

## **Fertirrigação no cafeeiro: aspectos agronômicos e sustentáveis**

### **João Paulo Machado Mantovani**

Doutorando, UNESP, Brasil  
joao.mantovani@unesp.br

### **Luís Roberto Almeida Gabriel Filho**

Professor Pós Doutor, UNESP, Brasil  
gabriel.filho@unesp.br

### **Camila Caroline Pantolfi Mantovani**

Mestrando, UNESP, Brasil  
camila.pantolfi@unesp.br

### **Alisson Rodolfo Leite**

Doutorando, UNESP, Brasil  
alisson.rodolfo@unesp.br

### **Leandro Paloma Mantovani**

Mestrando, UNESP, Brasil  
l.mantovani@unesp.br

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo relacionar os efeitos positivos da irrigação e da nutrição mineral na produtividade do cafeeiro, considerando-se que os variados métodos e técnicas existentes envolvem uma ampla variação de dosagem e parcelamento de nutrientes, em razão da interação entre solo, água, clima, planta e área em que se localiza a lavoura. Dessa forma, através da metodologia de revisão de literatura, foi realizado um levantamento de pesquisas e apontamentos teóricos de questões relacionadas aos benefícios da irrigação e da nutrição mineral, culminando no enfoque da técnica de fertirrigação. O estudo levou em consideração aspectos relacionados ao uso racional da água, à prevenção de desertificação do solo e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU. A análise dos trabalhos e autores consultados possibilitou trazer para o âmbito acadêmico-científico enfoques que destacaram o papel fundamental da fertirrigação na cafeicultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nutrição mineral. Fertirrigação. Cafeeiro.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do café apresenta grande importância econômica e agrônômica, em virtude de o Brasil ser o maior produtor mundial - com produção de 63,08 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado, que corresponde a 35,87% da produção mundial - e também se configurar como o segundo maior mercado consumidor desse produto, que é cultivado em 2,3 milhões de hectares no território nacional (AGRIANUAL, 2021).

Os seis principais estados brasileiros produtores de café são: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná. Destes, São Paulo apresenta-se como um dos mais tradicionais, com 60 milhões de sacas de 60 kg, correspondentes a 370 mil toneladas, sendo responsável por, aproximadamente, 41,9% da produção nacional, realizada em pequenas propriedades nas regiões Mogiana e Centro-Oeste Paulista (AGRIANUAL, 2021).

Economicamente, o café é relevante fonte de receita para centenas de municípios, assim como grande gerador de empregos no Brasil. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), a cadeia produtiva de café é responsável pela geração de mais de 8 milhões de empregos no País, proporcionado assim, renda, acesso a saúde e à educação para os trabalhadores e suas famílias. Portanto, o café foi e ainda é, para várias de suas regiões produtoras, a força propulsora do desenvolvimento socioeconômico, produzindo e distribuindo riquezas, além de ser importante fator de fixação de mão de obra na zona rural.

O cultivo do cafeeiro é objeto de investigação de muitos programas de pesquisas, nos quais avanços significativos dessa cultura são alcançados, como o melhoramento genético, biotecnologia, manejo de pragas, qualidade da produção, irrigação e nutrição mineral, sendo que os dois últimos serão abordados neste trabalho.

Avanços significativos na cafeicultura brasileira foram alcançados em razão da aplicação de técnicas de irrigação, proporcionado um avanço tecnológico considerável nos últimos anos, entre eles: o manejo de pragas, qualidade da produção e melhoramento genético (SANTINATO; FERNANDES, 2001).

Nos últimos anos, foram realizadas relevantes pesquisas visando analisar os efeitos da irrigação no desenvolvimento e na produção do cafeeiro, as quais apontaram vantagens e benefícios da irrigação nesse tipo de cultura.

Além da eficácia comprovada da utilização da irrigação na cultura cafeeira, há também a necessidade de uma correta aplicação dos componentes minerais, visando o desenvolvimento da planta e o aumento da produção.

Dentro da necessidade de utilização desses dois recursos na cafeicultura, se encontra a justificativa do presente trabalho, que objetiva expandir saberes relacionados ao método de fertirrigação, para que seja possível alcançar níveis de adubação e número de parcelamentos adequados, de acordo com as necessidades hídricas e nutricionais do cafeeiro, visto que a produtividade de uma lavoura está diretamente relacionada à fertilização mineral e à disponibilidade de água.

Os tópicos seguintes que estruturam este artigo apresentarão os objetivos propostos com a presente pesquisa, a metodologia utilizada, as questões relativas à interdisciplinaridade entre as várias áreas científicas envolvidas neste trabalho, a contribuição deste com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2012), dados do Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (ONU, 2022) relacionados ao uso racional da água e à necessidade de utilização de técnicas que possibilitem a economia hídrica na agricultura e aspectos relacionados à desertificação do solo em razão da excessiva exploração humana da terra.

