



INSTITUTO FEDERAL
Rondônia



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

Campus São Miguel do Guaporé
Coordenação do Curso de Agrocomputação

JAQUELINE SILVA BARBOSA

**AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA CAFEICULTURA EM
RONDÔNIA**

SÃO MIGUEL DO GUAPORÉ-RO

2025

JAQUELINE SILVA BARBOSA

**AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA CAFEICULTURA EM
RONDÔNIA**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus São Miguel do Guaporé*, como requisito parcial para obtenção do grau de Tecnólogo, junto ao Curso Superior de Tecnologia de Agrocomputação, sob a orientação do professor Nathan Wesley Santos Silva.

SÃO MIGUEL DO GUAPORÉ-RO

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Barbosa, Jaqueline Silva.

Automação de sistemas de irrigação na cafeicultura / Jaqueline
Silva Barbosa. - São Miguel do Guaporé, 2025.
32 f.

Orientador(a): Prof. Nathan Wesley Santos Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Superior de Tecnologia em
Agrocomputação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Rondônia - IFRO, São Miguel do Guaporé, 2025.

1. Cafeicultura. 2. Irrigação automatizada. 3. Sustentabilidade. 4.
Rondônia. 5. Manejo hídrico. I. Silva, Nathan Wesley Santos (orient.).
II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia -
IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Roseni Santos Rodrigues, CRB-11/916

Jaqueline Silva Barbosa

AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA CAFEICULTURA EM RONDÔNIA

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus São Miguel do Guaporé* como requisito parcial para obtenção do grau de Tecnólogo, junto ao Curso Tecnologia de Agrocomputação, sob a orientação do professor Nathan Wesley Santos Silva.

Aprovado em: 04/12/2025 pela banca examinadora.

Documento assinado digitalmente

gov.br

NEPHI MORAES DE BARROS

Data: 11/12/2025 22:18:22-0300

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

Membro da Banca

Documento assinado digitalmente

gov.br

FABIANA BOTTEGA BALEM

Data: 11/12/2025 22:50:38-0300

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

Membro da Banca

Documento assinado digitalmente

gov.br

NATHAN WESLEY SANTOS SILVA

Data: 11/12/2025 22:04:21-0300

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

Orientador

AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA CAFEICULTURA EM RONDÔNIA

Jaqueline Silva Barbosa¹

Graduanda em Tecnologia em Agrocomputação

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - Campus São Miguel do Guaporé-RO.

E-mail: jakesilvaplr@gmail.com

Nathan Wesley Santos Silva²

Mestrando em Administração e Contabilidade

Instituição: Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

E-mail: nathan.silva@ifro.edu.br

Tássio de Santana do Vale³

Especialista em Coordenação Pedagógica e Supervisão Escolar

Instituto: Faculdade Serra Geral (FSG)

E-mail: tassio.vale@ifro.edu.br

RESUMO: O trabalho analisa os benefícios da automação da irrigação na cafeicultura rondoniense, considerando fatores climáticos, métodos de irrigação e o potencial de modernização das lavouras. A pesquisa foi desenvolvida com base em revisão bibliográfica, buscando compreender como as novas tecnologias podem contribuir para a sustentabilidade da produção. A automação da irrigação se apresenta como uma ferramenta eficiente no uso racional da água e no aumento da produtividade. Além disso, favorece a uniformidade da lavoura, melhora a qualidade dos grãos e reduz os impactos das variações climáticas. O uso dessa tecnologia é importante para fortalecer a cafeicultura de Rondônia, deixando as lavouras mais modernas, produtivas e sustentáveis, além de ajudar os produtores a enfrentar de forma mais eficiente as mudanças do clima.

Palavras-chaves: Cafeicultura. Irrigação automatizada. Sustentabilidade. Rondônia. Manejo hídrico.

