

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES CURSO DE
AGRONOMIA

INVESTIGAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM PIVOT'S
CENTRAIS NA REGIÃO DE PIRACANJUBA - GOIÁS

Leonardo Vieira Gomes Marçal de Souza

Goiânia 2025

LEONARDO VIEIRA GOMES MARÇAL DE SOUZA

INVESTIGAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM PIVOT'S
CENTRAIS NA REGIÃO DE PIRACANJUBA - GOIÁS

Artigo apresentado como requisito parcial
para composição de média final na disciplina
de Trabalho de Conclusão de Curso, do
curso de graduação em Agronomia, da
Pontifícia Universidade Católica de Goiás,
PUC-Goiás.

Orientador: Prof. Me. Ariston Alves Afonso



ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO
DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia 14 de Junho de 2025 às 09:45 horas, o (a) estudante LEONARDO VIEIRA GOMES MARÇAL DE SOUZA, do curso de AGRONOMIA da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, expôs, em Sessão Pública de Apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso, o trabalho intitulado **Investigação da Uniformidade de Distribuição de Água em Pivot's Centrais na Região de Piracanjuba – Goiás**, para a Banca de Avaliação composta pelos (as) docentes: Ariston Alves Afonso; Helder Borges de Assis e Yure da Costa Borges. O trabalho da Banca de Avaliação foi conduzido pelo (a) docente Presidente que, inicialmente, após apresentar os docentes integrantes da Comissão, concedeu **30 minutos** ao (a) estudante (a) para que este (a) expusesse o trabalho. Após a exposição, o (a) docente Presidente concedeu a palavra a cada membro convidado da Comissão para que estes arguissem o (a) estudante. Após o encerramento das arguições, a Banca de Avaliação, reunida isoladamente, avaliou o trabalho desenvolvido e o desempenho do (a) estudante na exposição, considerada a trajetória deste (a) no desenvolvimento do TCC. Como resultado da avaliação, a Banca de Avaliação deliberou pela:

- () **Aprovação.**
- (X) **Aprovação, condicionado às correções recomendadas pelos membros da banca.** A Banca de Avaliação conclui que o(a) estudante está **APROVADO(A)** condicionado às correções de forma e/ou conteúdo recomendados. As correções deverão ser indicadas no formulário de Avaliação Final de Trabalho de Conclusão de Curso. **O(A) estudante terá o prazo de 4 dias** para os ajustes e entrega da versão final ao professor (a) orientador (a), contado a partir da data da sessão de apresentação pública do TCC (18/06/2025).
- () **Reprovação,** conclui que o trabalho apresentado não satisfaz as condições mínimas e o(a) estudante está **REPROVADO(A)**.

Média das Notas dos Membros da Banca Examinadora: 9,5

Nome (por extenso) do Membro Presidente da Banca Avaliadora (Av1):

Ariston Alves Afonso

Nome (por extenso) do Membro Convidado da Banca Avaliadora (Av2):

Helder Borges de Assis

Nome (por extenso) do Membro Convidado da Banca Avaliadora (Av3):

Yure da Costa Borges

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO FINAL DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LEONARDO VIEIRA GOMES MARÇAL DE SOUZA

DEDICATÓRIA

Não há exemplo maior de dedicação do que o da minha família. Por isso, dedico este trabalho aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido força, sabedoria e saúde para chegar até aqui. Finalizar este curso sempre foi um grande sonho, e hoje, com imensa gratidão, posso dizer que todo o esforço e todas as dificuldades enfrentadas ao longo do caminho valeram a pena.

Dedico esta conquista aos meus queridos pais, que sempre me apoiaram em todas as fases da vida. Sou profundamente grato pelo amor, incentivo e suporte incondicional que sempre me ofereceram. Foi graças a eles que me tornei o homem que sou hoje.

Em 2024, tive a bênção de me tornar pai, uma das maiores alegrias e surpresas da minha vida. Essa nova etapa me proporcionou maturidade, responsabilidade e motivação renovada para concluir este curso e seguir com ainda mais determinação.

Aos meus avós, agradeço por toda a sabedoria transmitida e, especialmente, à minha avó, por sempre acreditar em mim e me incentivar a buscar meus sonhos através dos estudos. Seu exemplo e apoio foram fundamentais nesta jornada.

Aos meus amigos, que estiveram presentes nos momentos difíceis e nos mais felizes, deixo minha sincera gratidão. A convivência, as conversas, as risadas e o apoio de vocês tornaram essa caminhada muito mais leve e inesquecível.

Por fim, agradeço ao meu orientador, pelo apoio, paciência, orientação e pelos valiosos conselhos durante o desenvolvimento deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para que este projeto fosse concluído com êxito.

A todos, meu muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6. CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS.....	29

**INVESTIGAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM
PIVOT'S CENTRAIS NA REGIÃO DE PIRACANJUBA – GOIÁS**

INVESTIGATION OF WATER DISTRIBUTION UNIFORMITY IN CENTRAL PIVOT'S IN
THE PIRACANJUBA REGION – GOIÁS

Leonardo Vieira Gomes Marçal de Souza¹, Ariston Alves Afonso²

Pontifícia Universidade de Goiás, Goiânia - GO, Brasil
Piracanjuba - GO, Brasil
Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil

RESUMO

A irrigação é crucial e de grande importância para a produção agrícola, quando se trata de regiões áridas, semi-áridas ou com regime de chuvas irregular. Consiste em um conjunto de técnicas que busca deslocar a água para uma certa região, de modo que possa corrigir a distribuição natural das chuvas.

Este estudo visa avaliar a uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação de água de cinco sistemas de irrigação tipo pivô central, no município de Piracanjuba, GO.

No campo, para confirmar se as condições planejadas estão efetuando de maneira precisa avalia-se os parâmetros de funcionamento do equipamento como pressão de serviço, vazão e lâminas d'água aplicadas. Foram analisados cinco pivôs centrais, com o intuito de comparar os resultados de uniformidade de distribuição de água.

No campo, para confirmar se as condições planejadas estão sendo atendidas com precisão, avaliem-se os parâmetros de funcionamento do equipamento, como pressão de serviço, vazão e lâminas d'água aplicadas. Analisaram-se cinco pivôs centrais para comparar os resultados de uniformidade na distribuição de água.

Para esse fim, utilizou-se coletores padronizados de água para avaliar a lâmina que está sendo aplicada pelo pivô central. A água foi coletada e criou-se uma planilha com os dados, já transformados em milímetros de precipitação.

Para isso, foram utilizados coletores padronizados de água para avaliar a lâmina aplicada pelo pivô central. A água coletada foi registrada em uma planilha, com os dados convertidos em milímetros de precipitação.

Foram utilizados os coeficientes de uniformidade que são ferramentas ~~valiosas~~ úteis para visualizar e mensurar a distribuição da água ~~sobre o~~ no solo, permitindo uma análise detalhada ~~critérios~~ da eficiência dos sistemas de irrigação.

Palavras-chave: Aferição; Pivô central; Uniformidade.