Por fim, a seção 7 apresentará os resultados da pesquisa bibliográfica, destacando a influência da irrigação como fator ambiental na produtividade do cafeeiro, a nutrição mineral e a fertirrigação na cafeicultura.

## **2 OBJETIVOS**

Considerando a importância de estudos que possam auxiliar no conhecimento de aspectos relacionados à irrigação, nutrição mineral e fertirrigação do cafeeiro, foi proposto este trabalho, que tem por objetivo avaliar o efeito da água e da nutrição mineral na lavoura de café, por meio de apontamentos de pesquisadores que estudaram a técnica de fertirrigação.

A compreensão da relevância da fertirrigação possibilita a dosagem correta de macro e micronutrientes na cafeicultura; permite avaliar a produtividade, o progresso e os teores de macro e micronutrientes na folha do cafeeiro fertirrigado e avaliar a automação de irrigação na otimização da cultura do café.

## **3 METODOLOGIA**

A relevância do tema abordado neste trabalho consiste em trazer para o âmbito científico enfoques que possam nortear e observar o papel fundamental da irrigação e da nutrição mineral na produtividade do cafeeiro.

Considerando-se o objetivo e o tema do presente trabalho, utilizou-se o método de revisão bibliográfica, através de um levantamento minucioso de trabalhos sobre o tema disponíveis na plataforma Scielo, Google Acadêmico e Banco de Teses e Dissertações da Capes.

Assim, por meio da revisão de literatura, foi realizado um levantamento bibliográfico de pesquisas científicas, envolvendo artigos, livros, dissertações, teses e outros estudos, conforme orienta Lakatos e Marconi

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc. [...].

Dessa forma, a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras. (LAKATOS; MARCONI, 2010, p.166)

O embasamento teórico das pesquisas e dos autores consultados possibilitou uma análise mais ampla sobre a relevância da fertirrigação na cultura do café.

## 4 INTERDISCIPLINARIDADE E CONTRIBUIÇÃO COM OS ODS DA ONU

A presente pesquisa buscou o diálogo de conhecimentos e aprendizados entre áreas científicas como a Gestão, a Tecnologia e Inovação, Legislação Ambiental, a Ciência Vegetal e a Economia, visando extrair de tais campos do conhecimento teorias e práticas que auxiliassem no cumprimento do objetivo proposto.

Seguindo as diretrizes do paradigma da sustentabilidade e colaborando para o desenvolvimento ambiental, econômico e social, este trabalho pretende fornecer subsídios teóricos que propiciem o desenvolvimento de novas tecnologias que envolvam o conhecimento interdisciplinar, através da inter-relação entre indicadores de sustentabilidade, educação ambiental, processo de geração de tecnologia na cafeicultura, análise dos sistemas de produção do café e aspectos agrônômicos da fertirrigação do cafeeiro, favorecendo futuras pesquisas e práticas científicas.

A presente pesquisa também pretende colaborar para o alcance global dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (2012), com vistas, de modo geral, a erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, favorecendo, com isso para que o Brasil possa atingir as metas da Agenda 2030.

Com o comprovado desenvolvimento que a economia cafeeira propicia no Brasil desde o século XIX com a introdução de ferrovias e a imigração de milhões de imigrantes europeus, juntamente com a fonte relevante de receita para centenas de municípios brasileiros e a geração de mais de 8 milhões de empregos, este estudo pode contribuir para que o Brasil atinja sua meta na referida agenda.

Através de relevantes apontamentos teóricos e científicos, a presente pesquisa pode colaborar para o aprimoramento de técnicas e métodos de irrigação e nutrição mineral, a promoção da agricultura sustentável, a garantia de disponibilidade e manejo sustentável da água, o uso de energia limpa e acessível, a promoção do crescimento econômico e do emprego pleno e produtivo, a proteção, recuperação e promoção do uso sustentável dos ecossistemas terrestres, o combate à desertificação e à perda da biodiversidade.

Com isso, este trabalho pretende contribuir para o alcance das seguintes metas constantes da Agenda 2030 (ONU, 2012): agricultura sustentável, água limpa e saneamento, energia limpa e acessível, trabalho decente e crescimento econômico, erradicação da pobreza e da fome, redução das desigualdades e preservação da vida terrestre.

## 5 USO RACIONAL DA ÁGUA

De acordo com o mais recente Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, *World Water Development Report* (ONU, 2022),

desenvolvido com o suporte de mais de 20 agências do Sistema ONU que integram a ONU-Água, no último século, o consumo mundial de água doce aumentou em 6 vezes e continua a avançar a uma taxa de 1% ao ano, fruto do crescimento populacional, do desenvolvimento econômico, das alterações nos padrões de consumo e da grande quantidade de água utilizada na agricultura.