ABSTRACT: The study analyzes the benefits of irrigation automation in coffee cultivation in Rondônia, considering climatic factors, irrigation methods, and the potential for modernizing coffee plantations. The research was developed based on a bibliographic review, seeking to understand how new technologies can contribute to production sustainability. Automated irrigation stands out as an efficient tool for the rational use of water and for increasing productivity. In addition, it promotes crop uniformity, improves grain quality, and reduces the impacts caused by climatic variations. The use of this technology is essential to strengthen coffee production in Rondônia, making the plantations more modern, productive, and sustainable, and helping producers better cope with climate changes.

KEYWORDS: Coffee cultivation. Automated irrigation. Sustainability. Rondônia. Water management.

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das atividades agrícolas de maior relevância em várias regiões do Brasil, contribuindo significativamente para a geração de emprego e renda no meio rural. No estado de Rondônia, essa cultura ocupa uma posição de destaque, sendo o quinto maior produtor nacional de café e o segundo na produção da espécie *Coffea canephora* (EMBRAPA, 2024).

O café tem um papel fundamental na economia local, sustentado não apenas os produtores, mas também os maquinistas locais, que são responsáveis pela comercialização para outros municípios, e, em alguns casos, realizam vendas até mesmo para fora do país. No entanto, o setor enfrenta desafios crescentes, especialmente em razão das mudanças climáticas. No final de 2023, fortes ondas de calor afetaram negativamente as lavouras de café em Rondônia, resultando em frutos com maturação desuniforme, aumento no número de grãos defeituosos e consequente redução no rendimento médio da cultura (CONAB, 2025).

Esse cenário coloca a importância de práticas agrícolas que promovam a melhoria da lavoura, com destaque para a irrigação automatizada. As necessidades hídricas do cafeeiro variam conforme o seu estágio de desenvolvimento, sendo mais intensas nas fases de floração e formação dos grãos. O fornecimento adequado de água é influenciado por diversos fatores, incluindo condições climáticas, características do solo, fisiologia da planta e práticas de manejo.

Em Rondônia, o clima predominante, com altitude média inferior a 500 m, temperaturas médias entre 23,2 °C e 26 °C e precipitação anual entre 1.340 mm e 2.340 mm, impõe desafios específicos para a gestão hídrica nas lavouras (Cararo, 2015). A gestão inadequada da irrigação pode levar ao desperdício de água, ao aumento nos custos de produção e a comprometer a saúde das plantas. Sem um sistema de irrigação eficiente, as lavouras tornam-se mais vulneráveis às variações climáticas extremas, como secas e estiagens.

Além disso, a falta de conhecimento técnico e de capacitação entre os produtores locais é um obstáculo para a adoção de tecnologias de irrigação avançadas. Outro fator agravante é a escassez de profissionais qualificados para implementar sistemas automatizados, o que dificulta a modernização da cafeicultura.

Diante desse contexto, a automação dos sistemas de irrigação surge como

uma solução inovadora, capaz de otimizar o uso da água, melhorar a eficiência da produção e reduzir os custos operacionais. Essa tecnologia permite um controle preciso do fornecimento de água, adaptando às necessidades específicas de cada fase do ciclo de crescimento da cafeicultura, o que resulta em maior qualidade e produtividade. Além disso, a automação contribui para a sustentabilidade, reduzindo o impacto ambiental e preservando os recursos naturais.

1.1 Objetivo geral:

Analisar a importância e a viabilidade da irrigação automatizada na cafeicultura, visando otimizar o uso dos recursos hídricos, melhorar a eficiência da florada e a qualidade do grão e, conseqüentemente, a qualidade da bebida produzida.

1.2 Objetivos específicos:

- Avaliar os benefícios do uso da irrigação automatizada para o manejo eficiente da água nas lavouras de cafeeiro;
- Identificar os principais desafios e limitações para a implementação da automação da irrigação na cafeicultura regional;
- Propor recomendações para a adoção de sistemas automatizados de irrigação que promovam a sustentabilidade econômica e ambiental na produção de café.

1.3 Justificativa

A produção de café ocupa um papel de destaque na agricultura brasileira, especialmente em estados como Rondônia, onde tem se destacado como uma importante fonte de renda para pequenos e grandes produtores. Quando bem manejada, essa cultura pode proporcionar lucros satisfatórios, além de fortalecer a economia local e melhorar a qualidade de vida das famílias que vivem no meio rural.

