

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CÂMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONTRIBUIÇÃO DA EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO PARA A REDUÇÃO DE
VOLUME APLICADO VIA PIVÔ CENTRAL**

VINÍCIUS DE MORAIS BERNARDO

URUTAÍ – GO
FEVEREIRO/2025

VINÍCIUS DE MORAIS BERNARDO

**CONTRIBUIÇÃO DA EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO PARA A REDUÇÃO DE
VOLUME APLICADO VIA PIVÔ CENTRAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Leandro Caixeta Salomão

URUTAÍ – GO
FEVEREIRO/2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano
- SIBi**

B523c Bernardo, Vinícius de Moraes
Contribuição da Eficiência de Aplicação para Redução de
Volume Aplicado via Pivô Central / Vinícius de Moraes Bernardo.
Urutaí 2025.

31f. il.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0120064 -
Bacharelado em Engenharia Agrícola - Urutaí (Campus Urutaí).
1. Engenharia Agrícola. 2. Irrigação. 3. Pivô Central. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Vinicius de Moraes Bernardo

Matrícula:

2018101200640249

Título do trabalho:

CONTRIBUIÇÃO DA EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO PARA REDUÇÃO DE VOLUME APLICADO VIA PIVÔ CENTRAL

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 18 /02 /2025

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
gov.br VINICIUS DE MORAIS BERNARDO
Data: 18/02/2025 13:27:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Urutaí

Local

18 /02 /2025

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a) **gov.br**

Documento assinado digitalmente
LEANDRO CAIXETA SALOMAO
Data: 18/02/2025 13:38:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



+SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 1/2025 - CCBEA-URT/GE-UR/DE-UR/CMPURT/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos **sete dias** do mês de fevereiro de 2025, às 09:00, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Leandro Caixeta Salomão (orientador), Raiane Ferreira de Miranda (membro), Juliana Carla Carvalho dos Santos (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “**CONTRIBUIÇÃO DA EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO PARA REDUÇÃO DE VOLUME APLICADO VIA PIVÔ CENTRAL**” do estudante **Vinicius de Morais Bernardo**, Matrícula n ° 2018101200640249 do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola do IF Goiano 3 Campus Urutaí. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante, com nota média **8,6**. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Prof.(a) Dr^a. Raiane Ferreira de Miranda

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Prof.(a) Ma. Juliana Carla Carvalho dos Santos

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Leandro Caixeta Salomao**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 07/02/2025 15:21:37.
- **Juliana Carla Carvalho dos Santos**, 036.439.911-26 - Usuário Externo, em 10/02/2025 19:54:24.
- **Raiane Ferreira de Miranda**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/02/2025 14:45:31.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 673415

Código de Autenticação: 1e53dde16b



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutai

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

LISTAGEM DE FIGURAS

Figura 1. Pivô central em funcionamento. Fonte: Central Irrigação, 2025	10
Figura 2. Representação Ciclo Hidrológico. Fonte: Fundação CECIERJ, 2011	11
Figura 3. Teste de Uniformidade de Christiansen. Fonte: Autor, 2024	14
Figura 4. Danos causados a um rotor por cavitação. Fonte: Simscale, 2025	15
Figura 5. Bocal Senninger UP 3. Fonte: Catálogo Senninger, 2023	17
Figura 6. Checagem de mapa de bocal. Fonte: Autor, 2024	17
Figura 7. Representação de mapa de bocal de um lance de um pivô central. Fonte: SennPaq2, 2025	18
Figura 8. Emissor Senninger I – Wob UP 3. Fonte: Catálogo Senninger, 2024	18
Figura 9. Aplicação de água com e sem regulador de pressão. Fonte: Guia regulador de pressão Senninger, 2024	19
Figura 10. Regulador de pressão Senninger 10 PSI. Fonte: Guia regulador de pressão Senninger, 2024	19
Figura 11. Interface Software Irriger. Fonte: Software Irriger, 2024	20
Figura 12. Interface Software Irriger. Fonte: Software Irriger, 2024	21
Figura 13. Catálogo de bocais UP3 presente no software Irriger. Fonte: Software Irriger, 2024	22
Figura 13. Catálogo de bocais UP3 presente no software Irriger. Fonte: Software Irriger, 2024	22
Figura 14. Representação gráfica da disposição de bocais no primeiro lance em um pivô central. Fonte: Software Nelson, 2025	22
Figura 15. Gráfico de comportamento de uniformidade da lâmina do PC01. Fonte: Prime Irrigação, 2024	24
Figura 16. Gráfico de comportamento de uniformidade da lâmina do PC02. Fonte: Prime Irrigação, 2024	25

LISTAGEM DE EQUAÇÕES

Equação 1.	12
Equação 2.	12
Equação 3.	12
Equação 4.	13
Equação 5.	24
Equação 6.	25
Equação 7.	26
Equação 8.	26
Equação 9.	26
Equação 10.	26
Equação 11.	26
Equação 12.	27
Equação 13.	27

LISTAGEM DE TABELAS

Tabela 1. Classificação CUC (%). Fonte: Keller, 1978 13

Tabela 2. Gastos excedentes do consumo energético. Fonte: Autor, 2025 27

LISTAGEM DE SIGLAS

PC01 – Pivô central com eficiência de aplicação: 93,10%

PC02 – Pivô central com eficiência de aplicação: 72,54%

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	4
RESUMO	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1. Métodos de Irrigação.....	9
2.2. Pivô Central.....	9
2.3. Ciclo Hidrológico.....	10
2.4. Agricultura Irrigada.....	12
2.4.1. Irrigação Real Necessária.....	12
2.4.2. Irrigação Total Necessária.....	12
2.4.3. Três Safras.....	12
2.7. Uniformidade de Aplicação	13
2.8. Cavitação.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Bocais para Pivô Central	16
3.2. Mapa de Bocal do Pivô	17
3.3. Emissores Senninger	18
3.3.1. Pressão Ideal.....	19
3.4. Softwares para Cálculo de Eficiência.....	20
3.5. Manejo de Irrigação.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Exemplo Prático	24
5. CONCLUSÃO	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter concedido mais uma vitória em minha vida.

Em seguida a minha família, a minha mãe, Jucilene Moraes, meu pai, Marcos Bernardo, irmão, Vitor de Moraes e padrinhos. Que foram os pilares que me sustentaram durante essa jornada, sem eles nada seria possível.

Também gostaria de agradecer a minha segunda família, que felizmente pude conhecê-los durante o curso, amigos que Deus colocou em minha vida, Edson Henrique, Elias Júnior, Felipe Lúcio, Guilherme Vitor, Hiago de Paula, Hugo Lopes, Igor José, João Paulo, Kaio Henrique, Leontino Caetano, Maria Vitória, Naisle Rezende, Pedro Lucas, Rafaela Cristina, Rafaela Morgana e Raphael Garcia. Obrigado por tudo pessoal.

Ao meu orientador e professor, que incentivou e mostrou a grandeza da sua área de atuação durante essa longa jornada, Leandro Salomão.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, seu corpo docente, direção, administração, colegas e as pessoas que convivi nesse espaço durante minha formação acadêmica. E a todos que direta ou indiretamente contribuíram e fizeram parte da minha formação, muito obrigado!