Com isso, sua qualidade tem diminuído exponencialmente e a escassez hídrica, calculada pela razão entre disponibilidade e suprimento, já afeta mais de 2 bilhões de pessoas, ou seja, um quarto do total de habitantes no mundo, em um contexto cuja previsão de crescimento no consumo é de quase 25% até 2030.

A denominada escassez econômica da água, que atinge cada vez mais regiões ao redor do mundo, decorre do fato de que o crescimento das atividades agropecuárias e industriais tem impactado negativamente o estoque hídrico do planeta, visto que a grande maioria de técnicas utilizadas para irrigação de lavouras não consideram tal problemática.

O documento aponta que o mundo deve enfrentar um déficit hídrico de 40% até 2030, sendo que o valor agregado da água para as diversas atividades econômicas continua subestimado, e outros valores, como os ecossistêmicos, são frequentemente negligenciados.

Além disso, os responsáveis pelo relatório comunicam que o Brasil tem avançado pouco na discussão, alertando para a urgência no combate ao desperdício em todos os setores da atividade humana, principalmente para a necessidade de se produzir mais alimentos com menos água, haja vista que, atualmente, em várias partes do mundo, já existe uma disputa entre a água para a agricultura e a água para as cidades.

## **6 DESERTIFICAÇÃO SOLO**

O uso intensivo e desequilibrado de componentes químicos no solo pode levar a uma severa degradação dos recursos naturais e à desertificação. O processo de desertificação ocasiona degradações irreversíveis da paisagem, direcionando o ambiente à condição de paisagem tipo desértica, determinando perda dos solos, escassez dos recursos hídricos, redução ou perda da produtividade biológica e improdutividade agrícola, em razão da diminuição da capacidade do solo em oferecer condições essenciais às atividades humanas como, por exemplo, produção de culturas, levando à redução na qualidade de vida das populações afetadas e perdas econômicas consideráveis (FIRMINO, 2010).

Como esse processo de desertificação está correlacionado com a excessiva exploração humana da terra, estudos que abordem a temática da fertirrigação podem contribuir para a otimização de doses e parcelamentos de nutrientes e de água, devendo ser levados em consideração, para que haja um desenvolvimento com planejamento sustentável em relação aos recursos naturais, principalmente os hídricos, biológicos e minerais.

## **7 RESULTADOS**

A cafeicultura representa uma importante atividade na economia nacional, contribuindo, de maneira significativa, para a balança comercial do Brasil. A cultura do café irrigado ocupa uma área significativa no território nacional e, sendo assim, necessita de

constantes e novas informações que possibilitem o seu desenvolvimento e aprimoramento de técnicas.

O Brasil é o maior produtor, exportador e segundo maior consumidor de café do mundo, destacando-se, entre os estados produtores, São Paulo, responsável por mais de 40% da produção nacional, oriunda de lavouras localizadas, principalmente, na região centro-oeste (AGRIANUAL, 2021).

Sendo um dos produtos primários de maior valor no mercado mundial, o cultivo do café, seu processamento, comercialização, transporte e marketing favorecem a geração de empregos para milhões de pessoas no Brasil, o que torna esse produto muito importante para a economia e a política nacional, tendo em vista que sua exportação representa um segmento substancial do mercado externo, ultrapassando, muitas vezes 70% (BOAVENTURA *et al.*, 2018).

## 7. 1 Influência da irrigação como fator ambiental na produtividade do cafeeiro

A prática de irrigação na lavoura de café iniciou-se a partir do avanço dessa cultura para regiões consideradas periféricas, em que havia poucos recursos para atender suas necessidades hídricas. Sem a prática da irrigação, nas áreas com grande déficit hídrico, o Brasil deixaria de produzir de 2 a 2,5 milhões de sacas beneficiadas por ano (GARCIA *et al.*, 2019)

Tendo o cafeeiro uma raiz principal pivotante, pequena, grossa e amplamente ramificada na camada superior do solo, sua cultura e produção estão diretamente influenciadas pelo suprimento de água, visto que, de todos os recursos de que a planta necessita para seu desenvolvimento, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a sua produtividade. Por isso, o estresse ambiental ocasionado nas plantas decorre do excesso ou da escassez de água, sendo mais frequente o causado pela deficiência hídrica, que ocasiona prejuízos no cafeeiro, principalmente em suas raízes absorventes, o que acaba por limitar o desenvolvimento e a produção das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2016).

