

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR
ASPERSÃO CONVENCIONAL**

EDER RAMOS DA SILVA



EDER RAMOS DA SILVA

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL

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

Orientadora: Profa. Dra. Júlia Ferreira da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Edson de Oliveira Vieira

Montes Claros, MG

2021

Eder Ramos da Silva. AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Profa. Dra. Flávia Mazzer Rodrigues ICA/UFMG

Prof. Dr. Rodolpho dos Reis Tinini - ICA/UFMG

Prof. DSc. Edson de Oliveira Vieira – Coorientador, ICA/UFMG

Profa. Dra. Júlia Ferreira da Silva – Orientadora, ICA/UFMG

Montes Claros, 03 agosto de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, pelas dificuldades e barreiras impostas em meu caminhar, e, acima de tudo, por me dar o melhor direcionamento para ultrapassar tudo isso com saúde e perseverança.

Aos meus orientadores, que dedicaram um pouco do seu tempo, que já é tão pouco, para me instruir e me orientar nesse último trabalho acadêmico.

Aos meus pais, que me deram todo o apoio necessário, me incentivando e nunca me deixando desistir do meu sonho.

À minha melhor amiga e companheira de vida, por todos os feitos, dedicação, puxões de orelha e incentivo.

Aos novos amigos, que me acolheram como um igual, mesmo com todas as diferenças, crenças e costumes.

À Fundação Mendes Pimentel e a todos os técnicos que prestam assistência aos estudantes.

A todos os professores do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental e à equipe técnica, pelos ensinamentos, cobranças e suporte técnico.

Às equipes de limpeza, segurança e refeitório, que tornaram nossos dias mais produtivos, seguros e salubres.

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso aos meus filhos Luiz Miguel e Davi Hântony, pois eles foram a minha maior fonte de inspiração para iniciar essa batalha, à minha namorada Bárbara que, durante os últimos dois anos, me acompanhou e ajudou a me manter de cabeça erguida e ultrapassar vários obstáculos e, principalmente, aos meus pais que, além de me dar a vida, formaram meu caráter.

RESUMO

O sistema de irrigação por aspersão convencional é um dos mais difundidos em lavouras de pequeno porte, no entanto, demanda cuidados técnicos. Aspectos climatológicos e mal dimensionamento do sistema, podem afetar diretamente na distribuição de água para a cultura e como consequência provocar estresse hídrico por excesso ou falta de água. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar um sistema de irrigação por aspersão convencional, mensurando os coeficientes de uniformidade na aplicação de água, onde ocorria desuniformidade de crescimento da cultura de milho para silagem. O estudo foi conduzido em uma unidade produtiva situada no município de Montes Claros – MG, onde a cultivar apresentava déficit de desenvolvimento em área mais crítica. A lâmina de irrigação foi coletada com o auxílio do Kit de ensaio de precipitação da marca Fabrimar® distribuído em malha retangular e com espaçamento de 1,8 x 2,4 metros e a 0,70 metros de elevação. A classificação de uniformidade foi dada com base nos coeficientes mais utilizados, como: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estático (CUE) e Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH). Os resultados esperados para CUC, CUE e CUH são a partir de 80% e para o CUD a partir de 68%. Os resultados encontrados foram CUC=84,77%; CUD=78,10%; CUE=81,43%; e CUH=85,18%; esses resultados são classificados como Bom e demonstraram que o sistema, mesmo após sofrer alterações como troca do conjunto motobomba e dos aspersores, por modelos similares e operando com vazão e pressão de serviço abaixo do recomendado pelo fabricante do aspersor, apresentou uniformidade dentro do esperado.

Palavras-chave: Agricultura Irrigada, Coeficiente de Uniformidade, Eficiência de Irrigação

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Demanda de captação de água no Brasil no ano de 2019.....	13
Figura 2- Representação esquemática da necessidade hídrica na irrigação em cada estágio de desenvolvimento da cultura.....	16
Figura 3- Mapa de localização da unidade produtiva, obtido pelo Software QGIS.....	18
Figura 4- Modelo do aspensor instalado na área do estudo	19
Figura 5- Esquema da disposição dos coletores na área de estudo.....	20
Figura 6- Disposição dos coletores na área de estudo	21
Figura 7- Aferindo a pressão de serviço do aspensor com auxílio de manômetro.....	21
Figura 8- Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações de água coletadas - obtidas no software Surfer 21.....	25
Figura 9- Representação gráfica do perfil tridimensional que representa as precipitações de água coletadas, obtidas no software Surfer 21	25
Figura 10- Representação gráfica dos perfis transversal e longitudinal x média da lâmina coletada - obtidas no software Surfer 21.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Marcos históricos de desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil	14
Tabela 2- Classificação dos coeficientes de uniformidade.....	22
Tabela 3- Lâminas obtidas através do método proposto por Christiansen, (2001)	23
Tabela 4- Dados estatísticos das lâminas obtidas com o método proposto por Christiansen (2001)	24
Tabela 5- Indicadores de uniformidade, segundo as metodologias propostas por Mantovani, (2001) e Bralts, (1986).	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CUC	- Coeficiente de Uniformidade de Christiansen
CUD	- Coeficiente de Uniformidade de Distribuição
CUE	- Coeficiente de Uniformidade Estática
CUH	- Coeficiente de Uniformidade de Hart
CV%	- Coeficiente de variação – dado em porcentagem
FAO	- Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
ONU	- Organização das Nações Unidas
mca	- Metro de coluna d'água
Mha	- Milhões de hectares
Shutoff	- Altura manométrica desenvolvida pela bomba correspondente a vazão zero

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. Importância da água e seu uso na agricultura.....	12
2.2 Agricultura Irrigada e a irrigação no Brasil.....	13
2.2.1 Influencia da irrigação na cultura do milho.....	16
2.3. Avaliação de irrigação	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Caracterização da área de estudo.....	18
3.2 Caracterização da irrigação	19
3.3 Caracterização do estudo.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	30
ANEXOS	34

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem totalmente renovável pelo ciclo hidrológico, contudo, a maior parte é salgada e inadequada ao consumo humano. A água doce tem maior parcela concentrada em aquíferos subterrâneos e em geleiras, sendo de difícil acesso. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), 50% da água doce disponível no Brasil é extraída e consumida pelo setor da agricultura, em sistemas de irrigação (ANA, 2018).

A irrigação é uma técnica artificial capaz de fornecer água às culturas em quantidade suficiente para suprir suas necessidades hídricas em momento adequado. Existem diversos sistemas de irrigação, que serão utilizados dependendo de fatores físicos, climáticos, financeiros, culturais etc. O sistema de irrigação por aspersão convencional se adequa a diversas, devido ao espaçamento entre os emissores e lâminas de irrigação de maior volume e com maior pressão. Para Rocha (1999), na irrigação por aspersão convencional, o sistema precisa ser avaliado logo após a implantação, para verificação do seu desempenho, possibilitando ajustes e melhoria da sua performance.

A variabilidade da lâmina aplicada sob a superfície do solo, é expressa pela uniformidade de aplicação de água, fator esse que está diretamente relacionado à produtividade e à redução nos custos com a produção. Nesse contexto Alencar *et al.* (2009), salientam que a inadequação de um sistema de irrigação pode levar à aplicação excessiva de água, acarretando em lixiviação dos nutrientes do solo e repercutindo em diminuição da produtividade.

A variabilidade de aplicação de água na irrigação pode ser expressa por diversos coeficientes de uniformidade, sendo utilizados, para este estudo os quatro coeficientes mais comumente utilizados: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), proposto por Christiansen (1942); Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), recomendado pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos; Coeficiente de Uniformidade Estático (CUE), proposto por Wilcox e Swailes (1947) e o Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH), proposto por Hart (1961).

