

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA
EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL**

KELLY CRISTIANE SOARES LOPES



Kelly Cristiane Soares Lopes

**AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM
UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Ciências Agrárias da Universidade
Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Flávio Gonçalves Oliveira

Montes Claros, MG

2023

Kelly Cristiane Soares Lopes. AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL.

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Flávio Pimenta de Figueiredo

Irene Menegali


Prof.º Flávio Gonçalves Oliveira – Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 21 de Novembro de 2023.

“Dedico esta monografia a Pedro, Maria e Rodrigo, grandes incentivadores a minha formação profissional.”

AGRADECIMENTOS

A primeiramente à Deus por minha vida, família e amigos.

À Instituição pelo ambiente criativo e amigável que proporciona.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

“Se alguém procura a saúde, pergunta-lhe primeiro se está disposto a evitar no futuro as causas da doença; em caso contrário, abstém-te de o ajudar.”

(Sócrates)

RESUMO

O sistema de irrigação por aspersão é uma técnica utilizada para fornecer água às plantas através da pulverização de gotículas de água sobre a superfície do solo. De modo geral a avaliação dos sistemas de irrigação é de extrema importância não só para proporcionar boa qualidade dos sistemas de plantio e para garantir a preservação dos recursos hídricos. O objetivo foi analisar os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e realizar a avaliação técnica do projeto afim de promover possíveis soluções no município de Jaíba/MG. O trabalho foi conduzido em agosto de 2023, em uma área localizada na zona rural (Fazenda Capim Verde) do município de Jaíba no norte de Minas Gerais. Com uma cultura de cana forrageira. Lâmina: 6,45mm Área Irrigada: 12,672ha Sistema de Irrigação: Aspersão convencional, espaçamento: 24x22m, aspersores por setor: 24 e vazão de projeto: 102m³/h. Com o objetivo de avaliar o funcionamento dos aspersores, foram realizadas três avaliações ao longo da área. A avaliação 1 encontra-se em uma região que apresenta produtividade mediana, localizada após a linha principal de distribuição. A avaliação 2 foi localizada em uma área em que visualmente apresenta ser menos produtiva que as demais avaliações, mais próxima do conjunto motobomba. A avaliação 3, a mais distante das demais avaliações, foi a que visualmente apresentou a melhor produtividade. A bomba instalada no projeto não atende à demanda do mesmo, visto que o rotor instalado é o de 169 mm, o que tem como consequência uma menor pressão e vazão do sistema.

Palavras-Chave: Água. Irrigação. Aspersão. Uniformidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Casa das bombas e bicos aspersores usadas em sistemas de irrigação.....	16
Figura 2: Fabrimar A232.....	16
Figura 3 - Delimitação da área irrigada e localização da bomba e dos testes realizados em campo.....	18
Figura 4 – Áreas de realização das avaliações, sendo 1, 2 e 3 a numeração das respectivas análises.	19
Figura 5 – Distribuição dos coletores na área e aferição da pressão do aspersor.	19
Figura 6. Informações do catálogo da bomba.....	21
Figura 7. Informações do catálogo da bomba.....	21
Figura 8. Vazamento nos enroscamentos dos emissores e reservatório para a irrigação	24
Figura 9. Distribuição gráfica das lâminas nas áreas avaliadas.....	25
Gráfico 1. Comparação da uniformidade e eficiência nos diferentes testes.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre a bomba projetada e bomba instalada.....	20
Tabela 2 – Especificações do sistema de bombeamento	22
Tabela 3 – Especificações do aspersor.....	23
Tabela 4 – Comparação entre os dados do aspersor no projeto e campo.....	24
Tabela 5 – Resultados dos coeficientes de uniformidade.....	25
Tabela 6 – Classificação de acordo com a literatura.....	25
Tabela 7 – Especificações dos emissores recomendados.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA: Agência Nacional de Águas

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

PNRH: Política Nacional de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1.	Objetivos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Irrigação no Brasil	13
2.2	Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional	15
2.3	Uniformidade e Eficiência de Aplicação da Água.....	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	Sistema de Aspersão	20
5	CONCLUSÃO	26
6	RECOMENDAÇÕES	27
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	288

1 INTRODUÇÃO

Atualmente é notável que a água é um recurso precioso e de grande valor, que está intimamente presente em diversas atividades humanas. Com o desenvolvimento populacional e econômico, o uso dos recursos hídricos se torna cada vez mais necessário pela sociedade e com diferentes aplicações. A qualidade da água está estritamente relacionada ao seu uso e, que este recurso, tem sofrido restrições significativas decorrentes, principalmente, da ação humana (SANTOS; SANTOS, 2021; SILVA; NEVES, 2020).

Este recurso que é a água visa sua importância para a sobrevivência de qualquer ser vivo, por esta razão é necessário utilizá-la de forma racional. A sustentabilidade deve sempre estar na perspectiva de superar a escassez e promover uma nova ética aos recursos hídricos, tendo como base a otimização da utilização, controle dos desperdícios, além de promover o desenvolvimento (PAULINO et al., 2019).

Dados sobre a gestão da água no Brasil demonstram que a Lei nº 9.433/1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). A norma é considerada como a balizadora da gestão dos recursos hídricos e prevê que a gestão da água deve se preocupar com a qualidade e a quantidade do recurso, levando em conta as diversidades geográficas e socioeconômicas de cada região do país (BRASIL, 1997).

Nesta perspectiva sobre a gestão de recursos hídricos se refere a utilização de medidas estruturais (construções de barragens, adutoras e de estações de tratamento de água) e não estruturais (zoneamento de ocupação de solos, regulamentos contra desperdício de água) para que os sistemas hídricos, artificiais ou naturais, possam ser utilizados nas atividades humanas de forma sustentável (ROSA; GUARDA, 2019; PAULINO et al., 2019).

A água e seu uso demonstra que nos últimos anos começaram a se confrontarem em razão da utilização da água, forçando uma reflexão sobre esse consumo e procurando alternativas para reduzir os danos causados ao meio ambiente sem interferir no desenvolvimento urbano e rural do país (DAL RI et al., 2022).

