

IRRIGAÇÃO POR SUPERFÍCIE: PANORAMA, PROCEDIMENTOS E PERSPECTIVAS

Bruno Marcos Nunes Cosmo¹
Tatiani Mayara Galeriani²
Adolfo Bergamo Arlanch³
Willian Aparecido Leoti Zanetti⁴

RESUMO: O surgimento da irrigação muitas vezes entrelaça-se com o surgimento da agricultura e do desenvolvimento econômico, diversos povos em diversos locais do planeta só se desenvolveram graças ao emprego da técnica. A irrigação é comumente separada em três métodos principais: localizada, aspersão e superfície. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo descrever os principais aspectos referentes ao método de irrigação por superfície. Para alcançar tais objetivos empregou-se uma pesquisa qualitativa, com finalidade descritiva/ explicativa, no formato de uma pesquisa bibliográfica para confeccionar uma revisão de literatura embasada em livros, artigos científicos e afins. A irrigação por superfície foi o primeiro e mais antigo método de irrigação empregado pelo homem, e ainda hoje é o mais utilizado no mundo em especial em regiões com limitações para os outros métodos, sejam elas naturais (ventos), tecnológicos (nível de investimento), ou culturais (manejo). As principais vantagens deste método encontram-se na simplicidade de operação e no baixo custo em comparação aos outros. Para sua adoção e manejo três aspectos muito importantes são o conhecimento: Da sistematização do terreno (declividades de 0 a 2%, até 6%); Da velocidade de infiltração básica da água no solo; e Do comportamento do processo ou fases. A irrigação por superfície pode ser dividida nos sistemas de inundação, faixas, sulcos, e até subsuperfície para alguns autores. Como considerações a irrigação por superfície carece de estudos para continuar evoluindo, uma vez que apesar de suas limitações, em determinadas combinações de solo, clima e cultura ainda é o método de melhor adoção.

Palavras-Chave: Possibilidades de Manejo; Sistematização; Viabilidade.

SURFACE IRRIGATION: PANORAMA, PROCEDURES AND PERSPECTIVES

ABSTRACT: The emergence of irrigation is often intertwined with the emergence of agriculture and economic development, diverse peoples in different parts of the planet have only developed thanks to the use of technique. Irrigation is commonly separated into three

¹ Mestrando em Irrigação e Drenagem – Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. E-mail: brunomcosmo@gmail.com

² Mestranda em Agricultura – Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. E-mail: tatianigaleriani@gmail.com

³ Doutorando em Irrigação e Drenagem – Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. E-mail: adolfoarlanach@gmail.com

⁴ Mestrando em Irrigação e Drenagem – Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. E-mail: willianleoti@gmail.com

main methods: localized, sprinkling and surface. In this sense, the present work aimed to describe the main aspects related to the surface irrigation method. To achieve these objectives, a qualitative research was used, with descriptive / explanatory purpose, in the format of a bibliographic research to prepare a literature review based on books, scientific articles and the like. Surface irrigation was the first and oldest method of irrigation employed by man, and even today it is the most used in the world, especially in regions with limitations for other methods, whether natural (wind), technological (level of investment), or cultural (management). The main advantages of this method are found in the simplicity of operation and the low cost compared to the others. For its adoption and management, three very important aspects are the knowledge: Of the systematization of the terrain (slopes from 0 to 2%, up to 6%); The speed of basic water infiltration into the soil; and The behavior of the process or phases. Surface irrigation can be divided into flood systems, banners, furrows, and even subsurface for some authors. As considerations, surface irrigation needs studies to continue evolving, since despite its limitations, in certain combinations of soil, climate and culture it is still the method of best adoption.

Keywords: Management Possibilities; Systematization; Viability.

1 INTRODUÇÃO

A história da irrigação muitas vezes pode ser confundida com a história da própria agricultura e do desenvolvimento econômico, ao longo do tempo, povos como os egípcios, chineses, mesopotâmicos, dentre outros, basearam seu desenvolvimento na aplicação das primeiras técnicas reconhecidas de irrigação (GIACOIA-NETO, 2016).

No mundo moderno, a irrigação é empregada em todo o planeta, visando corrigir a insuficiência hídrica de regiões áridas ou com chuvas irregulares, além de garantir segurança e maximização de produção (FERREIRA, 2011). A evolução das tecnologias de irrigação e a demanda crescente pelo uso de água nas atividades humanas acentuou a busca por métodos de irrigação mais eficientes e econômicos.

O Brasil embora não tenha baseado sua agricultura na irrigação inicialmente, por possuir extensas áreas localizadas em regiões úmidas, vêm se desenvolvendo no segmento, devido a busca por maiores produtividades, além de seu elevado potencial hídrico (COELHO NETO, 2010; FERREIRA, 2011; PAULINHO et al., 2011).

Tal evolução nas práticas de irrigação, juntamente com a sua popularização desencadeou o surgimento de formas mais eficientes de utilização da água. A possibilidade de combinar outros processos com a prática de irrigação, levaram ao surgimento da herbicidação, fungicidação, fertirrigação, dentre outras práticas citadas por Baldin et al. (2013).

O surgimento de novas técnicas e a necessidade de encontrar formas mais eficientes de utilizar os recursos hídricos impulsionaram o desenvolvimento do setor, destacando os sistemas como o gotejamento e a microaspersão (CARVALHO; COELHO; PAMPONET, 2014; BENITES et al., 2018).

Entretanto, muitas vezes a eficiência e o sucesso de uma técnica não depende exclusivamente de sua eficiência inicial, deve-se buscar uma relação entre técnica, problema existente, caracterização da situação e viabilidade (seja esta econômica, ambiental ou mesmo operacional) (PEREIRA et al., 2015).

Dentre os principais segmentos de irrigação, encontram-se a irrigação por superfície, aspersão e irrigação localizada, em ordem crescente de eficiência e aproveitamento de água, respectivamente. De acordo a Agência Nacional de Águas – ANA (2017), a irrigação por superfície apresenta eficiência entre 60 a 75%, a aspersão entre 80 a 90% e a localizada entre 90 a 95%, entretanto, o conhecimento da relação ambiente, sistema e manejo pode alterar significativamente tais valores.

A partir do conceito em que devesse conhecer os diferentes fatores do sistema de irrigação, os sistemas de irrigação por superfície, tidos como os menos eficientes, podem apresentar-se como opções promissoras para determinadas situações, por exemplo, este é o sistema mais empregado na produção de arroz em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, estados responsáveis por quase 80% da produção nacional de arroz com apenas 60% da área cultivada na safra 2017/18, segundo dados da Companhia Nacional do Abastecimento – Conab (2018).

