. Conselho Nacional do Meio ambiente. Resolução CONAMA nº430/2011 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, 2011. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/CONAMA/RE0430-130511.PDF>. Acesso em: 02.02.2022

CUBA, R. M. F.; FLEURY, G. C. E.; REIS, R. P. A. Cenário atual de disponibilidade hídrica e ações de conservação da água. *In*: ebook: Saneamento Básico Rural. Tecnologias sociais de saneamento rural. Tema 6, Conservação da água. Centro Integrado de Aprendizagem em Rede/CIAR. Universidade Federal de Goiás/UFG. Goiás/GO, 2020. Disponível em: [https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/saneamento-e-saude-ambiental/modulos/5\\_modulo\\_saneamento/02-6.html](https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/saneamento-e-saude-ambiental/modulos/5_modulo_saneamento/02-6.html). Acesso em: 05.02.2023

CUNHA, M. V. da; MELLO, A. C. L. de. Irrigação. *In*: Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades. Palma Forrageira: Cultivo e Usos. v. 7, n. 7 (jul. /ago. 2016). (Org.). Mário de Andrade Lira Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. Editora do IPA. Recife/PE, 2017. p 21. Disponível em: <http://www.ipa.br/novo/pdf/cadernos-do-semiarido/7---palma-forrageira---cultivo-e-usos.pdf>. Aceso em 15.11.2022

DANTAS, S. F. de A., LIMA, G. F. da C.; MOTA, E. P.: Viabilidade econômica da produção de palma forrageira irrigada e adensada no semiárido potiguar. Revista IPecege, 16 fev. v.3, n.1, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/PECEGE. Piracicaba/SP, 2017. p 59-74. Disponível em: <https://revista.ipecege.org.br/Revista/article/view/122/75>. Acesso em: 01.05.2022

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. C.; MARQUES P. R. R.; ARANTES A. de M.; SANTOS, M. R. dos S.; OLIVEIRA, P. M. de. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos). 9 a 13 de setembro de 2013. Fortaleza/CE, 2013. p 58 - 72. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90168/1/ECOFISIOLOGIA-E-EFICIENCIA-DE-USO.pdf>. Acesso em 20.12.2022

DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. da; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, M. G. V.; CAXITO, A. M. Índices técnicos, de produção e econômicos para a cultura da palma forrageira. *In*: Informe Agropecuário 296: Cultivo e utilização da palma forrageira. Informe Agropecuário v.38, n.296. Estudo sobre palma. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG. Belo Horizonte/MG, 2017. p 97-106. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/docs/ia-296-cultivo-e-utilizacao-da-palma-forrageira/>. Acesso em: 01.04.2022

EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento. Estudo de Avaliação das Potencialidades de Reúso de Efluente. Resumo Executivo. Projeto de Cooperação Técnica. Salvador/BA, 2021. 99 p. Disponível em: [https://www.embasa.ba.gov.br/images/documents/3547/Re%C3%BAso\\_Produto%2006\\_Resumo%20Executivo\\_08.02.2020\\_Rev01\(1\).pdf](https://www.embasa.ba.gov.br/images/documents/3547/Re%C3%BAso_Produto%2006_Resumo%20Executivo_08.02.2020_Rev01(1).pdf). Acesso em: 08.08.2022

EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento. Projeto promove saneamento rural simplificado em bacias hidrográficas do Joanes e do Jacuípe. Notícias. Conteúdo multimídia. Salvador/BA, 2023. Disponível em: <https://www.embasa.ba.gov.br/index.php/conteudo-multimidia/noticias/4182-embasa-projeto-promove-saneamento-rural-simplificado-em-bacias-hidrograficas-do-joanes-e-do-jacuipe>. Acesso em 17.06.2023

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo da Palma no Semiárido. Instruções Técnicas 124, jun./16. Embrapa Semiárido. Petrolina/PE. 2016. 4 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1046559/1/Palma-forrageira.2016.pdf>. Acesso em 10.11.2022

- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Resultado da caracterização do solo do sistema de irrigação localizada. Laboratório Agroambiental. Embrapa Semiárido. Petrolina/PE, 2021.
- EPAMIG. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Comunicação: EPAMIG distribui raquetes de palma forrageira no Norte de Minas. Em 09/09/21 por meio eletrônico. Nova Porteirinha/MG, 2021. Disponível em: <https://www.epamig.br/blog/2021/09/09/epamig-distribui-raquetes-de-palma-forrageira-no-norte-de-minas/>. Acesso em: 01.10.2022.
- FAEMG. Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. Comunicação: Compra coletiva de 40 mil raquetes de palma forrageira gera economia. Em 20/12/2021. Escrito por Izabella Machado em meio eletrônico. Araçuaí/MG, 2021. Disponível em: <http://www.sistemaafaemg.org.br/noticias/compra-coletiva-de-40-mil-raquetes-de-palma-forrageira-gera-economia>. Acesso em: 01.10.2022
- FBB. Fundação Banco do Brasil. Fossas Sépticas Econômicas E Quintais Agroecológicos. Notícias. Conteúdo multimídia. Brasília/DF, 2013. Disponível em: <https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/fossas-septicas-economicas-e-quintais-agroecologicos>. Acesso em 17.06.2023
- FILHO, A. T. S. Efeitos da reutilização da água da piscicultura no desenvolvimento da Celosia plumosa. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenheiro Agrônomo). Orientação: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva. Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza/CE, 2021. 42 p. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/61560/3/2021\\_tcc\\_atservolofilho.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/61560/3/2021_tcc_atservolofilho.pdf). Acesso em: 25.07.2023
- GITMAN, L. J. Princípios de Administração Financeira. Editora Pearson Universidades. 15/dez/17. Tradução: Allan Vidigal Hastings. Revisão técnica: Jean Jacques Salim. Título original: Principles of managerial finance. 14ªed. São Paulo/SP, 2017. p 363-377.
- GOUVEIA, F. N. Avaliação do crescimento da palma irrigada com água de reúso. Anais CONADIS. Realize Editora. Campina Grande/PB, 2018. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conadis/2018/TRABALHO\\_EV116\\_MD1\\_SA8\\_ID585\\_05112018204722.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conadis/2018/TRABALHO_EV116_MD1_SA8_ID585_05112018204722.pdf). Acesso em: 03.05.2022

- GUIMARÃES, A. S. LEITE, J. R. A.; SALES, E. C. J.; ALVES, D. D.; ALBUQUERQUE, J. B. Implantação de lavouras de palma forrageira. jun. 2014. Departamento de Informação Tecnológica. Circular técnica, n.198. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG. 2014. 6 p. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/docs/ct-198-implantacao-de-lavouras-de-palma-forrageira/>. Acesso em: 05.12.2022
- HANDAM, N. B. Qualidade sanitária da água de reúso como destino sustentável para a agricultura. Tese (doutorado em Ciências). Orientador: Adriana Sotero Martins. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro/RJ, 2021. 179 p. Disponível em: [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/49460/natasha\\_berendonk\\_handam\\_ens\\_p\\_dout\\_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/49460/natasha_berendonk_handam_ens_p_dout_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Acesso em: 25.07.2023
- HIRSCHFELD, H. Engenharia Econômica e Análise de Custos. São Paulo: Atlas, 2000. Hirschfeld, Henrique. Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores / Henrique Hirschfeld 7ªed. rev. atual. e ampl. Publicação Atlas. São Paulo/SP, 2000. 519 p.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Resolução 54, de 28 de novembro de 2005. 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para prática de reúso de água não potável de água. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0054-281105.PDF>. Acesso em: 04.05.2022
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Resolução 121, de 16 de dezembro de 2010. 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005. Disponível em: [www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=116888](http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=116888). Acesso em: 04.05.2022
- IFBAIANO. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. IF Baiano faz parceria para produção de forragens irrigadas com reúso de águas residuais de esgoto tratado em Guanambi. Notícias 11 de agosto de 2021. Campus Guanambi. Meio Eletrônico. Guanambi/BA. 2021. Disponível em: <https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/guanambi/2021/08/11/if-baiano-faz-parceria-para-producao-de-forragens-irrigadas-com-reuso-de-aguas-residuais-de-esgoto-tratado-em-guanambi>. Acesso em 17.17.2023

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Panorama geral das condições meteorológicas e os principais eventos extremos significativos ocorridos no Brasil em 2016. Meio eletrônico. Portal INMET. 2016. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Panorama-Geral-2016-Brasil.pdf>. Acesso em: 08.09.2022

IRMAK, S.; ODHIAMDO, L. O.; KRANZ, W. L.; EISENHAUER. Irrigation Efficiency and Uniformity, and Crop Water Use Efficiency. Lincoln Biological Systems Engineering: Papers and Publications. EC732. 451. University of Nebraska. Lincoln, 2011. 8 p. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1455&context=biosysengfacpub>. Acesso em 15.11.2022.