RESUMO

A irrigação é uma prática essencial para a agricultura brasileira, mas frequentemente associada ao desperdício de água e ao agravamento da crise hídrica. No entanto, a adoção de técnicas adequadas de manutenção e otimização pode reduzir significativamente o consumo de recursos hídricos e energéticos. No caso do pivô central, a eficiência de aplicação da água é um fator crucial, pois influencia diretamente a economia de água e de energia. Este estudo tem como objetivo comparar dois equipamentos de irrigação em condições semelhantes, mas com diferentes eficiências de aplicação. A análise foi realizada por meio de revisão bibliográfica e da comparação de parâmetros como lâmina aplicada, vazão e custo energético. Além disso, foram realizadas simulações envolvendo conjuntos motobombas, permitindo estimar o impacto financeiro do tempo excedente, que poderia ser evitado, de irrigação em um sistema de baixa eficiência.

Palavras-chave: lâmina irrigada, otimização do uso da água, eficiência energética, irrigação sustentável.

ABSTRACT

Irrigation is an essential practice for Brazilian agriculture but is often associated with water waste and the worsening water crisis. However, proper maintenance and optimization techniques can significantly reduce resource consumption. In the case of central pivot systems, water application efficiency is a crucial factor, as it directly impacts water and energy savings. This study aims to compare two irrigation systems under similar conditions but with different application efficiencies. The analysis was conducted through a literature review and a comparison of parameters such as applied depth, flow rate, and energy cost. Additionally, simulations involving pump sets, pumps, and motors were carried out to estimate the financial impact of excessive irrigation time in a low-efficiency system.

Keywords: applied water depth, water use optimization, energy efficiency, sustainable irrigation.

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista o aumento da população, da demanda mundial por alimentos e a disponibilidade de novas áreas para cultivo, que apesar de serem grandes, não são áreas de acesso instantâneas, devido a questões ambientais, torna-se cada vez mais importante o aumento da produtividade, porém de forma sustentável, principalmente em relação à eficiência do uso da água (BORTOLUZZI et al., 2021).

Segundo levantamento atual realizado pela Embrapa (2024), mostra que 2,2 milhões de hectares são irrigados por pivôs centrais no Brasil. Em 2022, a área correspondia a 1,92 milhão de hectares, um aumento de 12,72% em dois anos. De acordo com Guimarães, pesquisador da Embrapa, esse crescimento está relacionado às condições topográficas, às facilidades de implantação dos empreendimentos, ao uso das águas do Aquífero Urucua e ao armazenamento da água de irrigação em tanques de geomembrana.

Segundo os resultados levantados pela ANA (2019), a irrigação é a atividade responsável por retirar um total de 49,8% de água das bacias hidrográficas. De acordo com a Embrapa (2016), a irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada para complementar à disponibilidade da água provida naturalmente pela chuva quando necessário, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas, visto que graças a irrigação é possível realizar três safras consecutivas.

Os sistemas de irrigação atualmente vêm trazendo recursos necessários para as produtividades de diversas culturas, apresentando grande importância para a agricultura, que estão diretamente relacionados com o sistema planta, água, clima e solo; desta forma é preciso ter o conhecimento das relações entre esses aspectos, que são importantes para o projeto da irrigação (BISPO et al., 2017). Nota-se que em grande parte das áreas agrícolas irrigadas o volume de água utilizado é superior ao realmente necessário, ou muitas vezes o volume utilizado se torna muito inferior para a produção satisfatória de alimentos (CENVA, 2023).

Um dos principais fatores que explicam o uso ineficiente da água em grande parte das áreas irrigadas é a baixa eficiência de aplicação observada nos equipamentos de pivô central. Diversos elementos contribuem para essa ineficiência, entre eles: a desuniformidade no mapa de bocais, obstruções físicas nos bocais, pressões inadequadas e falhas no manejo da irrigação.

O Brasil atravessa atualmente uma forte crise hídrica, com as vazões observadas em bacias hidrográficas das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste apresentando valores bem abaixo das médias históricas. Desta forma, a crise hídrica aponta para a possibilidade de redução no abastecimento de água, há também a perspectiva de racionamento no fornecimento de energia, evidenciando assim um encarecimento nacional no consumo de eletricidade, afetando assim toda a população brasileira (DINIZ, et al., 2021).

Para garantir um melhor aproveitamento dos recursos hídricos e reduzir o consumo de água, energia e custos financeiros, é essencial adotar práticas e medidas técnicas que otimizem o uso do pivô central. Assim, este trabalho teve como objetivo destacar essas medidas, e evidenciando a importância da eficiência de aplicação nesse sistema de irrigação apresentando valores que podem ser otimizados para gastos hídricos, em vazão, e valores para gastos energéticos que podem ser economizados em reais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Métodos de Irrigação

Método de irrigação é a forma pela qual a água pode ser aplicada às culturas. Basicamente, são quatro os métodos de irrigação: superfície, aspersão, localizada e subirrigação (ANDRADE, 2006). 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 (CAMARGO, 2016).

No método da aspersão, jatos de água lançados ao ar caem sobre a cultura na forma de chuva. As principais vantagens dos sistemas de irrigação por aspersão são: Facilidade de adaptação às diversas condições de solo e topografia; apresenta potencialmente maior eficiência de distribuição de água; pode ser totalmente automatizado. as tubulações podem ser desmontadas e removidas da área.

As principais limitações são: os custos de instalação e operação são mais elevados; pode sofrer influência das condições climáticas, como vento e umidade relativa; a irrigação com água salina, ou sujeita a precipitação de sedimentos, pode reduzir a vida útil do equipamento e causar danos a algumas culturas; pode favorecer o aparecimento de doenças em algumas culturas e interferir com tratamentos fitossanitários; e pode favorecer a disseminação de doenças cujo veículo é a água (ANDRADE, 2006).

2.2. Pivô Central

Para a atividade do manejo de irrigação, existem alguns tipos de irrigação que são muito utilizados, segundo Sousa et al. (2019), o sistema de irrigação de pivô central tem sido bastante usado no país, especialmente pelas características de produção, que representa grandes áreas cultivadas principalmente por culturas anuais, declividade uniforme e levemente suave.

O sistema de irrigação do tipo pivô central é constituído por uma linha lateral de aspersão, montada sobre um sistema de treliças e mantida a uma determinada altura do solo por torres de sustentação, movimentadas por rodas ao redor de uma torre central ancorada, (TESTEZLAF, 2017). Ao longo da linha lateral estão posicionados os

emissores equipados com os devidos bocais, os quais apresentam principal importância para que a lâmina de água seja aplicada de forma uniforme em toda a área.



Figura 1. Pivô central em funcionamento. Fonte: Central Irrigação (2025).

2.3. Ciclo Hidrológico

O Ciclo Hidrológico se constitui de uma sucessão de vários processos na natureza pelos quais a água inicia o seu caminho indo de um estágio inicial até retornar à posição primitiva. Parte do ciclo hidrológico é constituída pela circulação da água na própria superfície terrestre, isto é; a circulação de água no interior e na superfície dos solos e rochas, nos lagos e demais superfícies líquidas e nos seres vivos (animais e vegetais).