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo realizar uma revisão de literatura para descrever histórico, importância, características e aplicações do método de irrigação por superfície, bem como os sistemas contemplados por este método de irrigação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo de descrever os principais aspectos referentes ao método de irrigação por superfície lançou-se mão de uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo para confecção de uma revisão de literatura. De acordo com Fontelles et al. (2009) e Fernandes et al. (2018), as pesquisas de abordagem qualitativa buscam descrever em profundidade um fenômeno, por meio de interpretações, descrições e afins, ainda de acordo com Silva et al. (2016), classifica-se a pesquisa com finalidade descritiva e explicativa.

Para Pizzani et al. (2012) e Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa bibliográfica utiliza-se de subsídios provenientes de outros referenciais teóricos, como artigos e livros, como fonte de material para o estudo, visando utilizar uma fonte de dados ampla e segura, uma vez que já foi analisada por outros autores e corpos de edição.

Com relação aos procedimentos da pesquisa, a mesma baseou-se no uso de artigos científicos oriundos de periódicos, livros, informativos e outros materiais com relevância dentro da área de estudo. Priorizou-se a utilização de materiais com menos de 10 anos de publicação para garantir atualidade ao estudo, contudo, não se descartou o uso de materiais mais antigos quando necessário. Os locais de busca compreenderam bibliotecas e plataformas online, como a Scielo e o Google Acadêmico, por exemplo.

Por fim utilizou-se segundo Galvão (2010), de palavras-chave na pesquisa, denominadas como descritores, que são termos que facilitam e direcionam a busca por material nos locais de busca citados, afinando e aumentando a velocidade do processo, além de favorecer a busca por material específico dentro da área de interesse. Ao final do levantamento bibliográfico e da análise dos materiais encontrados, realizou-se a revisão de literatura apresentada nos próximos tópicos deste estudo.

3 PANORAMA DA IRRIGAÇÃO POR SUPERFÍCIE

Ao iniciar a discussão sobre a irrigação deve-se compreender primeiramente o conceito do termo, para muitos, irrigar é apenas uma técnica de molhamento do solo ou da planta, de forma irregular sem levar em consideração a quantidade e qualidade da água aplicada, irrigando-se até o solo ficar “aparentemente” molhado (MELLO; SILVA, 2009; TESTEZLAF, 2012; MONTE; PEREIRA; BARRANCO, 2019). Entretanto, o conceito é mais complexo:

Irrigação é um método artificial pelo qual se calcula a quantidade de água aplicada na planta, com o objetivo de suprir as necessidades hídricas totais ou suplementares da planta na falta de chuva. A irrigação viabiliza o cultivo de espécies de plantas em locais onde sem sua aplicação seria impossível, como em locais áridos ou até em locais onde não há uma disposição regular de chuvas. Apesar de se constituir em uma técnica que proporciona alcançar a máxima produção, a irrigação não deve ser considerada isoladamente para se garantir o sucesso da produção, deve ser acompanhada com as demais práticas agrícolas. (FERREIRA, 2011, p.15-16).

Partindo-se dessa conceituação, deve-se escolher o melhor sistema para garantir o alcance da proposta de forma eficiente, levando-se em consideração todo o contexto da área e/ou região, como topografia, clima, culturas e etc. para definir se é possível a implantação de um determinado sistema, e definir qual o tipo de sistema se adapta melhor a cada situação (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009; GOMES, 2013).

3.1 Histórico

A irrigação é uma técnica milenar, sendo uma das mais conhecidas e praticadas pelo homem, que teve seu desenvolvimento entrelaçado com a agricultura, gerando prosperidade econômica à inúmeros povos, muitas civilizações antigas tiveram seu crescimento em regiões secas ou áridas provenientes do uso da irrigação para produção agrícola (FERREIRA, 2011).

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), a irrigação por superfície é considerada o primeiro método de irrigação a ser utilizado no mundo. A cerca de aproximadamente 6.000 anos, as civilizações mesopotâmicas já empregavam este método de irrigação de forma rudimentar.

Segundo Testezlaf (2017), o início da irrigação é ainda mais antigo datando de 6.000 a.C, na Mesopotâmia e no Egito, estas primeiras civilizações realizavam a irrigação por superfície desviando o curso de rios para áreas com capacidade de inundação através do uso de barragens ou de canais de distribuição. Para atender a demanda hídrica durante o ano, os faraós da 12^a dinastia, lançavam mão de lagos como reservatórios da água excedente das inundações anuais do rio Nilo para utilizar no período seco do ano.

Alguns estudos indicam a prática da irrigação a mais de 4.500 a.C pelos Assírios, Caldeus e Babilônicos na Ásia. Assim como as civilizações chinesas em 2000 a.C ao redor dos rios Huang Ho e Yang Tse Kiang, os egípcios ao redor do Rio Nilo, os mesopotâmicos ao redor do Tigre e Eufrates e os indianos ao redor do rio Ganges. Tais civilizações se tornaram grandes produtoras de alimentos devido as suas técnicas de irrigação (FERREIRA, 2011; GIACOLA-NETO, 2016).

Na América o registro mais antigo de irrigação encontrado data de 4.000 a 3.000 a.C no Vale Zaña no Peru. A história dessas civilizações com a irrigação levou ao surgimento de técnicas para controlar o nível dos rios e/ ou controlar as cheias dos rios, desenvolveu-se os sistemas de diques, represas e canais (FERREIRA, 2011; TESTEZLAF, 2017).

No Brasil a irrigação, teve sua origem no Rio Grande do Sul, durante a colonização, em especial devido ao cultivo de arroz irrigado, contudo, o país só passou a apresentar área irrigadas entre 1970 e 1980, por incentivos do governo para combate à seca. A partir da década de 80 os enormes avanços na tecnologia de irrigação e dos equipamentos levaram o Brasil a uma expansão elevadíssima na área irrigada, chegando a crescer 120.000 ha ano⁻¹ durante o período de 2000 a 2007 (envolvendo todos os métodos) (FERREIRA, 2011).

3.2 Importância

No Brasil a irrigação merece destaque pelas extensas áreas na qual a técnica pode ser desenvolvida, como os 14,6 milhões de ha de terras altas e os 14,9 milhões de ha de várzeas que totalizam 29,5 milhões de ha onde se podia desenvolver a irrigação de forma sustentável em 2009 (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009). As áreas de várzeas em grande parte podem ser utilizadas em sistemas de irrigação por superfície.

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), aproximadamente 18% das áreas cultivadas no planeta são irrigadas, e destas cerca de 56% correspondem a sistemas de irrigação por superfície, destacado que apesar de menos eficiente o método ainda é o mais empregado no globo.

