

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS  
- CAMPUS BAMBUÍ

BACHARELADO EM AGRONOMIA

Felipe Antônio Andrade

**VANTAGENS E DESAFIOS DA UTILIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO EM ÁREAS  
CULTIVÁVEIS DO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

BambuÍ

2021

FELIPE ANTÔNIO ANDRADE

**VANTAGENS E DESAFIOS DA UTILIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO EM ÁREAS  
CULTIVÁVEIS DO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso Bacharelado em  
Agronomia do Instituto Federal de Minas  
Gerais - *Campus* Bambuí para obtenção do  
grau de bacharel em Agronomia.  
Orientador: Prof. Me. Flávio Vasconcelos  
Godinho

Bambuí

2021

A554v Andrade, Felipe Antônio.  
2021aaaaa Vantagens e desafios da utilização da irrigação em  
áreas cultiváveis do Brasil: uma revisão bibliográfica. /  
Felipe Antônio Andrade. – Bambuí, 2021.

42 f. : il.; color.

Orientador: Flávio Vasconcelos Godinho.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Minas Gerais. *Campus* Bambuí.

1. Agricultura - irrigação. I. Godinho, Flávio Vasconcelos  
(orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí. III. Título.

CDD: 631.587



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS  
Campus Bambuí  
Diretoria Geral  
Departamento de Engenharia e Computação

Ofício N° 67/2021/CBA-DEC/CBA-DG/CBA/IFMG

Bambuí, 24 de maio de 2021.

**Assunto:** Página de aprovação TCC..

**TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:**

**VANTAGENS E DESAFIOS DA UTILIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO EM ÁREAS CULTIVÁVEIS DO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**Aprovado em:** 04 / 05 / 2021 pela banca examinadora:

**Orientador:** Prof.º Me. Flávio Vasconcelos Godinho - Orientador IFMG Campus Bambuí

**Membro:** Prof.º Dr. Marco Antônio do Carmo IFMG Campus Bambuí

**Membro:** Prof.ª Me. Gislaíne Pacheco Tórmen IFMG Campus Bambuí



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Vasconcelos Godinho, Professor**, em 24/05/2021, às 19:49, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **FELIPE ANTONIO ANDRADE, Usuário Externo**, em 24/05/2021, às 20:12, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Marco Antonio do Carmo, Professor**, em 24/05/2021, às 20:22, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Documento assinado eletronicamente por **Gislaíne Pacheco Tormen, Professora**, em 25/05/2021, às

[https://sei.ifmg.edu.br/sei/documento\\_consulta\\_externa.php?id\\_documento=970667&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0&infra\\_...](https://sei.ifmg.edu.br/sei/documento_consulta_externa.php?id_documento=970667&id_orgao_acesso_externo=0&infra_...) 10

25/05/2021

SEI/IFMG - 0850803 - Ofício



06:47, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadoes> informando o código verificador **0850803** e o código CRC **DB093C2C**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por estar sempre comigo diante de todas as dificuldades que cruzaram meu caminho até aqui.

Agradeço aos meus pais, familiares, amigos e colegas da turma agronomia 10 por todo apoio prestado e por sempre acreditarem no meu sucesso. Essa vitória também é de vocês.

Agradeço também à minha namorada Thabata, por sempre se fazer presente e estar ao meu lado, me incentivando e sempre acreditando no meu potencial.

Ao IFMG Campus Bambuí toda a minha gratidão, por sua estrutura de ensino, a esse campus lindo, que faz com que sintamos, cada dia mais, vontade de aprender. As paisagens, a natureza nos servindo de inspiração.

Em especial gostaria de agradecer ao meu orientador Flávio Vasconcelos Godinho, por sua paciência, dedicação e confiança. Professor que sempre me incentivou e me ajudou através de boas conversas e conselhos. Ele me concedeu a oportunidade de ser monitor de suas disciplinas: Hidráulica e Irrigação.

Aos professores da banca avaliadora de TCC, meus agradecimentos por se disponibilizarem para correção e avaliação do meu trabalho de conclusão de curso.

Aos funcionários da Instituição que, de alguma forma, contribuíram para a realização de um sonho.

A todos que, de alguma forma, se fizeram presente durante esses anos de formação, dedico a vocês o meu sucesso e minha vitória.

*“A felicidade às vezes é uma bênção, mas geralmente é uma conquista.”*

*(Paulo Coelho)*

## RESUMO

ANDRADE, Felipe Antônio. **Vantagens e desafios da utilização da irrigação em áreas cultiváveis do Brasil: uma revisão bibliográfica.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2021. 43p.

Essa revisão objetivou reunir informações de trabalhos e pesquisas desenvolvidas para os diversos sistemas de irrigação no Brasil. A irrigação é uma técnica criada, a partir da necessidade das civilizações antigas, como a do antigo Egito, que aproveitava a riqueza do Rio Nilo para melhorar a produção de alimentos naquela época, já que a população crescia e segue crescendo até os dias atuais. Os métodos utilizados nesse tipo de manejo de irrigação facilitam o fornecimento de água, de forma adequada e uniforme, e favorecem o desenvolvimento das plantas. Para melhorar o desenvolvimento das plantas, a irrigação auxilia na manutenção da umidade do solo cultivado, resultando em um aumento da produtividade. Os valores necessários para realizar a implementação ou expansão da agricultura irrigada não são baixos e, dessa forma, é necessário se fazer uma análise econômica já que nem sempre o produto de preço inferior compensa financeiramente a longo prazo. Dessa forma, a seguinte revisão bibliográfica tem como objetivo reunir informações sobre as pesquisas desenvolvidas para o sistema de irrigação por aspersão, gotejamento e autopropelido, além de mostrar a importância da gestão dos recursos hídricos e das boas práticas de irrigação para o alcance de melhores resultados nas atividades agrícolas. Pretende-se também discutir qual o método de irrigação mais economicamente viável em função do tamanho da área, da cultura utilizada e porque alguns produtores ainda têm resistência em implementar tais técnicas em suas propriedades.

**Palavras-chave:** Agricultura irrigada, sustentabilidade, escassez hídrica, recursos hídricos.

## ABSTRACT

ANDRADE, Felipe, Antônio. **Advantages and challenges of using irrigation in farmland in Brazil: a bibliographic review.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2021. 43p.

This review aimed to gather information from works and research developed for the various irrigation systems in Brazil. Irrigation is a technique created from the need of ancient civilizations to take advantage of the wealth of the Nile River to improve food production at that time, since the population was growing and continues to grow to the present day. The methods used in this type of irrigation management facilitate the supply of water, in an adequate and uniform way and favor the development of the plants. To improve the development of plants, irrigation helps to maintain the humidity of the cultivated soil, resulting in an increase in productivity. The amounts needed to carry out the implementation or expansion of irrigated agriculture are not low and, therefore, it is necessary to carry out an economic analysis since the lower-priced product is not always cheaper in the long run. Thus, the following bibliographic review aims to gather information on the research developed for the sprinkler, drip and self-propelled irrigation system and show the importance of water resource management and good irrigation practices to achieve better results in activities as well as discussing which irrigation method is the most economically viable depending on the size of the area and the crop used and why some producers are still reluctant to implement such techniques on their properties.

**Keywords:** Irrigated agriculture, sustainability, water scarcity, water resources.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Total de água consumida no Brasil (Média Anual).	15
Figura 2 – Área Equipada por Sistema	16
Figura 3 – Sistema de aspersão convencional.	17
Figura 4 – Sistema de micro aspersão.	18
Figura 5 – Sistema de irrigação autopropelido ou carretel enrolador.	18
Figura 6 – Sistema de irrigação por gotejamento.	19
Figura 7 – Sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial.	20
Figura 8 – Sistema de irrigação por pivô central.	21
Figura 9 – Diferentes climas do Brasil por região.	23
Figura 10 – Exemplo de plantas em déficit hídrico ocasionado por seca.	25
Figura 11 – Característica de planta submetida ao excesso de água.	26
Gráfico 1 – Custos de implantação (R\$ / ha) dos equipamentos de irrigação.....	30
Gráfico 2 – Custos fixos anuais totais (R\$ / ha / ano) dos sistemas de irrigação.....	31

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Comparativo da exigência hídrica mínima para algumas culturas.

27

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Objetivo geral</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Objetivos específicos</b>	<b>14</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Irrigação e os seus métodos</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Necessidade hídrica</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Déficit de água no solo</b>	<b>24</b>
<b>3.4 Excesso de água no solo</b>	<b>25</b>
<b>3.5 As culturas e suas necessidades de irrigação</b>	<b>27</b>
<b>3.6 Dificuldades da implementação e expansão de sistemas de irrigação</b>	<b>28</b>
<b>3.7 Custos para instalação e custo-benefício</b>	<b>29</b>
<b>3.8 Manejos realizados pós instalação de um sistema de irrigação em uma propriedade</b>	<b>31</b>
<b>4 DISCUSSÃO</b>	<b>34</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização dos sistemas de irrigação e de novas tecnologias tem gerado uma discussão sobre a preservação conservação dos recursos hídricos disponíveis para a utilização da sociedade. Portanto, o aumento do volume de água usada pela agricultura, devido ao aumento da produção de alimentos, tem causado uma necessidade de ampliar as áreas irrigadas com a finalidade de potencializar o sistema produtivo das áreas.

A água é um recurso em abundância, mas existente de forma finita. Sua disponibilidade diminui proporcionalmente ao crescimento da população mundial, assim como há o aumento das fronteiras agrícolas e a degradação do meio ambiente (CHRISTOFIDIS, 1999). A água, como recurso indispensável à vida, é necessária para o desenvolvimento das plantas, animais e conseqüentemente para os seres humanos.

Desde o surgimento das civilizações, no período paleolítico, a humanidade se desenvolveu dando origem aos egípcios. Os povos do Antigo Egito e da Mesopotâmia já se utilizavam da irrigação para melhorar o aproveitamento das águas do rio Nilo. O Faraó Ramsés III ordenou que fossem construídos diques que possibilitavam o transporte das águas do rio diretamente para os canteiros de plantação que alimentavam toda a população daquela região (BORBOREMA; MORAIS, 2010).