ABSTRACT

Irrigation is crucial and of great importance for agricultural production in arid, semi-arid or irregular rainfall regions. It consists of a set of techniques that seek to move water to a certain region, so that it can correct the natural distribution of rainfall.

This study aims to evaluate the uniformity of distribution and the efficiency of water application of five central pivot irrigation systems in the municipality of Piracanjuba, GO.

In the field, to confirm whether the planned conditions are being carried out accurately, the equipment's operating parameters such as service pressure, flow rate and water depths applied were evaluated. Five central pivots were analyzed in order to compare the results of water distribution uniformity.

For this purpose, standardized water collectors were used to evaluate the estimated depth being applied by the central pivot. The water was collected and a spreadsheet was created with the data, already transformed into millimeters of precipitation. Uniformity coefficients were used, which are valuable tools for visualizing and measuring the distribution of water over the soil, allowing a careful analysis of the efficiency of irrigation systems.

Keywords: Calibration; Central pivot; Uniformity.

1. INTRODUÇÃO

A irrigação tem se consolidado como uma prática essencial para aumentar a produtividade agrícola, e seu manejo adequado é crucial para garantir que a aplicação da água seja eficiente, evitando tanto a escassez quanto o desperdício. Nesse contexto, a uniformidade da distribuição de água destaca-se como um aspecto crucial. Quando a água não é distribuída de forma satisfatória, os resultados das atividades podem ser comprometidos, já que a aplicação desigual prejudica o alcance do rendimento ideal (Da Cunha, F. et al 2012).

Após a implementação de um sistema de irrigação, é essencial confirmar se as condições planejadas se confirmam no campo, avaliando as configurações de desempenho do equipamento, como a pressão de serviço, a vazão e as lâminas d'água aplicadas (Lima, A., & Zocoler, J. 2011).

Os coeficientes de uniformidade são ferramentas úteis para visualizar e medir a distribuição de água sobre o solo, permitindo uma análise criteriosa da eficiência dos sistemas de uniformidade. Apesar disso, muitos agricultores ainda dão pouca atenção à avaliação desses sistemas, seja por falta de conhecimento, mesmo contando com tecnologia avançada (Agricultora, E. 2012).

Com a finalidade de verificar por amostragem, as condições de funcionamento dos pivôs centrais no município de Piracanjuba, Estado de Goiás, foram realizadas aferições em cinco equipamentos instalados no município, com mais de cinco (05) anos de funcionamento.

A uniformidade de aplicação de água revela-se essencial para promover uma transparência mais eficiente e, conseqüentemente, melhorar os rendimentos das atividades, evitando desperdícios ou déficit dentro da área irrigada (Lima, A., & Zocoler, J. 2011).

A eficiência do pivô central está diretamente relacionada à uniformidade de aplicação, pois sistemas com baixa uniformidade tendem a desperdiçar água e energia, além de favorecerem o surgimento de áreas com déficit ou excesso hídrico, prejudicando o desenvolvimento das plantas. Pesquisas realizadas em Goiás e outras regiões agrícolas mostram que coeficientes de uniformidade elevados, acima de 85%, são desejáveis para garantir um bom desempenho do sistema e maior retorno econômico ao produtor. Além disso, melhorias na uniformidade podem resultar em economia de energia, já que a

Comentado [HB1]: Comentários sobre a Introdução
A introdução do trabalho apresenta uma visão abrangente e bem fundamentada sobre a importância da irrigação e a uniformidade na distribuição de água. A seguir, alguns pontos a serem destacados:

1. Importância da Irrigação: O texto ressalta corretamente que a irrigação é vital para a produtividade agrícola. A menção à necessidade de manejo adequado é pertinente, uma vez que a gestão hídrica é um desafio crescente, especialmente em regiões onde a disponibilidade de água é limitada.

2. Uniformidade na Distribuição: A ênfase na uniformidade da distribuição de água é um ponto crucial. A desigualdade na aplicação pode impactar negativamente a produtividade, e o uso de coeficientes de uniformidade como ferramenta de avaliação é uma abordagem adequada. Isso mostra a relevância de monitorar e avaliar a eficiência dos sistemas de irrigação.

3. Adoção de Tecnologias: O texto menciona a falta de atenção dos agricultores para a avaliação dos sistemas, mesmo com a disponibilidade de tecnologias avançadas. Este ponto poderia ser explorado mais a fundo, abordando possíveis causas, como a falta de treinamento ou recursos financeiros.

4. Manutenção e Eficiência: A discussão sobre a importância da manutenção preventiva e da identificação de falhas é essencial. A relação entre a uniformidade de aplicação e a eficiência do pivô central traz uma perspectiva prática que pode ser útil para os produtores.

5. Sustentabilidade: O fechamento da introdução com a ideia de sustentabilidade é um aspecto positivo, pois alinha o tema da pesquisa com questões contemporâneas relevantes, como a conservação de recursos hídricos e a eficiência energética.

Questionamentos

1. Questionamento: Quais práticas específicas de manutenção preventiva você recomenda para garantir a eficiência dos pivôs centrais?

(1)Resposta: Recomendo a realização de inspeções regulares nos emissores, a verificação da pressão do sistema, a limpeza de filtros e a calibração dos dispositivos de controle. Além disso, a análise periódica da distribuição de água pode ajudar a identificar problemas antes que se tornem críticos.

1. Questionamento: Como você pretende abordar a resistência dos agricultores em adotar práticas de avaliação dos sistemas de irrigação?

(1)Resposta: Pretendo realizar workshops e demonstrações práticas que mostrem os benefícios diretos da avaliação, como economia de água e aumento de produtividade. Além disso, a criação de parcerias com cooperativas locais pode facilitar a disseminação de informações e tecnologias, incentivando a adoção dessas práticas.

necessidade de reaplicação de água e o funcionamento prolongado dos equipamentos são limitados (Mendoza, C., & Frizzone, J. 2012).

A avaliação periódica dos sistemas de supervisão é essencial para identificar possíveis falhas, como entupimentos, desgaste de emissores ou variações de pressão, que podem comprometer a uniformidade. Recomenda-se a adoção de práticas de manutenção preventiva e o uso de métodos de amostragem adequados à realidade local, considerando o tamanho do pivô e as condições do solo e relevância. Em áreas com topografia irregular, por exemplo, uma combinação de diferentes padrões de amostragem pode fornecer um diagnóstico mais completo sobre a distribuição de água (Tambo, F. et al 2022).

Portanto, a investigação da uniformidade de distribuição de água em pivôs centrais na região de Piracanjuba é fundamental para promover o uso racional da água, aumentar a eficiência energética e garantir a sustentabilidade da produção agrícola local. O aprimoramento dos métodos de avaliação e a adoção de boas práticas de manejo para sistemas mais eficientes, produtivos e ambientalmente responsáveis (Mendoza, C., & Frizzone, J. 2012).