No Brasil o cenário é semelhante, em 2002, podendo-se agrupar a irrigação nos métodos de superfície (33,7%), aspersão, dividida em convencional e pivô central (19,5% +20,7% = 40,2%), localizada (7,9%) e subsuperficial (18,2%), o que coloca a irrigação por superfície como a segunda mais empregada, e se caso somar-se a ela a irrigação subsuperficial, tida como uma divisão da irrigação de superfície para alguns autores, o método torna-se disparadamente o mais empregado (51,9%) (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Em 2004, de acordo com Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), o Brasil apresentava aproximadamente cerca de 1.700.000 ha irrigados por sistemas de superfície. Segundo Pizani (2016), a área irrigada no Brasil encontra-se distribuída na seguinte proporção por região: 37% está no Sudeste, 27% no Sul, 22% no Nordeste, 12% no Centro-Oeste e 2% no Norte.

Para Bernardo, Soares e Mantovani (2006), estas áreas se distribuíam na seguinte proporção com relação aos métodos de irrigação empregados: 40% Irrigação por aspersão (incluindo pivô central), 34% Irrigação por superfície, 18% Irrigação de subsuperfície e 8% Irrigação localizada.

Dentre os principais métodos de irrigação (aspersão, superfície e localizada), a aspersão consiste na aspersão de água sobre as plantas ou copas, simulando uma precipitação natural, com boa uniformidade e elevada eficiência, podendo ser realizada em sistema móvel ou fixo (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

O método de irrigação localizada, se baseia na aplicação de água próxima a região radicular das culturas, com pequena intensidade e alta frequência, sendo o método de irrigação mais racional e eficiente, necessitando, porém, de mão-de-obra qualificada (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009; FRIZZONE, 2017).

Por fim o método de irrigação por superfície consiste na distribuição da água diretamente sobre a superfície do solo por meio de canais de condução/ distribuição até qualquer ponto da área, e exigindo para tal de áreas sistematizadas e com declividade máxima entre 2% e 6% dependendo do sistema (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009; FRIZZONE, 2017).

3.3 Aplicação e Caracterização

Como já mencionado a irrigação por superfície consiste em um processo no qual a condução de água do sistema de distribuição até qualquer ponto na área irrigada é realizada diretamente sobre a superfície do solo, sem, contudo, causar erosão. Entretanto, existem outras características importantes no processo. O método de superfície também é conhecido como irrigação por gravidade, uma vez que visa distribuir a água utilizando-se de um escoamento contínuo, empregando a força da gravidade como propulsora para distribuir a água (TESTEZLAF, 2017).

Conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2006), os métodos de irrigação entre outras características podem ser divididos de acordo com a pressurização, entre métodos pressurizados e não pressurizados, os primeiros caracterizando a irrigação por aspersão e localizada, onde a água é conduzida em tubulações sob pressão até o local de aplicação, e os últimos onde é conduzida diretamente por gravidade, aceitando-se o bombeamento apenas para levar a água até um ponto mais alto, onde a mesma possa encaminhar-se por gravidade.

Para definir a escolha do método de irrigação, diversos fatores devem ser considerados, na irrigação por superfície, deve-se atentar para a uniformidade da superfície do solo, sistematização (envolvida com a uniformidade do solo), tipo do solo, infiltração (associada ao tipo de solo), quantidade e qualidade de água, clima, cultura e a interação destes fatores, além de considerar também a rugosidade da superfície (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; FRIZZONE, 2017).

Para Bernardo, Soares e Mantovani (2006), os itens acima refletem na decisão do método de irrigação, para a uniformidade da superfície do solo, a irrigação por superfície exige áreas uniformes com declividades entre 0 até 6% a depender do sistema, quanto maior for a declividade natural, maior será a necessidade de sistematização do terreno, o que irá encarecer o projeto, além de poder expor o subsolo, dependendo da profundidade de corte, preferindo-se nestas situações empregar outros métodos de irrigação, ou sulcos em contorno.

O tipo de solo reflete diretamente na capacidade de infiltração, solos leves com baixa capacidade de retenção de água exigem maior número de irrigações com volumes menores, podendo dificultar o emprego da irrigação por superfície, da mesma forma, áreas com diferentes tipos de solo também dificultam a instalação e manutenção dos sistemas por superfície. Para estes sistemas, solos com baixa capacidade de infiltração, elevada retenção de água e relativa uniformidade do tipo de solo facilitam o processo, uma vez que reduzem perdas por percolação e garantem maior uniformidade (REIS, 2015).

A quantidade e qualidade de água são importantes na definição do método, uma vez que os sistemas por superfície exigem volumes de água maiores que os empregados para outros métodos, todavia, a qualidade de água no método de superfície tem pouca influência na operação, enquanto pode ser um fator limitante para os demais (TESTEZLAF, 2017).

O clima desfavorece principalmente os sistemas por aspersão, assim regiões com ventos médios de 5 m s^{-1} , e que se caracterizam por ocorrência constante, podem impedir o uso da irrigação por aspersão, entretanto, o vento por sua vez não limita o método de irrigação superficial e nem alguns sistemas de irrigação localizada, como o gotejamento (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Por fim a cultura, destaca-se que não existe um método mais eficiente, existe uma melhor combinação de condições entre cultura, área e método. Existem culturas que requerem irrigações mais frequentes e solos com menor retenção de água, sendo os métodos de irrigação por aspersão e localizada os de mais fácil manejo nestas situações, entretanto, existem culturas que se desenvolvem melhor em solos saturados, onde a irrigação por superfície, pode apresentar um manejo facilitado.

Dentre as principais culturas que podem ser conduzidas em sistema de superfície destaca-se o arroz, pomares, cereais, pastagens, olerícolas, algodão, uva, cana-de-açúcar, cebola, alfaça, dentre outras, de acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006). Destaca-se que apesar de poderem ser conduzidas pelo método de superfície, algumas tem o manejo facilitado por outros métodos, por exemplo, o uso de pivôs centrais na produção de cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2016). Pode-se agrupar as principais vantagens e limitações dos sistemas de irrigação por superfície no Quadro 1.

Quadro 1 - Resumo das Vantagens e Limitações da Irrigação Superficial.

Vantagens	Limitações
Menor custo de implantação;	Necessidade de sistematização e inviabilidade da mesma em declividade elevadas;
Menor custo anual por unidade de área;	Inadequada em solos rasos ou com alta infiltração;
Menor consumo de energia (falta de pressurização);	Os sistemas tornam-se integrantes das áreas de implantação;
Uso de águas de baixa qualidade;	Dificuldade de assistência técnica para dimensionar e manejar;
Não interfere nos tratamentos fitossanitários da parte aérea da cultura;	Maior consumo de água e baixa eficiência no uso da mesma;
O vento não afeta o processo;	Manejo mais complexo de projeto devido a relação com as variações das propriedades do solo;
Facilidade de operação por irrigantes com pouco conhecimento;	O projeto necessita de ensaios a campo para obter parâmetros de dimensionamento;
Adaptabilidade a várias culturas;	Necessidade de reavaliações de campo;
Eficiência superior a 60% (quando projetado e operado adequadamente)	Dificuldade na integração com outras práticas, como aplicação de agroquímicos e fertilizantes junto a irrigação;
	Maior mão de obra, embora não especializada.