A área de estudo escolhida para o desenvolvimento desse trabalho, apresentava deficiência na distribuição de água em alguns pontos, sendo visível pelo mal desenvolvimento da cultura do milho, havendo plantas com desenvolvimento foliar adiantado, enquanto em outras áreas ainda havia sementes germinando.

O objetivo deste trabalho foi avaliar um sistema de irrigação por aspersão convencional, mensurando os coeficientes de uniformidade na aplicação de água, onde ocorria desuniformidade de crescimento da cultura de milho para silagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância da água e seu uso na agricultura

A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e de domínio público conforme a Lei nº 9433/1997. Por ser um bem renovável pelo ciclo hidrológico, o volume de água no planeta é sempre o mesmo, no entanto, o volume de água em condições de uso é que se torna mais escasso (RAPOPORT, 2004).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao consumo humano ou agrícola sem que haja um tratamento de dessalinização. Os 2,5% restantes são de água doce, porém, a maior parte (69%) é de difícil acesso estando concentrada nas geleiras, os aquíferos subterrâneos somam um montante de aproximadamente 30% e apenas 1% está disponível em águas superficiais (rios e lagos). Com isso, o uso desse bem tão precioso necessita de planejamento de forma a evitar que se prejudique os demais meios de uso e consumo e manutenção da vida (ANA, 2018).

A distribuição e o abastecimento de água são de fundamental importância para o desenvolvimento humano, social e econômico, contudo, seu uso desordenado pode deixá-la imprópria ao consumo humano e agrícola. Nas últimas décadas, com o crescimento demográfico, industrial e agrícola, aumentou-se substancialmente a demanda pela água, fazendo-se necessário pensar em uma utilização eficiente e conciente dos recursos hídricos. Como consequências, temos o desequilíbrio no escoamento das águas, provocado pela alteração substancial do sistema natural de drenagem levando a enchentes e demais desastres ambientais (TUNDISI, 2011).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a escassez de água afeta quase todos os continentes. Seguindo essa tendência, 1,8 bilhões de pessoas estarão vivendo em países ou regiões com escassez absoluta de água em 2025 (ONU, 2013). Baratto (2013), considerando que a população em 2025 será de cerca de 8,2 bilhões de pessoas, estima que 22% da população estará fadada à escassez absoluta de água.

“A agricultura mundial enfrenta o desafio de aumentar a sua produção agrícola em 50% de 2012 até 2050, ao mesmo tempo em que deve reduzir o consumo de água já que a agricultura corresponde a 69 % de toda a água doce utilizada no planeta” (ALVES, 2021 p. 8).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), a irrigação responde, atualmente, por 50% da extração de água bruta de nascentes superficiais e subterrâneas no Brasil, enquanto o abastecimento urbano responde por 24% da extração total (FIGURA 1).

Figura 1- Demanda de captação de água no Brasil no ano de 2019



Fonte: ANA, 2021

Para Paz *et al.* (2002), a irrigação é uma das atividades humanas que detém maior consumo de água, não podendo ser entendida apenas como um processo artificial de umidificar o solo, pois atende a um conjunto de necessidades das culturas, integrando solo, clima e planta além de evitar desperdício e estresse hídrico por excesso ou falta de água.

2.2 Agricultura Irrigada e a irrigação no Brasil

A irrigação é uma técnica artificial com o propósito de fornecer água às plantas de maneira eficiente e em quantidade adequada. De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2013), “a irrigação tem como finalidade fornecer água de forma a atender às necessidades hídricas da cultura em todo o seu ciclo produtivo, permitindo a obtenção de boa qualidade e alta produtividade.” Para Moura, (2005), “a irrigação tem como objetivo fornecer água de forma eficiente às culturas, minimizando os impactos ao meio ambiente.

Coelho, Filho e Oliveira (2005) sustentam que, para a agricultura irrigada manter-se sustentável, no que diz respeito ao meio ambiente, deve ser eficiente no uso dos recursos hídricos e, para alcançar a eficiência na utilização dos recursos hídricos na irrigação, é necessário atentar-se a alguns requisitos básicos como: estruturação e adequação da irrigação ao tipo de cultivo, gerenciamento do uso da água, utilização de métodos mais apropriados ao manejo de irrigação e de métodos que permitam o aumento da eficiência na utilização dos recursos hídricos.

Bernardo (2013), considera que a escolha do sistema de irrigação deve ser tecnicamente viável e socialmente favorável, além de considerar, dentre alguns aspectos, a uniformidade de distribuição de água.

Santos *et al.* (2012) consideram que a uniformidade de distribuição de água deve ser efetiva em qualquer metodologia de irrigação utilizada, porque ela afeta diretamente na eficiência do uso dos recursos hídricos e, em decorrência, na quantidade e qualidade da lavoura, assim como nas despesas com a irrigação.

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2013), há indícios de que o primeiro projeto de irrigação no país se deu por padres jesuítas no século XVI, contudo, a irrigação só se expandiu em meados dos séculos XIX e XX, em lavouras de arroz no Rio Grande do Sul, e seu uso foi intensificado em regiões do Semiárido entre as décadas de 1970 e 1980, devido à baixa pluviosidade e períodos chuvosos desfavoráveis.

Desde o início do século XX, vários foram os incentivos do governo para o setor da agricultura no país. Na Tabela 1 estão exemplificados alguns desses incentivos governamentais mais importantes que ficaram marcados na história do país.

Tabela 1- Marcos históricos de desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil

Ano	Marco
1903	Início da operação do reservatório Cadro para irrigação de arroz no Rio Grande do Sul
1909	Criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), denominada de Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) em 1919. Transformada no DNOCS em 1945
1926	Criação do Sindicato Arrozeiro do Rio Grande do Sul. Deu origem ao IRGA em 1940
1934	Aprovação do Código de Águas (Decreto Federal nº 24.643/1934)
1940	Criação do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA)
1945	Criação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS)
1948	Criação da Comissão do Vale do São Francisco, denominada Superintendência do Vale do São Francisco em 1967. Transformada na CODEVASF em 1975
1952	Criação do Banco do Nordeste
1959	Criação da Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE)
1968	Criação do Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola (GEIDA) no Ministério do Interior
1969	Criação do Programa Plurianual de Irrigação (PPI)
1970	Criação do Programa de Integração Nacional (PIN)

Continua....

Continuação....