1. OBJETIVO

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a uniformidade de distribuição de água e a eficiência de aplicação de cinco sistemas de irrigação tipo pivô central, no município de Piracanjuba, GO, com o objetivo de melhorar o desempenho dos sistemas e, assim, inferir as condições de funcionamento dos equipamentos instalados por meio de amostragem.

1.2 Objetivo Específico

- Realizar, para as áreas irrigadas estudadas, o ensaio de uniformidade de distribuição de água, através dos seguintes coeficientes: Coeficiente de distribuição de Christiansen e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição;
- Comparar os resultados de uniformidade de distribuição de água entre os cinco pilares analisados.
- Avaliar a eficiência da aplicação de água nas áreas em estudo.
- Aferir a velocidade da última torre dos pivôs centrais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Irrigação

A irrigação é essencialmente o processo de suprir as culturas com água adicional quando a precipitação natural não é suficiente para atender às suas necessidades hídricas, consiste em um conjunto de técnicas que busca deslocar a água para uma certa região, de modo que possa corrigir a distribuição natural das chuvas. A irrigação é de grande importância para a produção agrícola, quando se trata de regiões áridas (CHRISTOFIDIS, 2012).

Este sistema garante que as plantas recebam a quantidade adequada de água para crescerem saudáveis e produtivas, independentemente das condições climáticas. Sendo assim, um sistema de irrigação adequado deve fazer com que a água seja utilizada com a máxima eficiência, de modo que possa

diminuir os custos de produção e contribuir para aumentar o retorno dos investimentos (Scaloppi, 2013).

Segundo GOMES (1997), a irrigação se constitui basicamente pelo fornecimento de água às culturas, quando as precipitações não são suficientes para suprir as necessidades hídricas. Um manejo eficiente das irrigações visa maximizar a produção agrícola através do uso racional de mão-de-obra, energia e água, prevenindo problemas decorrentes de aplicações inadequadas e evitando o desperdício de fertilizantes.

2.2 Irrigação no Estado de Goiás

A irrigação em Goiás teve início em 1970 e uma significativa expansão em 1980 com os primeiros projetos que costumavam ser implementados em áreas com melhor disponibilidade de recursos hídricos naturais. Em Goiás, áreas situadas na zona de transição de cerrados foram as primeiras a implementar essas tecnologias. Nessas localidades, tanto os recursos dos rios quanto os dos aquíferos locais, como o renomado aquífero Guarani, foram amplamente aproveitados (Embrapa, 2024).

A irrigação em Goiás tem crescido significativamente, tornando-se uma ferramenta essencial para a produção agrícola, especialmente em regiões com estiagens prolongadas. O estado possui uma área irrigada de 511 mil hectares, sendo o quarto maior do Brasil. A irrigação também contribui para a segurança alimentar e para o abastecimento do mercado o ano inteiro (Mohamed, A. et al 2021)

Diante das mudanças climáticas e da redução das chuvas, a irrigação em Goiás surgiu como uma solução estratégica para diminuir a dependência exclusiva das precipitações naturais, permitindo aos produtores ampliarem o potencial de produção (SENAR GOIÁS, 2023).

Com o uso da irrigação em Goiás, os agricultores passaram a obter água de forma contínua e regular, sem depender apenas das chuvas. Diante disso, a irrigação possibilitou um crescimento significativo na produtividade de culturas

para a economia de Goiás, como milho, soja e algodão, tornando a agricultura mais eficiente e lucrativa (SENAR GOIÁS, 2023).

A adoção de métodos de avaliação adequados, ajustes operacionais e práticas de manutenção contribuem para sistemas mais eficientes, produtivos e ambientalmente responsáveis (Cunha, F. et al 2013).

2.3 Métodos de Irrigação

Atualmente, há uma variedade de métodos de irrigação, escolhidos com base em fatores como o relevo do terreno, o tipo de cultura a ser cultivada e o nível de investimento disponível. Além disso, estes métodos determinam a maneira pela qual a água é aplicada às culturas, influenciando diretamente a eficiência do uso hídrico e a produtividade agrícola. Entre os principais métodos: irrigação por aspersão mecanizada, irrigação por superfície, irrigação localizada e subsuperficial (BERNADO,2006).

A irrigação localizada caracteriza-se por aplicar a água de maneira localizada, de forma a umedecer volumes restritos de solo no entorno das plantas (FILHO, 2011). A maior parte das tubulações se localiza no interior das áreas e têm variações de vazão, sejam elas para outras tubulações ou para emissores gotejadores ou microaspersores (TORRES, 2022).

A irrigação por superfície é toda aquela aplicada sob pressão atmosférica na cultura, consiste em aplicar a água diretamente na superfície do solo, por meio da gravidade. Os dois métodos mais utilizados na agricultura irrigada por superfície são, sulcos e inundação (MORAIS, 2024).

O sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, aplica a água através de emissores instalados na superfície do solo. E definido na literatura, segundo Azevedo (1986) e Keller & Bliesner (1990) como o tipo de sistema de irrigação que tem o solo como meio de propagação da água, no qual os emissores ficam sob a superfície do solo e dentro da camada que representa a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas.

O funcionamento dos sistemas de irrigação por aspersão, baseia-se na dispersão de jatos de água, transformando em uma infinidade de pequenas gotas que caem sobre o solo simulando uma chuva artificial. Esse efeito de pulverização da água é alcançado à medida que ela passa sob pressão por orifícios de pequeno diâmetro, resultando no fracionamento do jato (BISCARO, 2009). Dentro do método de irrigação por aspersão, existem o sistema convencional portátil, o sistema convencional permanente e os sistemas mecanizados.

2.4 Pivô Central

O pivô central é caracterizado por uma estrutura rotativa fixa em um ponto central, composta por um braço horizontal equipado com aspersores ao longo de sua extensão. Tem como objetivo aplicar a água de forma equilibrada, evitando áreas encharcadas ou secas, é um equipamento projetado para irrigar de forma automática. O sistema de irrigação por aspersão subdivide em dois grupos, sendo eles o sistema mecanizado e o sistema convencional, contudo o pivô central fixo mecanizado é o mais utilizado em todo o mundo (Agrícola, E. 2012).

Sendo um sistema de irrigação por aspersão totalmente mecanizado e automatizado que revolucionou a agricultura moderna e se destaca pela eficiência na aplicação de água e pela possibilidade de cobrir grandes áreas com uma distribuição homogênea de irrigação, o que é essencial em regiões com clima semiárido e em períodos de irregularidade das chuvas. Sendo assim, é considerado um método de irrigação por aspersão, o mais popular do mundo devido à sua alta eficiência, capacidade de irrigar terrenos irregulares e baixos custos de capital, manutenção e gerenciamento (WALLER, 2016).

A literatura mostra, que o pivô central foi patenteado em 1952, por Franck Zyback, no estado de Nebraska, Estados Unidos (E.U.A), e em 1960 já se encontravam em funcionamento duas centenas de conjuntos nas zonas áridas norte-americanas. No Brasil, a fabricação desse equipamento teve início em 1978, com a associação da VALMONT, empresa norte-americana, com a

ASBRASIL, originando a marca VALMATIC, que já fabricou e instalou equipamentos numa área superior a 50.000 hectares (DOS SANTOS, 1988).