Fonte: Adaptado de Bernardo, Soares e Mantovani (2006); Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009); Costa e Araújo (2010); Testezlaf (2012); Testezlaf (2017).

3.3.1 Sistematização

O método de irrigação por superfície exige terreno no qual a água possa fluir sem risco de causar erosão, e para tal normalmente se faz necessário o processo de sistematização (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009). De acordo com Costa e Araújo (2010), a sistematização consiste no processo de cortar, transportar e aterrar o solo, ou seja, torná-lo plano ou com leve declividade, mudando sua configuração original, visando gerar declividades uniformes em uma ou duas direções.

Antes de realizar o processo de sistematização, Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), destacam que deve-se realizar um estudo da área levantando informações sobre: A) Tipo de solo; B) Topografia do terreno; C) Necessidade de saneamento Agrícola; D) Disponibilidade de água; e E) Condução de água, descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Fatores para Estudo do Processo de Sistematização.

Fator	Descrição
Tipo de Solo	O solo deve ser profundo o suficiente para garantir a sistematização e apresentar baixa permeabilidade. Na irrigação por superfície a velocidade de infiltração básica deve ser de no máximo 3 cm h ⁻¹ ;
Topografia do Terreno	Quanto mais acidentada maior a movimentação de terra e o custo para sistematizar, além de poder gerar áreas de baixa fertilidade devido a remoção da camada fértil durante o corte e aterro. Ao final a declividade deve oscilar entre 0,1 a 2% (até 6%);
Necessidade de Saneamento Agrícola	Verificar problemas de drenagem para implantação do projeto e caso necessário realizar a construção de drenos;
Disponibilidade de Água	Realizar a medição da vazão total da fonte hídrica e qual a disponível para uso, bem como obter a outorga para garantir o fornecimento sem comprometer o curso hídrico;
Condução da Água	Busca-se sempre formas de conduzir a água por gravidade, para reduzir custos, podendo-se utilizar de barragens de terra ou outras formas de barramento para elevar o nível de água e possibilitar seu percurso por gravidade.

Fonte: Adaptado de Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009).

De acordo com Costa e Araújo (2010) e Frizzone (2017), a sistematização garante maior eficiência no controle e na aplicação da água, facilita a drenagem do solo, reduz problemas de erosão e lixiviação de fertilizantes, mas em contrapartida, o seu custo é elevado, pode expor o subsolo com menor fertilidade (ou infertilidade) em caso de corte profundo, e pode gerar locais de baixa fertilidade devido ao corte, que necessitam de correção.

Para Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), uma vez realizados os estudos da área, a sistematização inicia com a definição da época mais adequado para sua realização, que em geral é o período de secas, seguido pelo levantamento topográfico da área que fornecerá informações sobre as cotas de corte e aterro, além de permitir a geração de curvas de nível, e a definição da relação de corte e aterro.

Por fim realizam-se os cálculos para estimar o volume de terra movimentado, quais as máquinas empregadas, bem como as horas de funcionamento das mesmas para realizar os cálculos de custo do processo, dentre as máquinas empregadas na sistematização, destaca-se o uso de motoniveladoras, *scrapers* e trator de esteira.

Destaca-se que a descrição acima contempla o processo de sistematização de maneira generalizada, assim cada um dos tipos de sistemas de irrigação do método de superfície apresentará posteriormente características próprias para a consolidação da área, como o dimensionamento de largura, comprimento e profundidade de sulcos na irrigação por sulcos.

3.3.2 Infiltração de Água

A infiltração é tida como o parâmetro mais difícil de ser avaliado em irrigação por superfície, devido à variação temporal e espacial em razão das características do solo, sendo, entretanto, de extrema importância no método, sendo necessárias muitas medidas a campo para obtenção de um valor representativo (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

O processo de infiltração torna-se função de diversas variáveis como, a vazão de entrada, declividade longitudinal da base do escoamento, rugosidade e geometria, perímetro molhado, profundidade da água sobre a superfície, umidade inicial do solo, rachaduras no solo, além das próprias características físico químicas do solo e da água (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

O parâmetro pode ser medido diretamente no campo, ou simulado utilizando modelos que tenham como entrada os dados da fase de avanço medida a campo. Dentre os métodos de medição pode-se aplicar o infiltrômetro de anel e / ou bacia para irrigação por inundação e faixas. Infiltrômetro de sulco para irrigação por sulco, todos os métodos visam determinar a Velocidade de Infiltração Basal (VIB), medida da infiltração estável no solo (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), cada tipo de solo irá apresentar uma VIB distinta e um comportamento do perímetro molhado distinto, em geral a água que infiltra em sulcos, por exemplo, tem o mesmo comportamento em todas as direções gerando uma forma semicircular para a seção transversal do perfil molhado, após certo tempo o movimento vertical da água para superar o horizontal, gerando uma forma semi-ovalada, sendo tal mudança pronunciada em solos arenosos.

3.3.3 Comportamento do Processo - Fases

Devido a não pressurização e ao próprio modelo de movimento e aplicação da água nos sistemas por superfície, este tipo de irrigação apresenta fases distintas que não são observadas em outros métodos. Pode-se dividir a irrigação em superfície em 4 fases principais: Avanço, Reposição, Depleção e Recessão, sendo cada uma descrita no Quadro 3.

Quadro 3 - Fases da Irrigação por Superfície.

Fase	Caracterização
Fase de Avanço	Inicia junto a aplicação de água na área e termina quando a água atinge o final da mesma. A duração desta fase é denominada Tempo de Avanço (t_a).
Fase de Reposição ou de Irrigação	Inicia quando a água atinge o final da área (fim da frente de avanço) e termina no momento em que se corta a vazão no início da área (T_i). A duração desta fase é Denominada Tempo de Oportunidade (T_o).
Fase de Depleção	Inicia com o corte da vazão no início da área (T_i) e termina com a exposição de qualquer ponto da superfície do solo ao longo da área irrigada, instante (T_d). É uma fase rápida que para irrigação por sulcos, por exemplo, pode ser desprezada.
Fase de Recessão	Inicia no instante (T_d) e termina quando não há mais água na superfície da área irrigada, instante (T_r). Quando a fase de depleção for desprezada, esta fase inicia com o corte da vazão no início da área e termina com o seu desaparecimento total na área irrigada.

Fonte: Adaptado de Bernardo, Soares e Mantovani (2006); Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009); Testezlaf (2012).

Embora existam equações para determinar cada fase, a sua compreensão é o essencial, para o manejo do sistema, pois diferente do método por aspersão em que o volume de irrigação necessária pode ser determinado pelo mesmo tempo de irrigação, nos sistemas por superfície deve-se levar em conta as fases do processo, assim a irrigação real deve ser a soma de pelo menos a Fase de Avanço com a Fase de Reposição, pois caso a fase de avanço não seja considerada os pontos mais extremos da área poderão receber água insuficiente.