A irrigação é considerada a principal atividade humana consumidora de água, a irrigação tem potencial para acrescentar a produtividade, quando comparado com cultivos de sequeiro. O monitoramento eficiente das superfícies irrigadas, com o acompanhamento da dinâmica dos cultivos e a avaliação, é de grande importância da eficiência da irrigação (STRECK et al., 2019).

O manejo apropriado da irrigação não pode ser considerado uma etapa independente dentro do processo de produção agrícola, tendo, por um lado o uso eficiente da água, promovendo a conservação do meio ambiente e por outro lado o compromisso com a produtividade da cultura explorada (SILVA; NEVES, 2020).

Em relação ao manejo da irrigação engloba fatores como: cultivar, água, clima e solo, os quais manejados de forma adequada proporcionam maior produtividade e economia. Sendo assim, o manejo não pode ser deixado de lado dentro do processo de produção agrícola, proporcionando a conservação do meio ambiente e a maior produtividade da cultura escolhida (DAL RI et al., 2022).

O sistema de irrigação por aspersão é uma técnica utilizada para fornecer água às plantas através da pulverização de gotículas de água sobre a superfície do solo. Nesse método, a água é pressurizada e conduzida por tubulações até os aspersores, que lançam a água no ar, formando uma chuva artificial sobre a área de cultivo. Existem vários tipos de sistemas de irrigação por aspersão, entre eles o sistema convencional, que utiliza tubulações móveis com engates rápidos ou fixos e vários aspersores funcionando simultaneamente em uma única linha lateral para irrigar áreas pequenas e médias. Outro tipo de sistema de irrigação por aspersão é o sistema de pivô central, que é utilizado em áreas maiores e utiliza um equipamento móvel em forma de pêndulo que gira em torno de um ponto central, lançando a água de forma circular sobre uma área de cultivo (STRECK et al., 2019; BRUNING et al., 2020).

O teste de uniformidade é uma ferramenta importante para medir a eficiência do sistema de irrigação por aspersão. Ele mede a distribuição de água na área irrigada e pode indicar a necessidade de ajustes ou reparos no sistema para garantir uma aplicação uniforme de água (SILVA; OLIVEIRA, 2023).

Assim métodos para realizar o teste de uniformidade em sistemas de irrigação por aspersão. Entre os métodos mais comuns está o teste do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) proposto por Christiansen em 1942, que compara a variação da quantidade de água aplicada em diferentes pontos da área irrigada com a média da quantidade de água aplicada. Outro método utilizado é o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), introduzido por Criddle e colaboradores em 1956, que considera a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada. E Wilcox e Swailes em 1947 propuseram um coeficiente de uniformidade utilizando o desvio-padrão como medida de dispersão, para o qual se aceitam valores de coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) acima de 75% (BRUNING et al., 2020; SANTOS; SANTOS, 2021).

Diante da carência de informações relacionadas aos sistemas de irrigação vivenciados pela realidade dos agricultores da região Norte de Minas Gerais, especificamente nos municípios da Jaíba, o presente estudo realizado por meio de embasamento teórico justifica-se pela sua relevância no que se refere a explanação de informações sobre a agricultura irrigada e a eficácia do manejo de irrigação em determinados métodos. De modo geral, a avaliação dos sistemas de irrigação é de extrema importância não só para proporcionar boa qualidade dos sistemas de plantio, mas também para garantir a preservação dos recursos hídricos.

1.1. Objetivos

1.2.1 Geral

O objetivo deste trabalho foi analisar os parâmetros de funcionamento do sistema de irrigação e realizar a avaliação técnica do projeto afim de promover possíveis soluções na Fazenda Capim Verde localizada no município de Jaíba/MG.

1.2.2 Específicos

- Realizar o levantamento de dados da área em estudo;
- Calcular os coeficientes de uniformidade e distribuição de aplicação da água;
- Propor medidas de solução de possíveis problemas identificados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Irrigação no Brasil

O crescimento demográfico brasileiro, associado às transformações pelas quais passou o perfil da economia, refletiu de maneira notável sobre o uso dos recursos hídricos na segunda metade do século XX (ROCHA; SILVA; BATISTA, 2023).

O Brasil vem se tornando importante fornecedor de alimentos para atender às crescentes demandas globais. O setor agropecuário impacta fortemente os recursos naturais em razão da extensão da área ocupada, uso de recursos hídricos e agroquímicos, tornando essencial que a expansão da produção de alimentos seja pautada

pela sustentabilidade dos sistemas de produção(SILVA; OLIVEIRA, 2023; DAL RI *et al.*, 2022).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), áreas irrigadas produzem mais de 40% dos alimentos mundiais, sendo o Brasil o sexto país com maior área irrigada -- são 8,2 milhões de hectares.

Segundo dados obtidos no Atlas da Irrigação, da Agência Nacional de Águas (ANA), prevê uma incorporação de 4,2 milhões de hectares de área irrigada até 2040 no país. E nesta perspectiva estudos idealizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), demonstram que entre os potenciais benefícios da irrigação estão o aumento da produtividade da ordem de duas a três vezes em relação à agricultura de sequeiro, ou seja, regiões que enfrentam redução de chuva ao longo do ano; a redução do custo unitário de produção; a utilização do solo durante todo o ano com até três safras; e o aumento na oferta e na regularidade de alimentos e outros produtos agrícolas(SANTOS; SANTOS, 2021; ROCHA; SILVA; BATISTA, 2023).

Assim, a irrigação no Brasil deve contribuir para aumentar a produção de alimentos, mas deve melhorar a sua eficácia (o que fazer) e sua eficiência (como fazer). E temos tecnologia para isso.Em determinadas situações, pode-se aplicar água em quantidade menor que uma cultura agrícola necessita. É a irrigação com déficit, que ao ser utilizada com critérios técnicos pode ser uma estratégia interessante, em condições de restrição ou escassez de água (PAULINO *et al.*, 2019; FRANÇA, 2023).