Os estados das regiões com forte vocação agrícola, como Goiás, Minas Gerais, Oeste da Bahia e Distrito Federal, foram os primeiros locais escolhidos para a instalação do pivô central, por apresentarem relevo plano, solos férteis e períodos secos. (EMBRAPA, 2024). Na época, a tecnologia era importada e com o custo/benefício alto. Com o passar dos anos, empresas brasileiras passaram a produzir componentes localmente, tornando o pivô central mais acessível e adaptado às condições do país.

Na atualidade existem centenas de milhares de sistemas de irrigação por pivô central no mundo. Diante disso, é uma das tecnologias mais importantes para a agricultura irrigada no Brasil, desempenhando um papel crucial na segurança alimentar e na produção de diversos cultivos (NETO, 2024).

O reconhecimento rápido e amplo do pivô central pelos agricultores envolve diversos fatores, como a redução da necessidade de mão de obra para irrigar extensas áreas, a simplicidade operacional do equipamento, a capacidade de aplicação de produtos químicos e fertilizantes por meio da água de irrigação, em função de auxiliar o produtor rural (TESTEZLAF, 2017), não é apenas uma ferramenta de irrigação, mas um investimento estratégico em produtividade, consolida-se como a solução mais eficaz para irrigação em grandes escalas, superando sistemas alternativos em alcance territorial, eficiência hídrica e redução de custos operacionais.

2.4.1 Sistema completo do pivô central

O sistema é composto por uma estação de bombeamento (elétrico ou diesel). Que capta a água de uma fonte como rio, poço, barragem e reservatório. Através de uma adutora a água é transportada pela tubulação até a torre central (metálica ou PVC). Torre central, base fixa responsável pela sustentação da tubulação aérea e abastecimento da água, dessa forma, a água é conduzida através dos lances e distribuída para os aspersores (Da Cunha, F. et al 2012).

Aspersores são responsáveis pela aplicação de uma lâmina de água de acordo com cada tipo de lavoura. Rodas pneumáticas, todo equipamento se movimenta através de motores elétricos de forma automatizada se deslocando em círculos sobre rodas pneumáticas (Da Cunha, F. et al 2012). Painel de controle, localizado na base do equipamento, responsável em passar todos os comandos para o pivô. Estrutura metálica, corpo do pivô, uma estrutura de tubos metálicos e tirantes interligados.

2.4.2 Funcionamento painel do pivô

O painel de controle está localizado na base do equipamento. Nele encontra-se uma peça denominada de percentímetro. Essa peça tem a função de ajustar a velocidade da última torre do Pivô central. Seleccionada a 100%, significa que a última torre do equipamento não irá parar, irá operar continuamente, sendo acompanhada pelas demais torres e se deslocará na velocidade máxima que o equipamento pode desenvolver.

A chave elétrica permite a passagem de corrente acionando o funcionamento das demais torres internas. No projeto de cada pivô central, existe uma tabela que define a lâmina de irrigação, dessa forma, é determinada através de sua velocidade, quanto maior a velocidade menor será a lâmina d'água aplicada instantaneamente.

2.5 Aferição do pivô central

A aferição do pivô central é um processo de avaliação e ajuste do equipamento no sistema de irrigação, sendo um processo fundamental para garantir o desempenho ideal e melhorando a produtividade agrícola. Tomazela (2006), destaca que essa aferição, envolve a verificação e calibração dos componentes do pivô, como pressão, vazão, distribuição de água e alinhamento das torres, assegurando que a irrigação seja uniforme e eficiente.

Nas áreas agrícolas, a literatura aborda que o volume de água utilizado pode ser maior ou menor do que o necessário, comprometendo a eficiência da produção. Diante disso, torna-se fundamental o uso de sistemas de irrigação

bem projetados, que otimizem a aplicação da água, garantindo que a quantidade correta seja utilizada no momento adequado (Tambo, F. et al 2022).

O uso racional da água nos sistemas de pivô central exige conhecimento técnico, uma compreensão dos parâmetros climáticos, características das culturas e dos solos e conhecimento dos recursos hídricos disponíveis (SILVA. 2023). Além disso, é essencial conhecer como a água é distribuída e a quantidade efetivamente aplicada em cada área, assim como a eficiência do equipamento utilizado.

Por fim, o manejo da irrigação é fundamental para garantir a eficiência do sistema. Para contribuir, com um bom planejamento e a análise contínua do desempenho da aferição do pivô central, irá permitir atender às demandas atuais das lavouras e, ao mesmo tempo, minimizar os impactos ambientais, mantendo o equilíbrio entre a produtividade e a preservação dos recursos naturais (Lima, A., & Zocoler, J. 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Piracanjuba GO, onde foram analisados cinco sistemas de irrigação por pivô central. A pesquisa foi desenvolvida em propriedades agrícolas nomeadas como (Pivô 1) fazenda Boa Vista do Barreiro, (Pivô 2) fazenda Araras, (Pivô 3) e (Pivô 4) fazenda Limeira, (Pivô 5) fazenda São Bento.

Os procedimentos realizados na primeira propriedade, denominada (Pivô 1), foram usados como exemplo de materiais e métodos, já que, foi replicado em cada pivô. O município de Piracanjuba está inserido na região Centro Oeste do Brasil O clima do Cerrado, segundo a classificação de Köppen, é geralmente classificado como Tropical de Altitude ou Tropical Sazonal (Aw), dependendo da altitude e da localização específica. A umidade relativa do ar média é de aproximadamente 68% e precipitação anual em torno de 1360 mm.

A classe de solos predominante é do tipo latossolo distrófico ferroso, com baixa fertilidade natural e baixo pH. A topografia plana a suave ondulada, o que favorece a instalação desse tipo de equipamento.

3.1 Descrição das atividades realizadas

Foi mensurado o raio de irrigação do pivô e coletado pontos com coordenadas geográficas com um receptor de GPS. Com esses dados foi possível elaborar-se um croqui da área de abrangência do (pivô 1), conforme pode-se observar na Figura 1.



Figura 1. Visão aérea da área irrigada (Pivô 1).

Fonte: Google Earth, 2025.

3.2 Leitura de bocais

Antes do início dos testes foi feita a leitura e a inspeção visual dos bocais e do corpo dos aspersores para detectar entupimentos ou desgastes, identificação de vazamentos e bocais danificados ou desregulados, garantindo assim a eficiência e a uniformidade da irrigação. Foi registrado o tipo de bico aspersor instalado no equipamento, conforme pode-se observar na Figura 3.

A leitura de bocais começa no centro do pivô, seguindo em direção à extremidade. Nesse processo, registra-se primeiro o bocal de menor diâmetro e, a cada lance (trecho entre torres), passa-se para bocais de diâmetro progressivamente maior até chegar ao balanço do trecho final além da última torre. O conjunto dessas leituras, ordenadas do menor para o maior diâmetro, compõem o mapa de bocais do equipamento.