Destaca-se conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2006) e Testezlaf (2017), que estas fases podem ser estimadas com informações coletadas nos estudos de caracterização do solo, e poderão ser consideradas na determinação, por exemplo, do comprimento dos sulcos de irrigação, na irrigação por sulcos. Existem ainda parâmetros para ajustar cada uma destas fases bem como gráficos e equações que explicam seu comportamento.

As fases da irrigação ainda podem ser manejadas visando minimizar os problemas de eficiência do método de irrigação por superfície, por exemplo, às perdas por percolação e por escoamento, além de poderem estar relacionadas como dito antes ao comprimento de sulcos, e certas variações desse fator podem melhorar a eficiência deste método de irrigação.

3.4 Sistemas de Irrigação por Superfície

Apesar de existir uma grande divisão de sistemas, o método de irrigação por superfície apresenta três sistemas principais, a irrigação por inundação, por faixas e por sulcos, e alguns destes sistemas apresentam subdivisões em si.

Independente do sistema, Costa e Araújo (2010), consideram, que os macro componentes básicos de um sistema de irrigação por superfície são a fonte ou fontes hídricas, estruturas de condução, medição, controle e derivação de água, as parcelas irrigadas e as estruturas de drenagem do excesso de água.

3.4.1 Inundação

A inundação é o sistema no qual a água é aplicada por meio de bacias ou tabuleiros, empregando áreas quase totalmente planas, em que se cobre toda superfície cultivada, com tamanho variado, limitada por diques ou taipas. É o sistema mais simples e usado, inclusive no Brasil, sendo o principal sistema na cultura do arroz. A inundação pode ser realizada de forma contínua ou intermitente, o sistema contínuo é o mais empregado, utilizando-se água corrente ou parada, sendo o uso de água parada mais eficiente, devido à redução de perda de nutrientes por carreamento na água. A inundação intermitente é mais empregada para outras culturas (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009; COSTA; ARAÚJO, 2010; TESTEZLAF, 2012).

De acordo com Frizzone (2017) e Senar (2019), a área dos tabuleiros pode oscilar de 1 m² para vegetais até áreas de vários hectares para o arroz, com formatos retangulares ou em contorno. O sistema exige sistematização rigorosa, construção de canais para distribuição de água e sistema de drenagem. Dentre as culturas que podem aderir ao sistema destaca-se a cebola, milho, pastagens, forrageiras e pomares, restringindo seu uso para culturas sensíveis a saturação do solo na zona radicular, onde, na verdade deve-se preferir métodos que não os de irrigação por superfície, empregando-se gotejamento, aspersão, dentre outros.

A água é derivada do canal para o tabuleiro, por meio de comportas no talude do canal, e seu fornecimento é interrompido quando o volume necessário tiver sido aplicado. Ou realizam-se pequenas reposições quando o método é permanente, utilizando-se uma baixa vazão de forma contínua. Caso a fonte hídrica não se encontre mais alta que o resto da área, pode-se realizar o bombeamento para uma área mais elevada e a partir deste ponto realizar a distribuição por gravidade (FRIZZONE, 2017).

A técnica pode ser associada com a irrigação de sulcos em nível, utilizando os dois sistemas de forma alternada na propriedade, um exemplo, disso é a irrigação por inundação em arroz e de sulcos na entressafra, empregando outra cultura. Para realizar a distribuição da água na área, deve-se utilizar de comportas de alvenaria ou sifões ou ainda tubulações. Em geral os tabuleiros ficam interligados permitindo a alimentação dos tabuleiros do nível mais baixo pelos tabuleiros de nível mais alto (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009; TESTEZLAF, 2017).

Os tabuleiros recebem uma lâmina que fica retida em seu interior para que seja infiltrada. Existem poucos solos e culturas onde a técnica não seja recomendada, entretanto, solos com baixa capacidade de infiltração e culturas de raízes profundas cultivadas em espaçamentos pequenos são as mais indicadas. Neste sistema ainda pode-se realizar a lixiviação de solos salinizados sem a necessidade de lâminas adicionais na irrigação, entretanto, exige-se a inserção de estruturas de drenagem no projeto (TESTEZLAF, 2017).

Como vantagens pode-se destacar a pouca perda de água por escoamento superficial, a baixa necessidade de mão-de-obra, o manejo simples, e quando projetados adequadamente permitem boa eficiência de irrigação, emprego de solos pouco permeáveis, controle de ervas daninhas e aproveitamento de água das chuvas. Como limitações, destaca-se a necessidade de culturas e solos adequados, maior sistematização, a presença de diques, taipas e canais pode limitar o transito de máquinas, tabuleiros pequenos dificultam a mecanização, os diques exigem manutenção adequada, maior incidência de insetos devido a lâmina de água (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009; TESTEZLAF, 2017).

Como citado anteriormente os tabuleiros podem ser retilíneos ou em contorno, os retangulares são mais empregados em áreas plantas, limitados por diques ou taipas retilíneas, exigindo pequenas dimensões e terrenos uniformes com pequena declividade. Pode-se realizar alimentação individual ou coletiva dos tabuleiros, já para tabuleiros em contorno os diques são construídos de acordo com as curvas de nível do terreno e constroem-se diques retilíneos na direção transversal das curvas de nível, para divisão da área. Este método exige menor sistematização do terreno (TESTEZLAF, 2017). Em um projeto de irrigação por inundação, de acordo com Testezlaf (2017), as principais variáveis a serem analisadas são:

- **Vazão adequada do projeto:** Encher rápida e uniformemente os tabuleiros;
- **Lâmina de irrigação correta:** Define a velocidade de avanço da água no tabuleiro;
- **Tamanho dos tabuleiros:** Determinado em função da vazão, declividade e capacidade de infiltração, além de operacionalidade;
- **Sistematização da área:** Realizada com máquinas, pode ser empregada de duas formas: permanente ou temporária;
- **Taxa de infiltração uniforme:** Relacionada aos fatores anteriores.

3.4.2 Faixas

Consiste na inundação total da área de condução, durante o tempo necessário para aplicar água suficiente, as faixas podem ser construídas em nível ou com gradiente longitudinal, todavia, com declividade transversal nula, para garantir a uniformidade. As faixas em nível não possuem drenagem livre, assemelhando-se aos tabuleiros de inundação, as faixas em gradiente possuem declive entre 0,05 a 2% (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009; COSTA; ARAÚJO, 2010; FERREIRA, 2011; FRIZZONE, 2017).