JUNIOR, M. S. A. Desempenho da palma forrageira em segundo ciclo sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado nas condições semiáridas. Programa de Pós-Graduação em manejo do solo e água. Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró/RN, 2017, 97 p. Disponível em: <https://ppgmsa.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/59/2018/02/MANOEL-SIM%C3%94ES-DE-A-JUNIOR-TCC.pdf>. Acesso em: 19.05.2022

LIMA, G. F. C.; WANDERLEY, A. M.; GUEDES, F. X.; REGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; SILVA, J. G. M.; NOVAES, L. P.; AGUIAR, E. M. Palma Forrageira irrigada e adensada: uma reserva Forrageira estratégica para o Semiárido Potiguar. Documento n.45. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte/EMPARN. Brasil. Parnamirim/RN, 2015. 62 p. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC000000000132235.PDF>. Acesso em: 15.10.2022

LUZ, I. S. da; SANTOS, D. B. dos.; ARAUJO, A. de S.; CARVALHO, C. M. de.; AZEVEDO, D. de O.; SOUZA, J. A. A. de. Propagação vegetativa de estacas de pereskia acuelata mil. V Seminário de Iniciação e Inovação Científica Tecnológica. Ciência para a redução das desigualdades. 23-24/out. /2018. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Serrinha. Serrinha/BA, 2018

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. de P.; MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. dos S.; NETO, O. de S. P. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. Autores Orlando Filipe Costa Marques. Caderno de Ciências Agrárias. v.9, n.1. Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG. Montes Claros/MG, 2017. p 75-93. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/download/2940/1778/10219>. Acesso em: 30.11.2022

MELO, R. F. de; LIMA, J. R.; SILVA, P. T. de S.; OLIVEIRA, A. R. de.; SILVA, B. F. R. da. Viabilidade econômica do cultivo de palma forrageira com suplementação de água cinzas. In: V Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido/SBRNS. 26 a 28 de outubro de 2021. “Capital natural do semiárido: vulnerabilidades e recuperação de áreas degradadas” ON-LINE. CPATSA. Universidade do Ceará/UFC. Fortaleza/CE. 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1144139/1/Viabilidade-economica-do-cultivo-de-palma-forrageira-com-suplementacao-de-aguas-cinzas-Reuso-da-agua-2021.pdf>. Acesso em: 25.07.2023

NETO, J.F.C.; MORAIS, J.E.F.; SOUZA, C.A.A.; CARVALHO, H.F.S.; RODRIGUES, C.T.A.; SILVA, T.G.F. Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. Journal of Environmental Analysis and Progress, v.2, 2017a. P 98-106. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1170/1087>. Acesso em: 02.09.2022

NETO, J. A. dos S. O uso de águas residuárias tratada para produção de palma forrageira resistente à cochonilha do carmim. Anais II CONIDIS. Realize Editora. Campina Grande/PB, 2017b. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/33695>. Acesso em: 02.09.2022

NETO, A. A. Finanças Corporativas e Valor. Editora Atlas. 8ªed. Ano, 2020. São Paulo/SP, 2020. p 374 - 442.

NEVES, F. L.; SPÍNOLA, A. M.; NEVES, J. D. C.; QUEIROZ, L. S.; SANTOS, L. F. V.; AQUINO, C. K.; PORTO, A. P. N. Avaliação da produção de palma forrageira gigante e miúda em diferentes espaçamentos, estimativa de produtividade e viabilidade de implantação de áreas de cultivo em pequenas propriedades rurais no ES. II SICT Incaper: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica /PIBIC, Controle nº027. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/Incaper. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Vitória/ES, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3079/1/Resumo-IC-27.pdf>. Acesso em: 15.05.2022