Com o desenvolvimento das civilizações no decorrer da história, as técnicas de irrigação passaram a ser utilizadas principalmente como suprimento em casos de escassez de água em algumas regiões, possibilitando assim uma produção de alimentos que contribuísse para o desenvolvimento destas civilizações. Atualmente, a irrigação é direcionada ao agronegócio. Com a evolução e desenvolvimento, as técnicas se aperfeiçoaram deixando de ser rudimentares e muitas vezes instintivas. Elas se transformaram em um sistema de produção altamente rentável e sustentável, tornando possível a criação de condições de manutenção humana no campo (MANTOVANI *et al.*, 2009).

A irrigação consiste em uma técnica que facilita o fornecimento de água, de forma adequada e uniforme, que favorece o desenvolvimento das plantas cultivadas em uma determinada área. O principal intuito desse mecanismo é melhorar a umidade do solo cultivado no sentido de resultar em um melhor desenvolvimento das plantas e dessa forma, em um aumento da produtividade. Essa técnica não visa à alteração da fertilidade do solo e não busca interferência dos demais fatores de produção (MELLO; SILVA, 2007).

Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA), a agricultura irrigada é a atividade que mais consome água no Brasil e no mundo. Em nosso país, a prática obteve forte expansão com o apoio de políticas públicas, a partir das décadas de 1970 e 1980.

De acordo com os dados disponibilizados por Shiklomanov (1998), a respeito da distribuição da água no planeta Terra, 97,5% do total de água é salgada e somente 2,5% é água doce. Dessa quantidade de água doce, um total de 68,9% está congelada nas formas de calotas polares e geleiras, 29,9% são águas subterrâneas e apenas 0,3% estão disponíveis nos rios e lagos para consumo humano e para suprir a demanda na produção de alimentos, além dos demais usos.

O Brasil possui uma alta concentração de recursos hídricos, porém a disponibilidade deles não é tão eficiente quanto a sua riqueza. A irrigação na agricultura é uma prática utilizada para suprir a necessidade hídrica das plantas, disponibilizando a água de forma artificial, em comparação à fornecida pela chuva. Sendo assim, a irrigação é um processo fundamental para o desenvolvimento ideal da cultura e proporciona um aumento na produtividade (BRAGA, 2018).

Um dos fatores de sucesso de uma plantação, quando irrigada, está diretamente relacionado à eficiência do sistema de irrigação utilizado, ao manejo realizado de forma correta, evitando assim desperdícios de água, buscando mais eficiência da água em contato com o solo e planta para atingir resultados ideais, com uma viável relação custo-benefício (BIZARI, 2011; CAMARGO, 2016; LOCATELLI, 2014).

A eficiência do uso da água na agricultura irrigada se torna um ponto crucial para determinar o maior ou menor consumo de água, armazenamento e conservação da umidade no solo e também para determinar a necessidade hídrica de cada cultura (KARAM *et al.*, 2011).

De acordo com Espinoza *et al.* (1980), a necessidade hídrica de cada cultura depende também da ocorrência de veraneios e estiagens, por exemplo, que afetam diretamente as culturas plantadas. No entanto, por meio da irrigação é possível obter uma colheita de qualidade, com plantas que alcancem vigor e tenham uma boa produtividade.

A respeito das áreas para expansão da agricultura irrigada, o Brasil ainda tem um grande potencial de território. Porém, para identificar as áreas capazes de expansão, é necessário verificar diversos fatores tais como clima, relevo, índice pluviométrico, a viabilidade e também a disponibilidade de água. Para implementar um sistema de irrigação em uma área, além do alto investimento, é preciso obter autorizações e documentos, assim como outorga de água para irrigação (PAZ *et al.*, 2000).

Diversos fatores podem influenciar o produtor rural em optar ou não pela irrigação das culturas em sua propriedade. Dentre eles, o principal é o fato da irrigação ser uma tecnologia que requer investimentos e também a utilização intensiva de insumos. Dessa forma é extremamente importante que haja a análise econômica (SILVA *et al.*, 2003).

Os dados econômicos necessários para fazer uma análise e definir o preço de implementação ou expansão da irrigação em uma área, se dividem em duas categorias que dependem do sistema e do local (KELLER; BLIESNER, 1990). Um dos fatores que influencia na escolha do equipamento a ser adquirido é o seu valor inicial. No entanto, o sistema de menor custo inicial nem sempre é o que apresenta os menores custos operacionais.

De acordo com Frizzone e Andrade Jr. (2005), não é recomendado realizar a escolha de um método de irrigação somente por uma premissa inicial e por seus benefícios líquidos positivos. Recomenda-se o estudo de projetos alternativos que correspondam à necessidade de cada cultura e apresentem bons custos e benefícios. Os custos anuais precisam incluir os valores associados à compra de equipamento, manutenção e operação do sistema de irrigação (THOMPSON *et al.*, 1983).

Para planejar e programar a irrigação são necessárias técnicas que auxiliem o produtor a definir o momento de irrigar, a quantidade de água a ser aplicada e qual o tipo de método será empregado na cultura. O método de irrigação que utiliza o sistema de pivô central é caracterizado por um sistema mecanizado capaz de irrigar grandes áreas, requerendo uma baixa utilização de mão de obra. Esse sistema apresenta facilidade em automação e fertirrigação, uma uniformidade de aplicação, além de facilitar a sucessão de culturas por não precisar ser retirado da área do plantio, tratos culturais e colheita. Dentre as principais culturas em outorgas válidas para o uso do pivô central, segundo a ANA (2017), destacam-se milho (24,0% da área total), cana-de-açúcar (21,3%), feijão (20,5%), soja (14,7%), café (6,2%) e algodão (3,1%), perfil similar ao apresentado pelo IBGE (SANDRI; CORTEZ, 2009; CARVALHO; OLIVEIRA, 2012; IBGE, 2009).

As necessidades hídricas das culturas dependem de alguns fatores determinantes como o clima, evapotranspiração e estágio de desenvolvimento da cultura. Outro fator determinante é o fato de que cada técnica diferente de irrigação se adapta melhor a cada tipo de cultura. Como exemplos as culturas perenes, que necessitam de uma forma de molhamento ao redor ou próximo à planta. Já para as culturas anuais, o que se indica são os aspersores, que em áreas menores podem ser os convencionais e, em áreas maiores, pode-se utilizar o sistema de irrigação por pivô central ou lateral móvel (MOLDEN, 2007).

Existem diversos projetos de irrigação que atendem às demandas das culturas, mas em alguns deles, as quantidades fornecidas não levam em consideração as necessidades das culturas. A irrigação pode ser excessiva ou não ser suficiente, ocasionando então em uma irrigação de baixa eficiência. Portanto, para que se obtenha um resultado desejável, é necessário contratar um bom profissional que projete as práticas adequadas de manejo para cada área e cultura. Esse profissional considerará as respostas da cultura ao sistema, uma vez que, além da água, a forma de manejo também facilita a aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas (BRAGA; OLIVEIRA, 2005).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Reunir trabalhos e pesquisas a respeito do tema irrigação, evidenciando a importância e a gestão dos recursos hídricos, a fim de mostrar os métodos e usos dos sistemas de irrigação existentes.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Discutir as vantagens e desafios do uso da irrigação.
- b) Discutir a respeito de excesso e déficit de água no solo.
- c) Mostrar os custos de implementação dos sistemas de irrigação.
- d) Mostrar os manejos a serem realizados pós implementação do sistema de irrigação.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Irrigação e os seus métodos**

A irrigação funciona como uma técnica de fornecimento de água para as plantas. Quando utilizada, juntamente com as demais práticas agrícolas, alcança bons resultados, ou até mesmo em máxima produção. A agricultura irrigada no Brasil se encontra presente em todas as regiões, inclusive nas que apresentam maiores problemas com escassez de água, como é o caso das regiões com longos períodos de seca (MAROUELLI *et al.*, 2008).

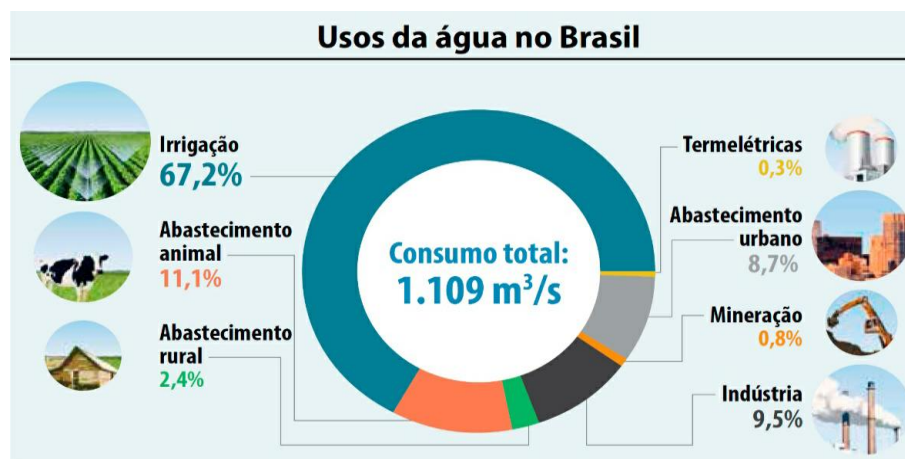
Os objetivos principais das técnicas de irrigação são os de aumentar a produtividade, reduzir as perdas da produção, minimizar os riscos ocasionados por seca e estiagem e auxiliar na aplicação de insumos. Segundo Santos *et al.*, (2010) o manejo adequado dos recursos hídricos resulta na ascensão da agricultura irrigada, que leva em consideração os fatores de disponibilidade, armazenamento, precipitação e evapotranspiração.