O intercâmbio entre as circulações da superfície terrestre e da atmosfera ocorre em dois sentidos: a) No sentido superfície-atmosfera, onde o fluxo de água ocorre fundamentalmente na forma de evaporação das águas oceânicas e evapotranspiração continental; b) No sentido atmosfera-superfície, onde a transferência ocorre em qualquer estado físico, sendo mais significativas, em termos globais, as precipitações pluviométricas, o granizo e a neve (FRITZENZ, 2011).

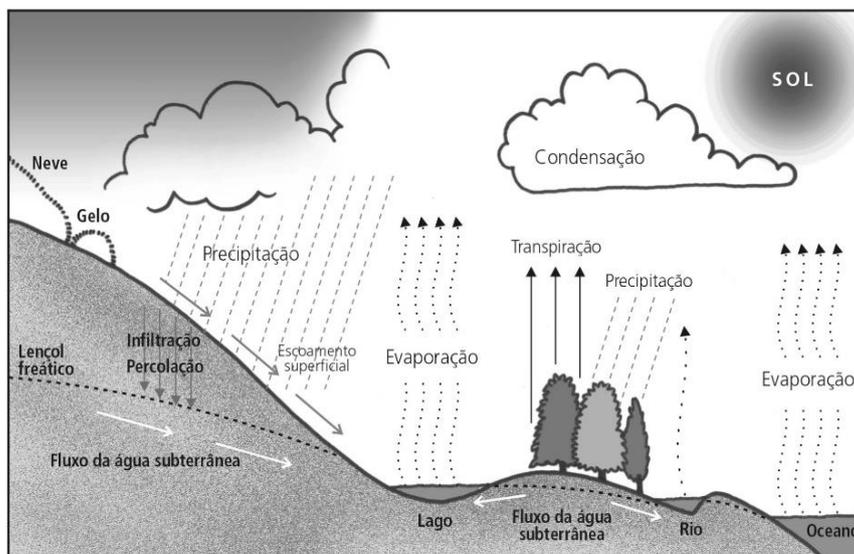


Figura 2. Representação Ciclo Hidrológico. Fonte: Fundação CECIERJ (2011).

Se tratando de irrigação, via Pivô Central, esses fenômenos apresentados se tornam diretamente aparentes. Por definição, de acordo com Pagano (2002), precipitação é a queda de água sólida ou líquida sobre a terra e os oceanos, e é o principal motor do ciclo hidrológico sobre a terra. Já a evaporação é o retorno da água do solo ou de corpos de água abertos (principalmente a superfície do oceano) para a atmosfera. A transpiração é a transferência de água para a atmosfera através dos estômatos das plantas. Coletivamente, eles são considerados evapotranspiração (ET_c), fator muito importante de se obter conhecimento, visto que pela taxa de ET_c é possível calcular a irrigação real necessária (IRN).

O escoamento superficial, é o transporte de água líquida pela superfície da Terra. Quando os solos estão saturados de água devido às chuvas intensas ou outros eventos, o excesso de água não consegue infiltrar-se completamente no solo e, em vez disso, flui sobre a superfície do solo. Esse excesso de água pode então fluir para os rios e, eventualmente, para os oceanos, ou pode se acumular em lagos ou pântanos terminais. Além disso, a água subterrânea pode interagir com o fluxo de água nos rios quando o lençol freático está próximo à superfície. Essa interação entre a água subterrânea e o escoamento superficial pode ter importantes implicações para a disponibilidade de água e a saúde dos ecossistemas aquáticos (PAGANO, 2002).

2.4. Agricultura Irrigada

2.4.1 Irrigação Real Necessária

Lâmina de irrigação real necessária (IRN): expressa a quantidade de água requerida pelo sistema para que a cultura se desenvolva sem déficit naquele determinado solo.

$$IRN = E_{tc} - P_{efetiva}$$

Equação 1.

Onde:

E_{tc} - Evapotranspiração da cultura (mm.dia⁻¹);

$P_{efetiva}$ - Precipitação efetiva (mm);

2.4.2 Irrigação Total Necessária

Lâmina de irrigação total necessária (ITN): deve-se acrescentar certa quantidade à IRN visto que durante a aplicação existem perdas como evaporação, arraste, desuniformidade e percolação. Para compensar essas perdas, divide-se a IRN pela eficiência de aplicação (E_a) (ALENCAR, et al., 2009).

$$ITN = \frac{E_{tc} - P_{efetiva}}{E_f}$$

Equação 2.

Onde:

E_{tc} - Evapotranspiração da cultura (mm.dia⁻¹);

$P_{efetiva}$ - Precipitação efetiva (mm);

E_f - Eficiência do equipamento dado em decimais.

$$E_{Tc} = E_{T0} \cdot K_c$$

Equação 3.

K_c - é um fator usado para ajustar a evapotranspiração de referência (E_{T0}) para refletir as necessidades hídricas específicas de uma cultura em particular. Ele varia ao longo do ciclo de crescimento da cultura, refletindo mudanças na taxa de evapotranspiração à medida que a planta se desenvolve.

2.4.3. Três Safras

A safra de 3ª época é obtida com sucesso, principalmente, nos estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins, noroeste de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e parte do

Estado da Bahia, com os produtores fazendo uso da irrigação por aspersão, via pivô central, e de semente de cultivares melhoradas, quando tem disponibilidade (SILVA, 2013).

2.7. Uniformidade de Aplicação

A avaliação do desempenho de sistemas de irrigação é uma prática negligenciada por irrigantes, apesar de terem acessos à tecnologia, muitos não a utilizam de maneira adequada, por falta de conhecimento ou até mesmo de orientação (SILVA & SILVA, 2005).

Se faz necessário constantes manutenções e aferições no equipamento pivô central afim de garantir fornecimento adequado para a cultura. Então testes como o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (C.U.C) é um importante parâmetro para o estudo da uniformidade de irrigação, medindo a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação. Sendo expresso matematicamente por:

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{|x_i - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}}\right)\right)$$

Equação 4.

Em que:

CUC - Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%).

n - Número de observações.

x_i - Lâmina de água aplicada no i-ésimo ponto sobre a superfície do solo.

\bar{x} - Lâmina média aplicada (mm).

Após se ter posse do teor de uniformidade, é analisado perante a parâmetros de classificação, sendo:

Classificação	CUC (%)
Excelente	> 90
Bom	80 - 90
Razoável	70 - 80
Ruim	60 - 70
Inaceitável	< 60

Tabela 1. Classificação CUC (%). Fonte: Keller, 1978.



Figura 3. Teste de Uniformidade de Christiansen. Fonte: Autor (2024).

Em pivôs centrais o teste é realizado nas seguintes etapas (adaptado de Christiansen, 1942):

1° Etapa – Escolha do raio irrigado, respeitando uma distância de no mínimo 20 metros da extremidade do pivô.