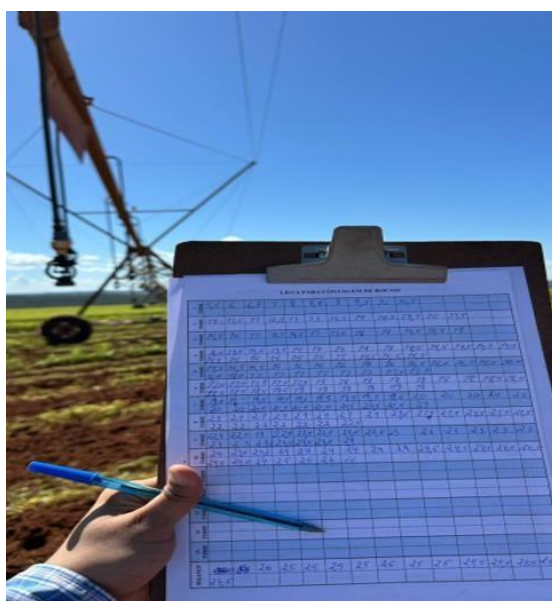


Figura 2: Resultado da Leitura de bocais (Pivô 1).

Fonte: (Autoria própria, 2025).



Figura 3: Aspersor i-Wob Up3, (pivô 1).

Fonte: (Autoria própria, 2025).

3.3 Aferição hidráulica do equipamento

Para esse fim deve-se checar a pressão da bomba conforme pode ser observado na Figura 4, com o registro fechado, conferir o seu shut-off (pressão da bomba com vazão 0). Logo em seguida, abre-se o registro todo e espera de 5-10 minutos para que o sistema se pressurize por inteiro, o que permite checar a pressão da bomba com o registro aberto.

Com isso, tem-se a pressão de saída do bombeamento, ambos com auxílio de manômetros. A aferição seguinte é feita no centro do pivô onde checa-se a pressão que está chegando na entrada do equipamento. Em painéis analógicos, checa-se com auxílio do manômetro e em painéis digitais, fazendo a leitura em seu painel, pois ele fornece o valor com ajuda de um pressostato.

Por fim, realiza-se a aferição da pressão na extremidade do pivô com o equipamento direcionado para a parte mais alto do terreno, é feita com auxílio

de mangueira e adaptador que é instalada entre a válvula reguladora de pressão e a mangueira de saída do pivô e a leitura é realizada com auxílio de manômetros.

O pivô central tem que estar localizado na parte mais alta (local de maior elevação do terreno), área na qual se localiza o ponto mais crítico da irrigação, onde pode ocorrer deficiência de pressão.



Figura 4: Pressão da bomba fechada.

Fonte: (Autoria própria, 2025).



Figura 5: Pressão da bomba aberta.

Fonte: (Autoria própria, 2025).

3.4 Teste de velocidade do equipamento

A velocidade de deslocamento do equipamento é regulada por um relé percentual e foi aferida a 50% e a 100%. O teste da eficiência do equipamento foi feito com a velocidade de deslocamento com a relé percentual a 70% onde foi medido o tempo de deslocamento da última torre em um percurso de 20 metros.

O teste de velocidade do pivô central, serve para garantir o controle da lâmina de irrigação aplicada e verificar se o equipamento está operando conforme foi planejado. Os materiais necessários para realizar este teste foram,

o cronômetro para marcação de segundos, trena de 20 metros e calculadora para avaliar a velocidade dos 5 pivôs.



Figura 6: Marcação de 20 metros, (pivô 1).

Foi escolhido um ponto fixo nos 5 pivôs para monitorar. Marcou uma distância de 20 metros no campo em linha reta com a direção do deslocamento do pivô, o pivô foi ligado a 70% e essa porcentagem foi ajustada no painel de controle do pivô e foi cronometrado o tempo que a torre levou para percorrer a distância marcada.

3.5 Coleta da lâmina

Os coletores são recipientes padronizados utilizados na aferição de pivôs centrais, para verificar se a aplicação de água está sendo feita de forma uniforme. Na área estudada, foi instalada uma linha com os coletores, conforme mostra a Figura 7. O alinhamento foi realizado com o deslocamento da própria linha do pivô, onde inicialmente foram instalados coletores de 4 em 4 metros.

As coletas das lâminas aplicadas com o pivô a 70%, foram realizadas com auxílio dos copos coletores, com área de 51,53 cm², instalados a 60 cm do solo, suspensos por hastes de alumínio. Foram usados os seguintes equipamentos:

proveta volumétrica, trena, kit coletor e ficha com anotações dos dados. O último passo após a instalação completa dos coletores foi deslocar o pivô de forma que o mesmo passasse sobre os coletores fazendo a aplicação da lâmina de irrigação.

Os testes foram realizados, nos cinco (05) equipamentos e iniciou-se às 07:20 da manhã, e terminou às 11:10h. Após a passagem completa do pivô sobre os coletores, foi iniciada a coleta de água, com provetas graduadas de plástico de 100 ml. As alturas de lâmina de água foram registradas na prancheta de campo. Com os dados em mãos, pode-se realizar os cálculos e então chegar à conclusão de qual a uniformidade de irrigação tem naqueles equipamentos.



Figura 07: Posicionamento dos canecos coletores (pivô 1).

Fonte: (Autoria própria, 2025).



Figura 08: Prancheta de campo, proveta volumétrica e copo coletor (pivô 1).

Fonte: (Autoria própria, autor, 2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No momento dos testes foram coletados os dados de temperatura ambiente, durante todo o período da irrigação, sendo o valor obtido de aproximadamente 30 a 32° C. A velocidade do vento foi medida com auxílio de um anemômetro digital portátil e teve pico de 3,3 m/s durante os testes.

Para reduzir o desperdício de água e a aplicação de maneira eficiente, o autor (BERNARDO, 2006), propõe o coeficiente CUC e CUD para análise da distribuição de água que possibilita uma melhor adequação do equipamento de irrigação. O CUC expressa quão uniformemente a água é aplicada ao solo por um sistema de irrigação. Seu índice percentual quando está a 100%, a aplicação está perfeitamente uniforme, < 70% sua distribuição é considerada ineficiente.

O CUC avalia a eficiência do sistema de irrigação, detecta problemas mecânicos ou hidráulicos, ajuda a otimizar o uso de água e energia, reduz perdas de nutrientes no solo é essencial para o manejo da irrigação. Já o CUD, mede quão uniformemente a água foi distribuída nas áreas que receberam as menores

lâminas de irrigação. Sua importância influencia diretamente o manejo racional da irrigação e a fertirrigação. Portanto, a uniformidade da irrigação deve ser analisada como um importante parâmetro na avaliação econômica da irrigação (Christiansen, 1942).