As faixas são separadas por elevações denominadas diques, devido a vazão elevada exigem cuidado nas primeiras irrigações pelo risco de erosão de solos, em especial os de estruturas mais frágeis. Este sistema é mais indicado para culturas que cobrem totalmente a superfície do solo, como pastagens, capineiras e culturas em fileiras pouco espaçadas (COSTA; ARAÚJO, 2010; FRIZZONE, 2017). Dentre as principais limitações encontra-se a perda de água por escoamento superficial no final da faixa, semelhante a irrigação por sulcos, o sistema em faixa pode ser considerado um intermediário entre a inundação e os sulcos.

3.4.3 Sulco

De acordo com Ferreira (2011) e Testezlaf (2012), é o sistema onde a água é aplicada através de pequenos canais abertos, escoando e infiltrando lentamente no solo, se movimentando de forma vertical e lateral, umedecendo o perfil do solo. A distribuição de água nos sulcos pode ser realizada por sifões, bacias auxiliares ou tubos descritos adiante. Destaca-se que devido a facilidade de compreensão, boa parte das concepções sobre a irrigação por sulcos será derivada do trabalho de Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009).

Em contraste com outros sistemas de superfície, a irrigação por sulcos não molha toda a superfície do solo, limitando-se de 30 a 80% da superfície total, diminuindo perdas por evaporação, além de reduzir crostas na superfície dos solos argilosos e permitindo cultivar o solo e realizar colheitas logo após a irrigação, o que não é possível nos demais métodos e sistemas, com exceção da irrigação localizada (BOTREL; MARQUES, 2000).

Este sistema exige maior mão de obra que outros por superfície, além da necessidade de experiência do usuário na distribuição da água para os sulcos e no controle da vazão durante a irrigação. Uma vez que a condução da água será realizada nos sulcos, o sistema torna-se um dos mais baratos com relação a implantação e operação (NOGUEIRA; DICKMAN, 2008). A forma geométrica do perfil do sulco varia em função da cultura, sendo em geral em V. A largura média dos sulcos é de 20 a 30 cm e a profundidade entre 15 e 25 cm. O espaçamento entre sulcos varia com a cultura, mas gira oscila entre 0,9 a 1,1 m, e o terreno deve possuir declividade inferior a 1% para mitigar a erosão do perfil do sulco.

A vazão do sulco varia conforme as condições do solo, sendo geralmente de 0,5 a 2 L s⁻¹. Para a vazão máxima permitida no sistema sem causar erosão no sulco, utiliza-se a equação proposta por Criddle que considera a declividade do terreno.

Para avaliar a infiltração de água no solo pelo sistema de sulco, deve-se realizar medidas diretas no solo ou simulações, para medições diretas deve-se utilizar o método do infiltrômetro de sulco. O método, consiste na construção de três sulcos de 1 metro de comprimento, sendo a medida realizada no sulco central, e os outros servem de bordadura, deve-se represar a água no sulco, marcar o nível normal, colocar a água nos outros sulcos e ao longo do procedimento ir repondo a água do sulco do meio, mantendo o mesmo nível do início e sempre anotando o volume gasto. O teste termina quando o volume gasto de água se estabilizar, ou seja, quando o solo atingir o VIB (FAGUNDES et al., 2012).

A velocidade de avanço da água nos sulcos se dá em função da vazão aplicada, da capacidade de infiltração no solo, da declividade, rugosidade e comprimento do sulco. Para tal a determinação do avanço d'água deve ser realizado no campo em área que será irrigada e em sulcos semelhantes aos da irrigação. Normalmente este avanço é representado por curvas de avanço ou por equações (LIMA FILHO, 2015).

O comprimento do sulco deve ser tal que proporcione maior eficiência e operacionalidade, variando em função do tamanho da área, da declividade, tipo de solo, cultura, vazão e etc., devendo-se levar em consideração que o comprimento do sulco deve ser tal que o tempo de avanço (tempo que a água leva para ir do início ao final do sulco), seja cerca de 25% do tempo de oportunidade para aplicar a lâmina real de irrigação (IRN) no fim do sulco. A irrigação por sulco, se caracteriza por fases em que a água é distribuída e fica disponível, sendo tais fases descritas no Quadro 4.

Quadro 4 - Fases da Irrigação por Sulco.

Fase	Caracterização
Fase de avanço	Começa com o início da aplicação de água no sulco e termina quando a água atinge o final deste. Sendo representada pela curva ou equação de avanço. A duração dessa fase é denominada tempo de avanço (T_a), sendo em geral um tempo perdido na aplicação, causando perdas por percolação, em especial no parte inicial do sulco;
Fase de reposição ou irrigação	Começa quando a água ou a frente de avanço atinge o final do sulco e termina no instante em que a vazão é cortada no início da área - denominado tempo de oportunidade (T_o). Essa é a fase mais importante, pois é nesse momento que se aplica a lâmina requerida, ou seja, o T_o é o tempo exigido para que se infiltre a lâmina requerida no final do sulco;
Fase de recessão	Corresponde à etapa entre o corte de água no início da área ao final do T_o e o desaparecimento da água na superfície do sulco ao longo da área irrigada. A duração dessa fase na irrigação por sulco geralmente é pequena, sendo na maioria das vezes desprezada; entretanto, na irrigação por faixa e por inundação ela pode ser significativa.

Fonte: Adaptado de Mantovani; Bernardo, Palaretti (2009).

Estas fases, permitem que água fique no final do sulco, tempo suficiente para que ela infiltre naquela extremidade, ou seja, tempo suficiente para a lâmina real de irrigação, contudo, normalmente se suspende a água no sulco na hora em que ela chega no final do mesmo, o que gera desuniformidade no sistema. Outras perdas inerentes a irrigação por sulco são a perda por percolação no início do sulco e a perda por escoamento no final, o que se deve fazer é manejar o sistema de tal modo que estas perdas sejam minimizadas (COSTA; ARAÚJO, 2010; LIMA FILHO, 2015).

Para realizar a irrigação por sulco é necessário conhecer três lâminas de irrigação, a lâmina infiltrada no início do sulco, a lâmina infiltrada no final e a lâmina média aplicada, às duas primeiras são obtidas com facilidade pela curva ou equação de infiltração acumulada, sendo que a lâmina infiltrada no final deve ser igual a lâmina real de irrigação aplicada (BOTREL; MARQUES, 2000).

Para melhorar a eficiência da irrigação, indica-se a irrigação com redução de vazão, em termos práticos trata-se de manter a vazão inicial até que a água chegue no final do sulco e a partir desse ponto reduzir a vazão de irrigação por um múltiplo da vazão inicial a fim de proporcionar o movimento mais lento da água, garantindo melhor infiltração e distribuição. Está técnica é empregada, para obter a lâmina média.