A automação pode ajudar no manejo da irrigação (quando e quanto irrigar) e a ligar e desligar um sistema de irrigação (como irrigar). O sistema de informação geográfica, a agricultura de precisão, a agricultura digital, a tecnologia da informação e a conectividade também podem auxiliar a melhorar a gestão da irrigação em áreas agrícolas de diversos tamanhos (SANTOS *et al.*, 2020).

As áreas provenientes de agricultura irrigada no Brasil tem como finalidade auxiliar em épocas e locais que as precipitações não são favoráveis, mantendo a umidade do solo e suprimindo a necessidade hídrica da planta. Fazendo uso da irrigação o agricultor pode ter uma maior produtividade, aproveitar melhor a janela de plantio com culturas perenes e anuais e não manter dependência do aumento das áreas plantadas para uma maior produção (BRUNING *et al.*, 2020; BACK, 2023).Nesse contexto, o conhecimento das áreas irrigadas e sua distribuição geográfica nas regiões brasileiras é de fundamental importância para o planejamento da gestão de recursos hídricos.

Embora o Brasil disponha de grandes áreas de pastagens que possam ser incorporadas na área agrícola, tanto pela simples conversão de uso ou pelos sistemas consorciados de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, a agricultura irrigada tende a ser cada vez mais importante no aumento da oferta de alimentos para suprir a crescente demanda universal. Nesse caso é fundamental considerar o uso da água, recurso finito e limitado que apresenta alta demanda pelo uso para diferentes fins. No caso brasileiro, a complexidade é ainda aumentada em razão do uso da água para a geração de energia elétrica (SANTOS *et al.*, 2020; GUIMARÃES; LANDAU, 2020).

2.2 Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional

Na irrigação por aspersão convencional é simulado uma chuva sobre as plantas, que ocorre por meio do fracionamento de um jato de água em gotas lançadas por vários aspersores. Quando o manejo desses sistemas de irrigação é realizado de forma adequada é possível alcançar uma alta eficiência com mínimo de perdas. Mas, na ausência de manejo, a eficiência de aplicação de água é comprometida, o que resulta em desperdícios de água, energia elétrica e fertilizantes (TAMBO *et al.*, 2021).

As vantagens de um sistema de irrigação mais eficiente são: otimização dos recursos hídricos existentes, aumento da produtividade e consequentemente maior rentabilidade. A uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação é um dos principais parâmetros para o diagnóstico da situação de funcionamento do sistema, uma vez que é possível medir a variabilidade de água aplicada pelo método de irrigação (BRUNING *et al.*, 2020; FRANÇA, 2023).

Em geral, em irrigação por aspersão convencional, as bombas centrífugas de eixo horizontal são as mais utilizadas. Tem a função de captar a água na fonte e suprir o sistema de aspersores. Acoplado a bomba existe um motor, normalmente elétrico ou diesel, para transferir potência. O conjunto deverá ser dimensionado para fornecer vazão suficiente ao sistema à altura manométrica requerida. A altura de elevação da água, desde o manancial até a área irrigada, constitui um dos principais fatores envolvidos no consumo de energia e, à medida que aumenta essa altura mais elevados deverão ser os níveis de eficiência dos sistemas de irrigação para resultar em um consumo energético satisfatório (TAMBO *et al.*, 2021; BACK, 2023).

Figura 1. Casa das bombas e bicos aspersores usadas em sistemas de irrigação



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 2: Fabrimar A232.



Fonte: Autoria própria, 2023.

2.3 Uniformidade e Eficiência de Aplicação da Água

A uniformidade de aplicação é um fator de grande importância para o projeto de irrigação, visto que está diretamente relacionada com o rendimento da colheita e a eficiência de água (Vieira *et al.*, 2020). Em sistemas de irrigação por aspersão convencional, a uniformidade de aplicação de água pode ser expressa por meio de vários coeficientes. Segundo a literatura Vieira *et al.* (2020) os três coeficientes mais utilizados são o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE).

A determinação da uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional foi realizada conforme a metodologia preconizada por Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), que consistiu em distribuir um conjunto de

“pluviômetros” ou recipientes de até 0,3 Litros com abertura na parte superior, equidistantes, em torno do aspersor a ser testado, e após a instalação dos pluviômetros, o sistema de irrigação foi acionado durante uma hora. Durante o teste, foi determinada a vazão nos bocais, de maior e de menor diâmetro, do aspersor e o volume ou lâmina d’água coletada em cada “pluviômetro”, no final do teste.

Para a medição de vazão nos projetos de irrigação, foi coletado em cada aspersor, previamente selecionado, o volume aplicado em um tempo de três minutos, com auxílio de cronômetro, mangueiras, coletores e proveta graduada. Para a realização do teste de uniformidade de aplicação de água, a área em torno do aspersor foi dividida em subáreas quadradas, de iguais dimensões (3x3m), e os pluviômetros foram colocados no centro de cada subárea e o número mínimo de pluviômetros instalados por teste, foi definido com base no espaçamento entre linhas laterais e entre aspersores adotados no projeto em estudo.

A realização dos testes de uniformidade, são determinadas pelas respectivas lâminas e em seguida são determinados o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) por meio da Equação 1; o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) pela Equação 2.

$$CUC = 100 * \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - x_{med}|}{n * x_{med}} \right] \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

X_i = precipitação de cada aspersor, em mm;

$\bar{x}$ = média das precipitações coletadas de todos os aspersores mm;

n = número de observações.

$$CUD = 100 * \left[1 - \frac{x_{25\%}}{x_{med}} \right] \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

CUD = Coeficiente de distribuição, em %;

$x_{25\%}$ = média de 25% das menores precipitações observadas, em mm;

$\bar{x}$ = precipitação média dos aspersores, em mm.