Assim, em áreas com insuficiência hídrica, com baixos índices pluviométricos, a utilização de irrigação suplementar na lavoura de café apresenta-se como uma técnica promissora e eficaz, evitando a ocorrência do estresse hídrico e seus consequentes efeitos nocivos, como a baixa qualidade do produto e a redução da produção (GARCIA, *et al.*, 2019).

Pesquisas realizadas sobre técnicas de irrigação apresentaram resultados positivos na lavoura cafeeira no Brasil, podendo-se citar a de Coelho *et al.* (2009); Caldas *et al.* (2018); Vieira *et al.* (2020), entre outras. Tais trabalhos apontaram como principais vantagens desse uso: incrementos significativos de produtividade, aumento da resistência das plantas e o cultivo de cafeeiros em áreas inicialmente consideradas impróprias.

Outros trabalhos, como o de Rosa, Nogueira e Monteiro (2019) e de Silvestre *et al.* (2021), corroboraram o exposto anteriormente e permitiram concluir que, em decorrência de adversidades climáticas em determinadas épocas e regiões e à crescente demanda para obtenção de incrementos de produtividade e qualidade do café, a técnica da irrigação é economicamente recomendada e necessária.

Tais pesquisas também apontaram que, dentre os fatores ambientais responsáveis pela produtividade na cafeicultura, os mais significativos são os relacionados às características

do sistema de plantio, ao período do molhamento folicular, à intensidade luminosa, à textura e fertilidade do solo e, conseqüentemente, à nutrição mineral dos cafeeiros.

Particularmente no estado de São Paulo, pesquisas também apontaram que a irrigação na lavoura de café promove incrementos significativos de produtividade e rendimento, propiciando o desenvolvimento do cafeeiro e justificando técnica e economicamente a sua adoção, por favorecer uma menor ocorrência de desequilíbrios nutricionais nas plantas e o desenvolvimento de maior resistência a doenças (ARANTES; FARIA; REZENDE, 2009; CALDAS *et al.*, 2018).

Entre as várias doenças que podem atingir o cafeeiro, a cercosporiose - ocasionada pelo fungo *Cercospora coffeicola* - e a ferrugem - causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* - são as de maior importância e agressividade. A primeira decorre de uma menor absorção de nutrientes pela planta, devido à falta de umidade no solo e a segunda é causada pelo excesso de molhamento foliar (TALAMINI *et al.*, 2003).

De acordo com Furlan *et al.* (2021), a irrigação da lavoura de café tem proporcionado um avanço tecnológico considerável nos últimos anos, em que foi possível verificar uma constante evolução, com seu início nos sistemas de irrigação por superfície, os sulcos, em 1946, passando pela aspersão convencional, seguida pelo canhão e o autopropelido e, atualmente, tubos perfurados a laser, o pivô central e o gotejamento.

Assim, a irrigação constitui-se em uma prática de grande importância e apresenta-se como um sistema de várias técnicas que se adapta às condições de produção do cafeeiro, permitindo a utilização de maneira fácil e segura da fertirrigação, observando-se criteriosamente os parâmetros de uniformidade de distribuição, tanto de água como de nutrientes minerais.

## 7. 2 Nutrição mineral do cafeeiro

A adubação - processo que utiliza compostos normalmente derivados de matéria orgânica natural que auxiliam na nutrição do solo - e a fertilização - geralmente realizada através da aplicação de um composto sintético que serve de complemento nutricional aos adubos - agindo diretamente nas plantas, devem considerar a necessidade da lavoura, conforme suas características vegetativas e produtivas, a disponibilidade de nutrientes do solo e seu equilíbrio.

Para se alcançar e/ou manter esse equilíbrio em uma lavoura cafeeira, colocando à disposição das plantas os nutrientes em quantidades que supram a deficiência de fornecimento pelo solo, é necessário que os macro e micronutrientes estejam sempre balanceados, pois são eles que vão fazer com que os açúcares e carboidratos cheguem até o grão do café.

Como exemplos de macronutrientes, pode-se citar: o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, demandados em maior quantidade pela planta. Dentre os micronutrientes, destacam-se: o boro, zinco, cobre, ferro, manganês, cloro e molibdênio, demandados em menor quantidade pela planta (SILVA *et al.*, 2020).

O fósforo atua na fase de plantio e formação da planta, estruturando as raízes e o lenho. Na fase adulta da planta é menos exigido em quantidade que o nitrogênio e potássio.

O cálcio desempenha papel fundamental no desenvolvimento radicular, tendo maior importância no período de implantação da lavoura, necessitando ser colocado ao alcance das raízes, uma vez que a sua absorção se dá por interceptação. Propicia à planta uma maior resistência à seca (TAIZ; ZEIGER, 2016).