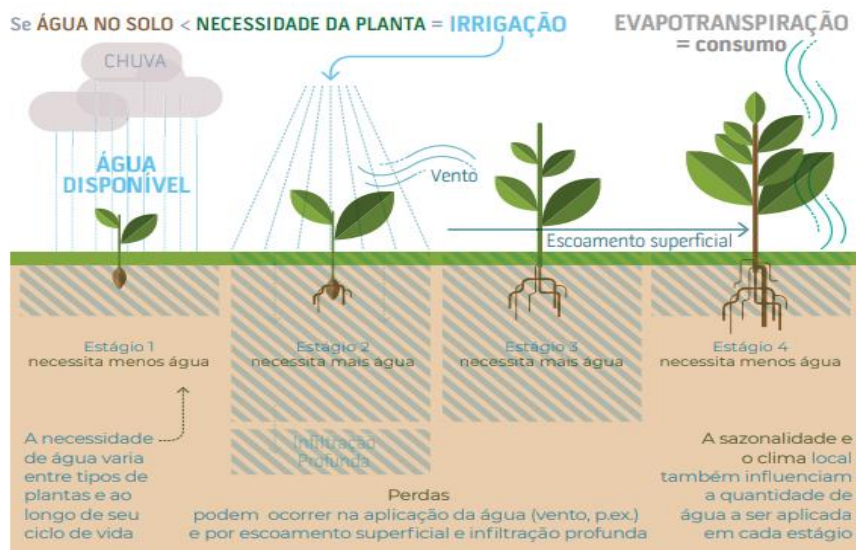
1975	Criação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF)
1979	Aprovação da primeira Política Nacional de Irrigação (Lei Federal nº 6.662/1979)
1979	Início da implementação do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER)
1981	Criação do Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS)
1982	Instituído o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (PROFIR)
1986	Criado o Programa Nacional de Irrigação (PRONI) e o Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE)
1988	Promulgada a Constituição da República Federativa do Brasil, que trata em alguns artigos sobre uso dos recursos hídricos e da irrigação
1997	Promulgação da Lei das Águas (Lei Federal nº 9.433/1997) – estabelecimento da Política Nacional de Recursos Hídricos
2000	Criação da Agência Nacional de Águas (ANA) – Lei Federal nº 9.984/2000
2001	Aprovada a Resolução CONAMA 284, de 30/08/01, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos de irrigação
2002	A CODEVASF passa a atuar no vale do Parnaíba (MG?)
2008	Criado o Fórum Permanente de Desenvolvimento da Agricultura Irrigada pela Portaria nº 1.869/2008, pelo Ministro de Estado da Integração Nacional
2013	Promulgada a nova Política Nacional de Irrigação (Lei Federal nº 12.787/2013). Dispositivos ainda não regulamentados

Fonte: ANA, 2021.

O Brasil possui grande potencial agrícola, com imensa área agricultável e clima favorável. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (2020), o Brasil, com área de 8,2 milhões de hectares (Mha) irrigados, está em sexto lugar na lista dos 10 países com maior área equipada para irrigação. No topo da lista estão China e Índia com aproximadamente (70 Mha) cada, seguidos de EUA (26,7 Mha), Paquistão (20,0 Mha) e Irã (8,7 Mha).

Existem vários fatores que colaboram para a necessidade de irrigação. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), em regiões com escassez contínua de água, como no Semiárido brasileiro, só existe viabilidade de cultivo se houver irrigação. O mesmo ocorre em outras regiões, como a região central do país, com períodos característicos de escassez de água, onde algumas culturas específicas e terceira safra dependem da irrigação para serem viáveis. A necessidade hídrica na irrigação, considerando o balanço hídrico das culturas em cada estágio de desenvolvimento, está representada na Figura 2.

Figura 2- Representação esquemática da necessidade hídrica na irrigação em cada estágio de desenvolvimento da cultura



Fonte: ANA (2017)

De acordo com Gutierrez e Neves (2021), tendo conhecimento da necessidade hídrica da cultura e das condições do solo irrigado é possível, por meio de um modelo de manejo de irrigação adequado, reduzir nos gastos com água e energia, irrigando de forma controlada e atendendo a necessidade da cultura.

“Por fim, é necessário conhecer a eficiência do sistema de irrigação adotado para que se estime as perdas que ocorrem entre o volume de água captado e o volume de água utilizado pela planta” (ANA, 2021 p. 67).

2.2.1 Influencia da irrigação na cultura do milho

De acordo com Ben (2015) o milho é o segundo cereal mais cultivado no Brasil, devido à sua capacidade de adaptação. Para Silva *et al.* (2009), o milho é um insumo de grande importância mundial devido à sua versatilidade, sendo utilizados na produção de alimentos combustíveis e outros.

O milho, no entanto, assim como outras culturas, responde de forma diferente sob estresse hídrico. Para Cunha e Bergamaschi (1992) de acordo com a época da safra e a intensidade do estresse hídrico da planta, a resposta produtiva pode ser maior ou menor. De acordo com ANDRADE *et al.* (2006), dependendo das condições climáticas, o consumo de água do milho de ciclo médio pode variar de 400 a 700 mm.

Em experimento com sistemas de irrigação com e sem sobreposição de lâminas, Viera et al. (2013) observou rendimento significativo na produção do milho, no sistema com sobreposição de lâmina, chegando ao resultado de 9,2 toneladas a mais por hectare.

Oliveira *et al.* (2015) em estudo da influência da uniformidade de irrigação na produção e na rentabilidade de silagem de milho irrigado, concluiu que o sistema de irrigação que apresentou maior uniformidade, proporcionou renda líquida de 26,5% superior à de menor uniformidade.

2.3. Avaliação de irrigação

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2013), a avaliação da irrigação é uma importante etapa para verificar a eficiência do sistema, detectar falhas de dimensionamento do projeto e conseqüentemente efetuar as devidas correções.

De acordo com Silva, C. A. Silva, C. J. (2005), a avaliação do funcionamento do sistema de irrigação está relacionada a diversos parâmetros de desempenho. Esses parâmetros englobam vazão, tempo de irrigação e uniformidade na aplicação de água. Contudo, com pouco conhecimento por parte dos produtores e falta de orientação, mesmo quando novas tecnologias são disponibilizadas, estes parâmetros não são tratados com a importância devida.

Um dos principais parâmetros utilizados na avaliação de um sistema de irrigação é a uniformidade de aplicação de água sobre a área irrigada, que está associada à eficiência de irrigação. A irrigação desempenha um papel importante no aumento da produtividade das culturas e a uniformidade de distribuição de aplicação de água pelos emissores tem sido um fator limitante para se obter um manejo eficiente do uso da água aplicada (Andrade, 2021 pág. 3)

A avaliação de irrigação, para ser mais precisa, requer uma variedade de dados da composição do sistema., como enfatizado por Bernardo, Soares e Mantovani (2013): “Ao realizar o teste de uniformidade, deve-se tomar nota de todas as características do aspersor, como marca, diâmetro de bocais e condições de operação: altura de elevação, pressão de operação, vazão, duração e hora de feitura do teste e velocidade e direção do vento.”

Para Frizzone (1992), os principais parâmetros que representam a qualidade de um sistema de irrigação são o coeficiente de uniformidade de distribuição da água e a eficiência de aplicação. A uniformidade de distribuição de água é um dos principais parâmetros para o diagnóstico da situação de funcionamento do sistema de irrigação (HOWELL *et al.*, 1990; MANTOVANI *et al.*, 2009).

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2013), existem diferentes coeficientes para expressar a uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação por

aspersão. Os três mais utilizados são o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), proposto por J.E. Christiansen (1942); o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) recomendado pelo serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos e o coeficiente estático de uniformidade, proposto por Wilcox e Swailes (1947).

Hart (1961 citado por ROCHA *et al*, 1.999) propôs um coeficiente de uniformidade que também utiliza o desvio-padrão como medida de dispersão (CUH). Quando a lâmina de água aplicada pelos aspersores tem distribuição normal, tem-se que CUC é igual a CUH.