NEVES, F. L.; SPINOLA, A. M.; SPÍNOLA, A. M.; NEVES, J. D. de C.; KÜSTER, I. S.; FIGUEIREDO, M. R. P.; OLIVEIRA, F. S. de; OLIVEIRA, E. F. de; PEREIRA, S. L. Palma forrageira: opção e potencialidades para alimentação animal e humana em propriedades rurais do Estado do Espírito Santo. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/Incaper. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Vitória/ES, 2020. 52p. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/4153/1/Doc-276-cartilha-palma-forrageira-Incaper.pdf>. Acesso em: 25.07.2023

OCT. Organização de Conservação da Terra. OCT realiza instalação de Fossa Séptica Ecológica na região Metropolitana de Salvador. Notícias 25 de abril de 2023. Meio Eletrônico. Ibirapitanga/BA. 2023. Disponível em: <https://www.oct.org.br/comunicacao/noticia/oct-realiza-instalacao-de-fossa-septica-ecologica-na-regiao/211>. Acesso em: 25.07.2023

OLIVEIRA, F. G. Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: história, política pública, economia e recurso hídrico - Piracicaba: ESALQ/USP, 2021. 574 p. Cátedra Luiz de Queiroz. I. Paolinelli, A., ed. II. Dourado Neto, D., ed. III. Mantovani, E. C., ed. IV. Disponível em: DOI: 10.11606/9786587391113. Acesso em: 16.05.2022

- OLIVEIRA, R. C de. Crescimento, fisiologia e produção de palma forrageira sob regimes hídricos e adubação orgânica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Orientação: Prof. Dr. José Dantas Neto. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB, 2022. 91 p. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/25010/RAUCHA%20CAROLINA%20DE%20OLIVEIRA%20e2%80%93%20DISSERTA%20c3%87%20c3%83O%20%28PPGEA%29%202021.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 25.07.2023
- PUCCINI, E. C. Matemática financeira e análise de investimentos. Florianópolis: Ernesto Coutinho Puccini. Departamento de Ciências da Administração. Universidade Aberta do Brasil/UAB. Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC. Brasília. CAPES. Brasília/DF, 2016. 132 p. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/401417/1/Matematica%20Financeira%20e%20Analise%20de%20Investimentos%203ed%20GRAFICA.pdf>. Acesso em: 12.09.2022.
- REIS, G. A. dos. Rendimento e taxa de sobrevivência da palma forrageira gigante, cultivada com aplicação de água residuária. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi, Guanambi/BA, 2018. 43 p. Disponível em: <https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/guanambi/files/2019/05/DIserta%20C3%A7%20C3%A3o-Giliarde-Alves-dos-Reis.pdf>. Acesso em: 12.10.2021
- RIBEIRO, J. S. M.; NETO, J. V. E.; SANTOS, R. da S.; SILVA, M. A. da; BEZERRA, J. D. do V.; FREITAS, B. C. de. Características estruturais da palma forrageira sob irrigação. In: Resumos Expandidos. Palmatech. 2º Palmatech. 1º Simpalma. 1, 1º Palmathon, 20 a 24 de setembro de 2021. EPAMIG Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Janaúba/MG, 2021. p 82-85. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/02/palmatech-2021.pdf>. Acesso em: 08.08.2022
- RITA, A. E. C. S. Palma forrageira: opção sustentável para alimentação humana no semiárido. Tese (Doutorado em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial). Orientador: Prof. Dr. David Fernandes Lima. Espaço Plural. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Campus Juazeiro. Juazeiro/BA, 2022. 143p. Disponível em: <https://ppgadt.univasf.edu.br/wp-content/uploads/2022/12/PALMA-FORRAGEIRA-opcao-sustentavel-para-alimentacao-humana-no-semiarido.pdf>. Acesso em: 25.07.2023

ROSSETTI, J. P. Introdução à Economia, 21ª edição. Publicação: 27 junho 2017. Editora Atlas, São Paulo/SP, 2017. 928 p.