O magnésio é um componente da clorofila, tendo destaque no processo de fotossíntese. O enxofre participa da síntese de clorofila e é muito importante para o desenvolvimento das raízes, pois apresenta funções estruturais em proteínas e diversas funções metabólicas. O zinco está diretamente ligado às áreas de crescimento da planta e tem papel importante na germinação do tubo polínico, influenciando a floração e também o tamanho dos frutos (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

O boro é encontrado na matéria orgânica e sua falta pode se dar tanto em função da lixiviação, do efeito de calagem excessiva, como também em decorrência de doses de adubos nitrogenados e pode ser agravada nos períodos secos do ano. O ferro, por ser um componente da clorofila, participa do processo de respiração. É o macronutriente mais acumulado pelo cafeeiro, pela alta disponibilidade nos solos, onde os cafezais estão implantados. O excesso de calcário e de matéria orgânica pode ocasionar a sua deficiência (COELHO *et al.*, 2009).

O manganês é o micronutriente mais acumulado após o ferro, e a exemplo deste, o grande acúmulo não traduz uma exigência da planta, sendo que eventuais desequilíbrios em manganês se destacam mais pela sua deficiência que pelo excesso. Ele participa da fotossíntese e pode substituir o magnésio em diversas enzimas (ARANTES; FARIA; REZENDE, 2009).

O cobre geralmente não é encontrado em quantidade suficiente no solo. Adubação nitrogenada elevada, calagem excessiva, alto teor de matéria orgânica, adubação fosfatada pesada e excesso de água, podem induzir à sua deficiência (SOARES *et al.*, 2000).

Silva *et al.* (2020) destaca a importância do nitrogênio e do potássio no desenvolvimento das plantas, tendo em vista de serem os principais elementos minerais relacionados ao crescimento vegetativo e reprodutivo.

O nitrogênio é um nutriente altamente exigido, visto que uma adubação nitrogenada adequada é fundamental para o rápido desenvolvimento da planta, no aumento de ramos frutíferos, na formação de folhas verdes e brilhantes e no aumento de folhas e de gemas floríferas (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

O potássio é outro nutriente fundamental para o perfeito desenvolvimento do cafeeiro, apresentando-se em grande quantidade tanto nas partes vegetativas como nos frutos. Segundo Silva *et al.* (2020), ele desempenha um importante papel na fotossíntese e na circulação da seiva, sendo sua exigência maior em plantas mais velhas, devido às quantidades adicionais existentes nos frutos cerejas.

Langoni *et al.* (2019) orientam que, na escolha dos fertilizantes a serem empregados pelo método de fertirrigação, alguns aspectos importantes devem ser considerados, tais como: a solubilidade dos produtos nitrogenados, potássicos e fosfatados; a compatibilidade entre fertilizantes utilizados simultaneamente; o grau de pureza e o poder corrosivo dos elementos nutricionais para se evitar danos ao sistema e a acidificação do solo.

## 7. 3 Fertirrigação

Tem ocorrido nos últimos anos uma grande expansão das fronteiras cafeeiras no Brasil, exigindo maiores informações e inovações técnicas relacionadas ao manejo, que proporcionem maior produtividade e melhor qualidade final do produto, resultando assim em maiores lucros.

Inserem-se nestas novas técnicas o papel da fertirrigação como método decorrente de constantes pesquisas tecnológicas que visam tornar aptas para a cafeicultura regiões onde o regime pluviométrico não era considerado ideal ou suficiente.

Considerando-se as necessidades, atuais e urgentes referentes à ecologia, além de buscar expandir os benefícios socioeconômicos através da melhoria do produto, a produção cafeeira exige o desenvolvimento e uso de técnicas de cultivo e produção que proporcionem melhores condições no tocante à questão da preservação ambiental, como o uso racional e correto da água, principalmente durante o processo de irrigação (ZAMPIERI *et al.*, 2021).

Dessa forma, surge a necessidade de se aliar o uso racional da água empregada na irrigação do cafeeiro com a nutrição mineral, que possibilitará um produto final com maior qualidade, a melhoria das qualidades químicas, físicas e biológicas do solo e o desperdício de água.

A importância ambiental da utilização da fertirrigação na cultura cafeeira apresenta, no mínimo, três benefícios. Primeiramente, a água é o recurso mais abundante de que a planta necessita, porém seu uso deve ser dosado para se evitar o estresse hídrico e seus consequentes efeitos nocivos, como a baixa qualidade do produto e a redução da produção. Em segundo lugar, há um aumento significativo da eficiência no emprego de fertilizantes por meio da água utilizada na irrigação. Por último, tal técnica promove a economia hídrica, respeitando os impositivos no tocante à preservação ambiental (MATOS, 2010; ZAMPIERI *et al.*, 2021).