A escolha do método ideal de irrigação para as culturas considera a topografia, solo e principalmente o clima. As condições climáticas, na maioria dos casos, são os fatores limitantes na produção de alimentos. Dessa forma, a agricultura irrigada torna-se a solução,

sendo implementada de forma sustentável e assertiva proporcionando uma maior independência e garantia de produtividade para o agricultor (FORSTHOFER, 2006).

No Brasil, a demanda por água que mais cresce encontra-se no setor da agricultura, principalmente devido ao crescimento do uso das técnicas de irrigação, que chegaram a 67,2% em 2018 (Figura 1), em relação aos demais anos, como o de 2003 que obteve valor de 63% (REBOUÇAS, 2003).

Figura 1 – Total de água consumida no Brasil (Média Anual).



Fonte: Redação Globo Rural, 2018.

Muito se ouve falar a respeito de sistemas de irrigação ineficientes, ou então de manejos realizados de forma pouco eficaz que resultam em desperdício de água e baixa produtividade, ou alta produtividade com alto custo. Mas com o avanço da tecnologia e aumento da mão de obra especializada, as soluções se tornam cada vez mais elaboradas e voltadas principalmente para melhorar a produtividade no campo (PAZ *et al.*, 2000).

No entanto, não é necessário somente implantar um sistema e aguardar por um bom funcionamento. É preciso conhecer a necessidade da planta, a sensibilidade à deficiência hídrica e a capacidade do solo para fornecimento e retenção de água. É necessário obter informações quanto à quantidade real de água necessária para cada cultura conseguir realizar suas funções fisiológicas (PAREDES *et al.*, 2018). Existem diversos métodos de irrigação capazes de suprir a necessidade hídrica de uma cultura, sendo a eficiência de cada sistema referente à porcentagem de água absorvida pela planta (BERNARDO *et al.*, 1992).

Segundo Testezlaf (2017), método relaciona-se à forma de se fazer as coisas ou proceder dentro de um processo. Aplicando esse conceito de método em irrigação, é possível

diferenciar quatro formas ou modos de se aplicar água à cultura e, assim, definir quatro métodos principais de irrigação, ou seja:

Aspersão: a água é aplicada sobre a folhagem da cultura e acima do solo (na forma de chuva);

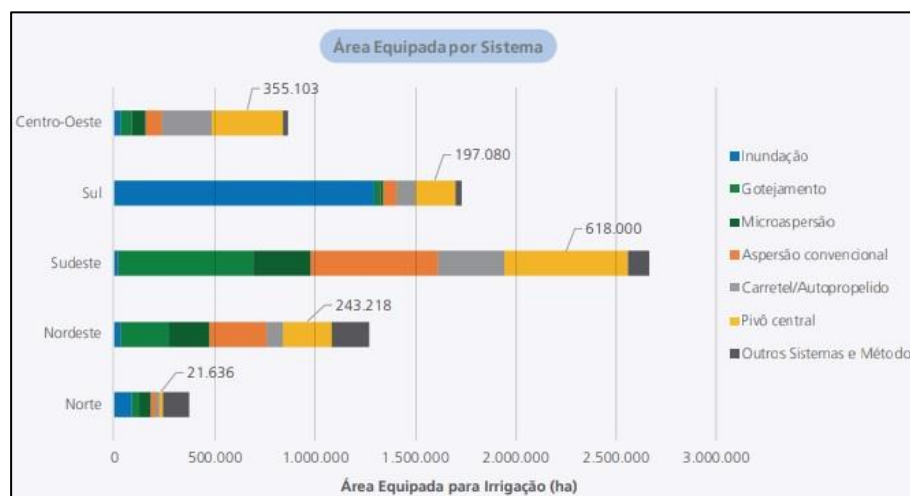
Superfície: quando se utiliza a superfície do solo de forma parcial ou total para a aplicação da água por ação da gravidade (como a enxurrada);

Localizada: a aplicação da água é realizada em uma área limitada da superfície do solo, preferencialmente dentro da área sombreada pela copa das plantas;

Subsuperfície ou subterrânea: a água é aplicada abaixo da superfície do solo, dentro do volume explorado pelas raízes das plantas.

Segundo estudo da Agência Nacional de Água, demonstrado no gráfico (figura 2) abaixo, foi evidenciada a relação entre área equipada para irrigação e os métodos utilizados.

Figura 2 – Área Equipada por Sistema



Fonte: Censo Agropecuário, 2017.

Dentre os métodos existentes, um dos mais utilizados é a aspersão (Figura 3), que consiste na dispersão da água sobre as plantas por meio de jatos fracionados em gotas. Dessa forma, é necessário dimensionar um sistema de bombeamento capaz de funcionar os aspersores. O sistema de bombeamento precisa ser definido corretamente para que a aplicação não ocorra de forma heterogênea e as lâminas de água não sejam uniformes. Sendo assim, o esperado é de 75% a 90% de uniformidade de aplicação (MANTOVANI *et al.*, 2009).

Figura 3 – Sistema de aspersão convencional.



Fonte: Safra irrigação, 2019.

Ainda de acordo com Mantovani *et al.*, (2009), existem duas formas da irrigação por aspersão, uma é constituída por sistema móvel, de modo que toda ou parte da sua tubulação seja desmontável. Já o outro sistema é fixo, cujas tubulações são fixadas ao solo. A técnica de aspersão consome uma maior quantidade de energia, já a sua aplicação apresenta eficiência entre 75% a 90%, o que significa perda de água significativa (ALLEN, 1992).

As vantagens classificadas para a irrigação por aspersão são: o sistema proporciona uma cobertura completa da plantação e é viável em quase todos os solos; quando bem manejada, resulta em precisão exata do volume de água por área; e pode ser consorciada com a fertirrigação. Já as desvantagens são: o alto custo de energia, maior custo devido à grande utilização de água, propensão a doenças devido ao excesso de umidade e dificuldades na instalação em locais com alta temperatura e ventos fortes (FARIA E VIEIRA, 1986). A irrigação por aspersão convencional é a mais utilizada em pequenas e médias propriedades, por conter uma ampla aplicabilidade. Esse sistema torna-se adequado para a maioria das culturas, podendo ser usado em diferentes tipos de solo e diversas condições topográficas (CPT, 2021).

O sistema de micro aspersão (Figura 4), bem semelhante ao de aspersão convencional, normalmente é utilizado na irrigação devido a sua alta rentabilidade e também por possibilitar a aplicação de produtos e nutrientes junto com a água na porção do solo que é explorado pelas raízes. Sua indicação é para pomares e outras espécies que são cultivadas em estufa (COELHO *et al.*, 2001).

A micro aspersão propicia uma precipitação mais suave e uniforme em relação à aspersão. Outra vantagem é a sua facilidade de operação e manutenção que resulta em uma maior economia de mão de obra e água. O sistema apresenta uma eficiência de aplicação de

70% a 95%, com um rendimento melhor que o do sistema de aspersão convencional (ALLEN, 1992).

Figura 4 – Sistema de micro aspersão.



**Fonte:** Archiexpo Rivulis, 2021.

O sistema de irrigação por autopropelido (Figura 4) consiste na realização da aspersão em lâmina d'água sobre as plantas, ou sobre o solo, através de um sistema pressurizado. A dispersão da água ocorre por meio de um único aspersor do tipo canhão fixado em uma plataforma móvel. A plataforma gira ao redor do seu próprio eixo aumentando assim a distribuição de água. Ambas as partes do sistema são conectadas por um tubo flexível diretamente em um carretel que é enrolado pela energia cinética da água (CLEMMENS; DEDRICK, 1994).

Figura 5 – Sistema de irrigação autopropelido ou carretel enrolador.



**Fonte:** Vetro soluções inteligentes em fibra de vidro, 2021.

O sistema conhecido também como carretel enrolador é prático e apresenta boa mobilidade. Uma vantagem presente nesse tipo de sistema é a sua possibilidade de ser utilizado nas técnicas de fertirrigação com água residual de dejetos. Outra enorme vantagem do autopropelido, devido a sua alta mobilidade, é o fato de sua estrutura poder ser transportada para irrigação em diversas áreas, de acordo com a necessidade das culturas, desde que se tenha a disponibilidade de água (BARRETOS; CAMPOS, 2009).

De acordo com Vellame *et al.*, (2011), esse tipo de técnica possui um raio de aplicação que pode variar entre 52 a 70 metros e a uniformidade de aplicação da lâmina vai depender de diversos fatores como: pressão, altura do canhão, velocidade do vento, entre outros fatores que podem ser definidos como negativos na hora de se escolher um método para irrigar. No entanto, com o desenvolvimento das tecnologias, algumas limitações operacionais podem ser resolvidas no sentido de melhorar significativamente a uniformidade de aplicação de água e fertilizante, aumentar a produtividade e economizar água (ROSA, 1986). O sistema autopropelido é muito utilizado em áreas implantadas com culturas perenes, como a cafeicultura e fruticultura, onde o dimensionamento do sistema é feito para aplicação de uma lâmina de água reduzida, para suprir as demandas no estágio de desenvolvimento inicial das culturas (RIBEIRO, 2005).

Já o sistema de irrigação localizada por gotejamento (Figura 5) é uma forma eficiente de fornecer água e nutrientes para as plantas, já que a entrega de ambos pode ser realizada de acordo com as fases de cultivo da cultura, diretamente à raiz. Utilizado principalmente em culturas perenes e em fruticultura, as porções de água são aplicadas no solo, diretamente na área radicular das culturas nas quantidades adequadas (PEREIRA *et al.*, 2016).

Figura 6 – Sistema de irrigação por gotejamento.



**Fonte:** CPT cursos presenciais, 2020.

Os métodos proporcionam o aumento da produtividade e qualidade final dos frutos devido à facilidade de automação e por requererem menor quantidade de mão de obra. Outra vantagem é a redução dos gastos de energia e a aplicação de fertilizantes. O sistema de gotejamento apresenta alta eficiência (70% a 95%) e a desvantagem principal é o alto custo inicial (KELLER; BLIESNER, 1990).