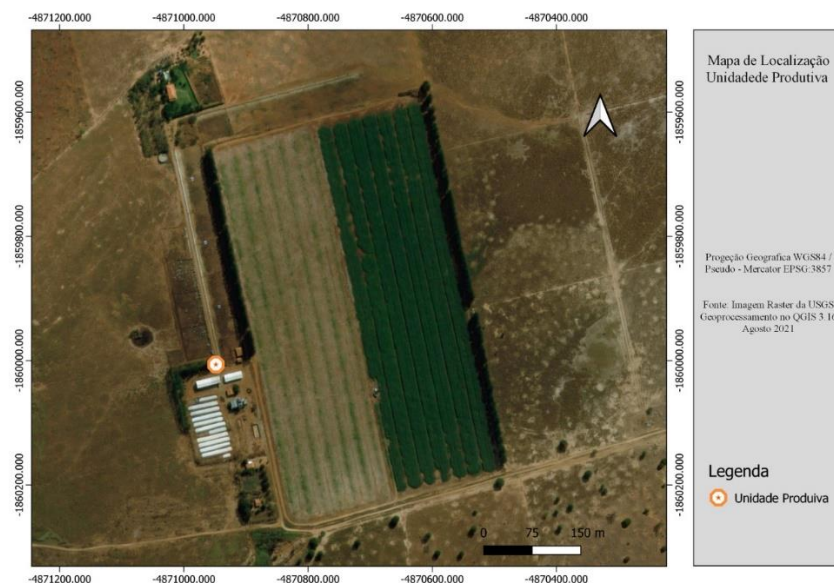
Pinto *et al.* (2015) identificou diferença expressiva nos coeficientes de uniformidade, variando a pressão de serviço dos aspersores em 10, 15, 20 e 25 m.c.a, sendo que os menores coeficientes se deram para a pressão de 10 e a maior para 25 m.c.a.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

Os estudos foram conduzidos em uma unidade produtiva (FIGURA 3) situada na zona rural do Distrito Vila Nova de Minas, no município de Montes Claros – MG, com localização geográfica $16^{\circ}28'36.5''$ de latitude Sul e $43^{\circ}45'23.3''$ de longitude Oeste, altitude de 571m, a cidade apresenta clima tropical com estação seca de inverno. Segundo a Classificação de Köppen e Geiger (1936) o município se enquadra no tipo de clima Aw. com temperatura média de 23.1°C . e pluviosidade média anual de 869 mm.

Figura 3- Mapa de localização da unidade produtiva, obtido pelo Software QGIS



Fonte: Do autor, 2021

A unidade produtiva faz parte de um grupo de criação de gado de corte, possui área total de 1.300 ha, solo predominantemente argiloso e área irrigada de apenas 20 ha, onde atualmente está sendo cultivado milho para silagem.

3.2 Caracterização da irrigação

O sistema de irrigação estudado foi projetado e instalado há cerca de quinze anos. Ao longo desse período alguns componentes do sistema foram substituídos, o que resultou em provável baixa na uniformidade de distribuição de água na irrigação. Como os dados do projeto inicial não estão mais disponíveis, e não existem mais as placas de identificação do conjunto motobomba, não foi possível identificar a curva de serviço da mesma para realizar a comparação do sistema atual em relação àquele projetado inicialmente. A falta dessas informações, no entanto, não afetou a avaliação dos coeficientes de uniformidade, que são o propósito desse estudo.

Na área da avaliada estavam instalados aspersores da marca NaanDanJain®, modelo 234, com bocais primário e secundário de 6,5 e 3,2 mm respectivamente, conforme Figura 5. A disposição da malha de aspersores era de 24 m entre as linhas laterais e 18 m entre os aspersores, arranjados de forma retangular e com elevação de 3 metros em relação ao solo. O sistema de irrigação ficou acionado por período de uma hora (01:00) e a vazão do aspersor coletada de forma direta com auxílio de um balde de 20L.

Figura 4- Modelo do aspersor instalado na área do estudo



Fonte: NaanDanJain®, (2018)

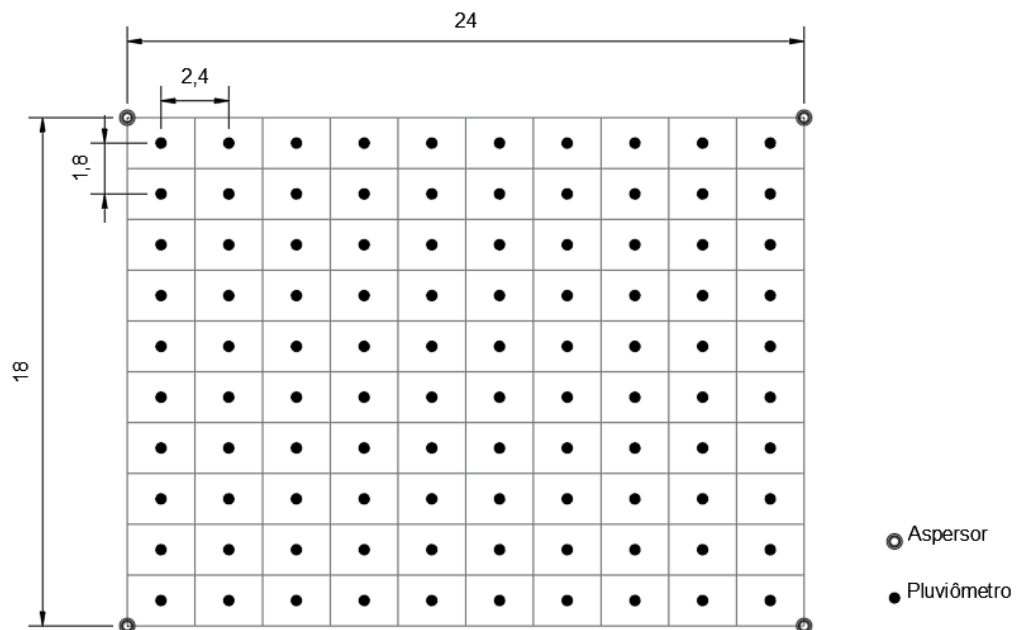
De acordo com NaanDanJain® (2018), com pressão serviço de 30 mca, o aspersor atinge 3,19m³/h de vazão e 38 m de diâmetro molhado. Com essas especificações é possível atender uma malha de aspersores com espaçamentos de até 24 x 24 m e apresentar coeficiente de uniformidade de distribuição entre 85-88% e 89-92%, conforme especificados na Tabela de performance do aspersor, apresentada no Anexo 1.

O sistema de irrigação é abastecido por um reservatório de 70.000 L e a captação da água é feita por meio de poço tubular.

3.3 Caracterização do estudo

A área de ensaio onde o estudo foi conduzido, representa uma fração da área total irrigada de 20 ha, de dimensões 18 x 24 metros, totalizando 432 m² o local onde a cultura crescia de forma desuniforme. A área foi dividida em 100 subáreas de retangulares de 1,8 x 2,4 metros. A avaliação foi conduzida de acordo com a metodologia proposta por Christiansen (1942, citado por BERNARDO, SOARES e MANTOVANI 2006), que consistiu em instalar os coletores distribuídos em malha entre quatro aspersores de duas linhas laterais e ao centro de cada subárea. O estudo foi conduzido com o auxílio do Kit de ensaio de precipitação da marca Fabrimar® com elevação de 0,70 metros em relação ao solo. Dessa forma, cada coletor representa a precipitação em cada subárea, conforme representado na Figura 5.

Figura 5– Esquema da disposição dos coletores na área de estudo



Fonte: Do autor, 2021. Desenho esquemático sem escala.

Figura 6- Disposição dos coletores na área de estudo



Fonte: Do autor, 2021.

O ensaio teve duração de uma hora e, durante esse período, um pluviômetro auxiliar foi colocado próximo à área de estudo, com volume inicial de água conhecido (volume equivalente a 10 mm) para que, após o tempo de uma hora de ensaio, fosse verificada a evapotranspiração da cultura em caráter pontual.

Ainda durante o período do ensaio foram aferidas a pressão *Shutoff* (a altura manométrica desenvolvida pela bomba a vazão zero), e de serviço do conjunto motobomba, além da pressão de serviço dos aspersores de início e final da linha lateral. A pressão de serviço dos aspersores foi observada com o manômetro de Bourdon (FIGURA 7).

Figura 7- Aferindo a pressão de serviço do aspersor com auxílio de manômetro



Fonte: Do autor, 2021.