4.1 Determinação do CUC e CUD

Para a determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, foi utilizada a equação descrita por (BERNARDO, 2006). Sendo seu cálculo obtido pela equação:

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{N\bar{X}} \right]$$

CUC: Coeficiente de Uniformidade e Distribuição de Christiansen, em %;

X_i : Lâmina Coletada no i-ésimo coletor, em mm; **$\bar{X}$:**

Média das precipitações coletadas, em mm; **N :**

Número de coletores.

$$CUD = 100 \times \left(\frac{X_{25}}{\bar{X}} \right)$$

CUD: Coeficiente de Uniformidade e Distribuição (%);

$X_{25\%}$: Média das 25% das observações com menores valores (média do menor quartil).

De acordo com a literatura, o autor Mantovani (2001) classificou os valores de CUC e CUD apresentados na Tabela 1

Tabela 1 – Classificação de CUC e CUD de acordo com Mantovani (2001)

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

Fonte: Mantovani, 2001.

4.2 Resultados obtidos

Esses foram os resultados obtidos de todos os pivôs, com Lâmina mm, CUC, e CUD, na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados obtidos, com Lâmina mm, CUC e CUD:

Sistemas	Lâmina (MM)	CUC	CUD
Pivô 1	10,42 mm	94,00%	91,93%
Pivô 2	7,73 mm	94,00%	91,93%
Pivô 3	8,44 mm	94,20%	92,13%
Pivô 4	7,98 mm	93,00%	90,93%
Pivô 5	8,13 mm	93,90%	91,83%

Fonte: Autoria própria, 2025.

Na tabela 2, é mostrada a lâmina de água aplicada, calculada dos pivôs 1, 2,3,4 e 5, com o percentímetro a 70%. Para obter o máximo rendimento com o uso do sistema de irrigação por pivô central, é fundamental que a lâmina de água seja aplicada de forma uniforme, assim, promovendo um manejo eficiente da irrigação.

Oliveira et al (2014) explicam que lâminas totalmente uniformes não são possíveis

na irrigação por aspersão, especialmente em pivô central que pode irrigar grandes áreas com diferentes desníveis, devido a fatores relacionados ao dimensionamento do equipamento, condições climáticas e manejo da irrigação. Entretanto, isso pode ser minimizado com o correto dimensionamento do sistema, no caso do pivô central é possível conter esses danos utilizando reguladores de pressão adequados, modelos de emissores que proporcionam melhor paridade na aplicação da lâmina e ajuste adequado na altura dos emissores.

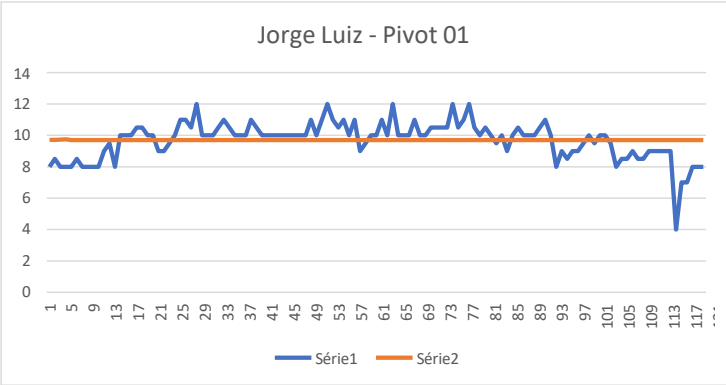
A partir desse raciocínio foram elaborados gráficos com o perfil de distribuição de água ao longo do raio dos equipamentos avaliados levando em consideração a lâmina média coletada a partir do primeiro conjunto de coletores amostrais e a lâmina média ponderada. Os gráficos foram elaborados através de tabelas dos resultados das coletas de cada caneco.

Tabela 3 – Resultado da coleta de canecos do pivô 1.

LANCE	1º CANECO	2º CANECO	3º CANECO	4º CANECO	5º CANECO	6º CANECO
1º LANCE	8	8,5	8	8	8	8,5
2º LANCE	9	9,5	8	10	10	10
3º LANCE	9,5	10	11	11	10,5	12
4º LANCE	10	10	10	11	10,5	10
5º LANCE	10	10	10	11	10	11
6º LANCE	9,5	10	10	11	10	12
7º LANCE	10,5	10,5	10,5	10,5	12	10,5
8º LANCE	9,5	10	9	10	10,5	10
9º LANCE	8	9	8,5	9	9	9,5
10º LANCE	8	8,5	8,5	9	8,5	8,5
BALANÇO	4	7	7	8	8	8

7º CANECO	8º CANECO	9º CANECO	10º CANECO	11º CANECO	12º CANECO	13º CANECO
8	8	8	8			
10,5	10,5	10	10	9	9	
10	10	10	10,5	11	10,5	
10	10	10	10	10		
12	11	10,5	11	10	11	9
10	10	10	11	10	10	
11	12	10,5	10	10,5	10	
10	10	10,5	11	10		
10	9,5	10	10	9,5		
9	9	9	9	9		

Gráfico 1.



Fonte: Autoria própria, 2025.

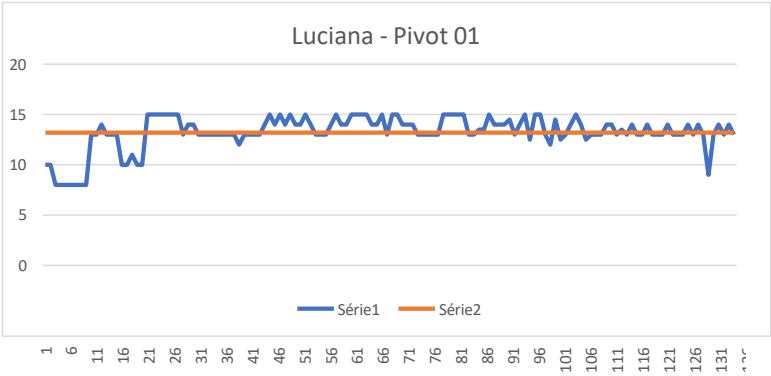
Tabela 4 – Resultado da coleta de canecos do pivô 2.

LANCE	1º CANECO	2º CANECO	3º CANECO	4º CANECO	5º CANECO	6º CANECO
1º LANCE	10	10	8	8	8	8
2º LANCE	13	13	14	13	13	13
3º LANCE	15	15	15	15	15	15
4º LANCE	13	13	13	13	13	13
5º LANCE	13	13	14	15	14	15
6º LANCE	14	13	13	13	14	15
7º LANCE	15	14	14	15	13	15
8º LANCE	13	13	13	13	13	15
9º LANCE	13	13,5	13,5	15	14	14
10º LANCE	12,5	15	15	13	12	14,5
11º LANCE	12,5	13	13	13	14	14
12º LANCE	14	13	13	13	14	13
BALANÇO	9	13	14	13	14	13

7º CANECO	8º CANECO	9º CANECO	10º CANECO	11º CANECO	12º CANECO
8	8	8			
10	10	11	10	10	
15	13	14	14		
13	13	12	13	13	

14	15	14	14	15	
14	14	15	15	15	
15	14	14	14		
15	15	15	15	13	
14	14,5	13	14	15	
12,5	13	14	15	14	
13	13,5	13	14	13	13
13	13	14	13	14	13

Gráfico 02.



