

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

IRRIGAÇÃO VIA PIVÔ CENTRAL: UTILIZAÇÃO E PECULARIDADES

ELIAS FERNANDES LEÃO JÚNIOR

URUTAÍ – GO
MARÇO/2024

ELIAS FERNANDES LEÃO JÚNIOR

IRRIGAÇÃO VIA PIVÔ CENTRAL: UTILIZAÇÃO E PECULARIDADES

Trabalho 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: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

URUTAÍ – GO

MARÇO/2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

L687i Leão Júnior, Elias Fernandes
Irrigação Via Pivô Central, Utilização e
Peculiaridades / Elias Fernandes Leão Júnior;
orientador Leandro Caixeta Salomão. -- Urutaí, 2024.
31 p.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Urutaí, 2024.

1. Uniformidade. 2. Eficiência. I. Salomão,
Leandro Caixeta, orient. II. 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:

Elias Fernandes Leão Júnior

Matrícula:

2018101200640311

Título do trabalho:

Irrigação Via Pivô Central: Utilização e Peculiaridades

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 12 / 03 / 2024

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 inclusos 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
 ELIAS FERNANDES LEAO JUNIOR
Data: 11/03/2024 16:35:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Urutai Goias

Local

11 / 03 / 2024

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



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

Documentos 7/2024 - CCEG-UR/GEG-UR/DE-UR/CMPURT/IFGOIANO

BANCHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA/COORDENAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

IRRIGAÇÃO VIA PIVÔ CENTRAL UTILIZAÇÃO E PECULARIDADES

ELIAS FERNANDES LEÃO JÚNIOR

Trabalho 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.

Defendido e aprovado pela Comissão Examinadora em: 01 /03/2024.

Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

Orientador

Me. Murilo Luiz Gomes Silva

Examinador

Prof^ª. Ma. Maria Rosa Alferes da Silva

Examinador

Documento assinado eletronicamente por:

- Maria Rosa Alferes da Silva, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 07/03/2024 15:34:20.
- Leandro Caixeta Salomao, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 07/03/2024 13:23:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/03/2024. 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: 580965

Código de Autenticação: 5d77f8d8e2



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

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

(64) 3465-1900



Documento assinado digitalmente

MURILO LUIZ GOMES SILVA

Data: 10/03/2024 16:59:19-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus Pais e a minha madrinha, pois foram pessoas que sempre acreditaram no meu potencial, me deram uma boa educação e me auxiliaram para chegar até aqui.

Dedico aos meus avós, alguns não mais presentes que sempre acreditaram e sonharam com essa realização.

Dedico também a minha namorada por todo apoio e incentivo sempre que necessário até nos dias mais ruins da minha graduação.

Por último e não menos importante, dedico a todos os familiares e amigos que esteve presente na minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de honrar a Deus, o agradecendo por tudo em minha vida, por mais uma etapa de minha vida concluída, por sempre me dar ânimo, garra, saúde e meios para alcançar meus objetivos.

Devo o reconhecimento de pessoas que estiveram ao longo da minha caminhada para conclusão deste trabalho.

Em especial, agradeço minha mãe, Glaucia Aparecida Duarte, que sempre sonhou com esse dia e nunca mediu esforços para me dar total apoio e oportunidade para que fizesse minha graduação, meu pai, Elias Fernandes Leão, minha madrinha, Joelma Ferreira Duarte Leandro, minha avó, Amélia Fernandes Leão, *in memória* meus avôs, Wilson Farias Leão e Joaquim Ferreira Filho, *in memória* minha querida avó, Vilmúcia Duarte Ferreira, e os demais familiares sempre pelos incentivos e por me apoiarem nesta caminhada.

Agradeço minha namorada, Nicolly Cristine da Silva Ferreira, pelo incentivo, apoio e paciência durante toda a trajetória até mesmo nos dias mais difíceis.

Em especial, gostaria de agradecer meu orientador, Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão, pela confiança, ensinamentos e correções, além de conduzir com profissionalismo e excelência meu Trabalho de Conclusão de Curso, permitindo com que hoje eu pudesse ter a oportunidade de apresentar ele para esta instituição que me acolheu por tanto tempo.

Por último e não menos importante, agradeço aos meus amigos que estiveram ao meu lado durante 5 (cinco) anos de minha graduação, não citarei nomes para não pecar em esquecer alguém, amigos esses que muitos levo para vida como irmãos.