2° Etapa – Disposição de uma treina ou corda com marcações de 7 em 7 metros, ou de 5 em 5 metros, durante esse raio irrigado (é necessário se ter ciência se o material disponível é suficiente para todo o teste).

3° Etapa – É instalado varetas sobre as marcações métricas junto ao solo, e após isso já fixado os coletores sobre as varetas, estando assim finalizado a parte de instalação.

4° Etapa – Aciona-se o pivô em uma velocidade suficiente para aplicar no mínimo 5 mm, (verificar ficha de funcionamento), deixando o aparelho de irrigação passar sobre os coletores irrigando.

5° Etapa – Após o pivô se encontrar em uma distância onde não há mais alcance dos emissores, é finalizado o teste com a coleta dos volumes nos coletores, utilizando-se de provetas e cadernetas de campo.

Materiais utilizados:

- Trena.
- Varetas metálicas de mesmo comprimento.
- Coletores.
- Proveta.
- Caderneta de campo.

2.8. Cavitação

Uma simples descrição para o fenômeno de cavitação pode ser dada como: uma intensa formação de bolhas de vapor de baixa pressão da bomba, logo na entrada da sucção e posterior colapso destas bolhas na região de pressão mais alta, já dentro da bomba e mais precisamente no rotor (COELHO, 2006).

A cavitação está diretamente ligada com o aumento da altura de sucção de um sistema de captação, causado por uma redução no nível de barragens, rios ou piscinões. O NPSHr requerido, *Net Positive Suction Head*, é a carga líquida positiva na sucção que uma bomba necessita, já o NPSHd disponível, é a quantidade de carga líquida positiva na sucção que está disponível no local do projeto (SIMSCALE, 2025). Logo o NPSHd no projeto precisa ser maior que o NPSHr pela bomba, assim evitando a cavitação.



Figura 4. Danos causados a um rotor por cavitação. Fonte: Simscale (2025)

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado uma breve revisão de literatura para abordagem inicial dos assuntos que pertencem ao tema, por meio de artigos e órgãos governamentais como Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento (MAPA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Agência Nacional das Águas (ANA). E para evidenciar a importância da eficiência de aplicação para a redução da vazão aplicada, foi comparado dois aparelhos de irrigação, com áreas de igual tamanho, 75 hectares, motores de mesma potência, 100 cv, e por fim com mesmas lâminas diárias em 21 horas, cerca de 9,40 mm.

Os materiais que foram buscados para a revisão de literatura foram pesquisados nas plataformas *Google Acadêmico* a partir das palavras-chave Irrigação, Pivô Central, Ciclo Hidrológico e Uniformidade de Aplicação. Os softwares utilizados para os dados de comparação foram o Irriger e o SennPaq2. Já os pivôs centrais, denominados PC01, com eficiência 93,1%, e PC02, com eficiência de 72,54%, são localizados nos municípios de Paraúna e Petrolina de Goiás, respectivamente, ambos no estado de Goiás. O tempo de realização dos estudos e levantamentos de dados de ambos os pivôs, foram cerca de 2 horas por aparelho.

3.1. Bocais para Pivô Central

Bocais são dispositivos instalados em sistemas de irrigação, como pivôs centrais, aspersores ou sistemas de gotejamento, que regulam a água através de seus diferentes tamanhos de passagem e direcionam a liberação de água através de seus formatos. Eles são projetados para distribuir a água de acordo com necessidades específicas de irrigação, considerando fatores como pressão do sistema, tipo de cultivo, e condições do solo. Se apresentarem obstruções físicas, podem causar anéis nas lavouras, ocasionando em menor produtividade na área afetada.

Os bocais utilizados no estudo foram Bocais UP3, da empresa Senninger, pioneira em tecnologia de irrigação. Além de diferentes diâmetros internos, responsável pela vazão aplicada, os bocais também contam com numerações e cores distintas, para melhor orientação e fácil instalação. Para pivôs centrais eles partem da numeração #4, bocal com menor vazão do modelo, e chegando até a numeração #26, de maior vazão. Essa numeração é crucial para se obter a ordem de bocais, partindo do centro do pivô até sua extremidade, sendo possível obter o mapa de bocal.



Figura 5. Bocal Senninger UP 3. Fonte: Catálogo Senninger (2023)

3.2. Mapa de Bocal do Pivô

O mapa de bocal é necessário para se ter posse da eficiência de aplicação que o aparelho entrega por meio da ordem dos bocais e pressões constatadas. Cada bocal que é utilizado em um emissor tem sua listagem baseada na posição na qual se encontra durante o raio irrigado, na vazão aplicada pelo equipamento, e no espaçamento encontrado entre emissores (variando entre os fabricantes essa medida). Por isso é realizado a leitura do mapa de bocal, basicamente ter posse de sua numeração e ordem, a fim de garantir que o aparelho aplique a mesma vazão durante todo o raio irrigado, vale ressaltar que não é apenas o bocal que precisa estar correto, todos os demais itens que fazem parte do pivô precisam estar em perfeita sintonia com o mapa de bocal.



Figura 6. Checagem de mapa de bocal. Fonte: Autor (2024).

Ivot - Carga											
1		3.00	3.0	0.05	0.27	4.64	1.50	PSR-2-20/1IWob UP3-2 Std 9 Grv		6-GOLD	1 G
2	€ 80	5.80	5.8	0.15	0.27	4.57	1.50	PSR-2-20/1IWob UP3-2 Std 9 Grv		6-GOLD	2 G
3	€ 80	16.60	16.6	0.26	0.27	4.60	1.60	PSR-2-20/1IWob UP3-2 Std 9 Grv		6-GOLD	3 G
4	€ 80	23.40	23.4	0.36	0.36	4.44	1.60	PSR-2-20/1IWob UP3-2 Std 9 Grv		7-LIME	4 G
5	€ 80	30.20	30.2	0.46	0.48	4.37	1.49	PSR-2-20/1IWob UP3-2 Std 9 Grv		8-LAVENDER	5 G
6	€ 80	37.00	37.0	0.56	0.54	4.30	1.49	PSR-2-20/1IWob UP3-2 Std 9 Grv		8-LAV/4	6 G
7	€ 80	43.80	43.8	0.67	0.67	4.23	1.49	PSR-2-20/1IWob UP3-2 Std 9 Grv		9-GRY/4	7 G
8	€ 80	60.60	60.6	0.80	0.82	4.17	1.49	PSR-2-20/1IWob UP3-2 Std 9 Grv		10.6-TUR/4	8 G

Figura 7. Representação de mapa de bocal de um lance de um pivô central. Fonte: SennPaq2 (2025).

3.3. Emissores Senninger

Um emissor é um dispositivo instalado ao longo do sistema de irrigação que libera água de maneira controlada e específica, com o objetivo de fornecer a quantidade necessária de água diretamente às plantas ou ao solo, de acordo com as necessidades hídricas e as condições específicas da cultura.

Atualmente no mercado da irrigação o modelo que vem ganhando mais destaque e espaço entre os emissores, é o I – Wob UP3, da empresa Senninger. Conta com uma fácil manutenção operacional, e outro fator apontado pela empresa e observado a campo, é a resistência em condições abrasivas de operação, onde a má qualidade da água, geralmente causada por águas com teores ferrosos podem causar um maior desgaste dos componentes de irrigação, causando desgaste prematuro e obstruções físicas.