Nos últimos anos, diversos métodos de manejo vêm sendo implementados nas lavouras de café, com o objetivo de melhorar a produtividade e garantir a

qualidade dos grãos. No entanto, para alcançar bons resultados, é necessário adotar práticas adequadas durante todo o ciclo produtivo, evitando perdas e garantindo a sustentabilidade da produção.

Em Rondônia, observa-se um crescimento constante da cafeicultura, que tem se consolidado como uma base econômica importante para o estado. Essa diversificação das atividades agrícolas demonstra grande valor de desenvolvimento regional e o fortalecimento das cadeias produtivas do campo. A cafeicultura tem o objetivo de gerar renda e emprego e valoriza a biodiversidade e a sustentabilidade no meio rural.

Sendo assim, esta pesquisa se justifica por buscar apresentar resultados sobre a automação da irrigação na cafeicultura, o que contribui para a construção de conhecimento técnico e científico sobre os métodos de irrigação mais adequados às condições climáticas de Rondônia. Além disso, pretende auxiliar produtores e pesquisadores na adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis, capazes de otimizar a produtividade e reduzir os impactos das variações climáticas.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi de natureza qualitativa, pois busca compreender a realidade estudada de forma mais profunda, analisando as informações no seu contexto. Esse tipo de pesquisa não se baseia apenas em números ou cálculos, mas sim em interpretações, observações e na compreensão dos significados envolvidos no tema.

Os estudos qualitativos têm como preocupação básica o mundo empírico em seu ambiente natural. No trabalho de campo, o pesquisador é fundamental no processo de coleta de dados. Não pode ser substituído por nenhuma outra técnica: é ele que observa, seleciona, interpreta e registra os comentários e as informações do mundo natural (Silva p. 54, 2015).

Nesse sentido, preocupa-se em conhecer a realidade segundo a perspectiva dos sujeitos.

O estudo se desenvolve com base em uma revisão bibliográfica e teórica, utilizando como principais fontes de fundamentação EMBRAPA (2024), Cararo (2015), CONAB (2024) e Ferreira (2011). Essa abordagem permitiu compreender os fundamentos, os benefícios e as aplicações da irrigação automatizada na cafeicultura, com destaque para o uso da irrigação localizada, tecnologia que vem ganhando relevância nas práticas agrícolas modernas.

A pesquisa se caracteriza como uma análise documental, fundamentada em fontes secundárias, ou seja, materiais já publicados e reconhecidos na área acadêmica e técnica (Silva, 2015). Entre essas fontes estão livros especializados, artigos científicos, dissertações, teses, manuais técnicos, publicações acadêmicas em formato PDF e conteúdos disponíveis em sites institucionais.

Para a coleta desses materiais, são utilizadas fontes acessíveis na internet, incluindo sites oficiais, portais acadêmicos e o Google Acadêmico, o que garante acesso a informações atualizadas e relevantes para a temática estudada.

Por meio da revisão bibliográfica, reúnem-se diferentes perspectivas, resultados de pesquisas, avanços tecnológicos e experiências já documentadas sobre a automação da irrigação. Esse processo contribui para a construção de um conhecimento técnico atualizado sobre os desafios e as oportunidades que essa tecnologia apresenta para a cafeicultura.

O trabalho busca identificar condições climáticas que influenciam a adoção de sistemas automatizados, bem como os impactos potenciais desta tecnologia na sustentabilidade da produção agrícola. A pesquisa, portanto, não se limitou à apresentação de dados, mas pretende promover uma reflexão embasada, visando as futuras ações práticas e projetos de inovação tecnológica voltados ao setor cafeeiro. Dessa forma, a abordagem metodológica adotada estruturou-se de forma a interpretar e buscar soluções viáveis para os desafios enfrentados pela cafeicultura.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 A Cafeicultura no Brasil

A cafeicultura tem se destacado no Brasil como uma das principais atividades agrícolas do país, consolidando o Brasil como o maior exportador de café do mundo. O setor ocupa posição de liderança no transporte internacional da commodity, abastecendo diversos mercados e contribuindo significativamente para a economia nacional (EMBRAPA, 2024).