Fonte: Autoria própria 2025.

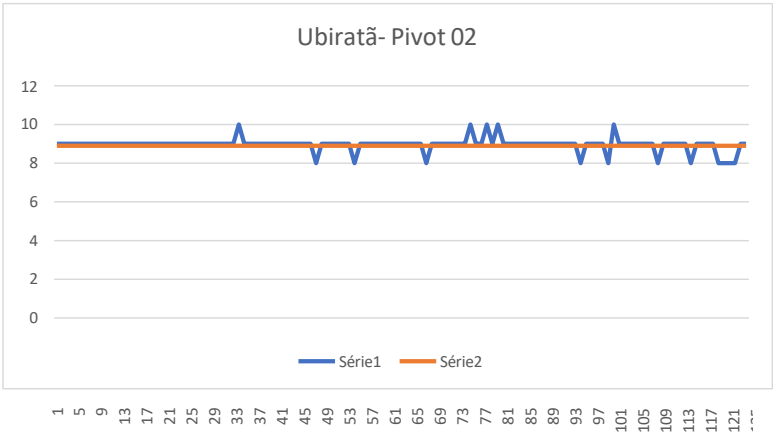
Tabela 5 – Resultado da coleta de canecos do pivô 3.

LANCE	1º CANECO	2º CANECO	3º CANECO	4º CANECO	5º CANECO	6º CANECO	7º CANECO
1º LANCE	9	9	9	9	9	9	9
2º LANCE	9	9	9	9	9	9	9
3º LANCE	9	9	9	9	9	9	9
4º LANCE	9	9	10	9	9	9	9
5º LANCE	9	9	9	9	9	9	8
6º LANCE	9	9	8	9	9	9	9
7º LANCE	9	9	9	9	8	9	9
8º LANCE	9	10	9	9	10	9	10
9º LANCE	9	9	9	9	9	9	9
10º LANCE	9	9	9	8	10	9	9

11º LANCE	8	9	9	9	9	9	8
BALANÇO	8	8	9	9			

8º CANECO	9º CANECO	10º CANECO	11º CANECO	12º CANECO	13º CANECO
9	9				
9	9	9	9		
9	9	9	9		
9	9	9			
9	9	9	9		
9	9	9	9		
9	9	9	9		
9	9	9	9		
9	9	9	8	9	
9	9	9	9	9	
9	9	9	9	8	8

Gráfico 03.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Série 01 - Precipitações medidas (mm) Série 02
- Médias das Precipitações (mm)

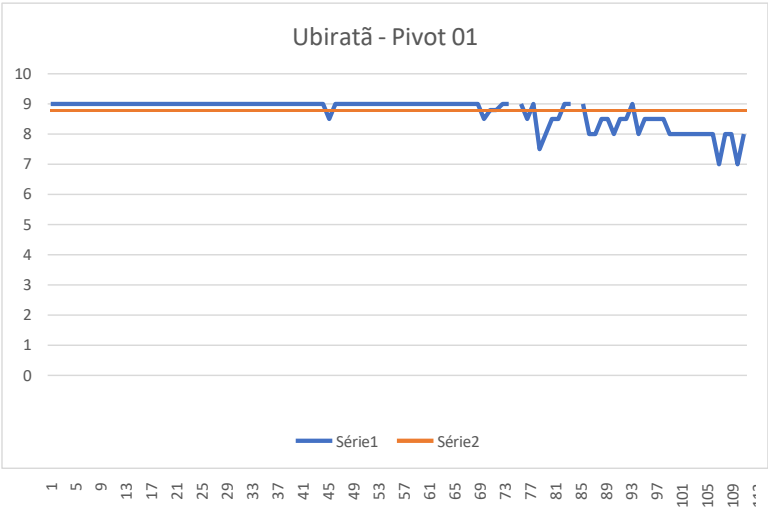
Tabela 6 – Resultado da coleta de canecos do pivô 4.

LANCE	1º CANECO	2º CANECO	3º CANECO	4º CANECO	5º CANECO
1º LANCE	9	9	9	9	9
2º LANCE	9	9	9	9	9
3º LANCE	9	9	9	9	9
4º LANCE	9	9	9	9	9
5º LANCE	9	9	9	9	9
6º LANCE	9	9	9	9	9
7º LANCE	9	9	9	9	9
8º LANCE	8,5	8,8	8,8	9	9
9º LANCE	7,5	8	8,5	8,5	9
10º LANCE	8	8	8,5	8,5	8
11º LANCE	8	8,5	8,5	8,5	8,5
12º LANCE	8	8	8	8	8

BALANÇO	7	8	8	7	8
---------	---	---	---	---	---

6º CANECO	7º CANECO	8º CANECO	9º CANECO	10º CANECO
9	9	9	9	9
9	9	9	9	9
9	9	9	9	9
9	9	9	9	9
8,5	9	9	9	9
9	9	9	9	9
9	9	9	9	9
	9	8,5	9	
9		9		
8,5	8,5	9		
8	8			
8				

Gráfico 4.



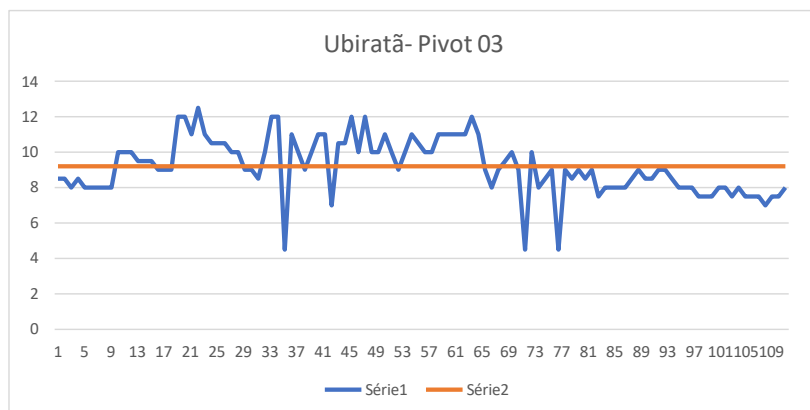
Fonte: Autoria própria, 2025.

Tabela 7 – Resultado da coleta de canecos do pivô 5.

LANCE	1º CANECO	2º CANECO	3º CANECO	4º CANECO	5º CANECO	6º CANECO
1º LANCE	8,5	8,5	8	8,5	8	8
2º LANCE	10	10	10	9,5	9,5	9,5
3º LANCE	12	12	11	12,5	11	10,5
4º LANCE	9	9	8,5	10	12	12
5º LANCE	10	9	10	11	11	7
6º LANCE	10	12	10	10	11	10
7º LANCE	10	10	11	11	11	11
8º LANCE	9	8	9	9,5	10	9
9º LANCE	8	8,5	9	4,5	9	8,5
10º LANCE	7,5	8	8	8	8	8,5
11º LANCE	8	8	8	7,5	7,5	7,5
BALANÇO	7,5	7,5	7	7,5	7,5	8

7º CANECO	8º CANECO	9º CANECO	10º CANECO	11º CANECO	12º CANECO
8	8	8			
9	9	9			
10,5	10,5	10	10		
4,5	11				
10,5	10,5	12			
9	10	11	10,5		
11	12	11			
4,5	10				
9	8,5	9			
9	8,5	8,5	9	9	8,5
8	8	7,5	8	7,5	

Gráfico 05.