Figura 8. Emissor Senninger I – Wob UP 3. Fonte: Catálogo Senninger (2024).

3.3.1. Pressão Ideal

Para garantir que durante todo o raio irrigado, o equipamento aplique a mesma vazão equivalente, é necessária uma pressão mínima de trabalho. No exemplo prático mencionado no presente trabalho, foram utilizados, válvulas reguladoras de 10 PSI do modelo Senninger PSR 2, que apresentam ponto de trabalho ideal entre 1 kgf/cm² - 1,2 kgf/cm². Vale ressaltar que este ponto de trabalho mencionado, trata-se da pressão constatada antes da válvula reguladora, entre o pendural e o emissor, visto que por ser menos prático a campo, medir a pressão de uma válvula se torna viável apenas para casos onde se desconfia do mal funcionamento do acessório. Para a válvula reguladora de 10 PSI, seu funcionamento em si é de 0,703 kgf/cm².

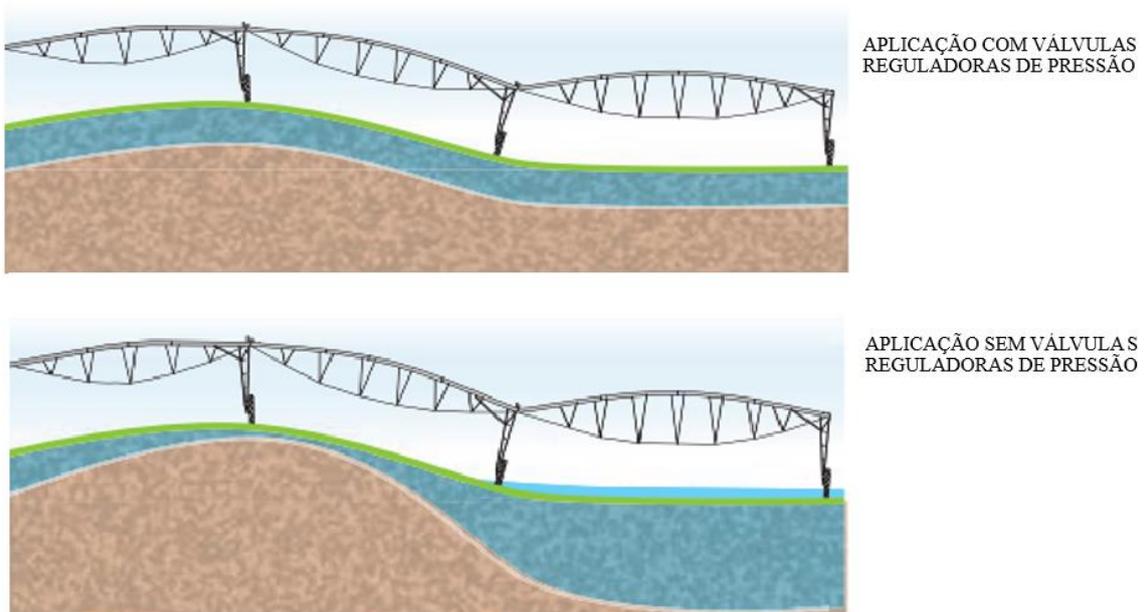


Figura 9. Aplicação de água com e sem regulador de pressão. Fonte: Guia regulador de pressão Senninger (2024).



Figura 10. Regulador de pressão Senninger 10 PSI. Fonte: Guia regulador de pressão Senninger (2024)

3.4. Softwares para Cálculo de Eficiência

Tendo conhecimento e noções de funcionamento dos tópicos listados acima, se utilizou de um software da empresa Irriger (atualmente Valley Scheduling) em forma de planilha, para cálculos hidráulicos.

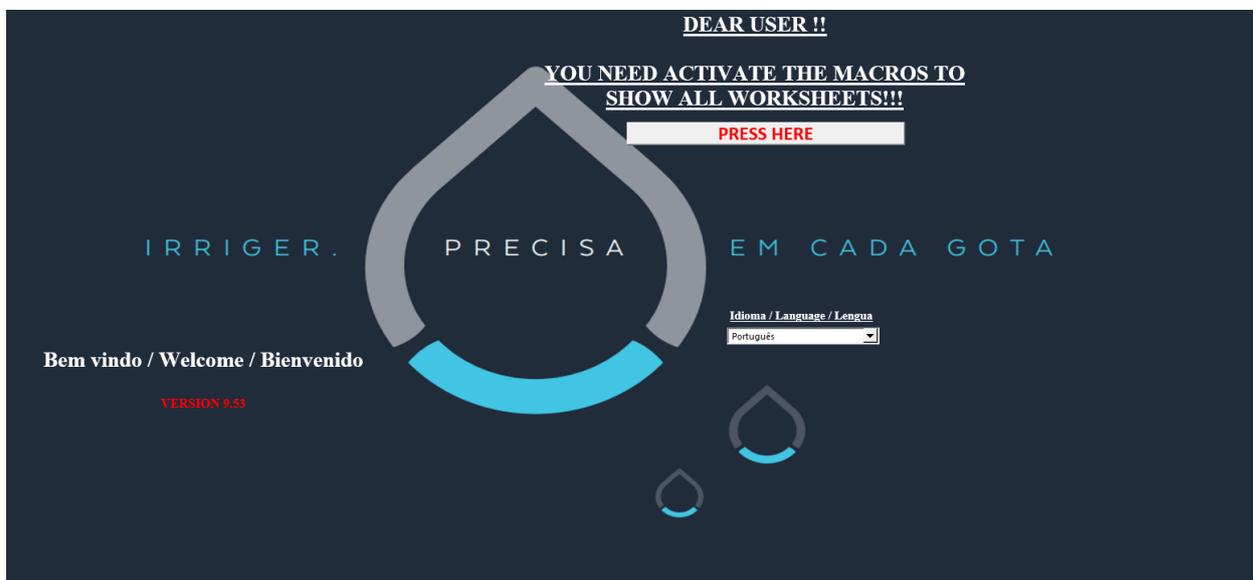


Figura 11. Interface Software Irriger. Fonte: Software Irriger (2024).

No software foram necessárias algumas informações básicas para poder realizar os cálculos de perda de carga e de uniformidade de aplicação. Tais informações são:

- Altitude do centro e ponto mais alto do pivô;
- Listagem do mapa de bocal;
- DN e PN da adutora;
- Aferição da pressão no bombeamento, centro e ponta do pivô.

Também se fez necessário o conhecimento do modelo das válvulas reguladoras, diferenciadas por sua classe de pressão. No estudo de ambos os pivôs, os modelos encontrados foram de 10PSI, é de suma importância devido ao fato de quanto maior for a pressão de entrada em uma válvula, maior será a vazão aplicada pelo bocal.