Rondônia ocupa o quinto lugar entre os maiores estados exportadores de café do Brasil e destaca-se como o segundo maior produtor de café da espécie *Coffea Canephora* (*Conilon*), ficando atrás apenas do Espírito Santo (CONAB, 2024). Assim, compreende-se que o café, por sua vez, é uma bebida tão apreciada em diferentes lugares do mundo, sendo consumida diariamente por inúmeras pessoas em diferentes regiões e culturas.

Para manter colheitas satisfatórias o cenário é desafiador desafio, principalmente por causa das mudanças climáticas e da irregularidade das chuvas. Com isso, o manejo inteligente da água se torna cada vez mais importante, e é nesse ponto que a automação da irrigação ganha espaço.

3.4 Origens do café em Rondônia

A cafeicultura teve origem no estado de Rondônia no ano de 1975, por meio de um projeto da Embrapa Rondônia, que buscava diversificar a economia local e atender à demanda por uma atividade produtiva durante o ano inteiro (Marcolan, 2015). Antes disso, não havia uma cultura capaz de gerar trabalho contínuo, e o cultivo do café, no início, era adotado principalmente por grandes produtores, enquanto os pequenos ainda não dominavam as técnicas necessárias.

Compreende-se que a cafeicultura evoluiu bastante ao longo dos anos. Antigamente, trabalhava-se com o café comum, sem qualquer tipo de irrigação e com o tempo, surgiram melhorias nas lavouras, como o melhoramento genético das

plantas e a adoção de práticas mais modernas de manejo. A irrigação convencional passou a ser implantada para garantir melhores resultados e maior produtividade. Atualmente, o setor avançou ainda mais e muitos produtores já utilizam sistemas de irrigação automatizada, que oferecem maior precisão.

3.2 Principais espécies comerciais

A cafeicultura mundial destaca-se pela diversidade de espécies implantadas, cada uma conferindo características distintas, como produtividade, vigor e resistência a pragas e doenças. Entre as principais espécies comercializadas estão *Coffea Arabica* e *Coffea Canephora* (*Conilon/Robusta*). Para este trabalho, optou-se por abordar especialmente a *Coffea Canephora*, espécie que apresenta maior adaptação às condições edafoclimáticas da região amazônica, como temperaturas elevadas e boa disponibilidade hídrica. Essa característica faz com que seja a variedade predominante em Rondônia, garantindo melhor desempenho produtivo e maior estabilidade à cafeicultura local (EMBRAPA, 2004).

3.3 Exigências edafoclimáticas (clima e solo)

As condições de clima e solo influenciam diretamente o desenvolvimento e a produtividade do cafeeiro. A cultura do café se adapta melhor a regiões com temperaturas médias entre 18 °C e 23 °C e boa distribuição de chuvas ao longo do ano. Além disso, o solo deve apresentar boas condições físicas, químicas e biológicas, com capacidade de reter água e nutrientes de forma adequada para atender às necessidades da planta (Mesquita et al., 2016).

Considerando essas exigências ambientais, torna-se essencial utilizar práticas de manejo hídrico eficientes. Nesse contexto, a automação da irrigação ganha destaque, pois permite ajustar a quantidade de água conforme o clima, o tipo de solo e a fase de desenvolvimento da cultura, garantindo maior precisão e evitando desperdícios (Reis, 2015).

3.4 Origem e evolução da irrigação

A irrigação é uma das práticas agrícolas mais antigas da humanidade, utilizada pelas primeiras civilizações como estratégia essencial para garantir a produção de alimentos em regiões de clima árido ou com iscais hídrica. As grandes civilizações eram na margem dos rios Mesopotâmia, entre os rios Tigre e Eufrates (Ferreira, 2011).