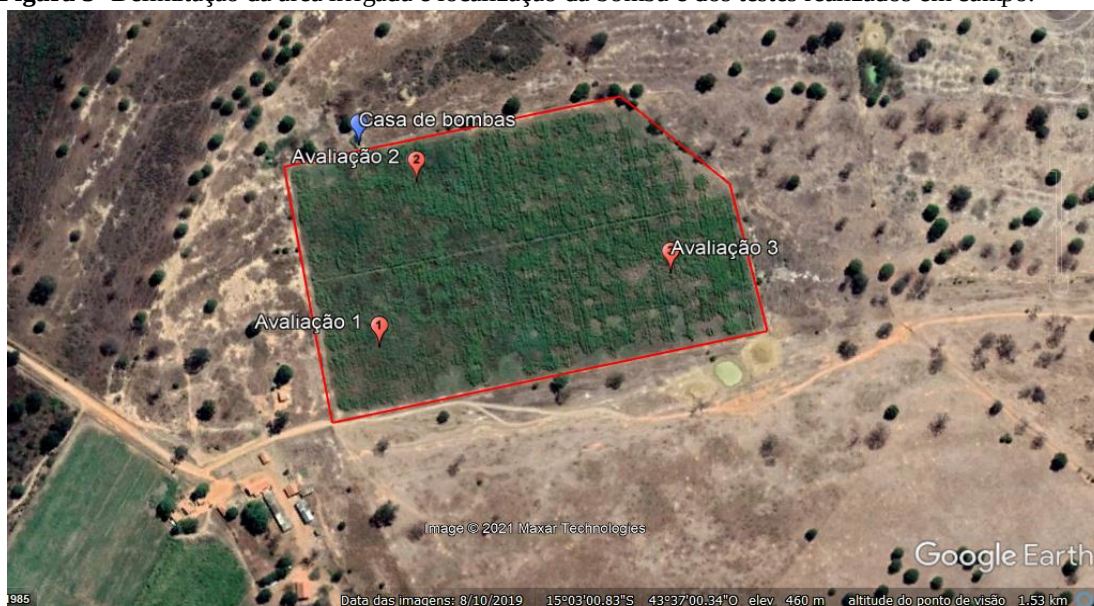
A avaliação de um sistema de aspersores permite conhecer o seu comportamento e as suas características de funcionamento, possibilitando entender quais as melhores

características dos aspersores, auxiliando na escolha correta do aspersor. Outro aspecto positivo é que aumenta-se a probabilidade do alcance de bons índices de eficiência de aplicação em sistemas ao qual já se conhece o comportamento do aspersor, deste modo se obtém ainda como vantagens redução do consumo de água e energia(Vieira *et al.*, 2020; DAL RI *et al.*, 2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em agosto de 2023, em uma área localizada na zona rural (Fazenda Capim Verde) do município de Jaíba no norte de Minas Gerais. Com uma cultura de cana forrageira. Lâmina: 6,45mm Área Irrigada: 12,672ha Sistema de Irrigação: Aspersão convencional, espaçamento: 24x22m, aspersores por setor: 24 e vazão de projeto: 102m³/h.

Figura 3 -Delimitação da área irrigada e localização da bomba e dos testes realizados em campo.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para avaliação do sistema de irrigação, realizou-se a análise técnica e visual dos componentes da área. Sendo assim, inicialmente foram coletados os dados do projeto de irrigação e informações de seus componentes como motor e bomba.

Com o objetivo de avaliar o funcionamento dos aspersores, foram realizadas três avaliações ao longo da área. A avaliação 1 encontra-se em uma região que apresenta produtividade mediana, localizada após a linha principal de distribuição. A avaliação 2 foi localizada em uma área em que visualmente apresenta ser menos produtiva que as

demais avaliações, sendo ela mais próxima do conjunto motobomba. A avaliação 3, a mais distante das demais avaliações, foi a que visualmente apresentou a melhor produtividade entre as demais avaliações.

Figura 4 – Áreas de realização das avaliações, sendo 1, 2 e 3 a numeração das respectivas análises.

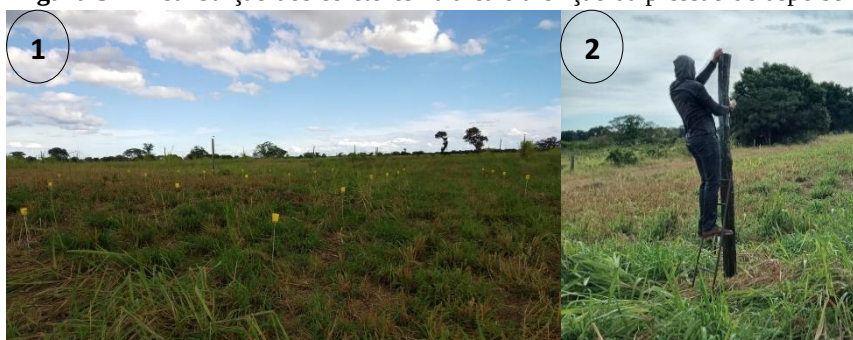


Fonte: Autoria própria, 2023.

Em cada uma das avaliações foram coletados os dados de vazão e pressão dos aspersores e das lâminas de irrigação nas áreas avaliadas, e além disso, a pressão na saída da bomba centrífuga e a corrente elétrica do motor em funcionamento. Para isso, utilizando a metodologia adaptada de Keller e Karmeli (1975), montou-se uma malha compreendida entre quatro aspersores, onde foram distribuídos 36 coletores, com espaçamento de 4m entre si. Foi adotado um tempo de 30min para realização do teste, e em seguida, as lâminas foram coletadas e tabeladas.

Os dados de vazão foram aferidos pelo método volumétrico, onde em um recipiente com volume conhecido (8 litros), cronometrou-se o tempo gasto para o preenchimento do mesmo. O procedimento foi realizado com três repetições para assegurar a veracidade dos resultados. Para avaliar a pressão, um manômetro pitot foi acoplado ao aspersor em funcionamento. Os testes foram realizados analisando o primeiro aspersor, o do meio e o último de cada linha. Vale ressaltar que para cada avaliação, a pressão na saída do conjunto motobomba foi aferida com o auxílio de um manômetro.