Os componentes de um sistema de irrigação por superfície são simples, dentre eles destacam-se as fontes hídricas, as estruturas de condução, de medição, de controle e de derivação da água, as parcelas irrigadas e as estruturas de drenagem do excesso de água. Os componentes utilizados para a montagem de um sistema de irrigação por sulcos dependem do sistema de distribuição de água. Alguns deles, segundo Testezlaf (2017), são: A) Canais; B) Sulcos; C) Sifões; D) Tubulação em geral; E) Tubos janelados; F) Hidrantes; e G) Bomba.

Vários são os sistemas de distribuição de água em sulcos. Sendo encontrados, frequentemente cinco tipos de sistemas de distribuição de água que permitem o controle da vazão. São eles: A) Canais com sifões; B) Canais com saídas laterais; C) Canais com desvio manual; D) Tubos janelados; e E) Tubulações de distribuição enterradas com válvulas de subida, descritos no Quadro 5 (TESTEZLAF, 2012).

Quadro 5 – Sistemas de Distribuição de Água.

Sistema	Descrição
Canais com sifões	Podem ser de terra ou revestidos, são utilizados sifões nas laterais dos canais em direção ao sulco. A água dentro do canal é elevada até atingir o bocal de entrada do sifão (a elevação pode ser manejada com uso de comportas). Os sifões podem ser de alumínio ou material termoplásticos e precisam ser escorvados para operar. Quando existirem muitos sifões em um canal, a altura da água no mesmo pode variar e afetar as vazões de saída;
Canais com saídas laterais	São utilizados tubos curtos de aço ou alumínio, que são instalados na lateral do canal. Neste caso, a água do canal deve ser elevada, visando gerar uma carga acima da entrada do tubo, permitindo determinar sua vazão. A elevação pode ser manejada através de comportas;
Canais com desvio manual	A água é aplicada em um canal principal que é distribuída para vários canais secundários que fornecem a água para os sulcos. Para desviar a água desses canais secundários para os sulcos, utiliza-se da “bandeira”, que consiste em um pedaço de madeira onde é fixado um saco plástico, que quando puxada morro abaixo permite que a água que escoar no canal secundário seja desviada para o sulco por um determinado tempo (até a água chegar no final do sulco). Apesar de prático e barato este sistema não permite calcular a vazão;
Tubos janelados	Muito popular nos Estados Unidos, porém, pouco empregado no Brasil. Os tubos podem ser de alumínio, PVC ou outro material com orifícios espaçados igualmente ao longo do comprimento e, em geral dos dois lados da tubulação, que servem para aplicar a água nos sulcos. Estes orifícios podem possuir “janelas” para controlar a vazão ou manejar as linhas. As tubulações são conectadas a válvulas hidrantes que podem ser de saída simples ou duplas. É possível encontrar sistemas automatizados com o princípio de fluxo intermitente;
Tubulações de distribuição enterradas com válvulas de subida	Consiste em linhas ou tubulações enterradas de baixa pressão que distribuem água a válvulas conectadas a tubos de subida instaladas ao longo do campo. Na parte superior destes tubos de subida existem orifícios através dos quais a água aplicada vai para os sulcos. A maior preocupação do projeto é de dimensionar o sistema de forma que a linha hidráulica de energia seja mantida dentro dos tubos de subida para não acontecer transbordamento. Para ter controle da vazão é necessário providenciar algum tipo de dispositivo, como uma janela de correr, que permite regular abertura e fechamento.

Fonte: Adaptado de Testezlaf (2012).

A irrigação em excesso provocará perdas d’ água através da percolação e por meio de escoamento no final do sulco, além de ocasionar a perda de nutrientes para as camadas abaixo da zona radicular das culturas pela lixiviação, assim como nas áreas abaixo da que está sendo irrigada ou mesmo a própria irrigação gera problemas de afloração de lençol freático (CARTER; 2002; LIMA FILHO, 2015).

O aumento do tempo que a água leva para chegar ao final do sulco é devido a vazão do sulco ser muito pequena, motivo este que pode provocar excesso de infiltração no começo da irrigação e deficiência no final, gerando desuniformidade de produção ao longo dos sulcos, tendo como consequência a menor produtividade em algumas áreas com sistema de irrigação. Desta forma, não deve ser desprezado nenhum fator relacionada à eficiência de irrigação.

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), a irrigação por sulco dentre os métodos de superfície é talvez a que exija maior atenção de manejo e também a que pode adaptar-se melhor a distintas condições uma vez que existem diversas configurações do sistema, os tipos de sulco são mencionados no Quadro 6.

Quadro 6 – Tipos de Sulco.

Tipo de Sulco	Descrição
Sulcos comuns	É o principal e mais usado, sendo substituído por outras apenas quando existem restrições;
Sulcos em contorno	Quando existe desuniformidade e declividade acentuada no terreno, impedindo a construção de sulcos uniformes, neste caso os sulcos são em declividade e na direção das curvas de nível;
Corrugação	Apresenta sulcos menores e menos espaçados, construídos na direção da maior declividade, em geral devem ser empregados em culturas que não exijam capinas e com elevada densidade de plantio, como pastagens, por exemplo. Em síntese são um sistema de mini sulcos;
Sulcos em nível	Dois tipos, um é realizado dentro de áreas de inundação, sendo utilizado na entressafra da cultura que exige a inundação (normalmente o arroz) e outro onde ocorre o fechamento do sulco, ou seja, as extremidades são fechadas e a água fica represada até infiltrar totalmente;
Sulcos em ziguezague	Empregado em uva e pomares, consiste num alongamento do sulco em ziguezague, visando reduzir a velocidade de deslocamento da água e aumentar a superfície molhada próxima a cultura, deve-se preferir solos mais pesados, uma vez que o alongamento do comprimento do sulco, aumenta o tempo de operação do mesmo.

Fonte: Adaptado de Bernardo, Soares e Mantovani (2006).

3.4.4 Irrigação Subsuperficial

Os sistemas de irrigação de subsuperfície são relativamente controversos quanto a sua classificação, assim alguns autores os classificam como um quarto método de irrigação, enquanto outros os dividem dentro dos métodos tradicionais, entre os principais sistemas de subsuperfície, destaca-se o gotejamento subterrâneo ou enterrado e a elevação do lençol freático (TESTEZLAF, 2017).

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), os sistemas de irrigação subsuperficial por elevação do lençol freático podem ser enquadrados como métodos de superfície, embora nem todos os autores realizem tal associação. De forma simples neste sistema a água é disposta sob a superfície do solo por meio da criação, manutenção e controle de lençol freático a uma determinada profundidade, tal profundidade deve garantir a melhor combinação de umidade e ar na zona radicular.