EPIGRAFE

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível”

Max Weber

RESUMO

Um trabalho de conclusão de curso teve como ideia inicial abranger acerca da história do sobre Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) tendo como objetivo discorrer sobre a sua origem e de que maneira a mesma encontra-se nos dias de hoje e sua importância na Irrigação Via Pivô Central. Deste modo, tornou-se necessário abranger também a evolução tecnológica dessa prática que vem sendo uma grande aliada ao produtor rural, auxiliando diretamente nos déficits de precipitação que acontecem ao longo de uma cultura, impulsionando assim essa cultivar ao pico de produção. Importante ressaltar que a importância de um sistema bem dimensionado, aumentando assim a sua eficiência, garantindo uma economia hídrica e elétrica. Ao longo deste foi citado os meios e testes utilizados para manter um sistema sempre pressurizado para atingir seu melhor resultado.

Palavras-chave: Sistema. CUC. Precipitação.

ABSTRACT

A conclusion work had as its initial idea to discuss the history of the Christiansen Coefficient of Uniformity (CUC), highlighting its origin and how it is found today and its importance in Central Pivô Irrigation. Therefore, it became necessary to also cover the technological evolution of this practice, which has been a great ally for rural producers, directly helping with precipitation deficits that occur throughout a crop, thus boosting this cultivar to peak production. It is important to highlight the importance of a well-sized system, thus increasing its efficiency, guaranteeing water and electrical savings. Throughout this, the means and tests used to maintain a system always pressurized to achieve its best results were mentioned.

Keywords: System. CUC. Precipitation.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 01: Fertirrigação via pivô central. Fonte: (Injefed 2021).

Figura 02: Sistema completo do Pivô Central. Fonte: (Própria).

Figura 03: Painel do pivô central. Fonte: (revista cultivar, 2020).

Figura 04: Leitura de bocais. Fonte: (Própria).

Figura 05: Pressão bombeamento. Fonte: (Própria).

Figura 06: Pressão na ponta do equipamento. Fonte: (Própria).

Figura 07: Copo coletor, Proveta volumétrica, trena e kit coletor cuc montado. Fonte: próprio autor (2023).

Figura 08: Exemplo linha de CUC. Fonte: Google Earth (2024)

Figura 09: Teste de CUC montado. Fonte própria (2023)

Figura 10: Equipamento passando sobre kit coletor CUC. Fonte própria (2023)

LISTAS DE TABELAS

Tabela 01: Tabela de teste percentímetro.

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUÇÃO. | 14 |
| 1. BREVE RELATO SOBRE A AGRICULTURA E SUA IMPORTÂNCIA. | 17 |
| 1.1 PIVÔ CENTRAL E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A AGRICULTURA. | 17 |
| 2. FUNCIONAMENTO | 20 |
| 2.1 AFERIÇÃO DO PIVÔ CENTRAL..... | 20 |
| 2.2 LEITURA DE BOCAIS..... | 21 |
| 3. TESTE DE PERCENTÍMETRO... | 22 |
| 3.1 TESTE DE VELOCIDADE DO EQUIPAMENTO..... | 22 |
| 3.2 AFERIÇÃO HIDRÁULICA DO EQUIPAMENTO..... | 23 |
| 4. COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC). | 24 |
| 4.1 PASSO A PASSO DE CUC | 25 |
| CONCLUSÃO. | 29 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 30 |

INTRODUÇÃO

A irrigação se constitui basicamente pelo fornecimento de água as culturas, quando as precipitações não são suficientes para suprir as necessidades hídricas das mesmas. Mesmo que a irrigação seja um espelho da modernidade na agricultura, na história sua prática é percebida anos antes de Cristo. A irrigação é uma atividade imprescindível para qualquer agricultura rentável, em quase todas as regiões e climas de nosso planeta, principalmente para quem visa um alto rendimento por unidade de área. (GOMES. 1997)

Partindo da ideia de aumentar o rendimento em uma área cultivada, da crescente necessidade de uso racional dos recursos hídricos, dos elevados custos de energia e dos insumos empregados na produção agrícola, os sistemas de irrigação e os métodos de manejo da água devem proporcionar uma aplicação uniforme e eficiente conforme a necessidade da cultura (HEINEMANN. 1998).