Ao final do ensaio, com o auxílio de uma proveta graduada, foi medida a lâmina de irrigação precipitada em cada pluviômetro distribuído na área e o volume de água restante no pluviômetro auxiliar. Esses dados foram usados para os cálculos dos coeficientes de uniformidade: 1) Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC); 2) Coeficiente de

Uniformidade de Distribuição (CUD); 3) Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE); e 4) Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH) por meio das Equações 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

$$CUC = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X_{méd}|}{n \cdot X_{méd}} \right\} \quad (\text{Equação 1})$$

$$CUD = 100 \left(\frac{X_{25}}{X_{méd}} \right) \quad (\text{Equação 2})$$

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{Sd}{X_{méd}} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

$$CUD = 100 \left\{ 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{Sd}{X_{méd}} \right) \right\} \quad (\text{Equação 4})$$

Tal que:

CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %

CUD - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em %

CUE - Coeficiente de Uniformidade Estatístico, em %

CUH - Coeficiente de Uniformidade de Hart, em %

n - Tamanho da amostra

Sd - Desvio padrão dos valores de precipitação, em mm

X₂₅ - Média do menor quartil, em mm

X_i - Valores de precipitação, em mm

X_{méd} - Média geral dos valores de precipitação, em mm

Para a classificação dos coeficientes de uniformidade foram utilizadas as metodologias propostas por Mantovani (2001) e Bralts (1986), conforme Tabela 2.

Tabela 2- Classificação dos coeficientes de uniformidade

Classificação	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)	CUH (%)
Excelente	> 90	> 84	90 -100	> 90
Bom	80 - 90	68 – 84	80 - 90	80 – 90
Razoável	70 - 80	52 – 68	70 - 80	70 – 80
Ruim	60 – 70	36 – 52	60 - 70	< 70
Inaceitável	< 60	< 36	< 60	-

Legenda: CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen; CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição; CUE: Coeficiente de Uniformidade Estatístico; CUH: Coeficiente de Uniformidade de Hart.

Fonte: Adaptado de Mantovani (2001) e Bralts (1986)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para atingir o propósito de avaliar o sistema de irrigação e auferir os resultados dos coeficientes de uniformidade de aplicação de água utilizou-se os dados coletados e apresentados a seguir.

A pressão de serviço dos aspersores foi de 28 mca e a vazão coletada em balde de 20 L foi equivalente a $3,11 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. De acordo com as especificações técnicas do aspersor NaanDanJain® modelo 234 com bocal 6,5 x 3,2mm, apresentadas no anexo 1, a lâmina de irrigação foi calculada pela razão da vazão em função da área, resultando em 7,20 mm.

Na Tabela 3 estão apresentadas as lâminas de irrigação coletadas na malha de coletores, dispostas na mesma configuração do ensaio, sendo que a primeira linha representa os coletores na extremidade leste e a última linha na extremidade oeste da área de ensaio.

Tabela 3- Lâminas obtidas através do método proposto por Christiansen, (2001)

Lâmina de irrigação coletada na malha de coletores (mm)									
8,20	8,50	9,50	8,50	8,00	8,00	8,70	8,70	7,00	6,00
7,00	7,50	8,50	8,50	7,50	7,50	8,00	8,00	7,30	6,60
5,90	6,00	7,00	7,50	7,50	7,50	6,50	6,00	6,00	5,50
6,00	6,00	6,30	7,50	7,50	7,00	6,00	5,00	4,70	5,00
6,50	6,40	6,50	6,40	6,90	6,50	5,80	5,00	5,50	6,00
5,20	4,80	4,80	4,50	5,30	6,50	7,50	6,50	6,50	5,80
4,50	4,40	4,80	4,00	5,30	6,70	7,00	7,00	5,60	4,40
5,00	4,80	5,00	6,00	7,00	7,00	6,80	6,90	6,00	4,50
5,20	5,00	6,00	6,90	7,60	7,00	7,00	7,60	6,50	5,50
7,00	5,10	6,50	7,80	8,00	7,50	7,00	7,20	7,80	7,80

Fonte: Do autor, 2021.

Analisando a Tabela 3, verifica-se que a lâmina de irrigação coletada apresentou maiores volumes nas extremidades leste e oeste da área estudada. Seguindo a análise, verifica-se que na área mais central as lâminas coletadas apresentaram menores volumes. O que pode acarretar em variação da produtividade pela falta ou pelo excesso de água.

Efetuada uma análise estatística dos dados da Tabela 3, foi confeccionada a Tabela 4 apresentando valores de lâmina média, mínima e máxima; desvio padrão; e coeficiente de variação (CV%).

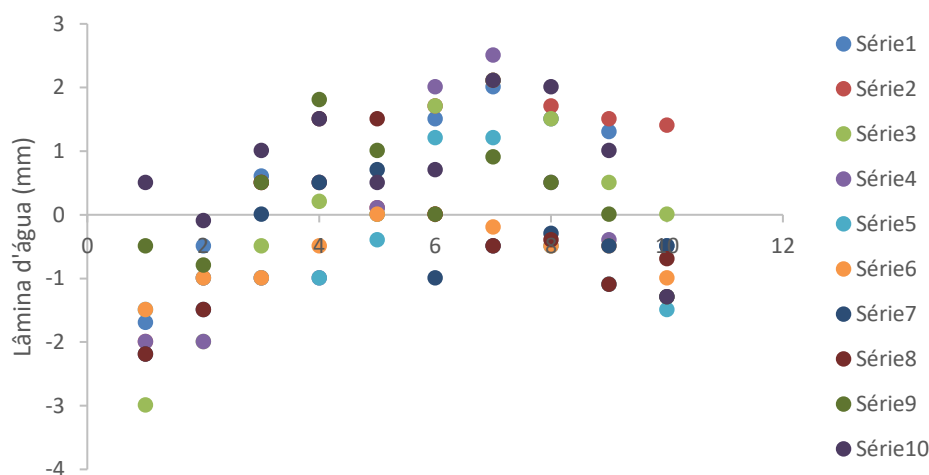
Tabela 4- Dados estatísticos das lâminas obtidas com o método proposto por Christiansen (2001)

Dados estatísticos	Valor
Lâmina média	6,51
Lâmina mínima (mm)	4,50
Lâmina máxima (mm)	9,5
Desvio padrão	1,20
CV (%)	18,57

Fonte: Do autor, 2021.

O coeficiente de variação apresentado na Tabela 4 é considerado de média dispersão. Isso significa que as lâminas de irrigação coletadas têm boa distribuição. A representação dessa análise está apresentada no Gráfico 1. O eixo X representa a lâmina média de irrigação de 6,51mm; o eixo Y representa a dispersão, positiva ou negativa, da lâmina de cada coletor em relação à lâmina média; as séries representadas por código de cores, representam as linhas dos coletores enumeradas de 1 a 10.

Gráfico 1- Análise da variação da lâmina de irrigação coletada

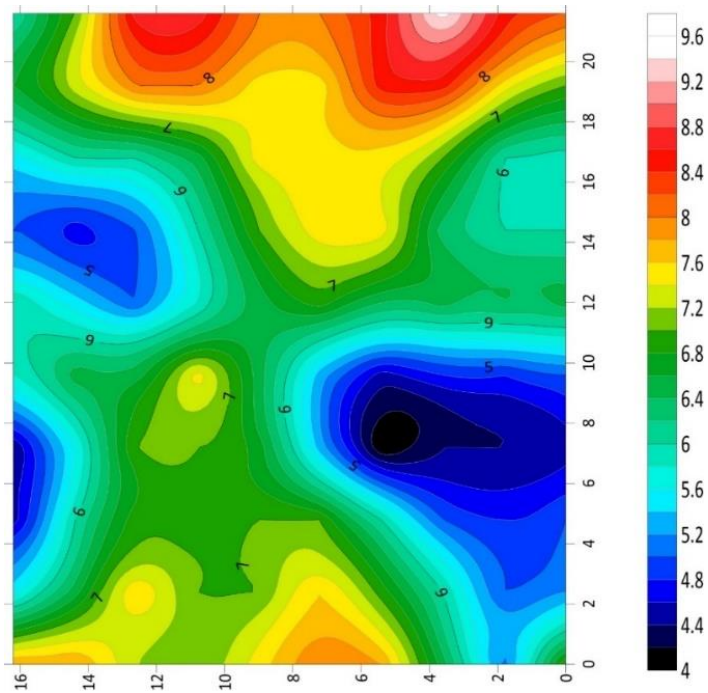


Fonte: Do autor, 2021.