Figura 5 – Distribuição dos coletores na área e aferição da pressão do aspersor.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Após as coletas realizadas em campo, os dados foram computados, e em seguida foram aplicadas equações matemáticas 1 e 2, para a determinação dos coeficientes de uniformidade da irrigação CUC e CUD.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados aferidos em campo e das informações coletadas no projeto instalado, foram obtidos os resultados apresentados a seguir.

4.1 Sistema de Aspersão

A partir dos dados aferidos em campo e das informações coletadas do projeto instalado, obteve-se os resultados apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 1 – Comparação entre a bomba projetada e bomba instalada

	Vazão (m ³ /h)	Alt. manométrica (mca)	Potência (cv)	Diâmetro do rotor (mm)
Avaliado	88,24	43,46	23,61	169
Projetado	102	48,88	30* (25,39**)	172

*Potência do sistema de bombeamento;

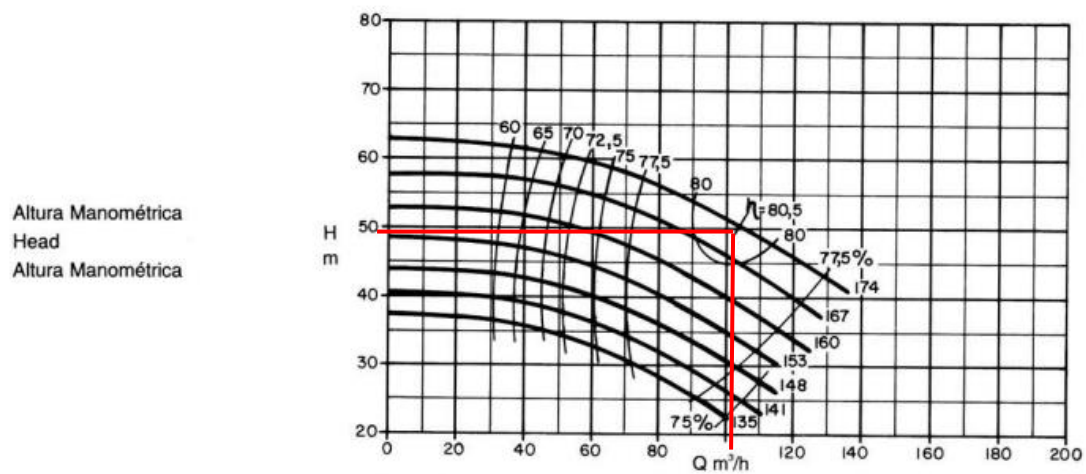
**Potência necessária calculada em projeto.

Fonte: Autoria própria, 2023.

A tabela acima apresenta as especificações da bomba projetada bem como as que foram encontradas nas condições instaladas na área. A potência da bomba instalada foi calculada através da vazão e a necessidade energética encontrada para a área, sendo a mesma abaixo da potência da bomba do projeto. Conforme observado, a bomba instalada não apresentou os mesmos parâmetros da bomba do projeto.

Na Figura 6 representada abaixo, apresenta-se as informações do catálogo da bomba instalada. De acordo com as especificações constadas, é possível observar que a bomba selecionada atende às demandas de altura manométrica e vazão requeridas pelo projeto, mostrando-se adequada para o sistema de irrigação com eficiência de 80% desde que seja utilizado um rotor com diâmetro de 172 mm, porém, o diâmetro de rotor instalado na área foi de 169 mm.

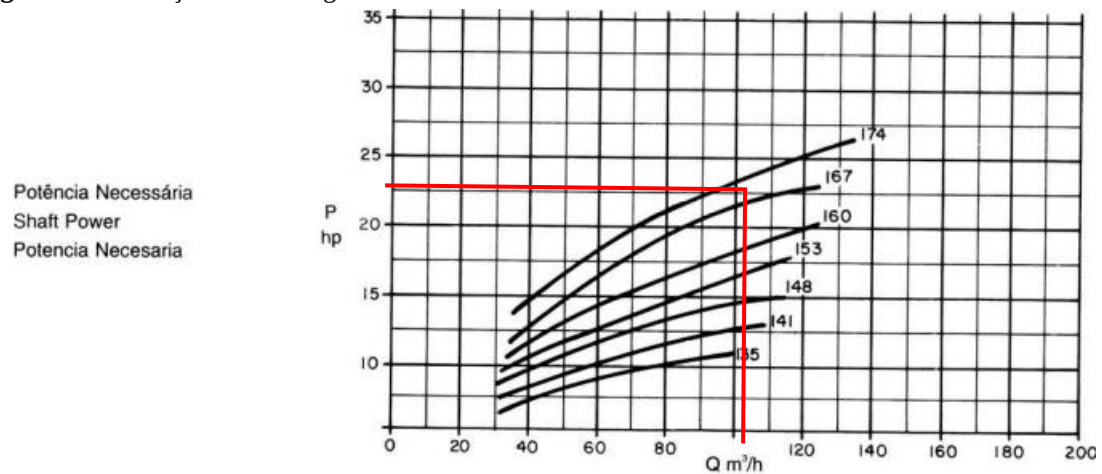
Figura 6. Informações do catálogo da bomba.



Fonte: Catálogo KSB

A potência necessária ou requerida da bomba também atende ao projeto, aproximadamente 23,61cv. Tal fato pode ser observado através da análise da curva da bomba (Figura 7).

Figura 7. Informações do catálogo da bomba.



Fonte: Catálogo KSB

A Tabela 2 apresenta os dados constados em projeto e aferidos em campo. A partir das informações coletadas, foram calculadas variáveis a fim de possibilitar a comparação entre os dados esperados com os dados reais.