O adequado manejo das irrigações tem por objetivo maximizar a produção agrícola racionalizando o uso de mão-de-obra, energia e água, evitando a ocorrência de problemas fitossanitários relacionados as aplicações excessivas ou deficientes de água e o desperdício de fertilizantes. (SILVA. 2023)

No que diz respeito à interação entre a agricultura irrigada e os recursos hídricos no Brasil, o país possui um total de 8,2 milhões de hectares destinados à irrigação, dos quais 64,5% (5,3 milhões de hectares) utilizam água de fontes naturais e 35,5% (2,9 milhões de hectares) são irrigados com água de reúso, conforme indicado pelo Atlas Irrigação, divulgado em 26 de fevereiro. Essa extensão equivale a cerca de 8,2 milhões de campos de futebol. (ANA 2021)

O mapeamento estratégico, coordenado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e desenvolvido em colaboração com diversos parceiros institucionais, foi categorizado por tipos de culturas e métodos de irrigação, incluindo arroz, cana-de-açúcar, café, culturas anuais em sistemas de pivô central, e outras culturas e sistemas. Esse conjunto de dados também oferece uma estimativa do consumo de água pela agricultura irrigada, que ultrapassou 941 mil litros por segundo em 2019, totalizando 29,7 trilhões de litros anualmente. (ANA. 2021)

Além disso, o Atlas Irrigação prevê que o Brasil expandirá sua área irrigada em mais 4,2 milhões de hectares até 2040, representando um aumento de 79% em comparação com a área atualmente irrigada utilizando água de fontes naturais.

Quanto ao potencial de expansão da irrigação no Brasil, o Atlas sugere que até 22% da área agropecuária atual do país poderia ser irrigada, o que equivale a aproximadamente 55 milhões de hectares. No entanto, devido às restrições na disponibilidade de água, incluindo a presença de outros usos já estabelecidos, não é viável expandir a irrigação para mais áreas com garantias de segurança hídrica e produtiva. Portanto, o planejamento e a gestão setorial dos recursos hídricos são essenciais para garantir que o crescimento da irrigação ocorra de maneira sustentável. (ANA. 2021)

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. 2021).

Dessa forma, torna-se importante a utilização de equipamentos projetados adequadamente, que apresentem boa otimização da quantidade de água a ser aplicada e manejo adequado (quando e quanto aplicar) como medidas de uso racional da água. O bom manejo da irrigação visando o uso racional da água em sistemas de irrigação tipo pivô central requer, além do conhecimento de parâmetros climáticos, de características das culturas, dos solos e dos recursos hídricos, o conhecimento da distribuição e quantidade de água aplicada e das eficiências de aplicação e distribuição, tudo isso decorrente do conhecimento do equipamento (SILVA. 2023)

Deste modo, visando a produção, a água e os nutrientes são os que limitam os rendimentos com maior frequência; assim, o controle da irrigação e da fertilidade do solo constituem critérios essenciais para o êxito da agricultura, além de gerar um equilíbrio do processo de produção. (SILVA. 2023)

Sendo assim, é possível o entendimento que a agricultura irrigada nada mais é do que a prática de se empregar a irrigação com o objetivo de melhorar aplicação de águas e fertilizantes mantendo baixo o consumo energético, repor sempre que faltar disponibilidade hídrica para as plantas, aumentando assim o seu potencial produtivo. (PORTAL EMBRAPA 2020).

Em virtude disso, objetivando melhorar esta prática o pivô central foi criado em 1948 por Frank L. Zibach, o equipamento girava por pistões movimentados hidraulicamente pela água, em 1954 vendeu os direitos de fabricação para a Valley, líder e pioneira no ramo de irrigação mundial. (PORTAL EMBRAPA 2020).

Entende-se que o uso da irrigação é de extrema importância para garantir a grande escala de produção o ano inteiro, independente de resultados das precipitações, a mesma é responsável por manter o ambiente em equilíbrio hídrico até mesmo no período

de estiagem(seca) e algumas vantagens do pivô central são: simplicidade na operação, após instalação tem-se baixo custo com mão de obra, eficiência e facilidade na aplicação de fertilizantes feitos via pivô (ureia), eficiência no uso de água e energia (CENVA. 2021).

1. BREVE RELATO SOBRE A AGRICULTURA E SUA IMPORTÂNCIA

A agricultura irrigada originou-se em 6.000a.C, as margens do rio Nilo, no Egito. O pioneiro foi o Faraó Ramsés III, que construiu um canal para que as águas fossem redirecionadas aos locais onde era necessária para o melhor desenvolvimento das culturas ali plantadas ao lado desses sulcos que eram feitos com intuito de que de certa forma a água ficasse mais próximas a zona radicular e assim garantisse uma boa produção que era destinada para o consumo. (SILVA. 2023)

A irrigação é uma grande aliada da agricultura, pois a mesma se tornou a principal alternativa para um aumento produtivo, proporcionando 3 (três) safras ao ano, garantindo assim a safra do milho, safra da soja e uma terceira safra que é muito utilizada no centro oeste por produtores de feijão, garantindo números positivos para a segurança alimentar (PORTAL EMBRAPA 2020).