Analisando o Gráfico 1, é possível perceber que a dispersão da lâmina de irrigação é positivamente mais expressiva estando os pontos mais afastados do eixo da lâmina média, contudo, a dispersão negativa, mesmo sendo menos expressiva, teve maior ocorrência. Essa análise confere com a análise da Tabela 2.

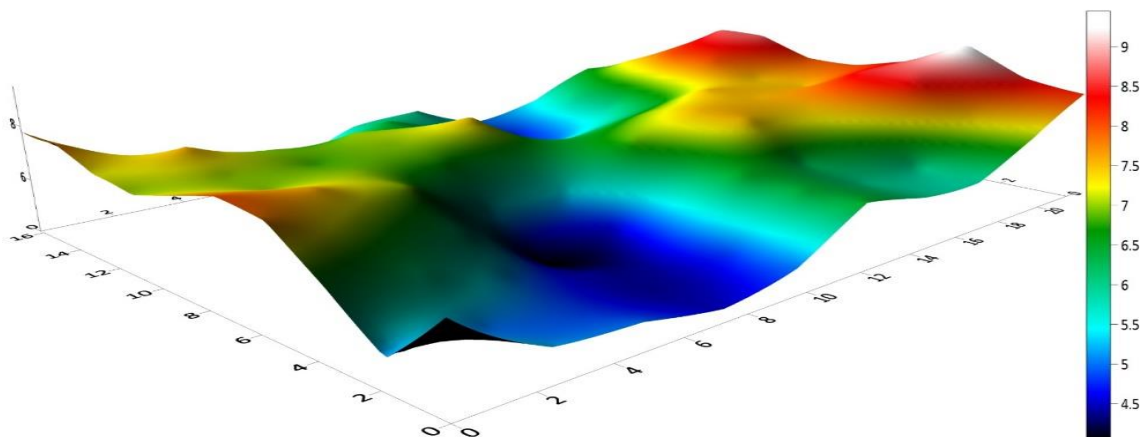
Usando o software SURFER 21 e a classificação dos coeficientes de uniformidade da Tabela 2, foram confeccionados as Figuras de 8 e 9, que representam as precipitações de água coletadas, sendo traçados perfis em duas e três dimensões, facilitando a visualização da distribuição da lâmina aplicada.

Figura 8- Representação gráfica das isoietas que representam as precipitações de água coletadas - obtidas no software Surfer 21



Fonte: Do autor, (2021).

Figura 9- Representação gráfica do perfil tridimensional que representa as precipitações de água coletadas, obtidas no software Surfer 21



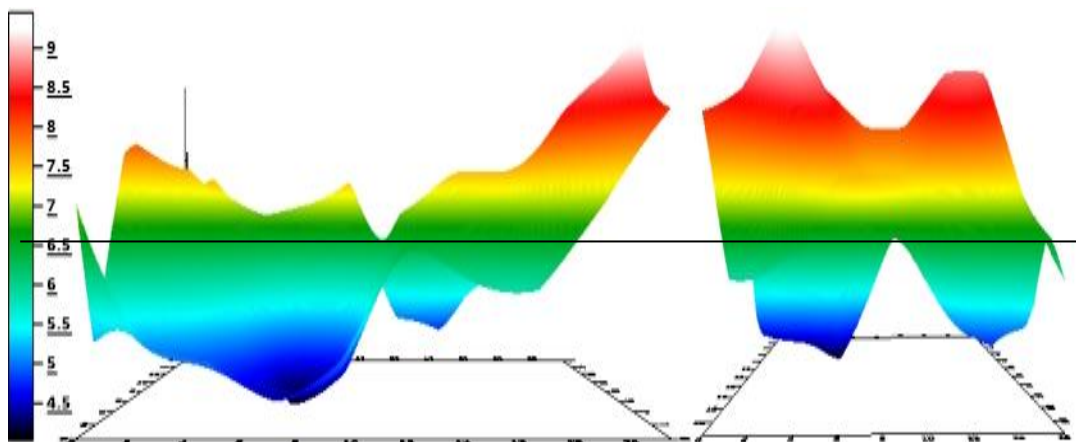
Fonte: Do autor, (2021).

Nas Figuras 8 e 9 é possível observar que as maiores precipitações, representadas na cor vermelha mais intensa, se encontram entre os aspersores no sentido da linha lateral, fato que indica baixa pressão de serviço do aspersor, que pode estar provocando gotas maiores e raio de alcance menor que o esperado, o que pode vir ao acúmulo de água nessas áreas. Observa-se também que entre as linhas laterais se encontram os menores volumes de precipitação, representadas na cor azul, possibilitado pela baixa sobreposição das lâminas nessas áreas, em decorrência da baixa pressão de serviço dos aspersores.

Segundo Alencar *et al.* (2009) "quando o projeto de irrigação apresenta aspersores funcionando com diferentes pressões de serviço, diferentes vazões serão aplicadas e, conseqüentemente, menores uniformidades de aplicação de água serão observadas" (ALENCAR *et al.*, 2009, p. 103).

Ainda com o auxílio do software SURFER 21, foi confeccionada a Figura 9, que permitiu a comparação da lâmina coletada nos perfis longitudinal e transversal com a lâmina média.

Figura 10- Representação gráfica dos perfis transversal e longitudinal x média da lâmina coletada - obtidas no software Surfer 21.



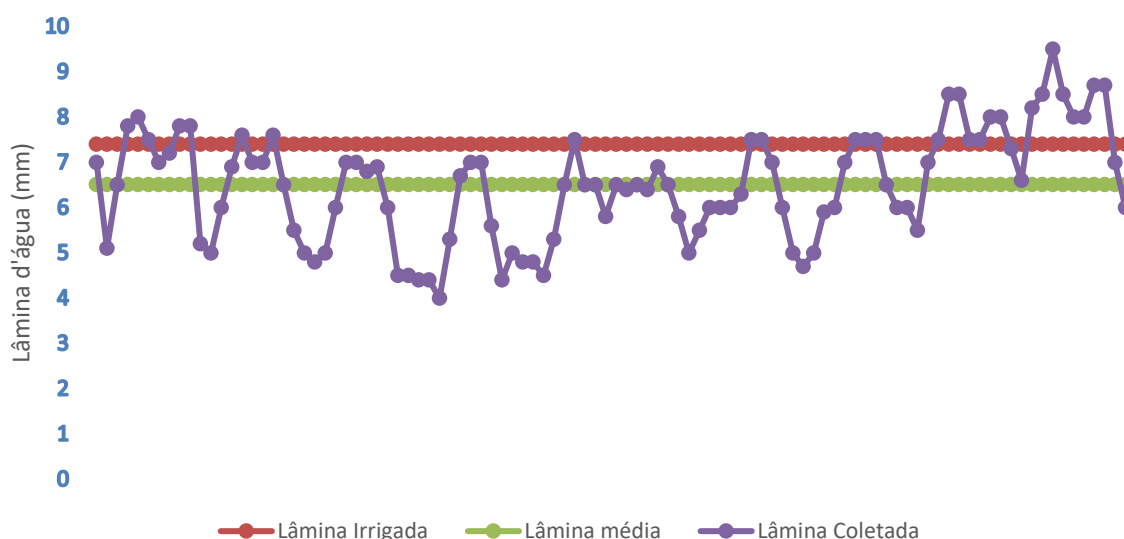
Fonte: Do autor, (2021).