Estes autores destacam que para o sistema deve-se possuir uma camada de solo muito permeável, sobrepondo-se a uma camada impermeável, topografia uniforme, pouca declividade e água abundante e de boa qualidade. O método pode-se dividir entre constante ou variável. De acordo com Testezlaf (2017), o sistema baseia-se no controle do lençol para que água ascenda para as raízes das plantas por capilaridade, sendo viável apenas em áreas que a produção agrícola com um lençol seja alta devido a camada impermeável rasa. O sistema pode ainda ser empregado como sistema de drenagem em solos mal drenados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos e sistemas de irrigação são tantos quanto a criatividade do ser humano em desenvolvê-los e modificá-los, nota-se a busca crescente por meios mais eficientes de utilização de água e a otimização de operações conciliando mais de uma técnica junto da irrigação, fator evidenciado pelos sistemas de fertirrigação, herbificação, fungigação e outros, que potencializam a utilização de um sistema para várias técnicas.

Destaca-se o comportamento da irrigação mundial e nacional ao longo do tempo em relação aos métodos de irrigação empregados e a eficiência destes, além de compreender a importância da irrigação para a agricultura moderna, buscando sempre maximizar a produção e obter segurança da mesma.

Portanto, os sistemas apresentados neste trabalho relacionados ao método de irrigação por superfície, apesar de caracterizados normalmente como de pouca eficiência em relação aos outros, ainda estão entre os mais empregados e merecem atenção, para que assim como a irrigação localizada e a aspersão, continuem evoluindo, uma vez que apesar de suas limitações, em determinadas combinações de solo, clima e cultura ainda é o método de mais fácil inserção e melhor adoção.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas irrigação: Uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017. 86p.

BALDIN, E. L. L.; FUJIHARA, R. T.; CRUZ, P. L.; SOUZA, A. R.; KRONKA, A. Z.; NEGRISOLI, E. **Tópicos especiais em proteção de plantas**. Botucatu: FEPAF, 2013. 164p.

BENITES, P. K. R. M.; LOPES, A. S.; GOUVÊA, A. F. G.; SILVA, F. C.; SOUZA, C. C. B. Caracterização tecnológica da madeira de híbridos de eucalipto irrigados e fertirrigados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.28, n.4, p.1716-1728, 2018.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625p.

BOTREL, T. A.; MARQUES, P. A. A. Software para dimensionamento de irrigação por sulcos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.803-811, 2000.

CARTER, V. H. **Classificação de terras para irrigação**. Brasília: Bureau of Reclamation, 2002. 143p.

CARVALHO; G. C.; COELHO, E. F.; PAMPONET, A. J. M. Determinação do posicionamento de sensores de água do solo em mamoeiro irrigado por microaspersão e gotejamento. **Magistra**, Cruz Alta, v.26, n.3, p.282-291, 2014.

COELHO NETO, A. S. Trajetórias e direcionamentos da política de irrigação no Brasil: As especificidades da região nordeste e do Vale do São Francisco. **Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales**, v.15, n.876, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2017/2018. **Conab**, Brasília, v.5, n.12, p.1-148, 2018.

COSTA, R. N. T.; ARAÚJO, D. F. **Irrigação por Superfície**. Pici: UFC, 2010. 31p.

FAGUNDES, E. A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T. S.; PORTO, R. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método do infiltrômetro do anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.14, p.369-378, 2012.

FERNANDES, A. M.; BRUCHÊZ, A.; D'ÁVILA, A. A. F.; CASTILHOS, N. D.; OLEA, P. M. Metodologia de pesquisa de dissertação sobre inovação: Análise bibliométrica. **Desafio Online**, v.6, n.1, p.141-159, 2018.

FERREIRA, V. M. **Irrigação e Drenagem**. Florianópolis: UFPI, 2011. 126p.

FONTELLAS, J. M.; SIMÕES, M. G.; FARIAS, S. H.; FONTELLAS, R. G. S. Metodologia da pesquisa científica: Diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista Paraense de Medicina**, v.23, n.3, p.1-8, 2009.

FRIZZONE, J. A. **Os métodos de irrigação**. Piracicaba: Esalq, 2017. 32p.

GALVÃO, M. C. B. O levantamento bibliográfico e a pesquisa científica. In: FRANCO, L. J.; PASSOS, A. D. C. **Fundamentos de epidemiologia**. 2ª ed. São Paulo: Manole, 2010. P.377-398.

GIACCOIA-NETO, J. **Sistema de Irrigação para Jardins e Gramados**. Belo Horizonte: UFV, 2016. 6p.

GOMES, H. P. **Sistemas de irrigação: Eficiência energética**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013. 281p.

LIMA FILHO, A. F. Determinação analítica da performance da irrigação por sulcos abertos e em declive. **Revista Ceres**, Viçosa, v.63, n.3, p.251-258, 2015.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: Princípios e Métodos**. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 355p.

MELLO, J. L. P.; SILVA, L. E. B. **Irrigação**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2009. 190p.

MONTE, B. R.; PEREIRA, J. R.; BARRANCO, J. F. A. A agricultura irrigada na região semiárido legal mineiro: Um estudo sobre os avanços e impactos ambientais. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v.4, n.6, p.222-248, 2019.

NOGUEIRA, A. L. F. S.; DICKMAN, A. G. **Caderno de física e agronomia: Uma adaptação curricular de física para ciências agrárias**. Belo Horizonte: PUC, 2008. 57p.

PAULINHO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÀNCHEZ-ROMÁN, R. M.; JOSE, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário de 2006. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.2, p.163-176, 2011.

PEREIRA, R. M.; ALVES JÚNIOR, J.; SALES, D. L.; RODRIGUEZ, W. D. M.; SOUZA, J. M. F. Viabilidade econômica da irrigação de cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v.1, n.1, p.149-157, 2015.

PIZANI, M. A. M. **Métodos de Irrigação por Superfície**. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 2016. 44p.

PIZZANI, L.; SILVA, R. C.; BELLO, S. F.; HAYASHI, M. C. P. P. I. A arte da pesquisa científica na busca do conhecimento. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v.10, n.1, p.53-66, 2012.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª ed. Nova Hamburgo: FEEVALE, 2013.

REIS, J. S. **Sistema de controle aplicado a automação de irrigação agrícola**. 73f. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2015.

SANTOS, L. C.; LEAL, D. P. V.; JOSÉ, J. V.; COELHO, R. D.; BARROS, T. H. S. Aplicação do modelo CSM-Canegro em estudo da viabilidade econômica da cana-de-açúcar irrigada por pivô central. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p.13-22, 2016.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. **Irrigação: Gestão de sistemas por superfície**. Brasília: Senar, 2019. 47p.

SILVA, E. R.; SAVARIS, T.; MARCHALEK, A. L.; CASTILHOS, N. C.; TONDOLO, V. A. G. Caracterização das pesquisas de teses em administração com abordagem qualitativa. **Revista de Administração de Roraima**, Boa Vista, v.6, n.1, p.194-223, 2016.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: UNICAMP, 2017. 215p.

TESTEZLAF, R. **Irrigação por Superfície: Sulcos**. Campinas: UNICAMP, 2012. 14p.