Contudo, somente em 1948 que fazendeiro Frank L. Zybach, cria por sua vez um equipamento que mudaria a história da irrigação em grande escala, surgindo assim o Pivô Central, equipamento este com intuito de simular de forma mecânica a chuva. Em 1952 o experimento foi patenteado no Colorado, Estados Unidos da América, o mesmo girava em torno de uma base fixa acionado por mecanismos de pistões movidos hidráulica e pela água.

Frank Zybach, produziu unidades até 1954, quando vendeu os direitos de fabricação para empresa americana Valley, localizada no estado do Nebraska. A partir de 1968, outra empresa (Lindsay) também iniciou a fabricação de pivôs e atualmente dividem a liderança do mercado mundial de pivôs (SILVA. 2023)

1.1 PIVÔ CENTRAL E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A AGRICULTURA

Não sendo utilizado apenas para irrigação, o pivô central tem auxiliado bastante o produtor rural nas demandas químicas, sendo possível fazer as chamadas fertirrigações que seria uma irrigação somada a aplicação de ureia e adubos.



Figura 01: Fertirrigação via pivô central. Fonte: (Injeferd, 2021)

Vale lembrar a importância sempre que finalizar uma fertirrigação, deve-se deixar o equipamento ligado com água irrigando por pelo menos 10 minutos, isso garantirá a vida útil de seu equipamento diminuindo a oxidação na parte interna dos tubos metálicos da parte aérea. (INJEFERD, 2021)

Sua composição se é dada por:

- Sistema de Bombeamento (elétrico ou diesel).
- Adutora - responsável pelo transporte da água da casa de bomba até a base de equipamento (metálica ou PVC).
- Base ou torre central.
- Painel de controle (localizado na base do equipamento, responsável de passar todos os comandos para o equipamento).
- Estrutura metálica – corpo do pivô (uma estrutura de tubos metálicos e tirantes interligados).
- Válvulas Reguladoras de pressão.
- Emissores (aspersores ou sprays).

O Pivô Central é um equipamento capaz de simular a chuva que é implantado sobre uma determinada área de produção de cultivar. Sendo nele, instalada uma casa de bomba nas proximidades de uma captação hídrica seja ela barragem, córrego, piscinão, rio etc.

Da casa de bomba até a base do pivô e feita uma vala com máquinas pesadas e enterradas tubulações para transporte hídrico até o equipamento, essas tubulações são denominadas de Adutoras. Nas intituladas, Base ou Torre central é onde o equipamento

fica fixado ao solo sobre uma estrutura de concreto, a mesma tem a função de dar sustentação ao pivô e é responsável pela chegada da água até o mesmo.

Parte aérea ou Corpo do pivô, e responsável por distribuir a água ao longo de toda área que o mesmo está instalado. Prosseguindo, a Conta mangueira, seguida das válvulas reguladoras de pressão e emissores para o auxílio de uma distribuição hídrica mais uniforme, impulsionando a eficiência de aplicação do equipamento.

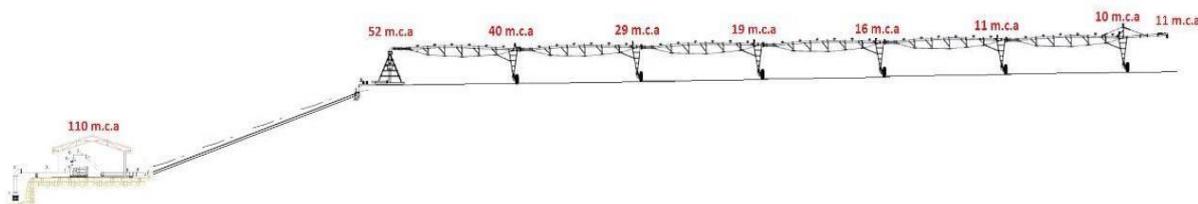


Figura 02: Sistema completo do Pivô Central. Fonte: (Própria. 2023).

O primeiro equipamento trago para o Brasil foi no ano de 1979 no município de Brotas-SP (ANA, 2019).