O gotejamento é um sistema simples de se colocar em prática. Mesmo com um custo inicial mais alto, o retorno do investimento é rápido, quando comparado aos demais métodos de irrigação. Dos benefícios apresentados pelos agricultores estão principalmente a flexibilidade, aumento da produtividade e economia de água, já que não ocorre perdas por evaporação quando realiza a aplicação, uniformidade de aplicação independente da topografia ou tipo de solo e menor dependência do clima (PAIR *et al.*, 1983).

Este sistema tem como desvantagens o elevado custo inicial, a vida útil das mangueiras que são expostas diariamente ao sol, a necessidade do uso de água filtrada para que não ocorra o entupimento do equipamento, entre outras, que não são tão cruciais. Tais desvantagens devem ser consideradas na tomada de decisão ao escolher o equipamento de irrigação para determinada área ou cultura (BONOMO *et al.*, 2008).

Uma outra variação para o sistema de irrigação localizada é o de gotejamento subsuperficial (Figura 7). O método consiste na aplicação de água diretamente na subsuperfície do solo, geralmente pela formação, manutenção e controle de um lençol freático artificial, a uma profundidade conveniente. O lençol d'água, mantido a uma profundidade de 0,30 a 0,80m, propicia a umidade necessária às raízes das plantas (ROBBINS; VINCHESI, 2011).

Figura 7 – Sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial.



Fonte: Top Crop Manager, 2015.

Segundo Zamberlan (2007), a principal vantagem dessa irrigação é a sua eficiência acima de 90%, uma vez que o seu sistema quase não apresenta perdas de água por evaporação devido a posição do emissor no solo. Os lençóis criados por esse tipo de irrigação podem ser elevados ou rebaixados de acordo com a demanda de desenvolvimento da cultura (SOUZA e MATSURA, 2004).

Os desafios presentes no gotejamento subsuperficial se encontram em relação aos solos com alta declividade e superfícies irregulares, que não comportam essa tecnologia. Esse sistema de irrigação acompanha as curvas de níveis dos solos. No Brasil, essa forma de irrigação é utilizada em hortaliças, alho, feijão-de-vagem e milho doce (MAROUELLI & SILVA, 1991).

O sistema de pivô central (Figura 7) é muito utilizado na irrigação de lavouras de grãos como soja, milho e feijão. O uso do pivô permite uma uniformidade maior da aplicação de água, necessita de pouca mão de obra e é um sistema mais viável para grandes áreas, além de possibilitar a aplicação de fertilizantes juntamente com a água (REZENDE *et al.*, 1998).

Figura 8 – Sistema de irrigação por pivô central.



**Fonte:** Revista rural - a revista do setor, 2019.

De acordo com Rodrigues *et al.*, (2001), o pivô é um sistema de irrigação que consiste em uma torre com estrutura suspensa que gira em torno de um ponto fixo sobre a parte superior da plantação. Quando utilizada de forma correta, são excelentes as vantagens e os resultados de produção. A lavoura fica protegida contra secas, há aumento de desenvolvimento e lucratividade, diminuindo os riscos ocasionados pelas mudanças climáticas (PIVOT, 2013).

As vantagens propiciadas pelo sistema de pivô central são: a simplicidade de operação, baixo custo com mão de obra, irrigação em grandes áreas, facilidade de adaptação em solos com algumas irregularidades e possibilidade de aplicação de fertilizantes

(CARVALHO; OLIVEIRA, 2012). Entretanto, mesmo com tantas vantagens, é preciso que o produtor tenha um conhecimento adequado das técnicas para evitar gastos inadequados (MARTIN *et al.*, 2007).

O sistema de irrigação por pivô central possui algumas desvantagens: o aumento do desenvolvimento de doenças, devido às folhagens úmidas; os elevados custos iniciais, gastos devido à energia elétrica à manutenção; elevado consumo de água; limitações ao uso do sistema devido à ocorrência de ventos e também declividade do terreno. Além disso, o sistema pode causar possíveis danos ao solo, seja por compactação ou devido ao escoamento de água nas proximidades (SANTOS, 2021).

Enfim, conclui-se que os métodos de irrigação devem ser analisados antes de serem implementados na propriedade, pois podem requerer altos investimentos. Deve ser analisado qual sistema será o mais viável e proveitoso em relação à cultura que vai ser implantada na região, além de serem considerados os recursos hídricos disponíveis da propriedade e o nível tecnológico que está ao alcance do produtor.

### **3.2 Necessidade hídrica**

Segundo Bezerra *et al.*, 1998, para um manejo eficiente da água disponível para irrigação, o sistema de cultivo adotado deve considerar o conhecimento sobre a disponibilidade da água no solo. Para isso, é de fundamental importância conhecer a capacidade de campo do solo, bem como conhecer a que grupo de cultura pertence a planta e também a evapotranspiração média de referência da região. Embora somente o conhecimento da necessidade total de água exigida pela cultura não implica em um manejo eficiente da irrigação, o conhecimento das necessidades hídricas dos diferentes ciclos fenológicos da cultura é de fundamental importância. O conhecimento sobre a evapotranspiração se refere às condições climáticas da área, aos efeitos da evaporação da água dos solos e às necessidades de acordo com as características fisiológicas e morfológicas da planta. Esse coeficiente é variável de acordo com o ciclo da planta e dos efeitos da variação de umidade e conservação de cobertura do solo (DOORENBOS; KASSAM, 1994; ALLEN *et al.*, 1998).

De acordo com Souza e Gomes (2008), a evapotranspiração de referência pode ser determinada pelo incremento de água intensificado do solo, que consiste no monitoramento da capacidade de retenção e armazenagem de água no solo exercida pelos solos durante um período de tempo.

A agricultura irrigada consiste em uma prática utilizada para complementar a disponibilidade de água fornecida de forma natural às plantas, resultando em um solo com o teor de umidade adequada para suprir as necessidades hídricas das culturas (SETTI *et al.*, 2001). De forma geral, a maioria das culturas se desenvolvem bem com a quantidade de água no solo próximas à capacidade de campo, ou seja, quando a matriz do solo atinge a quantidade máxima de água em seus capilares, após os processos de saturação e drenagem no solo (REICHARDT (1988).

Algumas culturas como o mamoeiro e bananeira demandam uma maior quantidade de água e não toleram grandes reduções de umidade no solo. Já culturas como abacaxi e manga suportam períodos mais longos com a umidade mais baixa, tolerando assim maiores perdas de água do solo (COELHO *et al.*, 2005). Como o Brasil apresenta grande variedade de condições climáticas e características edafoclimáticas diversificadas, a irrigação abre um leque de opções capazes de resultar em adaptação das culturas em quase todos os climas do país (EPINOZA; AZEVEDO; ROCHA, 1980).

O território brasileiro, devido a sua grande extensão e sua localização, apresenta diferentes climas (Figura 8). São eles: equatorial, tropical, semiárido, tropical de altitude, tropical atlântico e subtropical (MENDONÇA, 2007). Cada um desses climas apresenta uma variação diferente de temperatura e volumes de chuva.

Figura 9 – Diferentes climas do Brasil por região.



Fonte: Humanizando, 2017.

O clima equatorial apresenta temperaturas médias elevadas, com chuvas durante todo o ano e alta umidade do ar. Locais com clima tropical, segundo Borborema (2018),

apresentam duas estações bem definidas: inverno (seco) e verão (chuvoso). O clima tropical de altitude possui a característica de geadas durante o inverno, pois ocorre em áreas elevadas. Já o tropical atlântico tem temperaturas elevadas com chuvas regulares e bem distribuídas (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2015).

O clima subtropical, com temperaturas baixas, possui chuvas regulares e bem distribuídas, com verão quente e o inverno com temperaturas bem baixas, sendo comum a ocorrência de neve ou geada em determinados lugares. Já o clima semiárido possui características diferentes aos demais, sua temperatura média é elevada apresentando escassez e irregularidade de chuvas (BERGAMASCHI *et al.*, 2003).

As plantas necessitam tanto da luz solar quanto da água para que realizem suas funções fisiológicas. Por essa razão, é necessário saber a respeito do clima de cada região brasileira, já que as temperaturas e chuvas interferem diretamente no desenvolvimento das culturas (Reichardt, 1985). A água é importante para as fases fenológicas de germinação, desenvolvimento, floração, formação de frutos ou enchimento de grãos e maturação (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

### **3.3 Déficit de água no solo**

A falta de água no solo interfere diretamente no desenvolvimento das plantas devido a sua participação nas funções fisiológicas, em diferentes partes do ciclo, desde o processo de germinação até a floração (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). O déficit hídrico ocorre quando não há quantidade suficiente de água no solo para a planta absorver e a planta não consegue realizar suas funções básicas. Perde mais água do que consegue absorver e, dessa forma sofre, com o estresse hídrico. Tais acontecimentos podem ser resolvidos com as técnicas da agricultura irrigada (CONJUNTURA, 2012).

Portanto, para identificar se haverá probabilidade de ocorrer a falta de água em determinado momento, deve-se realizar o balanço hídrico que permite identificar quais as épocas de seca e maior disponibilidade hídrica, possibilitando o planejamento da época de semeadura e de colheita (FERREIRA, 2017).

Por meio do balanço hídrico se ajustam os manejos da irrigação de acordo com a necessidade da cultura e os fatores climáticos, como chuvas e veraneios. A informação sobre a quantidade de chuva em cada região é disponibilizada por programas de estações meteorológicas como o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e INMET (Instituto

Nacional de Meteorologia). Dessa forma, podem ser obtidos os dados de precipitações por regiões (CUNHA; MARTINS, 2009).

O déficit de água (Figura 9) ocasiona diminuição da germinação das sementes, baixo desenvolvimento da parte aérea, abscisão das flores, má formação dos grãos na fase de enchimento e até mesmo a morte das plantas (SANTINATO *et al.*, 1996). Quando a quantidade de água no solo fica limitada, a planta apresenta dificuldade de absorver a água devido ao aumento da retenção.