Segundo GARCIA *et al.* (2019), a utilização da técnica de fertirrigação apresenta-se também como solução para os problemas relacionados à eliminação de efluentes, em vista de a agricultura utilizar grande quantidade de água, podendo tolerar águas impróprias para a indústria e o uso doméstico, sendo inevitável, portanto, que exista uma crescente tendência para se encontrar, na agricultura, a solução para os problemas relacionados à eliminação de efluentes.

Nesse sentido, para Lo Monaco (2005, 2007, 2009) e Pereira (2006), a fertirrigação apresenta-se como uma alternativa ao tratamento de águas ricas em material orgânico, aproveitando os nutrientes nelas contidos para substituir parte da adubação das culturas agrícolas.

A irrigação localizada tem essa denominação porque aplica água e, conseqüentemente, fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas e nematicidas exatamente no ponto em que se concentra a maior parte das raízes absorventes da planta. Devido ao fato de o fornecimento de água, nesse sistema se dar em pequenas lâminas e em altas frequências, é possível um maior parcelamento das fertirrigações e, portanto, pode-se, em princípio, obter maior aproveitamento dos nutrientes (LANGONI *et al.* (2019).

De acordo com De Souza *et al.* (2021), a técnica de fertirrigação é indicada para os sistemas de aplicação localizada, por meio da aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Dentre as vantagens desse sistema localizado, está a possibilidade de aplicação dos nutrientes

de forma parcelada, desde que haja um bom dimensionamento, implantação e manutenção de todo o sistema de fertirrigação.

O mesmo autor conclui que tal técnica exige o uso de fertilizantes solúveis em água, contendo o mínimo de impurezas possível e que sejam compatíveis entre si, evitando assim, possíveis reações que originem precipitados que venham causar o entupimento dos emissores ou efeitos corrosivos em todo o sistema, visando um alto nível de uniformidade de distribuição de aplicação, tanto da água quanto dos fertilizantes (DE SOUZA *et al.*, 2021).

O trabalho intitulado 'Estudo comparativo de fontes de nitrogênio e potássio empregados na fertirrigação do cafeeiro' (SOARES *et al.*, 2000) objetivou estudar o manejo e o desenvolvimento de tecnologias para lavouras cafeeiras irrigadas, e realizar uma comparação técnico-econômica entre cafeeiros irrigados e não irrigados, através de um paralelo entre fertilização tradicional do cafeeiro com a fertirrigação, utilizando diversos produtos comerciais.

Através dos resultados obtidos, os autores da pesquisa concluíram que os tratamentos fertirrigados proporcionaram o dobro da produtividade em relação ao não irrigado e de 25% em relação ao irrigado com adubação convencional, sendo que os melhores resultados de fertirrigação foram obtidos com a aplicação de *hidranplus* na fórmula 19:04:19, e o maior crescimento vegetativo foi obtido com a utilização da fertirrigação com nitratos de cálcio e potássio.

Para Soares *et al.* (2000) e Langoni *et al.* (2019), as principais vantagens da fertirrigação são:

- Dosificação racional dos fertilizantes.
- Aumento na produção e melhor qualidade do produto.
- Maior aproveitamento dos fertilizantes.
- Menor custo de mão-de-obra.

Dentre as desvantagens, os autores destacam:

- Alto custo de implantação do sistema de irrigação.
- Possíveis entupimentos dos gotejadores.
- Necessidade de treinamento da mão-de-obra.

Os autores complementam que ainda existem muitos aspectos que precisam ser melhor explorados e monitorados nesta prática, como a possibilidade de alcalinização, acidificação ou salinização, e de perdas de nutrientes no solo; a real distribuição de raízes do cafeeiro irrigado; a disponibilidade de fertilizantes formulados no mercado e os custos associados; os impactos ambientais; o retorno do investimento, dentre outros, para que essa técnica seja compreendida e aceita pelos produtores.

Dessa forma, a eficiência da aplicação de nutrientes via água depende de fatores que irão determinar o padrão de uniformidade de tal processo, sendo imprescindíveis a adequada distribuição do sistema de irrigação, o ideal dimensionamento hidráulico e a manutenção regular.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o contexto ambiental da atualidade, envolvendo a necessidade do uso racional da água, da preservação do solo e as metas estabelecidas pelos ODS da Agenda 2030 da ONU (2012), a utilização da fertirrigação possibilita a obtenção de um produto final com maior qualidade, a melhoria das qualidades químicas, físicas e biológicas do solo, evita o desperdício de água e a ocorrência do processo de desertificação das áreas cultivadas.

Os trabalhos apresentados apontaram que a fertirrigação, além de evitar o desperdício de água na cafeicultura, previne a ocorrência do estresse hídrico da planta, seus consequentes efeitos nocivos, amplia a eficiência dos fertilizantes utilizados e aumenta consideravelmente os benefícios socioeconômicos da cultura do café, através da melhoria de técnicas de cultivo e de produção.