SANTOS, F. N. B. Análise comparativa dos custos operacionais de 44 estações de tratamento de esgoto na região sudeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Cesar Rossas Mota Filho. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, /MG, 2018. 107p. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31029/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_FilipeBicalho\\_RFinal\\_20190903.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31029/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_FilipeBicalho_RFinal_20190903.pdf). Acesso em 18.09.2022

SANTOS, R. D. S. Reúso de Água Residuária Tratada no Cultivo de Hortaliças. Tese (Doutorado em Agronomia: Irrigação e Drenagem). Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román. Faculdade de Ciências agronômicas. Campus de Botucatu. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu/SP, 2019. 133 p. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191384/santos\\_rds\\_dr\\_botfca.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191384/santos_rds_dr_botfca.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 25.07.2023.

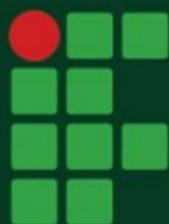
SANTOS, D. B. dos; AZEVEDO, D. de O.; SOUZA, J. A. A. de; SIMÕES, W. L.; RODRIGUES, C. S.; ARAUJO, R. O. F.; SOUZA, M. C.; CARVALHO, C. M. de; SANTOS, L. V. C. Uso de esgoto doméstico na produção da palma forrageira / Use of domestic sewage in the production of forage palm. Brazilian Journal Of Development, South Florida Publishing LLC, v.7, n.9. 2021. p 88639-88650. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/35748/pdf>. Acesso em: 12.06.2021

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Tipologia climática segundo koppen 2014a. Salvador/BA, 2014a. Disponível em: [https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia\\_climatica\\_segundo\\_koppen\\_2014.pdf](https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf). Acesso em: 05.07.2022

- SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Mapa Polígono das secas. Estado da Bahia. Salvador/BA, 2014b. Disponível em: [https://sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/mapa\\_poligono\\_das\\_secas.pdf](https://sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/mapa_poligono_das_secas.pdf). Acesso em: 09.08.2022
- SEMA. Secretaria de Meio ambiente do estado da Bahia. Guardiões das Águas: Sema participa de Instalação de Fossas Sépticas em Camaçari. Notícias 27 de abril de 2023. Meio eletrônico. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/2023/04/12532/Guardioes-das-Aguas-Sema-participa-de-Instalacao-de-Fossas-Septicas-em-Camacari.html>. Acesso em 08.08.2023
- SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B. de; MORAIS, J. E. F. de; MOURA, M. S. B. de. Modelagem e cenários futuros de mudanças climáticas da produtividade da água da palma forrageira e econômica da água de irrigação no médio Pajeú pernambucano. XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia 02 a 06 de set 2013. Universidade Federal do Para/UFPA. Belém/PA, 2013. 6 p. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/3330.pdf>. Acesso em: 18.06.2022
- SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; SILVA, S. M. S. e; MOURA, M. S. B. de; SANTOS, D. C. dos; SILVA, M. da C.; ARAUJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. Revista Bragantia, 3 jun. v.73. Instituto Agrônomo da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Campinas/SP, 2014. p 184-191. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/VZ4FL9kNtm8Pk9yV9CYfy6k/?lang=pt>. Acesso em: 05.03.2023
- SOARES, M. C. A importância da contabilidade rural para o aumento da produtividade da pecuária leiteira familiar. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Contábeis). Orientadora: Simone Teles da Silva Costa. Faculdade do Centro Universitário Mário Palmério/UNIFUCAMP. Monte Carmelo/MG, 2020. 23 p. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/bitstream/FUCAMP/575/1/importanciadacontabilidade.pdf>. Acesso em: 25.07.2023

SOUZA, B. de M.; DUARTE, M. A. C.; TINÔCO, J. D. Custos de operação e manutenção de estação de tratamento de esgotos por reator anaeróbio e lodos ativados. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 3, p. 505-515, May-Jun 2021. FapUNIFESP. Rio de Janeiro/RJ, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/YKkvnMDWC4TpbCtf4PkN8rw/?lang=pt#>. Acesso em 02.02.2023

VOLTOLINI, T. V.; MIRANDA, J. E. C. de; SANTOS, R. D. dos; MUNIZ, E. N.; FERNANDES, E. N.; MAGALHAES, V. M. A. d. Palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros: cartilhas elaboradas conforme a metodologia e-rural. *Cadernos EMBRAPA*. Brasília/DF, 2016. 24 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153427/1/Cartilha-2.pdf>. Acesso em: 05.09.2022



**INSTITUTO  
FEDERAL**

Baiano

---

Campus  
Serrinha