SENNINGER I-WOB UP3							12,50	0,62	0,80	0,98	1,13	1,26	1,38
N Bocal	Vazão (m³/h)						13,00	0,67	0,87	1,06	1,22	1,37	1,50
	6 PSI	10 PSI	15 PSI	20 PSI	25 PSI	30 PSI	13,50	0,72	0,93	1,14	1,32	1,48	1,62
	4,219	7,031	10,546	14,062	17,577	21,093	14,00	0,78	1,00	1,23	1,42	1,59	1,74
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,50	0,83	1,08	1,32	1,52	1,70	1,86
4,00	0,06	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	15,00	0,89	1,15	1,41	1,63	1,82	2,00
4,50	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	15,50	0,95	1,23	1,51	1,74	1,95	2,13
5,00	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	16,00	1,02	1,31	1,61	1,86	2,08	2,27
5,50	0,12	0,15	0,19	0,21	0,24	0,26	16,50	1,08	1,40	1,71	1,98	2,21	2,42
6,00	0,14	0,18	0,22	0,26	0,29	0,31	17,00	1,15	1,48	1,82	2,10	2,35	2,57
6,50	0,17	0,21	0,26	0,30	0,34	0,37	17,50	1,22	1,57	1,92	2,22	2,49	2,72
7,00	0,19	0,25	0,30	0,35	0,39	0,43	18,00	1,29	1,66	2,04	2,35	2,63	2,88
7,50	0,22	0,29	0,35	0,40	0,45	0,50	18,50	1,36	1,76	2,15	2,48	2,78	3,04
8,00	0,25	0,32	0,40	0,46	0,51	0,56	19,00	1,43	1,85	2,27	2,62	2,93	3,21
8,50	0,29	0,37	0,45	0,52	0,58	0,64	19,50	1,51	1,95	2,39	2,76	3,08	3,38
9,00	0,32	0,41	0,50	0,58	0,65	0,71	20,00	1,59	2,05	2,51	2,90	3,24	3,55
9,50	0,36	0,46	0,56	0,65	0,73	0,79	20,50	1,67	2,15	2,63	3,04	3,40	3,73
10,00	0,39	0,51	0,62	0,72	0,80	0,88	21,00	1,75	2,26	2,76	3,19	3,57	3,91
10,50	0,43	0,56	0,69	0,79	0,89	0,97							
11,00	0,48	0,62	0,76	0,87	0,98	1,07							
11,50	0,52	0,67	0,83	0,95	1,07	1,17							
12,00	0,57	0,74	0,90	1,04	1,16	1,27							

Figura 13. Catálogo de bocais UP3 presente no software Irriger. Fonte: Software Irriger (2024).

Através da somatória das vazões de cada bocal, é obtido a vazão real em m³/h que o sistema de irrigação aplica. Como observado na Figura 13, a vazão dos bocais não varia mais que 0,08 m³/h entre bocais subsequentes, se obedecida a ordem correta. Caso os bocais estejam fora de ordem de uma forma muito irregular e discrepante, a vazão entre bocais subsequentes acaba por variar de uma forma errônea, aplicando assim uma maior ou menor lâmina para a posição do emissor no raio o pivô. Culminando em uma eficiência de aplicação menor, e em gastos hídricos e energéticos que não foram dimensionados para o projeto original.

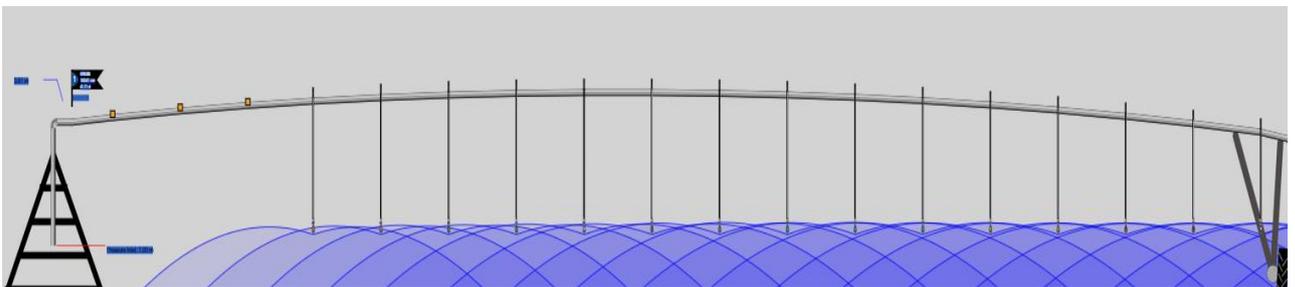


Figura 14. Representação gráfica da disposição de bocais no primeiro lance em um pivô central. Fonte: Software Nelson (2025).

3.5. Manejo de Irrigação

Um equipamento devidamente calibrado e aferido, não é sinônimo de aplicação adequada de lâmina d'água para a cultura, um serviço que é imprescindível nas áreas irrigadas é o de manejo de irrigação.

Entender a necessidade da cultura, levando em conta seu estado fenológico, capacidade de retenção de água no solo, taxa de evapotranspiração adequada para a época do ano, e condições hídricas da propriedade, é tão importante quanto ter um equipamento em condições ideais de trabalho.

Quando se trata de áreas onde a vazão disponível é baixa, o manejo de irrigação pode se limitar quanto a quantidade de Irrigação, tendo que adotar outras estratégias para dividirmos essa lâmina (mm). Como nos casos dos dois aparelhos de pivô central apresentados neste trabalho, onde contam com lâmina diárias (21 horas) de cerca de 9,40 mm. Então se trabalha o manejo de tal forma que essas duas áreas do pivô, não requisitem mais que 9,40 mm / 21 horas de irrigação respectivamente.

Porém o manejo de irrigação não é algo fixo que se é trabalhado seguindo uma série de passos, é necessário o estudo da área e do equipamento para a tomada de decisões. Aparelhos que apresentam grandes áreas em hectares (150 ha >), apesar de terem muita vazão disponível, valores acima de 600 m³/h, apresentam lâminas diárias baixas (< 6,50 mm/21 h), o que limita ainda mais a quantidade de irrigação necessária, sendo necessário adotar medidas nas quais se seriam impensáveis em aparelhos menores, dividir o plantio em 4 partes de 90°, irrigar mesmo sem a cultura plantada, afim de abastecer a capacidade hídrica do solo, são medidas que frequentemente são tomadas nestes casos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Exemplo Prático

Através de disposição dos bocais é possível emitir um gráfico de comportamento da lâmina pelo software Irriger, assim observando os pontos que se aplicou mais ou menos água. Segue abaixo exemplo de equipamento, representado por PC01 no presente trabalho, de 75 ha, com uniformidade de aplicação de 93,1 % e pressão ideal na ponta para reguladores de 10 PSI (1,2 kgf/cm²).