Figura 10 – Exemplo de plantas em déficit hídrico ocasionado por seca.



Fonte: Portal o dia, 2015.

Para o problema de falta de água no solo, podem ser utilizadas práticas de manejo de irrigação que permitem ajustar a quantidade de água necessária às plantas, resultando assim em altas produtividades (SHOCK *et al.*, 2007). O rendimento das lavouras que possuem irrigação é 1,8 vezes maior do que em sequeiro, ou seja, quase o dobro de produtividade. Por fim, podem ser utilizadas, como precaução, as sementes resistentes à seca, mas a irrigação ainda se torna o método mais viável e eficaz (CARDOSO *et al.*, 1998).

### 3.4 Excesso de água no solo

Ao contrário do déficit hídrico, o excesso de água no solo se caracteriza quando a quantidade de água no solo for acima da capacidade de campo, o que também prejudica a plantação. O efeito do excesso de água, para determinada planta, vai depender do estágio de desenvolvimento e também da duração de seu ciclo (PURCELL; SPECHT, 2004).

O excesso de água é resultado de um conjunto de fatores tais como tipo de solo, clima, chuvas intensas, topografia desfavorável, manejo sem eficiência e também técnicas de irrigação inadequadas. Certamente as plantas apresentam mecanismos que possibilitam viver e até mesmo produzir sobre uma ampla faixa de umidade do solo (SCALOPPI *et al.*, 2003).

Principalmente em regiões úmidas, as culturas são afetadas pelo excesso de água devida às inundações ou pela saturação do solo após chuvas intensas. As consequências desse excesso podem ser verificadas em várias etapas da produção, em intensidades diferentes, de acordo com o material genético da cultura e também com os demais fatores ocasionados juntamente com o excesso de água (BILIBIO *et al.*, 2010).

As principais consequências resultantes do excesso de água (Figura 10) são: desenvolvimento de raízes prejudicadas, assim como a parte aérea, aumento de doenças como fungos, maior lixiviação de nutrientes e redução de produtividade (GOMES *et al.*, 1992). Outro grande problema ocorre fisiologicamente devido à redução da respiração ocasionada pelo excesso de água, ou seja, diminuição da disponibilidade de oxigênio.

Figura 11 – Característica de planta submetida ao excesso de água.



Fonte: Lar doce lar, 2019.

De acordo com um experimento realizado por Sá (2001), plantas submetidas a três dias sem oxigênio nas raízes, devido ao excesso de água, resultaram em plantas menores e com desenvolvimento tardio. Em casos de excesso hídrico por alguns dias, pode ser realizada a drenagem da área para aliviar um pouco do volume de água, mas em alguns casos, se a grande quantidade de água perdurar por muitos dias, os danos podem ser irreversíveis, causando até a morte das plantas, dependendo sempre das características da área e do clima (RODRIGUES *et al.*, 1993).

### 3.5 As culturas e suas necessidades de irrigação

Como visto, em relação à questão da água para as plantas, é necessário destacar também a importância do uso e administração correta dos recursos hídricos, já que tanto a falta quanto o excesso resultam em características indesejáveis para os produtores. Por essa razão, o manejo e o planejamento da irrigação têm que ser feitos corretamente, com o objetivo de produzir mais, no mesmo espaço, plantas de ótimo vigor, sem que ocorra desperdício de água (Ferreyra *et al.*, 1985).

Além de se saber a época correta de plantio para cada cultura, é necessário saber em quais épocas a cultura necessita de mais ou menos água e o quanto a água da chuva supre essa demanda (KOUTROUBAS *et al.*, 2000). Essa quantidade de água varia de cultura para cultura, assim como para os tipos de solo, já que solos mais arenosos apresentam menor retenção de água enquanto os mais argilosos retêm maior quantidade. Isso ocasiona uma diferença na utilização desses solos em relação à quantidade de água aplicada (BARRETO *et al.*, 2004).

Cada cultura apresenta uma média de água necessária para realizar suas funções fisiológicas durante todo o seu ciclo (Tabela 1). Um exemplo citado pela é a planta de soja, que necessita em média 620 mm de água durante todo o seu ciclo (AZEVEDO *et al.* 1989) Segundo Ferreira (2017), o período de maior exigência hídrica, para a maioria das culturas, está na fase reprodutiva, que constitui no florescimento e granação. Por isso é tão necessário conhecer as exigências hídricas da cultura trabalhada para obter resultados ótimos e realizar o manejo correto da irrigação.

Tabela 1 – Comparativo da exigência hídrica mínima para algumas culturas.

Cultura	Exigência mínima (mm)
Algodão	600 – 700
Soja	550
Milho	400
Sorgo	375
Milheto	340

**Fonte:** Geagra – UFG, 2019

### 3.6 Dificuldades da implementação e expansão de sistemas de irrigação

No contexto atual do Brasil, a agricultura irrigada encontra desafios a serem superados. Um deles, produzir para uma sociedade cada vez mais exigente com sua alimentação, respeitando as questões sociais e ambientais. Para o uso da irrigação na agricultura, os tomadores de decisões devem superar os seguintes desafios impostos, tais como: os institucionais, que consistem em uma maior integração entre as instituições e suas ações; políticos - maior integração entre as políticas setoriais e os respectivos planos; ambientais - reduzir os impactos e contribuir para a sustentabilidade ambiental; estruturais - desenvolver uma infraestrutura básica para o desenvolvimento da agricultura irrigada nas diferentes regiões do país; pesquisa - desenvolvimento de pesquisas aplicadas que tenham como foco os reais problemas da agricultura; capacitação - o desenvolvimento de estratégias adequadas de capacitação que buscam sempre apresentar o problema sob a ótica da bacia hidrográfica e que também visam fortalecer a extensão rural; comunicação - desenvolver estratégias de comunicação buscando atender às demandas dos diferentes nichos da sociedade; técnicos - implementação de técnicas que contribuam para aumentar a produtividade de uso água; tecnológicos - trabalhar para que as tecnologias sejam assimiladas e adotadas pelos produtores; e climáticos - desenvolver estratégias para enfrentar as variabilidades climáticas e reduzir o risco agrícola, por meio da melhoria da precisão das previsões, desenvolvimento da agricultura com inteligência climática e de estratégias de adaptação às mudanças do clima (EMBRAPA, 2017).

A área irrigada no mundo na década de 90, segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 1996), era de aproximadamente 17% das terras. As áreas irrigadas na América Latina chegavam a quase 16 milhões de hectares, sendo que o Brasil participava de apenas algumas porções. A estimativa para a expansão da irrigação do Brasil era a de 260 mil hectares anualmente. No entanto, com o desenvolvimento das tecnologias, o aumento das terras irrigadas cresceu consideravelmente.

De acordo com os dados disponibilizados no Atlas Irrigação pela ANA (2021), a área irrigada no Brasil chega atualmente a 8,2 milhões de hectares, dos quais 64,5% são irrigados com água de mananciais e 35,5% fertirrigações com água reutilizada. A ANA ainda prevê um potencial de expansão de até 45% até 2030.

A agricultura irrigada, por se tratar de uma tecnologia mais avançada, pode facilitar ou complicar a vida do agricultor. O uso de aplicativos computacionais, com objetivo de facilitar o manejo de irrigação, tem dispensado o usuário dos cálculos tão trabalhosos. Já

existem no mercado diversos aplicativos para manejo de irrigação de várias culturas, entretanto, alguns podem assumir dimensões que passam a requerer do usuário capacidade e conhecimento mais elevado, o que dificulta o uso em condições práticas (TEIXEIRA & COELHO, 2005).

### **3.7 Custos para instalação e custo-benefício**

Difícilmente há informações a respeito dos valores para a implementação da agricultura irrigada em uma determinada região, assim como o valor da mão de obra operacional, manutenção do sistema. Sendo assim, o comprador não está bem informado.

Devido ao alto custo de implementação e manutenção, é necessário que o produtor entre em contato com um projetista, Engenheiro Agrícola ou também um Agrônomo que possa orientar na escolha de qual o melhor sistema a ser implementado na área, que faça uso de todas as suas possíveis vantagens, como por exemplo, a fertirrigação que, por meio dos sistemas pressurizados, é aplicada com maior eficiência.

De acordo com Cuenca (1989), a cultura, o relevo de terreno, as características edafoclimáticas, custo da energia e qualidade da água são fatores fundamentais na escolha do equipamento. Um fator que faz com que o irrigante escolha determinada equipamento é, principalmente, o custo inicial, ou seja, o custo de implementação. Mas como dito anteriormente, nem sempre o equipamento de menor custo apresenta os menores custos operacionais.