A imagem em três dimensões à esquerda da Figura 9, demonstra o perfil longitudinal da área estudada no qual o espaçamento entre os aspersores de uma extremidade à outra é de 24 metros. Notadamente as menores lâminas coletadas ocorreram na área mais central entre esses aspersores, indicando baixa sobreposição da lâmina a qual pode acarretar em queda da produtividade.

Segundo Pereira (2000), em área irrigada que apresenta desigualdade na distribuição de água, pode ocorrer prejuízos para o desenvolvimento da cultura, pois haverá áreas recebendo água acima e abaixo do necessário para a planta.

Seguindo o mesmo propósito de comparação, mas com outra perspectiva, foi traçado o perfil do comportamento da lâmina de irrigação coletada com as lâminas média e a ser aplicada. (GRÁFICO 2).

Gráfico 2- perfil do comportamento da lâmina de irrigação coletada com as lâminas média e a ser aplicada.



Fonte: Do autor, (2021).

Pelo perfil de distribuição da lâmina de irrigação, observa-se que 53 % da lâmina coletada se encontra abaixo da lâmina a ser aplicada e da lâmina média, 15 % está entre a lâmina a ser aplicada e a lâmina média e 32 % está igual ou superior à lâmina a ser aplicada. Isso demonstra que existe uma irregularidade de aplicação e as plantas de ambas as áreas estão sofrendo por excesso ou déficit de irrigação.

Durante a realização da avaliação de irrigação, o vento apresentou velocidades muito baixas, mantendo-se moderado e abaixo de 2 m s^{-1} . Estudos como o de Azevedo *et al.* (2000), apontam que a maior variação dos coeficientes de uniformidade ocasionada pelo vento, ocorreram com ventos de velocidade acima de $3,3 \text{ m s}^{-1}$.

Os coeficientes de uniformidade calculados apresentam resultados satisfatórios e estão representados na Tabela 5, conforme as classificações propostas por Mantovani (2001) e Bralts (1986).

Tabela 5– Indicadores de uniformidade, segundo as metodologias propostas por Mantovani, (2001) e Bralts, (1986).

Coefficientes de uniformidade	Resultado (%)	Classificação
CUC	84,77	Bom
CUD	78,10	Bom
CUE	81,43	Bom
CUH	85,18	Bom

Legenda: CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen; CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição; CUE: Coeficiente de Uniformidade Estatístico; CUH: Coeficiente de Uniformidade de Hart.

Fonte: Do autor, 2021.

Os valores médios de CUC e CUE encontrados foram classificados como Bom, de acordo com a metodologia proposta por Mantovani (2001), pois estão entre 80 e 90%. De acordo com CUNHA (2019) “resultados obtidos por Mantovani *et al.* (2012) confirmam a importância do CUC como referência na avaliação da eficiência dos equipamentos de irrigação, bem como sua importância no rendimento das culturas.”

O Valor de CUD foi classificado como bom, de acordo com o método proposto por Mantovani (2001), com valores entre 68 e 84 %. Rezende (1992) ao analisarem os coeficientes CUC e CUD, concluíram que o CUD será sempre menor que o CUC, devido às variáveis utilizadas em cada análise equacional.

O valor de CUH também foi classificado como bom, de acordo com a metodologia proposta por Bralts (1986), pois o valor está entre 80 e 90%. É possível constatar que o valor do Coeficiente de Uniformidade de Hart está próximo do valor do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen.

A baixa uniformidade de distribuição pode acarretar em estresse hídrico das plantas, resultando em baixa produtividade e crescimento desuniforme. De acordo com Santos (2015) a uniformidade de distribuição dos sistemas de irrigação influencia em vários aspectos, estando entre eles, o manejo da irrigação, a eficiência do sistema, desempenho da cultura e custo de irrigação.

Os valores encontrados indicam que o sistema de irrigação está operando próximo do esperado, no entanto, considerando o período de quinze anos em uso e das intervenções que foram realizadas tanto no sistema de bombeamento quanto no mapa de emissores no período, percebeu-se que, no momento da avaliação, os aspersores não apresentaram vazão e pressão conforme descrição no catálogo do fabricante.

5 CONCLUSÃO

Com base no desempenho do sistema de irrigação avaliado e os resultados calculados dos coeficientes de uniformidade, conclui-se que o sistema de irrigação por aspersão avaliado, tem boa uniformidade de distribuição superficial de água com desempenho satisfatório em área irrigada onde ocorre desuniformidade de crescimento da cultura de milho, mesmo apresentando vazão e pressão de serviço abaixo dos valores propostos pelo fabricante dos aspersores instalados.

Ajustando o sistema de irrigação para a vazão e pressão de serviço estipuladas, os valores dos coeficientes de uniformidade podem melhorar a condição de excelência, com maior sobreposição das lâminas, menor variação na aplicação e melhor cobertura da área irrigada. Isso irá proporcionar crescimento uniforme da cultura.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. de L. T. de; ALBUQUERQUE, P. E. P.; BRITO, R. A. L.; RESENDE, M. **Viabilidade e manejo da irrigação da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19629/1/Circ_85.pdf> Acesso em: 10 ago 2021.
- ALENCAR, C. A. B. et al. **Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo**. R. Bras. Zootec., Viçosa, v. 38, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300012>> Acesso em 08 ago 2021.
- ALVES, R. G. **Fazenda inteligente: desenvolvimento de um gêmeo digital para um sistema de irrigação**. 2021. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.fei.edu.br/handle/FEI/3203>> Acesso em: 20 ago 2021.
- ANDRADE, A. R. S.; SILVA, E. G.; SILVA, E. T.; PEREIRA, R. G.; SILVA, J. F.; COSTA, C. M.; ZAMORA, V. R. O.; CRUZB, A. F. S.; FERREIRA, M. E. S.; SILVA, M. G. S.; NORONHA, D. A. Performance evaluation of drip irrigation system in passion fruit cultivation. Research, **Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. e21710414034, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.14034. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14034>. Acesso em: 11 ago 2021.
- AZEVEDO, H.J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n. 2, p. 152-158, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000200004>> Acesso em: 21 ago 2021.
- BARATTO, R. "Novas estimativas da ONU para a população mundial em 2100" 01 Ago 2013. **ArchDaily Brasil**. <<https://www.archdaily.com.br/br/01-131885/novas-estimativas-da-onu-para-a-populacao-mundial-em-2100>> ISSN 0719-8906> Acesso em 31 ago 2021.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. 5ª Reimpressão. Viçosa: UFV, 2013. 625 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006. 625p.
- BRALTS, V. F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240.
- BRASIL. ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas de Irrigação Uso da Água na Agricultura Irrigada**. Brasília – DF, 2017. 86p.
- BRASIL. ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água no mundo**. Disponível em: <Água no mundo — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico> Acesso em: 08 ago 2021.

BRASIL. **Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em 03 ago 2021.

BEN, L. H. B.; **Influência de lâminas de irrigação e densidades de plantas sobre o cultivo do milho “safrinha”**. 2015. 87f, Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7605/BEN,%20LUIS%20HUMBERTO%20BAHU.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 11 set 2021.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. 124p. Bulletin, 670. 1942.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. de. **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água**. Bahia Agrícola, Salvador, v.7, n.1, p.57-60, 2005. Disponível em: <https://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos_NEAS/2005_3.pdf> Acesso em 10 ago 2021.