O presente trabalho não esgotou todas as possibilidades de discussão acerca das várias questões apresentadas, sendo necessária a realização de mais pesquisas que avaliem a produtividade e a eficiência dos macro e micronutrientes no cafeeiro fertirrigado, e estudem o progresso do cafeeiro em diferentes épocas do ano, pois há a necessidade de mais relatos da influência dos métodos de fertirrigação utilizados na cafeicultura, tendo em vista as mudanças climáticas e ambientais da atualidade e a grande extensão do território brasileiro

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2021, 482 p.
- BRASIL. NAÇÕES UNIDAS. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> >. Acesso em 13 out. 2022.
- ARANTES, K. R.; FARIA, M. A. D.; REZENDE, F. C. Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamentos da adubação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 313-319, abr./jun. 2009. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/asagr/a/QP5RJJhJPSZHVSndL64gCd/?lang=pt#:~:text=A%20partir%20do%20exposto%2C%20observa,da%20capacidade%20produtiva%20da%20lavoura.> >. Acesso em 11 out. 2022.
- BOAVENTURA, P. S. M.; ABDALLA, C. C.; ARAÚJO, C. L.; ARAKELIAN, J. S. Criação de valor na cadeia de café especial: o movimento da terceira onda do café. **Jornal de administração de empresas**, v. 58, n. 3, p. 254-266, mai./jun. 2018. Disponível em < <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/74967> >. Acesso em 12 out. 2022.
- CALDAS, A. L. D.; LIMA, E. M. C.; REZENDE, F. C.; DE FARIA, M. A.; DIOTTO, A. V.; JÚNIOR, M. C. R. L. Produtividade e qualidade de café cv travessia em resposta à irrigação e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2357-2365, jan./fev. 2018. Disponível em < [https://www.researchgate.net/publication/323529796\\_PRODUTIVIDADE\\_E\\_QUALIDADE\\_DE\\_CAFE\\_CV\\_TRAVESSIA\\_EM\\_RESPOSTA\\_A\\_IRRIGACAO\\_E\\_ADUBACAO\\_FOSFATADA](https://www.researchgate.net/publication/323529796_PRODUTIVIDADE_E_QUALIDADE_DE_CAFE_CV_TRAVESSIA_EM_RESPOSTA_A_IRRIGACAO_E_ADUBACAO_FOSFATADA) >. Acesso em 10 out. 2022.
- COELHO, G.; SILVA, A. M.; REZENDE, F. C.; SILVA, R. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2009. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/cagro/a/jkl5v3Pk7YYYQTn4g9SFLNK/abstract/?lang=pt> >. Acesso em 11 out. 2022.
- DE SOUZA, J. A.; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A.; NEVES, J. C.; MEDEIROS, S. D. S.; SOUZA, J. A. D. Efeitos da fertirrigação com água residuária de origem urbana sobre a produtividade do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 128-132, 2021. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/yvZLydsmyvtJy4thbzYtj4G/?lang=pt#:~:text=O%20autor%20avaliou%20os%20efeitos,nutricional%20do%20cafeeiro%2C%20em%2088> >. Acesso em 12 out. 2022.

FIRMINO, A. O contributo da agroecologia para o desenvolvimento sustentável em áreas com risco de desertificação: MÉRTOLA. In: MOREIRA, E.; TARGINO, I. (Orgs.). **Desertificação, Desenvolvimento Sustentável e Agricultura Familiar**. p. 127-140, 2010. 345 p.

FURLAN, D. A.; DE SOUSA, E. F.; MENDONÇA, J. C.; DE SOUZA, C. L. M.; GOTTARDO, R. D.; DE SOUZA LIMA, R. A. Potencial hídrico foliar e desenvolvimento vegetativo do cafeeiro *Conilon* sob diferentes lâminas de irrigação na região de Campos dos Goytacazes - RJ. **Irriga**, v. 26, n. 1, p. 13-28, 2021. Disponível em < <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2717> >. Acesso em 12 out. 2022.

GARCIA, F. H. S.; MATUTE, A. F. M.; SILVA, L. C. D.; SANTOS, H. R. B.; BOTELHO, D. D. S.; RODRIGUES, M.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Análise fisiológica em mudas de cafeeiro com cercosporiose submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 83-88, jan./mar. 2019. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/sp/a/m4pGsJ6RqYfKvLhHrLPPF/?lang=pt#> >. Acesso em 11 out. 2022.

LAKATOS. E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010, 270 p.