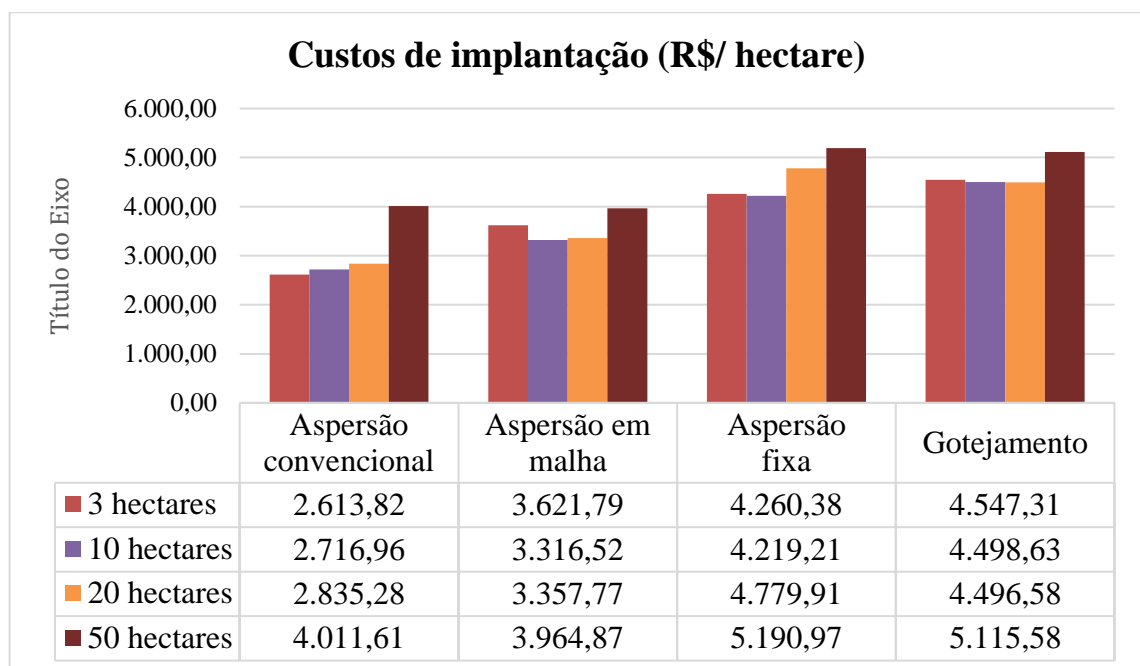
Os custos anuais que precisam ser incluídos, de acordo com Thompson *et al.*, (1983), são todos associados à compra dos equipamentos, operação e manutenção do sistema de irrigação. O custo fixo é composto pela depreciação de cada componente do sistema e dos juros aplicados sobre o capital investido na implantação, operações e manutenções. O custo variável inclui as despesas com energia, combustível e mão de obra. Devem ser acrescentadas também despesas com reposições e consertos, além das despesas eventuais, como perdas por falhas e acréscimos ou decréscimos no manejo da lavoura, de acordo com cada sistema adotado (FERNANDES *et al.*, 2008).

Keller e Bliesner (1990) citam que os dados econômicos requeridos para uma análise econômica da irrigação dividem-se em duas categorias: tipo de sistema e local. A primeira categoria inclui os custos dos componentes do sistema, vida útil dos componentes, mão de obra, energia e manutenção. A segunda categoria inclui taxa de juros, custo de mão de obra, inflação da energia, taxas de propriedade, custos da água, valor e tamanho da terra que a irrigação irá atender.

Em um estudo realizado em planilhas eletrônicas, no ano de 2011 por Vieira *et al.*, foi possível relacionar os preços de aquisição e os custos para manutenção de quatro diferentes sistemas de irrigação: aspersão convencional, fixa ou móvel e gotejamento. Os valores obtidos no estudo foram transmitidos para gráficos com a finalidade de facilitar a visualização e comparação.

No gráfico 1 é possível ver o valor para implantação dos sistemas de irrigação utilizados no estudo. Foram levados em consideração os custos totais incluindo tubulações, estruturas, motobombas, emissores e filtros. O sistema de irrigação que apresentou o menor custo de implantação foi o de aspersão convencional, seguido de aspersão em malha, aspersão fixa e gotejamento, para áreas de até 20 hectares. Já para a área de 50 hectares, o sistema de menor custo foi o de aspersão em malha e o mais caro foi o de aspersão fixa (VIEIRA *et al.*, 2011).

Gráfico 1 – Custos de implantação (R\$ / ha) dos equipamentos de irrigação.

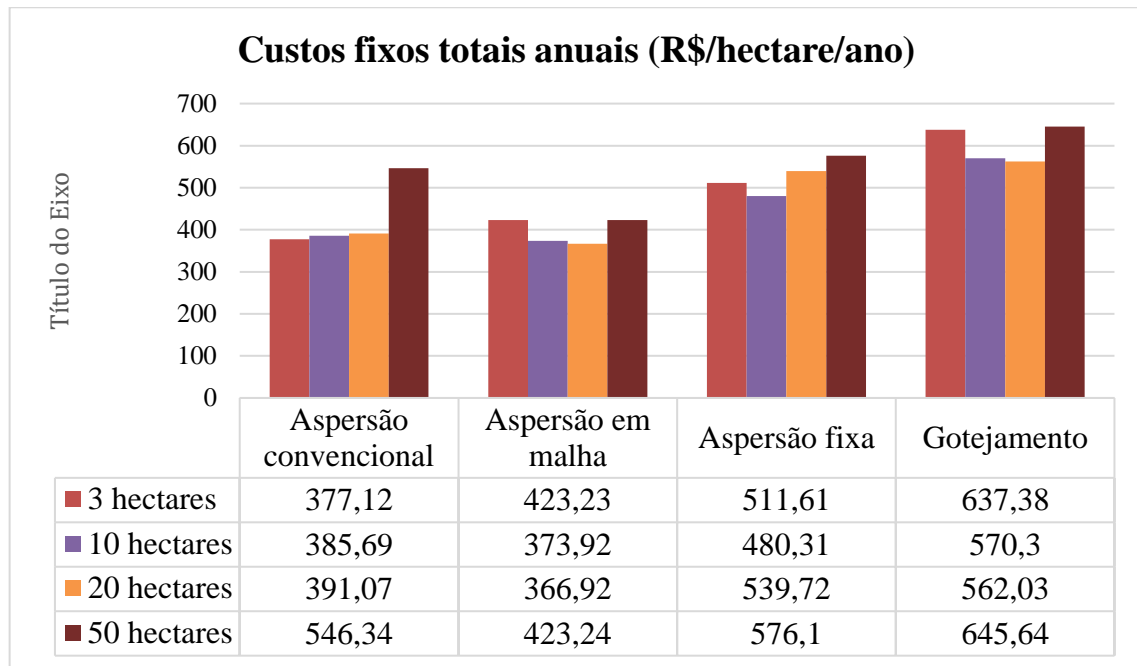


Fonte: O autor, 2021.

Já no gráfico 2, foram apresentados os custos fixos totais de implantação, depreciação e juros sobre o capital investido também coletados por Vieira *et al.*, (2011). Observa-se no gráfico 2 o mesmo padrão de relações presente no gráfico 1, onde são apresentados os custos de aquisição dos equipamentos. Está em evidência o sistema de

gotejamento, que apresentou maiores valores em relação aos outros métodos. Isso se deve à sua menor vida útil, que eleva o valor da depreciação.

Gráfico 2 – Custos fixos anuais totais (R\$ / ha / ano) dos sistemas de irrigação.



Fonte: O autor, 2021.

### 3.8 Manejos realizados pós instalação de um sistema de irrigação em uma propriedade

Os estudos realizados por (Bezerra et al., 2010; Lopes et al.,2011) evidenciam que o sensoriamento remoto demonstra um potencial para o georreferenciamento de áreas agricultáveis e do meio ambiente. Esse sistema pode englobar vários parâmetros tanto biológicos quanto físicos. Podem ser citados o albedo e a temperatura da superfície do solo que proporcionam uma maior exploração dos índices de vegetação. Os índices de vegetação vêm sendo amplamente explorados por pesquisas no sentido de evidenciar feições ambientais para detalhamento de vigor de vegetação, principalmente nas regiões do espectro visível e do infravermelho próximo.

O aumento do consumo da água tem gerado uma busca desse recurso, para atender a demanda da sociedade e da agricultura. A eficiência do uso da água deve ser alcançada para que possa haver uma preservação e uma gestão sustentável dos recursos hídricos. Sendo assim, a identificação do volume de água é de fundamental importância, portanto o emprego de hidrômetros nas áreas seria uma forma viável de contabilizar a água empregada na irrigação.

Mas seus elevados custos e a baixa operacionalidade inviabilizam o seu uso. Dessa forma, o sensoriamento remoto é uma opção de baixo custo e com grande cobertura, que tem sido usado na obtenção da evapotranspiração real das culturas (SOBRINO *et al.*, 2005).

Segundo (Folhes *et al.*, 2009), a utilização da evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>), ao invés da determinação do volume total de água utilizado nas irrigações, foi evidenciado como uma alternativa factível, devido ao argumento de que o excesso de água aplicada nas irrigações retornaria aos reservatórios, em razão da percolação da água. Entretanto, esse procedimento poderia estimular ainda mais o desperdício de água e energia. Sendo assim, o uso do sensoriamento remoto é considerado uma alternativa viável em relação à ET<sub>r</sub> das culturas e da eficiência do sistema de irrigação empregado para determinar a estimativa mensal da lâmina d'água.

Outro ponto importante em relação à irrigação diz respeito aos cuidados com seus equipamentos, como tubulações, motobomba, aspersores entre outras partes. A montagem dos equipamentos precisa ser realizada de forma correta, assim como a preservação. Com o tempo, ocorre o desgaste das peças, principalmente daquelas que permanecem no tempo, ou seja, que são fixas. A vida útil das tubulações precisa ser observada. É comum que, com o passar dos anos, haja o desgaste ou ressecamento das mangueiras e tubulações (NANDURI *et al.*, 2002).

Um estudo feito por Lima *et al.*, (2003) aborda o desgaste das válvulas reguladoras de pressão de pivôs centrais. Tais desgastes ocorrem quando o sistema é instalado em áreas de topografia acidentada que ocasiona uma elevação na pressão exercida no sistema. A consequência gerada por essa deterioração é a redução da uniformidade de aplicação de água e aumento das perdas por escoamento artificial.

Outro exemplo de degradação dos equipamentos de irrigação é o desgaste dos bocais dos aspersores, que aumenta devido ao tempo de uso. Outro fator que pode ocasionar esse desgaste é a presença de sólidos na água utilizada na irrigação, pois prejudicam o sistema. Conseqüentemente, há o aumento da quantidade de água aplicada, provocando maiores desperdícios por percolação e escoamento superficial (BOMAN & PARSONS, 1993).

Por todas essas razões, é preciso sempre conferir o equipamento procurando por vazamentos ou inconsistências, ou então observar falhas ou gastos maiores com energia ou água, diferentes do usual. Com esse tipo de acompanhamento, é possível evitar gastos desnecessários e também desperdícios de insumo e água (NANDURI *et al.*, 2002).