Ouve uma expansão de equipamentos no Cerrado em torno da represa de Três Marias e foi corroborada pela ocorrência de áreas extensas de geometria plana, tendo abundancia hídrica e solos ricos e fundos (Porta Embrapa 2020).

2. FUNCIONAMENTO

O painel de controle (localizado na base do equipamento), conta com uma peça denominada de percentímetro, essa peça tem a função de ajustar a velocidade da última torre do Pivô central, uma vez que a mesma encontrar-se a 100%, significa que a última torre do equipamento não irá parar, funcionará continuamente, sendo acompanhada pelas demais torres sempre que a declinação de um vão em relação ao outro for superior a 5° graus. Sempre que o mesmo acontecer uma chave elétrica permite a passagem de corrente acionando o funcionamento das demais torres internas. Vale ressaltar também que somente a última torre funciona de forma direta sem paradas e somente quando estiver na velocidade de 100%.



Figura 03: Painel do pivô central. Fonte: (revista cultivar, 2020).

A lâmina d'água irrigada pelo pivô é determinada através de sua velocidade, sendo que a vazão do seu equipamento é uma vazão X, logo se o mesmo andar de forma mais lenta, maior será a lâmina irrigada e se o mesmo se mover de forma mais rápida, quanto mais próximo a 100% de sua velocidade, menor será a lâmina irrigada.

No projeto de cada equipamento já é denominado através de uma tabela de funcionamento qual a lâmina de cada pivô. Por exemplo se for dito que um pivô se tem uma lâmina de 6.5mm, significa que o equipamento em funcionamento na velocidade 100% molha 6.5 Litros de água por metro quadrado, sendo essa a menor lâmina estimada para esse equipamento com aquela vazão projetada. (CENVA. 2021).

2.1 A AFERIÇÃO DO PIVÔ CENTRAL

É de grande importância logo que se chegue ao campo fazer-se esse reconhecimento, pois através do mesmo iremos tirar características importantíssimas para

o levantamento do trabalho. Cada modelo de equipamento seja ele mais novo ou mais antigo tem-se características próprias a serem observadas, cada qual terá um espaçamento diferente de acordo com seu fabricante que torna aquele modelo um espaçamento padrão a ser montado em todas as áreas. (SILVA. 2023)

Esse espaçamento trata-se da distância entre uma mangueira com kits emissores e outra, assim no final do levantamento, a soma de todos esses espaçamentos ao longo do pivô me dirá sua área em hectares.

Deve-se observar também o diâmetro da tubulação da parte aérea do equipamento lance a lance, para cálculos exatos de perda de carga. Outro ponto que deve ter atenção é em retirar a localização do centro do equipamento para acessar assim suas coordenadas no Google Earth e pegar dados como sua altitude, desnível até casa de bombas desse equipamento, comprimento e trajetos de adutoras para cálculos de perda de carga. (CENVA. 2021).

2.2 LEITURA DE BOCAIS

Do centro do pivô para a ponta começa-se a fazer a leitura de bocal. Sempre de um número menor e com um bocal de menor circunferência de sua passagem para um maior até que chegue ao final do equipamento onde é chamado de balanço que seria o último lance do pivô após a sua última torre. (SILVA. 2023)

O resultado dessa leitura de bocais em ordem crescente é denominado de mapa de bocal do equipamento, através do mapa de bocal teremos o resultado da vazão total do equipamento avaliado, pois cada bocal espalhado ao longo do pivô tem-se uma vazão xm^3 , chegando assim na vazão total em m^3 do pivô avaliado. (SILVA. 2023)



Figura 04: Leitura de bocais. Fonte: (Própria. 2023).

3. TESTE DE PERCENTÍMETRO

O mesmo é realizado no centro do pivô em seu painel, onde será testado em 4 etapas. No controle de velocidade de equipamento, você terá que testar em 80%, 60%, 40% e 20%, o teste pode ter uma margem de erro de 5% para mais ou para menos, acima disso será recomendado a troca do percentímetro. (SILVA. 2023)

| |
|---------------------------------------------------------------------------|
| 80% o equipamento deve movimentar 48 segundos e ficar parado 12 segundos. |
| 60% o equipamento deve movimentar 36 segundos e ficar parado 24 segundos. |
| 40% o equipamento deve movimentar 24 segundos e ficar parado 36 segundos. |
| 20% o equipamento deve movimentar 12 segundos e ficar parado 48 segundos. |

Tabela 01: Tabela de teste percentímetro. Fonte: (Própria).

Nesta etapa, observa-se que o giro por fases deve ser sempre fechado em 60 segundos, em caso de painel digital segue o padrão citado acima sem necessidade de teste.