Tabela 2 – Especificações do sistema de bombeamento

Sistema de bombeamento									
Dados do projeto				Dados aferidos em campo			Dados calculados		
Vazão (m³/h)	Altura manométrica (mca)	Corrente Elétrica(A)	Potência Elétrica Projeto (Kw)	Vazão (m³/h)	pressão na saída do MB (mca)	Corrente Elétrica aferida (A)	Altura Manométrica encontrada em campo (mca)	Altura Manométrica do Projeto (mca)	Potência Elétrica Real (Kw)
102,00	48,88	63,80	18,67	81,84	39,00	64,00	40,37	44,72	13,71
				100,56	39,00	62,00	41,77	45,89	17,28
				82,32	37,50	59,00	43,46	47,60	14,68
Média				88,24	38,50	61,67	41,86	46,07	15,22

** Energia requerida desde o sistema de bombeamento até o aspersor, com os dados de projeto.

*** Somatória da pressão na entrada do bloco, altura do aspersor, desnível, perda de carga nas válvulas, adutora, sucção e linha principal;

Fonte: Autoria própria, 2023.

Em conformidade com os resultados da tabela, é possível observar que as vazões aferidas em campo são menores do que a vazão projetada. Nota-se que a vazão da avaliação 3 é inferior às demais, em decorrência da baixa pressão de serviço dos emissores, verificadas na área (Tabela 4) em virtude dessa área estar localizada mais distante da motobomba.

Observa-se que a altura manométrica encontrada no campo em geral foi menor do que a de projeto (48,88mca).

A pressão de saída medida no conjunto motobomba foi menor que pressão projetada, e por consequência, as pressões observadas nas avaliações dos aspersores também foram menores (conforme Tabela 4). Além da questão do menor diâmetro do rotor existente na bomba, tem-se ainda como uma possível explicação os vazamentos (0,32 m³/h) encontrados no conjunto motobomba. Apesar dessa influência ser pouca é necessário fazer essa manutenção.

Os valores de corrente elétrica aferidos em campo mostraram-se com um valor médio abaixo do esperado para o conjunto motobomba, em que para a tensão de 220 volts se espera uma corrente de 63,8A nas condições de projeto. Os dados coletados do motor com a utilização de um alicate amperímetro, apresentaram uma média de corrente nas três fases de 61,67A. Esse resultado evidencia que o conjunto motobomba encontra-se trabalhando em condições de menor exigência e, portanto, a potência elétrica no mesmo está abaixo do projetado.

A Tabela 3 e Figura 7 apresentam as especificações do aspersor do projeto, de modelo A232-Fabrimar, com bocal 7.10 + 4.8mm.

Tabela 3 – Especificações do aspersor

Especificação dos aspersores			
	Vazão (m³/h)	Pressão (mca)	Diâmetro molhado (m)
Projeto	4,25	28,73	33
Instalado	3,67	23,81	<33

Fonte: Autoria própria, 2023.

Eco A232 capacete branco					
	pressão na base (mca)	vazão total m³/h	diâmetro irrigado (m)	espaçamento máx. recomendado	
				A x L (m x m)	peq (mm/h)
7,0 x 4,8	25	3,95	33	24x24	6,9
	30	4,38	33	24x24	7,6
	35	4,75	36	24x24	8,2
	40	5,06	38	24x24	8,8

Fonte: Autoria própria, 2023.

De acordo com as informações acima, nota-se que o valor de diâmetro molhado do projeto não condiz com as informações dispostas no catálogo do fabricante, as demais informações dispostas no projeto conferem. Além disso, a vazão e pressão avaliadas em campo estão abaixo dos valores estimados no projeto.

O diâmetro molhado do aspersor é de importância ímpar para o sucesso de um projeto de irrigação, pois as sobreposições das lâminas dos emissores garantem uma boa uniformidade de distribuição na área, sendo recomendado ao menos 60% de sobreposição em condição de baixa intensidade dos ventos. Os valores de diâmetro molhado fornecidos nos catálogos de emissores normalmente não são mensurados em condições reais de serviço (sem influência de sol, vento, etc), e a região da Jaíba é conhecida por seus ventos, os quais podem carregar as partículas de água e assim interferir na distribuição da lâmina, sendo neste caso recomendado um espaçamento entre aspersores com 50 a 55% do diâmetro molhado do aspersor. Diante dessas considerações, o modelo não é indicado para o espaçamento de 24x22m, e o diâmetro molhado é insuficiente para proporcionar a sobreposição adequada da área irrigada.

A partir dos dados das avaliações em campo, para o tempo de 1 hora, foi observado que as médias das lâminas coletadas, das vazões e das pressões dos aspersores foram de 6,96 mm, 88,24 m³/h e 23,81 mca respectivamente. Ainda sobre a Tabela 4, é possível constatar que tais aferidos em campo ficaram abaixo dos valores projetados.

Tabela 4 – Comparação entre os dados do aspersor no projeto e campo

	Dados do Projeto					Dados Aferidos em Campo		
	Lâmina Projetada (mm/h)	Vazão Projetada (m³/h)	Pressão do Aspersor (mca)	Diâmetro Molhado (m)	Altura do Emissor (m)	Lâmina Média (mm/h)	Vazão (m³/h)	Pressão Média (mca)
Av. 1						6,46	3,41	24,6
Av. 2	8,05	102	28,73	33	2	7,94	4,19	24,5
Av. 3						6,48	3,43	22,33
					Média	6,96	3,68	23,81

*Quando aspersores de um mesmo setor estão entupidos ou apresentam falhas na vazão, aspersores adjacentes sofrem consequente aumento na saída da vazão.

Fonte: Autoria própria, 2023.