## 4 DISCUSSÃO

De acordo com o que foi observado ao longo do desenvolvimento desta revisão, a irrigação apresenta papel fundamental quando se almeja melhores resultados de produtividade, principalmente quando sistemas de irrigação são instalados em regiões que apresentam problemas com suas plantações devido às condições edafoclimáticas.

A cultura precisa ser analisada assim como o sistema de irrigação escolhido, já que um depende do outro. O sistema de irrigação só é escolhido de forma correta quando se sabe a quantidade de água ideal para cada planta. Por sua vez, a planta só consegue se desenvolver e realizar suas funções fisiológicas quando submetidas a condições ideais de nutrição, clima e principalmente água.

De acordo com o que foi analisado, existem diversos métodos de irrigação que podem ser escolhidos pelo irrigante conforme a disponibilidade de água, tamanho da área, tipo de cultura, forma do relevo e principalmente de acordo com o poder aquisitivo do produtor.

Quando são abordados os valores adotados na instalação da irrigação em uma determinada área, percebe-se, de acordo com os modelos estudados, que o sistema de menor custo inicial é a aspersão convencional, com valores médios de R\$ 871,27 por hectare. Em seguida, o sistema da aspersão em malha, com valor médio de R\$ 1.207,26 por hectare. Já, entre os sistemas estudados, o de maior custo de implementação foi o de gotejamento, com valor médio de R\$ 1.515,77.

De acordo com os custos fixos anuais, a média de preço segue a mesma ordem que a de instalação dos equipamentos com o maior e o menor custo. Com o menor custo anual está o de aspersão convencional e o de maior custo anual é o de irrigação por gotejamento. Esses custos fixos anuais se devem à depreciação dos componentes, aos juros aplicados sobre o capital investido e também por causa das operações e manutenções.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura irrigada é responsável pelo aumento da produtividade de diversas culturas. Os sistemas de irrigação propiciam o aumento das áreas de plantio, já que possibilitam o plantio até em regiões mais secas, embora possam causar impactos adversos ao meio ambiente. O crescente aumento da população mundial impulsiona também o aumento da produção de alimentos e de commodities. Por essa razão, tornou-se necessária a expansão das áreas produtivas e conseqüentemente das áreas irrigadas.

A metodologia utilizada neste trabalho permitiu identificar fatores importantes e possibilitou verificar informações também importantes e limitantes sobre a irrigação. De acordo com as informações coletadas, foi possível aprofundar um pouco mais no conhecimento sobre a necessidade hídrica das plantas e como ela deve ser compensada pela irrigação. Outro fator importante discutido foi a respeito dos valores que são cruciais na decisão e escolha do produtor em relação ao equipamento de irrigação.

De acordo com os pontos e tópicos apresentados, foi possível identificar as vantagens e desvantagens dos sistemas de irrigação adotados nas fazendas, sobretudo os métodos de irrigação por aspersão convencional móvel, fixa e por gotejamento, considerando o fator socioeconômico do produtor, a região, assim como as condições climáticas e disponibilidade de recursos.

Apesar do benefício da irrigação para a produção agrícola do país, estratégias para promover o aumento da produção agrícola, baseadas no aumento de áreas irrigadas, devem considerar restrições relacionadas à disponibilidade, à qualidade e aos conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas. Tais estratégias devem ser pensadas no sentido de evitar desperdícios e usos desnecessários em quantidades maiores às necessárias da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. **Irrigation engineering: course lecture notes**. Logan, Utah: Department of Agricultural Engineering, Utah State University, 1992. 297 p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. (FAO, irrigation and drainage paper, 56).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Estudo da ANA aponta em 45% potencial de expansão da irrigação no Brasil até 2030**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 04 mar. 2021.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ATLAS IRRIGAÇÃO. **Uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

AZEVEDO, P.V., COSTA, J.P.R., LEITÃO, M.M.V.B.R. **Medidas e estimativas da evapotranspiração numa cultura de soja irrigada, nas condições semi-áridas do nordeste do Brasil**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6., 1989, Maceió. Anais... Maceió: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.185-194.

BARRETO, A. B.; SILVA, A. A. G. da.; BOLFE, E. L. (Eds. Tecs.) **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros/Embrapa Algodão, 2004. 417 p.

BARRETO, A. C.; CAMPOS, C. M. M. **Avaliação de sistema de irrigação autopropelido aplicando água residuária de suinocultura**. Lavras: Ciência Agrotécnica. v. 33, n.spe, p. 17521757, 2009.

BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da Estação Experimental UFRGS**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 78p.

BERNARDO, S. **Impacto ambiental da irrigação no Brasil. Engenharia na Agricultura**. Viçosa, v. 1, n. 1, p. 1-7, 1992. Disponível em: [http://www.agr.feis.unesp.br/imagens/winotec\\_2008/winotec2008\\_palestras/Impacto\\_ambiental\\_da\\_irrigacao\\_no\\_Brasil\\_Salassier\\_Bernardo\\_winotec2008.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/imagens/winotec_2008/winotec2008_palestras/Impacto_ambiental_da_irrigacao_no_Brasil_Salassier_Bernardo_winotec2008.pdf). Acesso em: 04 abr. 2021.

BEZERRA, F. M. L.; ANGELOCCI, L. R.; MINAMI, K. **Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 2, n. 2, p. 119-123, 1998.

BEZERRA, B. G.; SILVA, B. B. DA; BEZERRA, J. R. C.; BRANDÃO, Z. N. **Evapotranspiração real obtida através da relação entre o coeficiente dual de cultura da FAO-56 e o NDVI**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.3, p.404-414, 2010.

BILIBIO, C. et al. **Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.7, p.730-735, 2010.

BIZARI, D. R. **Cobertura morta de milho na umidade do solo e produtividade do feijoeiro irrigado em sistema plantio direto na região de campinas - SP.** UNICAMP, Campinas, SP: 2011.

BOMAN, B.J.; PARSONS, M.L. **Changes in microsprinkler discharges resulting from long-term use.** *Applied Engineering in Agriculture*. Florida, v.9, n.3, p.281-284, 1993.

BONOMO, R. et al. **Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*. Goiânia – GO, dez. de 2008. Pág. 233-240.

BORBOREMA, O. E.; MORAIS, H. C. **Equipamento de Irrigação por Aspersão Semiportátil: Roteiro Básico para Dimensionamento.** Goiânia: pág. 3, nov. 2010.

BORBOREMA, O. E. **Pequenas Barragens, Revista Irrigo.** Cristalina, Ano 03, p. 35, jan. 2018.

BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. **Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CBERS.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. p. 849-856

BRAGA, T. **Cristalina, em Goiás, é recordista em produtividade de alho, batata e cebola graças à irrigação.** *Goiás mais 20*, Assessoria de Comunicação da Irrigo, fev. de 2018. Pág. 01. Disponível em: <https://www.goiasmais20.com.br/cristalina-em-goias-e-recordista-emprodutividade-das-culturas-de-alho-batata-e-cebola-gracas-a-irrigacao/>. Acesso em: 04 abr. 2021.

CAMAGO, D. C. **Manejo da irrigação: como, quando e quanto irrigar?** - Fortaleza: INOVAGRI/IFCE, 2016.

CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. **As águas da agricultura.** *Agroanalysis*. Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas. Rio de Janeiro. 1998. p.27-28.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. **Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal.** *Acta Geográfica*, v. 8, n. 16, pág. 40-55, 2015.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada.** Viçosa: Editora UFV, 2012. v. 1. 240 p

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Semente: ciência, tecnologia e produção.** 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012, p. 590.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil.** Brasília: CDS – UnB, 1999.

CLEMMENS, A.J.; DEDRICK, A.R. **Irrigation techniques and evaluations.** In: TANJI, K.K.; YARON, B., eds. *Management of water use in agriculture*. Berlin: Springer-Verlag, 1994. p.6.1-1 03.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, D. M. **Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 250-256, ago. 2001.

COELHO, E. F.; FILHO, M.A.C.; OLIVEIRA, S.L. **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água.** Revista Bahia Agrícola, v.7, n.1, set. 2005.

CPT. **Irrigação por aspersão é a mais adequada para a maioria das culturas, 2021.** Disponível em: <https://www.cpt.com.br/noticias/irrigacao-por-aspersao-e-a-mais-adequada-para-a-maioria-das-culturas>. Acesso em: 18 maio 2021.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. **Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP.** Irriga, Botucatu, v.14, n.1, p.1-11, jan./mar. 2009.

CUENCA, R.H. **Irrigation system design: An engineering approach.** Prentice Hall, Englewood Cliffs, 552. FALTOU O ANO DA PUBLICACAO

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. (FAO, Estudos de irrigação e drenagem, 33).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 5ª edição.** Setembro, 2009.

EMBRAPA; RODRIGUES, L. N.; DOMINGUEZ, A. F. **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável.** Embrapa Cerrados - Livro técnico (INFOTECA-E), p. 327, Brasília, DF: INOVAGRI, 2017.

ESPINOZA, W.; AZEVEDO, J.; ROCHA, L. A. **Densidade de plantio e irrigação suplementar na resposta de três variedades de milho ao déficit hídrico na região dos cerrados.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1980. Pág. 85-95.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas.** 1. ed. Planta. Londrina, 2006, 401 p.

FAO. **Situación de la seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe.** [www.fao.org/efs/spanish/LAR96-4.htm](http://www.fao.org/efs/spanish/LAR96-4.htm). 1996.

FARIA, M. A. de; VIEIRA, J. **Irrigação por aspersão: sistemas mais utilizados no Brasil.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 12 (139), p. 27-39, 1986.

FERREIRA, L. G. B. Disponibilidade hídrica e produtividade de soja no oeste do Paraná. Londrina: **Dissertação de Mestrado**, IAPAR, 2017.