3.1 TESTE DE VELOCIDADE DO EQUIPAMENTO

O mesmo é realizado com o pivô na velocidade de 100% em sua última torre onde a mesma se movimenta de forma direta e sem pausas nesta velocidade. Deve-se medir e fazer 3 marcações de 10 metros cada ao longo do trajeto que o equipamento irá percorrer, cada etapa é cronometrada separadamente e logo em seguida se faz uma média das mesmas para maior exatidão. O intuito do teste é calcular o tempo gasto pelo equipamento para dar-se uma volta completa na área que está instalado.

É de extrema importância que o percentímetro esteja funcionando corretamente, pois com a união do mesmo e a velocidade do equipamento é que conseguimos fazer recomendações de lâminas de irrigação de forma coerente.

Exemplificando, deve-se locomover até o painel do centro do pivô e avaliar se o mesmo se trata de um painel analógico ou um painel digital. Se tratando de painel digital, não se gasta fazer o teste de percentímetro e pode considerar os dados da tabela citada anteriormente. Caso seja painel analógico deve-se utilizar um cronometro e fazer os testes com 80%, 60%, 40% e 20%, em cada velocidade citada deve marcar 60 segundos no cronometro obtendo o tempo gasto pelo pivô em cada fase de movimento e parada, os

resultados em cada fase devem ficar o mais próximo possível dos valores citados na tabela de percentimento.

3.2 AFERIÇÃO HIDRÁULICA DO EQUIPAMENTO

Desta forma, entende-se que este procedimento pode-se realiza em 3 fases:

- Deve-se chegar a pressão da bomba com o registro fechado para sabermos o seu shut-off (pressão da bomba com vazão 0), logo em seguida deve-se abrir o registro todo e esperar de 5-10 minutos para que o sistema se persurize por inteiro e checar a pressão da bomba com o registro aberto para sabermos o que temos de saída do bombeamento, ambos com auxílio de manômetros.
- Deve-se partir para o centro do pivô e checar a pressão do centro para sabermos quanto está chegando de entrada no equipamento em sua base, em painéis analógicos, deve-se checar com auxílio do manômetros, em painéis digitais deve-se fazer leitura em seu painel pois o mesmo marcar com ajuda de um pressostato.
- Por último pretende-se realizar a aferição da pressão na ponta do pivô com o equipamento em direcionado para a sua parte mais alto do terreno instalado, a mesma e 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 feita também com auxílio de manômetros.

Deste modo, ressalta-se que para os testes, 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 05: Pressão bombeamento. Fonte: (Própria. 2024).



Figura 06: Pressão na ponta do equipamento. Fonte: (Própria. 2024).

A última etapa será a checagem da uniformidade de irrigação, o quanto igual ou uniforme as gotas de água lançadas pelos emissores estão sendo distribuídas na cultura. Segundo o Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, os parâmetros que expressam a qualidade da irrigação devem ser entendidos como decisórios do processo de planejamento e operação dos sistemas de irrigação. (SILVA. 2023)

4. COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE CHRISTIANSEN (CUC)

Entre tais parâmetros, os que permitem avaliar a uniformidade de distribuição de água pelo sistema são muito utilizados, pois sabe-se que a irrigação não se apresenta igual em todas parcelas da área irrigada. (SILVA 2023)

Quando se aplica somente a lâmina de irrigação necessária numa área (sendo que esta lâmina corresponde à lâmina média), devido à desuniformidade, uma fração dessa área é irrigada com excesso, enquanto na outra fração ocorre déficit de água. Na fração com excesso, uma parte fica armazenada na zona das raízes para uso das plantas e a outra parte é perdida por percolação profunda, transportando também consigo parte dos nutrientes daquela camada. Na fração com déficit, toda água infiltrada é considerada armazenada na zona radicular, porém, em quantidade inferior às necessidades hídricas das plantas. (SILVA 2023)

Por outro lado, se a lâmina média de irrigação aplicada for maior que a necessária, pode-se até eliminar a fração com déficit de irrigação, porém o custo da irrigação tende a se tornar inviável economicamente, além de agravar a lixiviação dos nutrientes.