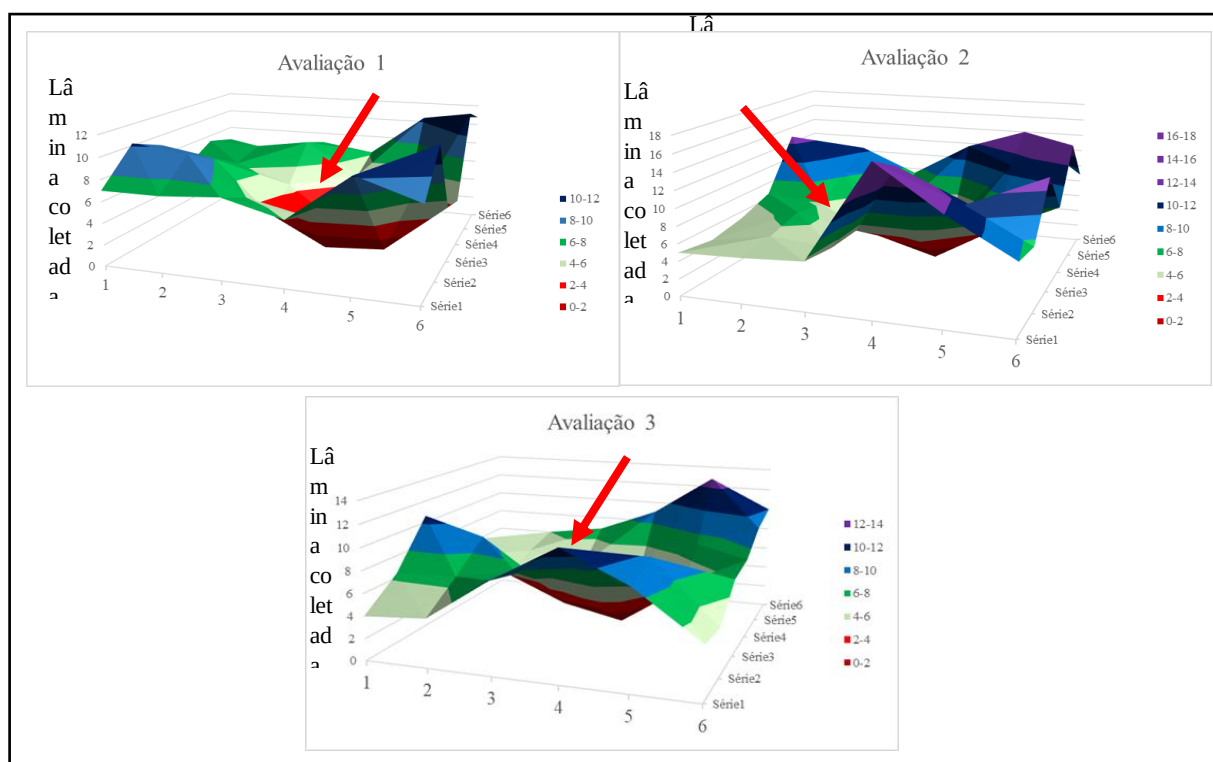
A Figura 9 detalha a distribuição de lâminas ao longo das malhas avaliadas. De modo geral, as zonas centrais entre quatro ou dois aspersores, de cada avaliação apresentaram os menores valores de lâmina precipitada, da ordem de 2mm ou menos, enquanto nas proximidades dos aspersores essas lâminas atingiram valores de até 16mm. Tal constatação é atribuída ao diâmetro de alcance dos aspersores, insuficiente para a sobreposição do perímetro irrigado, ao alto índice de deriva pelas condições climáticas e pela baixa pressão nos aspersores.

Outro ponto a ser discutido é que alguns emissores na área de projeto apresentaram vazamentos devido ao mau enrocamento de suas tubulações. Esses problemas observados contribuem para a perda de pressão dos setores e reduz a vazão disponível para os emissores, contribuindo assim para a ineficiência do sistema (Figura 8).

Além disso, outro ponto observado foi o estado do reservatório, onde o mesmo encontra-se sujo, podendo assim, futuramente causar entupimento nos emissores.

Figura 8. Vazamento nos enrocamentos dos emissores e reservatório para a irrigação.

Fonte: Própria autoria, 2023.

Figura 9. Distribuição gráfica das lâminas nas áreas avaliadas.

Fonte: Própria autoria, 2023.

Tabela 5 – Resultados dos coeficientes de uniformidade

Uniformidade e Distribuição		
	CUC (%)	CUD(%)
Av. 1	63,86	39,93
Av. 2	59,90	46,43
Av. 3	66,19	51,03

Fonte: Própria autoria, 2023.

Tabela 6 – Classificação de acordo com a literatura

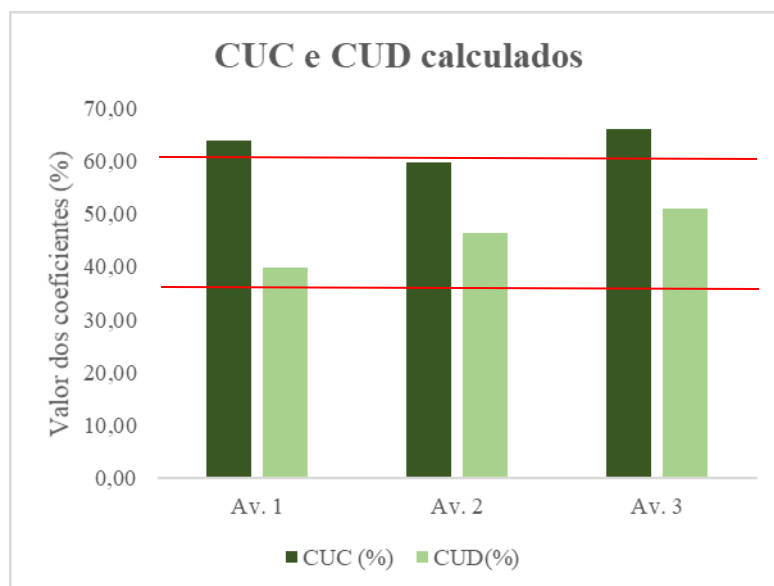
Classificação	CUC (%)	CUD (%)
Excelente	> 90	> 84
Bom	80 – 90	68 – 84
Razoável	70 – 80	52 – 68
Ruim	60 – 70	36 – 52
Inaceitável	< 60	< 36

Fonte: Adaptado de Mantovani (2001)

A Tabela 5 apresenta os resultados calculados de CUC e CUD, que representam a uniformidade de aplicação e de distribuição da lâmina irrigada, respectivamente. É possível observar que a área da avaliação 3, foi a que obteve maiores valores para CUC e CUD quando comparada às demais áreas, porém, os valores ainda assim são classificados como “ruim”.