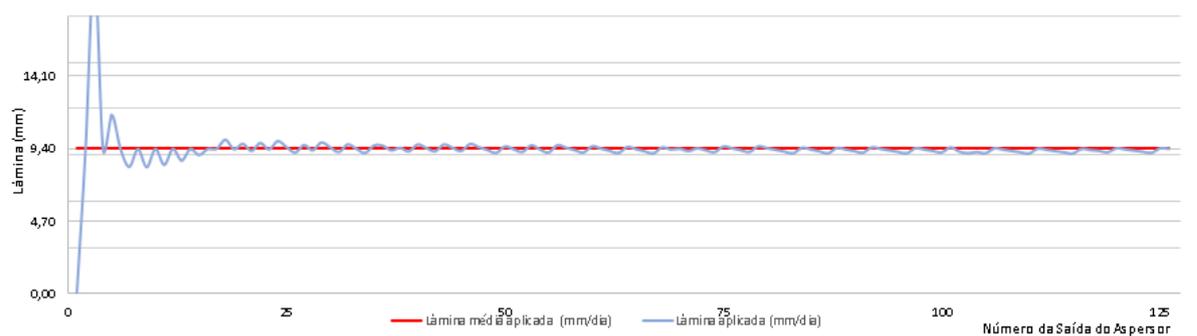


Figura 15. Gráfico de comportamento de uniformidade da lâmina do PC01. Fonte: Prime Irrigação (2024)

Este equipamento está localizado no município de Paraúna – GO, após aferição apresentou uma lâmina diária (21h) de 9,4 mm. Como já apresentado anteriormente, foi utilizado a equação de IRN para determinar quantos milímetros a cultura do feijão requisitou para tal eficiência (93,1%), durante o período de floração e frutificação, que é quando a cultura está no seu estado crítico, necessitando de mais água.

Para fins experimentais, foram considerados os seguintes dados baseados em históricos meteorológicos da região e informações coletadas a campo, para a cultura do feijão:

- Kc da cultura no estado crítico: 1,20
- Evapotranspiração média (ET₀) no mês de junho na região: 4,5 mm/dia
- Dias Irrigados Semanalmente: 6 dias
- Evapotranspiração da cultura (ET_c): 32,4 mm/semana
- Precipitação efetiva (P_{efetiva}): 5 mm/semana
- Eficiência do sistema de irrigação (Ef): 93,1%

$$ITN = \frac{ET_c - P_{efetiva}}{Ef}$$

$$ITN = \frac{32,4 - 5}{0,931} = 29,43 \text{ mm/semana}$$

Equação 5.

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) conta com um ciclo que varia entre 75 a 95 dias de acordo com a Embrapa. Utilizou – se, entretanto, apenas os dias em que se mantem as fases de floração e frutificação, cerca de quatro semanas.

Portanto:

Irrigação na fase crítica = 29,43 mm/semana . 4 semanas = 117,72 mm.

Equação 6.

Para o PC01, foi necessário a aplicação de 117,72 mm de água, nos períodos mais críticos, na safra do feijão, o que para uma área de 75 ha, e lâmina diária de 9,40 mm, equivale a uma vazão de 175,17 m³/h, obtida pelo software. Aplicou – se apenas o necessário para o desenvolvimento da cultura, evitando percas momentâneas de água seja por escoamento superficial ou por lixiviação, e evitando assim também o déficit hídrico não calculado no manejo.

Foi comparado a quantidade de irrigação necessária para a mesma cultura na mesma fase do ciclo fenológico que o primeiro caso, mas utilizou – se um aparelho com eficiência de 72,54%, representado por PC02, lâmina diária (21 h) de 9,4 mm, também com 75 ha, e pressão ideal na ponta para reguladores de 10 PSI (1,2 kgf/cm²).

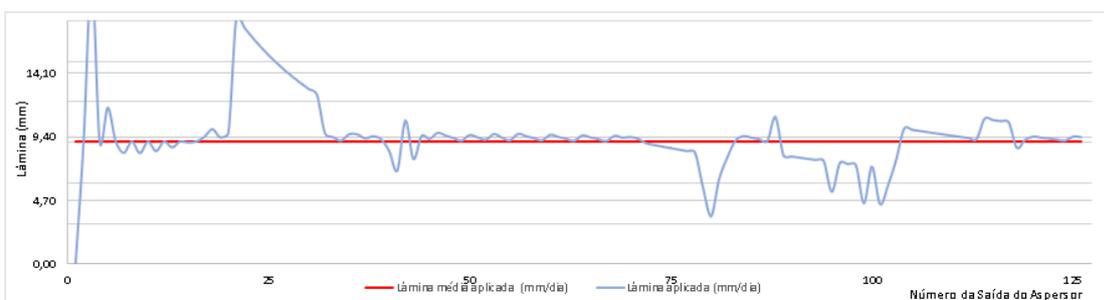


Figura 16. Gráfico de comportamento de uniformidade da lâmina do PC02. Fonte: Prime Irrigação (2024)

Já este equipamento se encontra no município de Petrolina de Goiás – GO, e foram utilizados os mesmos valores de dados para a cultura do feijão:

- Kc da cultura no estado crítico: 1,20
- Evapotranspiração média (ET₀) no mês de junho no estado de Goiás: 4,5 mm/dia
- Dias Irrigados Semanalmente: 6 dias
- Evapotranspiração da cultura (ET_c): 32,4 mm/semana
- Precipitação efetiva (P_{efetiva}): 5 mm/semana

- Eficiência do sistema de irrigação (Ef): 72,54 %

$$ITN = \frac{Etc - Pefetiva}{Ef}$$

$$ITN = \frac{32,4 - 5}{0,7254} = 37,78 \text{ mm/semana}$$

Equação 7.

Portanto, a irrigação total para um ciclo de 4 semanas:

$$\text{Irrigação na fase crítica} = 37,78 \text{ mm/semana} \cdot 4 \text{ semanas} = 151,12 \text{ mm.}$$

Equação 8.

Para o PC02, foi necessário 151,12 mm na fase crítica, o que equivale a 224,88 m³/h. A diferença obtida entre ambos foi de 33,40 mm, em um sistema que apresenta baixa uniformidade. O PC02 como já mencionado, conta com uma lâmina diária de 9,4 mm, convertendo essa lâmina sobressalente em horas irrigadas temos:

$$\text{Horas irrigadas a mais} = \frac{33,40 \text{ mm}}{9,4 \text{ mm}} \cdot 21 = 74,62 \text{ horas de irrigação.}$$

Equação 9.

Durante esse período de tempo, se o aparelho estivesse nas devidas condições não seria necessário a irrigação, pois o pivô aplicaria a quantidade requisitada de água antes desse intervalo. Como se foi coletado a campo a sua área total irrigada, de 75 ha, para ambos pivôs, foi calculado o quanto essa diferença em lâmina, representa em vazão (m³/h), utilizando da equação de vazão adaptada por Mantovani, onde:

$$Q = \frac{Lb \times A \times 10}{t}$$

Equação 10.

Lb = Lâmina em 21 horas (mm)

A = Área em hectare (ha)

T = horas irrigadas (h)

Portanto:

$$Q = \frac{9,40 \times 75 \times 10}{74,62} = 94,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

Equação 11.

Já se tratando do consumo energético “extra” do PC02, foi utilizado 1 motor de 100 cv para cada pivô ter seu funcionamento, motor este que de acordo com a WEG (2025), conta com uma potência máxima no eixo de 100,58 hp. Para o cálculo de consumo em kw/h se fez necessário converter potência em cv para kw:

$$\text{Pot (kw)} = 100 \times 0,736 = 73,6 \text{ kw totais.}$$

Equação 12.