LANGONI, J. A.; ASSIS, G. A.; SANTOS, L. C.; REZENDE, M. A. A.; VALOTO, B.; LEÃO, T. V. M. Produtividade de cafeeiros fertirrigados sob diferentes níveis de adubação na região do cerrado mineiro na primeira safra. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 17, n. 1, p. 1-7, 2019. Disponível em < <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/2128> >. Acesso em 15 out. 2022.

LO MONACO, P. A. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. 2005. 111 p. Tese - Doutorado em Engenharia de Água e Solo - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. Disponível em < <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9814> >. Acesso em 12 out. 2022.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, H. P.; FERREIRA, P. A.; RAMOS, M. M. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro após a fertirrigação com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 4, p. 392-399, out./dez. 2007.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, P. A.; RAMOS, M. M. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 348-364, jul./set. 2009. Disponível em < <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3424> >. Acesso em 13 out. 2022.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: Internacional Plant Nutrition Institute, 2007. 722 p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2017. Disponível em < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira> >. Acesso em 10 out. 2022.

MATOS, A. T. D. **Poluição ambiental: impactos no meio físico**. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 260 p.

ONU. Organização das Nações Unidas. Nações Unidas Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2012**. Disponível em < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> >. Acesso em 13 out. 2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. Nações Unidas. **World Water Development Report 2022**. Disponível em < <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2022#:~:text=The%202022%20edition%20of%20the,of%20groundwater%20across%20the%20world> >. Acesso em 12 out. 2022.

PEREIRA, E. R. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 2006. 130 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-17042006-171916/pt-br.php> >. Acesso em 10 out. 2022.

ROSA, D. R. Q.; NOGUEIRA, N. O.; MONTEIRO, C. R. Disseminando conhecimentos sobre manejo da irrigação no cafeeiro. **Revista ELO—Diálogos em Extensão**, v. 8, n. 1, jun. 2019. Disponível em < <https://periodicos.ufv.br/elo/article/view/1309> >. Acesso em 11 out. 2022.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. Avanços da tecnologia de irrigação na cultura do café. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 3., 2000, Araguari. **Anais** [...] Uberlândia: UFU/DEAGRO, v. 1, p. 79-92, 2001. Disponível em < <https://docplayer.com.br/69861688-Avancos-da-tecnologia-da-irrigacao-na-cultura-do-cafe.html> >. Acesso em 10 out. 2022.

SILVA, F. J.; ASSIS, G. A.; CARVALHO, F. J.; VIEIRA, B. S.; SANTOS, L. C. Adubação nitrogenada e potássica e sua relação com a incidência de cercosporiose e ferrugem em cafeeiro fertirrigado. **Ciência Agrícola**, v. 18, n. 3, p. 29-35, 2020. Disponível em < <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/10322> >. Acesso em 10 out. 2022.

SILVESTRE, N. G.; FERREIRA, E. P.; VIEIRA, G. H. S.; LOSS, J. B.; PETERLE, G. Uso da água e de técnicas de manejo de irrigação no cafeeiro *Conilon*. **Irriga**, v. 26, n. 2, p. 422-438, 2021. Disponível em < <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4194> >. Acesso em 14 out. 2022.

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; SOARES, A. A.; BONOMO, R. Estudo comparativo de fontes de nitrogênio e potássio empregados na fertirrigação do cafeeiro. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BARSIL, 1. 2000, Poços de Caldas. **Anais** [...] Belo Horizonte: Minasplan, v. 2, p. 852-855, 1490 p., 2000. Disponível em < <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/914> >. Acesso em 13 out. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2016, 888 p.

TALAMINI, V.; POZZA, E. A.; SOUZA, P. E. D.; SILVA, A. M. D. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de início e parcelamentos da fertirrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 141-149, jan./fev. 2003. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/cagro/a/Ss7knFvZmqFcbnn7StgDq6r/?lang=pt> >. Acesso em 10 out. 2022.

VIEIRA, G. H. S.; NASCIMENTO, D. P.; LO MONACO, P. A. V.; HADDADE, I. R.; ROSADO, T. L.; NETO, A. C. Eficiência de irrigação em lavouras de cafeeiros *Conilon* na região Centro Serrana do Espírito Santo. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, v. 6, n. 3, p. 22-34, 2020. Disponível em < <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/868> >. Acesso em 10 out. 2022.

ZAMPIERI, F. G.; SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A.; CARVALHO, S. L.; DA SILVA SOUZA, M. A. A.; FORNAZIER, M. L.; ZAMPIERI, F. R. O. Educação ambiental na cafeicultura agroecológica: ferramenta de transformação e promoção da sustentabilidade. **Mérida Publishers**, p. 9-30, abr. 2021. Disponível em < <https://www.meridapublishers.com/agroecologia-pf/> >. Acesso em 12 out. 2022.