Fonte: Autoria própria, 2025.

4.3 DISCUSSÕES

Na Tabela 2 estão dispostas as medidas dos coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD). De acordo com a tabela, pode-se observar, que o CUC e CUD apresentam boa uniformidade em todos os sistemas. O CUC é universalmente conhecido e seus valores servem de referência na avaliação de um equipamento de irrigação (SILVA, 1997), já o CUD é uma medida frequentemente utilizada como indicador dos problemas de distribuição de água (FRIZZONE, 1992).

Os sistemas de irrigação avaliados apresentam uma boa distribuição de água, uma vez que os valores de CUC e CUD encontram-se acima de 80%, o que é considerado satisfatório por grande número de autores (MERRIAM, 1973). Os Pivôs aferidos operaram com uma velocidade de 70% e foram previamente conferidas a vazão, a pressão e os Kits de Aspersão.

As coletas de dados apresentadas nos gráficos representam os valores obtidos em cada caneco individualmente, enquanto a média geral corresponde à média das coletas de todos os canecos. Os gráficos indicam que, quando a coleta de dados de um caneco fica abaixo da média geral, a quantidade de água coletada

é menor do que o esperado. Por outro lado, quando está acima, significa que recebeu uma quantidade maior (BERNADO, 2006). Essa variação evidencia a desuniformidade na distribuição da água.

Nesse contexto, o Gráfico 5 apresentou a maior amplitude entre os dados, mas ainda permaneceu dentro da média geral, conforme demonstrado na Tabela

2. No entanto, todos os gráficos obtiveram resultados satisfatórios, o que reflete uma boa uniformidade na distribuição de água no município de Piracanjuba.

5. CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos e analisados, bem como no contexto da execução deste trabalho, conclui-se que:

Os relés percentuais das aferições atingiram 70%, indicando que a pressurização dos parâmetros hidráulicos foi satisfatória. Observou-se que as lâminas coletadas foram inferiores às lâminas calculadas em alguns dos pivôs, o que pode estar relacionado às características específicas do projeto.

Além disso, os coeficientes de uniformidade CUC e CUD foram classificados como excelentes, demonstrando uma boa uniformidade e distribuição da água, conforme os dados coletados em campo e os parâmetros de projeto.

Este estudo permitiu a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Irrigação, Manejo de Irrigação e Hidráulica, contribuindo para uma melhor compreensão dos fatores que influenciam a eficiência dos sistemas de irrigação e sua adequação às condições projetadas e reais.

Permite também inferir que os equipamentos de irrigação tipo “pivô central” instalados e em funcionamento na região de Piracanjuba, apresentam-se com bom esquema de manutenção e regulagem, o que os leva a aplicar Lâminas d’água com a uniformidade desejada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrícola, E. (2012). Economia de Energia em Irrigação por Pivô Central em Função da Melhoria na Uniformidade da Distribuição de Água.

BERNARDO, S.; Mantovani, E.C.; Soares, A.A. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Impr. Univ. UFV, 2006. 611p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual da irrigação**. 2008. Viçosa - MG. Editora UFV. 625 p.

BISCARO, Guilherme Augusto. **Sistemas de irrigação por aspersão**. Universidade Federal da Grande Dourados, 2009.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. Brasília: MI, 2014.

BRENNAN, D.; CALDER, T. **The economics of sprinkler irrigation uniformity: A case study of lettuce on the Swan Coastal plain**, CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship. 2006. P33.

CHRISTIANSEN, J.E. Irrigation by sprinkling. **California Agricultural Experimental Station Bulletin**, Berkeley, n. 670, 1-124, 1942.

Cunha, F., Oliveira, R., Bastos, F., Teodoro, J., Teixeira, M., & Filho, R. (2013). **ANÁLISE DE COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE EM PIVÔS CENTRAIS INSTALADOS NA REGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS.**, 7, 181-190. <https://doi.org/10.7127/RBAL.V7N300020>.

Da Cunha, F., Vieira, G., De Souza, J., Batista, R., & Vicente, M. (2012). **UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM PIVÔ CENTRAL**. <https://doi.org/10.13083/REVENG.V2012.279>.

DOS SANTOS, Newton Carneiro et al. **Uniformidade de distribuição e eficiência potencial de aplicação em um sistema de irrigação do tipo pivô central**. 1988.

<https://agropos.com.br/irrigacao-por-pivo-central>.

<https://ead.senargo.org.br/blog/tecnologias-na-producao-de-graos-em-goias>.

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1167756/1/Agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-Brasil-em-2024.pdf>.

JÚNIOR, Luís Gonzaga Medeiros Figueredo; DUARTE, Antônia Guadalupe Santos; ARRUDA, Francineuma Ponciano. **Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial**. *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 26, n. 1, p. 19-31, 2025.

Lima, A., & Zocoler, J. (2011). **Uniformity of distribution of water and water depth applied in central pivot system in function of the relative position of the lateral line**. *Applied Research & Agrotechnology*, 3, 27-38. <https://doi.org/10.5777/PAET.V3I2.630>.

Lima, A., & Zocoler, J. (2011). **Uniformity of distribution of water and water depth applied in central pivot system in function of the relative position of the lateral line**. *Applied Research & Agrotechnology*, 3, 27-38. <https://doi.org/10.5777/PAET.V3I2.630>.

Mendoza, C., & Frizzzone, J. (2012). **Energy economy in a center pivot irrigation system according to the improvement in the uniformity of water distribution..**, 6, 184-197. <https://doi.org/10.7127/RBAI.V6N300083>.

Mohamed, A., Peters, R., Sarwar, A., Molaei, B., & McMoran, D. (2021). **Impact of the Intermittency Movement of Center Pivots on Irrigation Uniformity**. *Water*, 13, 1167. <https://doi.org/10.3390/W13091167>.

MORAES, Pedro Wadenphul de. **Irrigação para erva-mate: estudo e dimensionamento de projeto de irrigação localizada por gotejamento**. 2024.

NETO, Antonio Eduardo Oliveira. **Desenvolvimento de protótipo para irrigação por aspersão tipo pivô central para fins educacionais**. 2024.

Tambo, F., Lima, L., Thebaldi, M., & Corrêa, F. (2022). **Sampling patterns may influence the evaluation of irrigation uniformity of Central Pivot systems**. *Water Supply*. <https://doi.org/10.2166/ws.2022.286>.

TORRES, Herlen Lira Henriques; GOMES, Heber Pimentel.

Dimensionamento otimizado em sistemas de irrigação localizada.

Waller, P., Yitayew, M., Waller, P. e Yitayew, M. (2016). **Sistemas de irrigação por pivô central**. Engenharia de irrigaç