Portanto, a uniformidade da irrigação deve ser analisada não apenas como uma simples informação de dispersão, mas sim como um importante parâmetro na avaliação econômica da irrigação. (SILVA 2023)

É comum expressar a uniformidade de distribuição de água em uma área por um coeficiente de uniformidade. Quando este coeficiente é maior ou igual a um certo valor arbitrário, a uniformidade de distribuição é considerada aceitável. As medidas de uniformidade expressam a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo. Uma forma usual de obtê-las é por medidas de dispersão, expressando-as de forma adimensional, pela comparação com o valor médio. (SILVA 2023)

O coeficiente mais conhecido e largamente utilizado é o de Christiansen (1942), que adotou o desvio médio como medida de dispersão, sendo seu cálculo obtido pela equação:

$$CUC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \quad (1)$$

Em que: CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em decimal;

n - número de observações;

X_i - lâmina de água aplicada no i -ésimo ponto sobre a superfície do solo;

- lâmina média aplicada.

O valor mínimo do CUC adotado como referência para sistemas de irrigação por aspersão é 0,80 ou 80%, sendo que valores inferiores podem ser admitidos se a precipitação pluvial tem um valor significativo durante a estação de cultivo, ou se a diminuição dos custos do sistema com a redução da uniformidade compensarem a diminuição da receita devido à redução na produção da cultura. (CHRISTIANSEN. 1942)

4.1 PASSO A PASSO DE CUC

Desta forma, entende-se que para realizar o teste de uniformidade utiliza-se:

1° - Uma trena de 100 metros ou 50 metros.

2° - Vareta para apoio do copo coletor, mínimo 1m de altura.

3° - Copos coletores próprios para teste de uniformidade que se tenha a área dos mesmos.

4° - Proveta volumétrica que marca em milímetro ou ml.

5° - Folha e caneta para anotar os dados coletados.



Figura 07: Copo coletor, Proveta volumétrica, trena e kit coletor CUC montado. Fonte: próprio autor (2023).

Antes de realizar o teste deve-se manobrar o pivô central para a parte mais crítica do seu terreno deixando o balanço do mesmo apontado para parte mais alta. Deve-se iniciar o teste de CUC no sentido, centro do pivô para o balanço. Contudo, assim que chegar ao centro do pivô, deve-se pegar um ponto de referência visando estar em um ângulo de aproximadamente 45° em relação ao raio do equipamento.

Em seguida se mede 30m do tubo de entrada na base do pivô e então prende-se a primeira vareta ao solo e coloca o primeiro copo coletor sobre a mesma. Essa medida de 30m se dá por conta que as primeiras saídas do pivô são plugadas ou seja, não tem mangueira e kit aspersor por ficar mais próximos ao painel do equipamento para evitar danos elétricos e não molhar exato a base pois ali são realizadas manobras como fertirrigação.



Figura 08: Exemplo linha de CUC. Fonte: Google Earth (2024).

Observando-se o ponto de referência que foi adotado e atento ao ângulo citado anteriormente, daquela primeira vareta sobreposta sobre o solo tem-se um ponto de partida para montar o teste. Sendo assim, uma pessoa deve puxar a trena sempre no sentido ao ponto de referência e outra pessoa segurar a ponta da trena na primeira vareta, quando toda esticada deve-se então partir e colocar um kit (vareta + copo coletor) a cada 5m o mais reto possível evitando que a linha de teste montada tenha barriga (saia do prumo), do centro do pivô até o ultimo kit de aspersor do pivô que fica localizado no balanço do equipamento.



Figura 09: Teste de CUC montado. Fonte própria (2023).

Depois que todo o raio de coleta estiver montado, deve partir o pivô central ligado com água e esperar que o mesmo passe sobre todos os copos coletores, logo em seguida deve partir uma pessoa com a proveta medindo copo por copo quantos mm caiu nos coletores e outra pessoa deve seguir a mesma anotando todos esses dados.



Figura 10: Equipamento passando sobre kit coletor CUC. Fonte própria (2023)

Com os dados em mãos, pode-se partir para os cálculos e então chegar à conclusão de qual a uniformidade de irrigação tem-se naquele equipamento.

CONCLUSÃO

- O teste de uniformidade de Christiansen (CUC), é de extrema importância, auxiliando diretamente em uma maior eficiência do pivô central gerando maior uniformidade de área molhada.
- O CUC é uma ferramenta importantíssima para manter o seu equipamento sempre o mais calibrado possível.
- Com este trabalho, foi possível aplicar conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Irrigação, manejo de Irrigação e Hidráulica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional Das Águas - Atlas Irrigação. Atlas Irrigação atualiza área irrigada total no Brasil em 8,2 milhões de hectares. 2021. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>. Acesso em: 27, novembro, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS & Embrapa. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil** – 2014: Relatório Síntese. Brasília: ANA, 2016, 33 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. 86p.