Conforme esperado, as demais avaliações apresentaram baixos valores para CUC e CUD, como observado no Gráfico 1, em que as faixas vermelhas horizontais representam os valores mínimos aceitados para CUC (60%) e CUD (36%).

Gráfico 1. Comparação da uniformidade e eficiência nos diferentes testes



Fonte: Própria autoria, 2023.

Os baixos valores podem ser explicados pela má distribuição de lâmina irrigada na área, atrelados ao diâmetro molhado insuficiente dos aspersores avaliados.

5 CONCLUSÃO

- A bomba instalada no projeto não atende à demanda do mesmo, visto que o rotor instalado é o de 169 mm, o que tem como consequência uma menor pressão e vazão do sistema;
- Os aspersores instalados não são recomendados para o sistema de irrigação, visto que apresentam baixo alcance do diâmetro molhado;
- O reservatório de água necessita de limpeza.

6 RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se a manutenção do sistema de bombeamento e a troca do rotor da bomba para o diâmetro de 172mm, para que não haja perdas de carga e vazão de forma que garanta a pressão necessária para o funcionamento dos emissores;
- Recomenda-se a troca dos aspersores, por modelos que atendam a sobreposição necessária para o espaçamento do projeto;
- *OBS: A troca dos aspersores deve ser realizada somente após a manutenção do conjunto motobomba.
- Recomenda-se a manutenção e limpeza dos aspersores e tubulações instalados no projeto, a fim de regularizar a pressão do sistema, em decorrência de possíveis entupimentos.
- Recomenda-se corrigir os vazamentos observados no sistema como um todo.
- A Tabela 7 traz as especificações mediante os aspersores recomendados para a área de projeto, bem como a pressão e vazão requeridas pelo sistema. A busca pelo modelo que atenda às necessidades do sistema foi realizada entre as principais fabricantes.

Tabela 7 – Especificações dos emissores recomendados

Dados do Emissor Recomendado						
Fabricante	Modelo	Bocais (mm)	Diâmetro Molhado (m)	Pressão de Serviço	Vazão (m³/h)	Vazão no Sistema (m³/h)
Plona	PA100	7.00x3.00	40	33	3,9	93,6
Naandanjain	234	7.0x3.2	40	35	3,85	92,4

Fonte: Própria autoria, 2023.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil (1985-2017)**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF, 2019.

BACK, Álvaro José. Balanço hídrico e consumo de água em sistema coletivo de irrigação para a cultura do arroz irrigado. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 20, n. 2023, 2023.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006.

BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos. lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm Acesso em: 09 Out. 2023.

BRUNING, Jhosefe et al. Métodos de controle de vazão para racionalização de energia elétrica na irrigação por aspersão convencional. **BrazilianJournalofDevelopment**, v. 6, n. 10, p. 82067-82083, 2020.

DAL RI, Gabriel Retuci et al. Avaliação de conjunto motobomba para irrigação com fonte alternativa de energia e monitoramento da água. **UNIFUNEC Científica Multidisciplinar.**, v. 11, n. 13, p. 1-11, 2022.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Trajetória da Agricultura Brasileira: uma viagem ao passado para pensar no futuro**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira> Acesso em: 09 Out. 2023.

FRANÇA, Ana Carolina Ferreira. **Produtividade da área e da água em soja irrigada para diferentes variedades e metodologias de manejo da irrigação**. 30fl. 2023. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-23032023-114942/en.php> Acesso em: 02 Out. 2023.

GUIMARÃES, Daniel Pereira; LANDAU, Ellen Charlotte. **Georreferenciamento dos pivôs centrais de irrigação no Brasil: ano base 2020**. 2020. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1128368> Acesso em 29 Set. 2023.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009.

ROCHA, Tereza Amelia Lopes Cizenando Guedes; SILVA, Silvanete Severino; BATISTA, Rafael Oliveira. Cultivo da palma forrageira irrigada com águas residuárias: uma revisão sistemática: Cultivation of cactus pear irrigated with wastewater: a systematic review. **Revista Macambira**, v. 7, n. 1, p.10-14, 2023.

ROSA, Alexsandra Matilde Resende; GUARDA, Vera Lúcia de Miranda. Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 9, n. 2, p. 197-220, 2019.

SANTOS, Adriana da Silva et al. Importância do reuso de água para irrigação no Semiárido. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 3, 2020.

SANTOS, Dayrane Rose Celestino da Silva; SANTOS, Valdilene Canazart dos . Impactos ambientais macroscópicos e qualidade da água em nascentes localizadas na Vila Bananeira, Arapiraca-AL. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 481-498, 2021.

SILVA, Simone; NEVES, Eletisanda. Importância do manejo da irrigação. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, v. 17, n. 34, 2020.

SILVA, AcksonLuã Ferreira da; OLIVEIRA, Iranilde Marques. **Uniformidade de irrigação por aspersão em mudas de dendê: horário de irrigação e posição na linha lateral**. 47fl. 2023. Universidade Federal Rural da Amazônia. Tomé-Açu – AM. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2878> Acesso em: 01 Out. 2023.

STRECK, Eduardo Anibele et al. Desempenho agrônômico de cultivares de arroz sob sistema de irrigação por aspersão e inundação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 1-7, 2019.

TAMBO, Fidel Luís Rodrigues et al. Metodologia para seleção econômica de aspersores em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 2, p. 1-10, 2021.

VIEIRA, Gustavo Haddad Souza et al. Eficiência de irrigação em lavouras de cafeeiros Conilon na região Centro Serrana do Espírito Santo. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, v. 6, n. 3, p. 22-34, 2020.