CUNHA, G. S. **Avaliação da uniformidade de distribuição em pivô central com emissores rotativos**. 2019. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Agrícola e Ambiental - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019. Disponível em: <<https://locus.ufv.br/handle/123456789/26943>> Acesso em: 18 ago 2021

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. **Efeito da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.85-97.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Update of the Digital Global Map of Irrigation Areas to Version 5**. [2013], Roma (Itália). Disponível em: <<http://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/global-maps-irrigated-areas/irrigation-by-country/>>. Acesso em: 04 ago 2021.

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: ESALQ, 53 p. (Séria Didática). 1992.

Gutierrez, M. I. ., & Neves, E. . (2021). **A importância do monitoramento da umidade do solo através de sensores para otimizar a irrigação nas culturas**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, 18(35). Disponível em:<<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3819>> Acesso em: 18 ago 2021.

HART, W.E. Overhead irrigation pattern parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.42, n.7, p.354-355, 1961.

HOWELL, T. A.; CUENCA, R. H.; SOLOMON, K. H. (1990). Crop Yield response. In: HOFFMAN, G.J.; HOWELL, T.A.; SOLOMON, K.H. (Org.) **Management at farm irrigation systems**. St. Joseph: The American Society of Agricultural Engineers, p. 93-122.

KÖPPEN, W. Das **geographische System der Klimate**. Gebr, Borntraeger, (1936). p.1-44. Disponível em: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1936.pdf> Acesso em: 08 set 2021.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. (2009). **Irrigação, princípios e métodos**. 3ª edição., atual. Ampl. Viçosa, MG, UFV, 355 p.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MOURA, E. N. de. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação pressurizados em fruticultura**. Revista Acadêmica Ciência Animal, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 67-74, jan. 2005. ISSN 2596-2868. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/8993>> Acesso em: 07 ago 2021.

NAANDANJAIN®. **Catálogo de emissores (2018)**. Disponível em: <<https://naandanjain.com.br/wp-content/uploads/2018/08/catalogo-emissores.pdf>> Acesso em: 12 ago 2021.

OLIVEIRA, F. G.; LOPES, R. G. N.; MOREIRA, F. G. de A.; FIGUEIREDO, F. P. de. INFLUÊNCIA DA UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E NA RENTABILIDADE DE SILAGEM DE MILHO IRRIGADO. **IRRIGA**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 103–108, 2015. DOI: 10.15809/irriga.2015v1n2p103. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2031>. Acesso em: 7 set. 2021.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Alertando para escassez de água doce, ONU pede esforços globais para proteger recursos naturais. **Nações Unidas-Brasil**. 2013. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/62721-alertando-para-escassez-de-agua-doce-onu-pede-esforcos-globais-para-proteger-recursos>> Acesso em: 21 ago 2021.

PAZ, V. P. da S.; FRIZZONE, J. A., BOTREL, T. A., FOLEGATTI, M. V. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, set./dez. 2002.

PEREIRA, G. M. **Irrigação por aspersão convencional**. Lavras: FAEPE, 2000. 90 p.

PINTO, U. R. C.; RIBEIRO, P. H. P.; SALOMÃO, L. C.; DE CANTUÁRIO, F. S.; DE BRITO, R. R.; DE SOUSA SILVA, T. T.; CONEGLIAN, A. **Uniformidade de distribuição de água em aspersão convencional sob diferentes pressões de serviços**. Global Science and Technology, v. 8, n. 2, 2015.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial**. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública)-Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/5112>> Acesso em: 10 ago 2021.

ROCHA *et al.* (1999) uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p.154-160, 1999 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n2p154-160>> Acesso em: 12 ago 2021.

REZENDE, Roberto. **Desempenho de um sistema de irrigação pivô-central quanto a uniformidade e eficiência de aplicação de água, abaixo e acima da superfície do solo**. 1992. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992. 86p. doi:10.11606/D.11.2019.tde-20190821-124831. Acesso em: 07 ago 2021.

SANTOS, D. A. O.; FREIRE, F.G.C; SANTOS, F. S. S.; SANTOS, M.M.S.; LIMA, R. M. S.; SANTOS, W. O. Avaliação da uniformidade de aplicação de água na irrigação por microaspersão na cultura da banana em São João do Jaguaribe-CE. **Inovagri International Meenting**, Fortaleza-CE. 2012.

SANTOS, J. É. O.; ALVES, É. DA S.; SILVA, K. M. DA; LIRA, R. F. DE; SANTOS, D. P. DOS; SANTOS, A. L. DOS. Uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação por gotejamento. **Inovagri International Meenting**, Fortaleza-CE. 2015.

SILVA, G. J. da S.; GUIMARAES, C. T.; PARENTONI, S. N.; RABEL, M.; LANA, U. G. de P.; PAIVA, E.. **Produção de haploides androgenéticos em milho**. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2009. 17p. (Documentos 81). Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/658684/producao-de-haploides-androgeneticos-em-milho>> acesso em 11 set 2021.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. Garça, n.8, dez. 2005. Disponível em: < http://www.faeff.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Tm9d5yhlcpezey1x_2013-4-29-15-39-59.pdf> Acesso em: 19 ago 2021

TUNDISI, G.T.; TUNDISI, M.T. **Recursos Hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p.43, 68.

VIEIRA, V. M.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L.; CASTRO, N. M. dos R.; STRIEDER, M. L.; JANDREY, D. B.; ENDRIGO, P. C.; SERPA, M. da S.; LOUZADA, J. A. S. RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO. **IRRIGA**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 471–485, 2013. DOI: 10.15809/irriga.2013v18n3p471. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/610>. Acesso em: 11 set. 2021.

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. **Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers**. Scientific Agriculture, v.27, n.11, p.565-583, 1947.

ANEXOS

Anexo 1

234

- Distribuição de alta água com espaçamento de até 24 m.
- Bocal baioneta com código de cores para fácil manutenção
- Balancim com palheta integrada proporcionando máximo alcance
- Luva de proteção contra areia e pó garantindo confiável operação e durabilidade
- Capa vermelha selada que protege a mola contra danos causados por geada



Tabela de Performance 234

Precipitação (mm/h) e uniformidade (CU) a vários espaçamentos

Bocal cor (mm)	P (bar)	Q (m³/h)	D (m)	Espaçamento (m)			
				18x18	20x20	20x24	24x24
5.0x3.2 Violeta	3.0	2.210	32	6.8	5.5		
	4.0	2.530	34	7.9	6.4		
	5.0	2.840	35	8.8	7.2		
5.0x3.2 Laranja	3.0	2.500	34	7.7	6.2	5.2	4.3
	4.0	2.900	37	8.9	7.2	6.0	5.0
	5.0	3.250	39	10.0	8.1	6.8	5.6
6.0x3.2 Vermelho	3.0	2.810	37	8.8	7.1	5.9	4.9
	4.0	3.300	37	10.1	8.2	6.8	5.7
	5.0	3.700	40	11.3	9.1	7.6	6.3
6.5x3.2 Cinza	3.0	3.190	38	8.8	7.1	5.9	4.9
	4.0	3.700	40	10.1	8.2	6.8	5.7
	5.0	4.150	41	11.3	9.1	7.6	6.3
7.0x3.2 Verde	3.0	3.550	38	11.0	8.9	7.4	6.2
	4.0	4.100	41	12.7	10.3	8.5	7.1
	5.0	4.600	43	14.2	11.5	9.6	8.0

Código de cores - coeficiente de uniformidade de distribuição

 CU < 85%
 CU = 85-88%
 CU = 89-92%
 CU > 92%

Cor bocal traseiro: 3.2mm - laranja

Tabela de performance preparada sob condições de laboratório