ANOLASCO. Antonio Carlos, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

BONISSONI. Kassiana. **Lindsay lança painéis ZIMMATIC com tecnologia para facilitar irrigação**. 16.07.2020 | 20h59 (UTC -3)

CNA. 2021 **CNA apresenta desafios e oportunidades da irrigação no campo**. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/cna-apresenta-desafios-e-oportunidades-da-irrigacao-no-campo>. Acessado 24 de novembro de 2023.

CPT. 2021. **Pivô central: saiba como funciona e indicações de uso**. Disponível em: <https://www.cptcursospresenciais.com.br/blog/vantagens-do-pivo-central/>. Acessado 26 de novembro de 2023.

CORDEIRO. Breno. **Tecnologia e inteligência artificial marcam nova era da agricultura irrigada**. 2018 Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/tecnologia-e-inteligencia-artificial-marcam-nova-era-da-agricultura-irrigada> Acessado 23 de novembro de 2023.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 124 p. (Bulletin, 670).

FILHO. Júlio Mesquita. **Irrigação, curso**. Disponível em: <https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/cursos5.htm>
<https://dspace.unipampa.edu.br/jspui/bitstream/riu/829/1/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20uniformidade%20de%20distribui%C3%A7%C3%A3o%20de%20C3%A1gua%20em%20um%20piv%C3%B4%20central%20no%20munic%C3%ADpio%20de%20Alegrete-RS.pdf> Acessado 22 de novembro de 2023.

GILLEY, J.R.; HACKBART, C.A.; STETSON, L.E.; FEYEN, J. Energy management. In : HOFFMAN, G.J.; HOWEL, T.A.; SOLOMON, K.N. (Ed.) **Management of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1990. p.719-746.

HERNANDEZ. Fernando Braz Tangerino . 2010. **Pivô central: história e características**. UNESP. Ilha Solteira. Disponível em: <https://irrigacao.blogspot.com/2010/02/pivo-central-historia-ecaracteristicas.html#:~:text=O%20piv%C3%B4%20central%20foi%20constru%C3%A7%C3%A3o%20em%201970%20em%20Alegrete-RS>

ADdo,pist%C3%B5es%20movidos%20hidraulicamente%20pela%20%C3%A1gua.
Acessado 26 de novembro de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – **INMET**. Normais Climatológicas (1961/1990). Brasília - DF, 1992.

ISSUU. Agrishow. from **Revista PivotPoint - 25ª edição** by **Valley Irrigação Brasil**. Disponível em: https://issuu.com/valleybrasil/docs/pivotpoint_25_ed_-_abril_2023_-_low/s/24063177 Acessado 25 de novembro de 2023.

KOMET. Komet Precision Twister Pc-180 Aspersor Círculo Parcial. Disponível em: <https://www.kometirrigation.com/pt-br/news-blog/the-komet-precision-twister-pc-180-part-circle-sprinkler-100-performance-half-circle-application>. Acessado 26 de novembro de 2023.

O GESTOR RURAL. Agricultura Irrigada: O Que É, Como Surgiu e Quais os Benefícios?. Disponível em: <https://ogestorrural.com.br/agricultura-irrigada-o-que-e-como-surgiu/#:~:text=H%C3%A1%20ind%C3%ADcios%20de%20que%20ela,o%20melhor%20desenvolvimento%20das%20planta%C3%A7%C3%B5es>. Acessado 24 de novembro de 2023.

SILVA. Michel Martins Araujo Silva. Pivô Central. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/667921830/Pivo-Central2022>. Aug 29, 2023

SILVA. Elaine. Luz artificial em pivô de irrigação promete aumento de produtividade Disponível em: <https://globo rural.globo.com/Noticias/Feiras/noticia/2022/04/luz-artificial-em-pivo-de-irrigacao-promete-aumento-de-produtividade.html>. Acessado 20 de novembro de 2023.

TESTEZLAF. Roberto. Figura 88. Detalhe de um canhão final no lance em balanço do pivô. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-88-Detalhe-de-um-cancao-final-no-lance-em-balanco-do-pivo_fig65_318197795, Acessado 20 de novembro de 2023

ZOCOLER, J.L.; FRIZZONE, J.A.; VANZELA, L.S. Eficiência e adequabilidade da irrigação de um equipamento do tipo pivô central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30. 2001. Foz de Iguaçu. **Irrigação:** trabalhos. Foz de Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD-ROM.