Fator de conversão de cv para Kw = 0,736

Porém uma parte dessa potência é perdida devido ao rendimento de cada motor, que neste trabalho foi considerado 90%. Logo foi obtido a quantidade real de kw gastos:

$$\text{Gasto} \left(\frac{\text{kw}}{\text{h}} \right) = \frac{73,6}{0,9} = 81,78 \text{ kw/h}$$

Equação 13.

De acordo com Resolução Homologatória nº 3.407/2024 da ANEEL, a tarifa de energia elétrica para consumidores rurais é de R\$ 0,60397 por kWh, sendo das 21:30 h às 6 h esse horário especial. Para o horário intermediário das 6 h às 18 h conta com o valor de R\$ 1,00585 por kWh.

MOTOR 100CV CONSUMO DE: 81,78 kw/h			
	kw/h		kw/h
	R\$ 0,60397		R\$ 1,00585
	HORAS IRRIGADAS		HORAS IRRIGADAS
	31,97		42,63
CONSUMO:	2614,5066		3486,2814
	R\$ 1.579,08355		R\$ 3.506,67615

TOTAL: **R\$ 5.085,75970**

Tabela 2. Gastos excedentes do consumo energético. Fonte: Autor (2025)

Se obteve a diferença de R\$ 5.085,75 reais, com gasto energético, entre os dois pivôs, além da diferença em vazão de 94,50 m³/h. Essa irrigação poderia ter sido realizada com bem menos tempo, e menor consumo de água, apesar de não se tratar de um desperdício de água, afinal a água que não fosse requerida pela planta, acabaria por retornar ao ciclo, seja por meio do escoamento superficial ou por evaporação. Porém esse volume de água a depender da situação hídrica da área, pode ocasionar em uma redução do nível de água no sistema de captação, o que acarreta um problema de queda de pressão

no aparelho e cavitação, além do custo de funcionamento que seria maior, de possível lixiviação, e doenças causadas pelo excesso de umidade.

Pequenos detalhes que quando não resolvidos, ocasionaram essas perdas, troca de bocais realizadas sem supervisão técnica, perda de bocais durante a safra e ausência de aferições no aparelho resultaram no impasse.

5. CONCLUSÃO

Foi obtido uma diferença de 94,50 m³/h no volume aplicado entre os dois pivôs, evidenciando o papel direto da eficiência de aplicação na irrigação. Também foi calculado o consumo energético do conjunto motobomba nesse período de irrigação “excedente”, utilizou-se do horário do irrigante em 8,5 horas/dia para o cálculo para se aproximar o máximo de um valor real, obteve-se R\$ 5.085,75 reais de gastos durante esse período. Chegou-se à conclusão que são necessárias algumas medidas preventivas e corretivas quando se trata de irrigação via pivô central. Além dessas medidas evidenciou-se também que:

- Em toda entressafra é necessário a checagem do mapa de bocal, e aferição completa do pivô central, afim de reduzir possíveis gastos.
- Um gabarito do mapa de bocal e pressões (bomba, centro e ponta), se faz necessário no dia a dia do uso do pivô central, assim estando ciente de problemas já no seu início.
- A eficiência de aplicação em teores adequados (> 85%), otimiza o uso da água, mantendo nossas águas disponíveis com um uso consciente junto ao meio ambiente.
- Além do uso consciente, a eficiência de aplicação baixa, impacta diretamente no projeto original da irrigação, causando possíveis cavitações na bomba, gastos hídricos, energéticos e com mão de obra especializada. O que ao longo do tempo resulta em gasto financeiro elevado.
- Para se otimizar a irrigação se faz necessário a participação de um profissional técnico devidamente qualificado para auxiliar o produtor na tomada de decisões.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional das águas. **Atlas Irrigação atualiza área irrigada total no Brasil em 8,2 milhões de hectares**. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/atlas-irrigacao-atualiza-area-irrigada-total-no-brasil-em-8-2-milhoes-de-hectares Acesso em: 14 mar. 2024.

ANDRADE, C. L. T; BRITO, R. A. L. **Cultivo do Milho: Irrigação. Circular Técnica, n.86. Sete Lagoas, MG. EMBRAPA Milho e Sorgo**. Dezembro de 2006. Disponível em: cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_86.pdf Acesso em: 14 mar. 2024.

ALENCAR, Carlos Augusto Brasileiro de et al. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 98-108, 2009.

BISPO, R. C.; FLORES, D. S; SANTOS, V.N.H. B; VENTURA, K. M; QUEIROZ, S. O.P. **MANEJO DE IRRIGAÇÃO PARA CULTIVO DE PIMENTÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO**, IV INOVAGRI International Meeting, Botucatu, SP. 2017. Disponível em: Acesso em: 13 mar. 2024.

BORTOLUZZI, Mateus Possebon; MATTIONI, Marcelo Herter. **Uniformidade de distribuição de água em pivô central. Manejo, gestão e técnicas em irrigação**. Canoas: Mérida Publishers, 2021. Disponível em: meridapublishers.com/18manejo/18capitulo2.pdf Acesso em: 27 jan. 2025

CAMARGO, D. C. **Manejo da Irrigação: como, quando e quanto irrigar?** Fortaleza: INOVAGRI/IFCE, 2016. Disponível em: Acesso em: 15 mar. 2024.

CENVA, 2023. **Como fazer o manejo de irrigação: importância e recomendações**. Disponível em: <https://www.cptcursospresenciais.com.br/blog/manejo-de-irrigacao/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

COELHO, Wellington Ricardo. **Análise do fenômeno de cavitação em bomba centrífuga**. 2006.

DINIZ, João Alberto Oliveira et al. **Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público**. CPRM, 2021.

EMBRAPA. **Sistemas de produção**. Disponível em: <https://abrir.link/ZokJu>, 2016. Acesso em: 13 mar. 2024

EMBRAPA. **Oeste baiano supera Minas Gerais e se torna o maior polo de irrigação do Brasil**. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/96460133/oeste-baiano-supera-minas-gerais-e-se-torna-o-maior-polo-de-irrigacao-do-brasil?p_auth=wEbxKecr. Acesso em: 10 de fevereiro de 2025.

FRITZEN, Maycon; BINDA, Andrey Luis. **Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente**. Ateliê Geográfico, v. 5, n. 3, p. 239-254, 2011.

SIMSCALE. **What is Net Positive Suction Head (NPSH)**. Disponível em: https://www.simscale.com/docs/simwiki/cfd-computational-fluid-dynamics/what-is-net-positive-suction-head-npsh/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 03 fev. 2025.

Testezlaf, R. Irrigação: **Métodos, sistemas e aplicações**. 1. ed. Campinas: Unicamp/FEAGRI, 2017. 215p. Disponível em: Acesso em: 13 mar. 2024

WEG. **Motores Elétricos**. Disponível em: <https://www.ksb.com/pt-br/login?redirect=/pt-br/login?redirect=/pt-br/produtos/catalogo-de-produtos>
Acesso em: 10 fev. de 2025.