FEREIRA, M.I. (2017). **Stress Coefficients for Soil Water Balance Combined with Water Stress Indicators for Irrigation Scheduling of Woody Crops.** Horticulturae. 3,38: 1-33.

FERREYRA, R., SELLÉS, G., TOSSO, J. **Efecto del manejo de diferentes alturas de água sobre el cultivo del pimento. I. Influência de los excesos de humedad.** Agricultura Técnica. v.45, n.1, p.47-51, 1985.

FOLHES, M.T.; RENNÓ, C.D.; SOARES, J.V. **Remote sensing for irrigation water management in the semi-arid Northeast of Brazil.** Agricultural Water Management, v.96, p.1398-1408, 2009.

FORSTHOFER, E.L. et al. **Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.41, n.3, p.399407, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 04 abr. 2021

FRIZZONE, J.A.; ANDRADE Júnior, A.S. de. **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento.** Brasília: EMBRAPA, 2005. 626p.

GOMES, A.S., SOUZA, R.O., LERÍPIO, A.A. **Produtividade do arroz irrigado em diferentes sistemas de cultivo.** In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20, 1992, Pelotas. Anais... Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1992

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2009: Brasil, grandes regiões e unidades da federação.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>. Acesso em: 05 mar. 2021.

KARAM, F. et al. **Yield and water use of eggplants (*Solanum melongena* L.) under full and deficit irrigation regimes.** Agricultural Water Management v. 98, 1307 - 1316, 2011

KASELE, I.N.; NYIRENDA, F.; SHANAHAN, F.J. et al. **Ethephon alters corn growth, water use, and grain yield under drought stress.** Agronomy Journal, Madison, v. 86, p.283-288, 1994.

KELLER, J.; BLIESNER, R. **Sprinkle and trickle irrigation.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. **Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate.** Journal of Agronomy & Crop Science, 2000.

LIMA, S. C. V.; FRIZZONE, J. A.; COSTA, R. N. T.; SOUZA, F.; PEREIRA, A. S.; MACHADO, C.C. VALNIR JUNIOR, M. **Curvas de desempenho de válvulas reguladoras de pressão novas e com diferentes tempos de utilização.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, n. 2, p. 201-209, 2003.

LOCATELLI, V. da E. R.; DE MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; DE ALBUQUERQUE, J. de A. A.; ARAÚJO, W. F.; DE SOUZA, K. T. S. **Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima.** revista brasileira de engenharia agrícola, v.18, n.6, p.574-580, 2014.

LOPES, H. L.; ACCIOLY, L. J. DE O.; SILVA, F. H. B. B. DA; SOBRAL, M. DO . ESTUDO DA C. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; CANDEIAS, A. L. B. **Especialização da**

**umidade do solo por meio da temperatura da superfície e índice de vegetação.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.9, p.973-980, 2011.

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

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Irrigação subsuperficial: uma opção para hortaliças em solos de várzea.** Hortinforme, Brasília, n.5. p.4-5, 1991.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2008.

MARTIN, D.L.; KINCAID, D.C.; LYLE, W.M. **Design and operation of sprinkler systems.** In: HOFFMAN, G.J.; EVANS, R.G.; JENSEN, M.E.; MARTIN, D.L.; ELLIOT, R.L. Design and operation of farm irrigation systems. 2nd ed. St. Joseph: ASABE, 2007. 557- 631 p.

MELLO, J. L. P; SILVA, L. D. P. **Irrigação.** Rio de Janeiro, p. 10, 2007.

MOLDEN, D. **Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture.** London: Earthscan: International Water Management Institute, 2007.

NANDURI, M.; TAGGART, D.G.; Kim, T. **The effects of system and geometric parameters on abrasive water jet nozzle wear.** International Journal of Machine Tools & Manufacture. Elsevier Science, v.42, p.615-623, 2002.

PAIR, C.H.; HINZ, W.H.; FROST, K.R.; SNEED, R.E; SCHILTZ, T.J. **Irrigation.** Arlington: Irrigation Association. 1983. 686p.

PAREDES, P., D'Agostino, D., Assif, M., Todorovic, M. e Pereira, L.S. (2018). **Assessing potato transpiration, yield and water productivity under various water regimes and planting dates using the FAO dual Kc approach.** Agricultural Water Management,195.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000

PAZ, V.P.S; TEODORO, R.E.F; MENDONÇA, F.C. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.4 no.3 Campina Grande Sept./Dec. 2000

PEREIRA, M. E.; LIMA JUNIOR, J. A. D.; SOUZA, R. O. D. M.; GUSMÃO, S. A.; LIMA, V. M. **Irrigation management influence and fertilizer doses with boron on productive performance of cauliflower.** Engenharia Agrícola, v. 36, n. 5, p. 811-821, 2016.

PIVOT. **Irrigação notícias.** Disponível em: <http://www.pivot.com.br/irrigacao/pivo/?ir=3&id=2026>. Acesso em: 06 abr. 2021.

PURCELL, L. C.; SPECHT, J. E. Physiological traits for ameliorating drought stress. In: BOERMA, H. R.; SPECHT, J. E. (Eds.). **'Soybeans: improvements, production and uses.'** 3.ed. Madison: American Society of Agronomy and Crop Science, Society of America Soil Science, 2004. p.569-520. (Agronomy Monograph, 16).

REBOUÇAS, A. C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez.** Bahia Análise e Dados, v. 13, n. 1, p. 341-345, 2003.

REICHARDT, F. **Processos de transferência nos sistema solo-planta-atmosfera.** 4. Ed. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1985. 466 p. il

REICHARDT, K. **Capacidade de campo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.12, p.211-216, 1988.

REZENDE, R.; Frizzone, J.A.; Gonçalves, A.C.; Freitas, P.S. **Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. 1998. v.2, n.3.

RIBEIRO, A. S. **Sistemas de irrigação autopropelidos: principais problemas em projetos e assistência técnica.** Anais do 2º Congresso Brasileiro de Assistência Técnica e Extensão Rural, Jaguariúna- SP, 2005.

ROBBINS, J.W.D.; VINCHESI, B.E. **Overview of irrigation systems.** In: STETSON, L.E.; MECHAM, B.Q. (Ed). Irrigation. Falls Church: Irrigation association, 2011. Cap. 2, p.5 – 21.

RODRIGUES, M. **Manejo da irrigação da soja a partir da evapotranspiração máxima da cultura.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. 2001. 72 p.

RODRIGUES, T.J.D.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. **Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas.** In: SIMPOSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGENS, 2, 1993. Jaboticabal,1993. Anais... Jaboticabal: FUNEP, 1993.

ROSA, J. A. **Avaliação do desempenho de um sistema de irrigação microautopropelido em diferentes condições de operação.** 1986. 72 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SÁ, J.S. **Efeitos de rebaixamento do nível freático na produtividade da soja (*Glycine max(L.) Merrill*) e da ervilha (*Pisum sativum L.*).** 2001. 68p. Dissertação (Mestrado na área de Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café.** Campinas: Arbore, 1996. 146 p.

SANTOS, D. **Principais tipos de irrigação: Vantagens e Desvantagens,** 2021. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/vantagens-tipos-de-irrigacao/>. Acesso em: 21 maio 2021.

SANTOS, G. O.; HERNADEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. **Balço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, Nordeste do Estado de São Paulo.** Fortaleza: *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. v.4; n.3; p.142-149, 2010.

SCALOPPI, E. J. **Irrigação por superfície.** In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M.(Ed). Irrigação Piracicaba: FUNEP, 2003.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica: Agência Nacional de Águas, 2001. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro\\_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2021.

SHIKLOMANOV, I. **World water resources: A new appraisal and assessment for the 21 century.** Unesco, 1998, 40 p.

SHOCK, C. C.; PEREIRA, A. B.; HANSON, B. R.; CAHN, M. D. **Vegetable irrigation.** In: LASCANO, R. J.; SOJKA, R. E. (Ed.). Irrigation of agricultural crops. 2nd ed. Madison: ASA: CSSA: SSSA, 2007. p. 535- 606. (Agronomy Monograph, 30).

SILVA, A. L. da; FARIA, M.A.de. REIS, R.P. **Viabilidade técnico econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.7, n.1, p.37-44, 2003.

SOBRINO, J.A.; GÓMEZ, M.; JIMÉNEZ-MOÑOZ, J.C.; OLIOSO, A.; CHEHBOUNI, G. **A simple algorithm to estimate evapotranspiration from DAIS data: application to the DAISEX campaigns.** Journal of Hydrology, v.315, p.117-125, 2005.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E. **Distribuição da água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 8, n.1, p. 7-15, 2004.

SOUZA, J. L. M.; GOMES, S. **Limites na utilização de um modelo de balanço hídrico decendial em função da capacidade de água disponível no solo.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 30, n. 2, p. 153-163, 2008.

TEIXEIRA, A.S.; COELHO, S.L. **Desenvolvimento e calibração de um tensiômetro eletrônico de leitura automática.** *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.2, p.367-376, 2005.

TESTEZLAF, Roberto. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações.** Faculdade de Engenharia Agrícola Unicamp, Campinas, SP, 2017.

THOMPSON, G.T.; SPIESS, L.B.; KRIDER, J.N. **Farm resources and system selection.** In: JENSEN, M.E. (Ed.). Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph: ASAE, 1983. p.45-76.

VELLAME, L. M. et al. **Determinação do perfil radial do aspersor modelo KOMET 140 PLUS operado em sistema autopropelido.** Fortaleza. Revista Brasileira da Agricultura Irrigada. v. 5, n. 2, p.105-112. 2011.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A.A.; MONTES, D.R.P; CUNHA, F.F.; **Custo da irrigação do cafeeiro em diferentes tipos de equipamento e tamanhos de área.** Revista de Engenharia na agricultura, Viçosa – MG, V.19 N.1, JANEIRO/FEVEREIRO, 2011.

ZAMBERLAN, J. F. **Caracterização de águas de reservatórios superficiais para microirrigação.** 2007. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS. 2007.