Os agricultores perceberam que, ao rebaixarem as margens dos rios, encontravam terras de boa qualidade para realizar seus plantios, já que as sementes germinavam em um solo úmido e fértil. Contudo, essa prática apresentava um ponto negativo: durante o período chuvoso, os rios transbordavam e as plantações localizadas nessas áreas eram frequentemente destruídas pelas águas (Ferreira, 2011).

Com o passar dos anos tiveram a ideia de controlar as águas dos rios “Foi construída, então, às margens do Nilo, a primeira obra de irrigação a partir da construção de diques, represas e canais, para o aproveitamento das águas do rio” (Ferreira, 2011). A irrigação, nos tempos antigos, foi desenvolvida como uma estratégia para aumentar a produção de alimentos para as populações. Nesse contexto, surgiu como uma prática positiva, pois ajudava a suprir as necessidades básicas de alimentação e favorecia o desenvolvimento das primeiras sociedades agrícolas à margem dos rios.

Atualmente, estima-se que cerca de 1,6 bilhão de hectares de terras agrícolas no mundo estejam destinados à produção de cultivos anuais e perenes. Deste total, aproximadamente 310 milhões de hectares contam com sistemas de irrigação, representando cerca de 20% da área agricultada global, mas responsáveis por mais de 40% da produção agrícola mundial (Rodrigues, 2017).

Nas últimas cinco décadas, a área irrigada praticamente dobrou, passando de 139 milhões de hectares em 1961 para os atuais 310 milhões de hectares (Rodrigues, 2017). Em contrapartida, a agricultura não irrigada apresentou crescimento muito menor, com acréscimo de apenas 26 milhões de hectares (2,1%), sobre os cerca de 1,23 bilhão de hectares cultivados sem irrigação no início da década de 1960

(Rodrigues, 2017).

As irrigações atuais estão cada vez mais modernas, trazendo inovações tecnológicas que permitem maior eficiência no uso da água e aumento da produtividade agrícola. Entre os avanços mais relevantes estão o uso de sensores de umidade e temperatura, a automação do manejo hídrico e a integração com ferramentas digitais, como a Internet das Coisas (IoT) (Ferrari, 2022). Essas inovações possibilitam que a irrigação seja realizada de forma precisa, reduzindo desperdícios e contribuindo para a sustentabilidade da produção agrícola. Assim, a evolução da irrigação ao longo da história mostra como o uso de tecnologias, especialmente a automação, se tornou essencial para melhorar o desempenho agrícola e garantir sustentabilidade na produção (Ferrari, 2022).

3.5 Outorga de Água

A outorga de água é um instrumento legal que regula o uso dos recursos hídricos no Brasil, previsto na Lei nº 9.433/1997. Essa autorização permite o uso racional da água, seja para captação, irrigação, abastecimento ou lançamento de efluentes, com o objetivo de evitar conflitos entre usuários e garantir a preservação do recurso para as futuras gerações. Assim, para implantar sistemas de irrigação seja convencional ou automatizada o produtor deve possuir a outorga de uso da água, assegurando que o manejo hídrico de sua lavoura ocorra de forma legal, sustentável e compatível com a disponibilidade dos recursos hídricos da região.

3.6 Irrigação na cafeicultura

Para a região de Rondônia, é necessário implantar um sistema de irrigação de boa qualidade, uma vez que a cultura do café exige disponibilidade de água em todas as fases do seu desenvolvimento. O fornecimento adequado de água é

essencial para garantir o crescimento saudável das plantas e a produtividade da lavoura, especialmente durante a floração e a formação dos frutos, fases em que a deficiência hídrica pode comprometer seriamente a produção (CONAB, 2024). Diante desse cenário, torna-se relevante adotar sistemas de irrigação automatizada, que permitem maior precisão no uso da água, melhor desempenho das lavouras e um aumento significativo no rendimento produtivo.

3.7.2 Sistemas de irrigação

Existem basicamente duas formas de irrigação mais utilizadas na cafeicultura: a irrigação por aspersão e a irrigação localizada. Na irrigação por aspersão a água é aplicada nas folhas da cultura simulando uma chuva artificial; e na irrigação localizada a água é colocada próxima à planta. Cada uma dessas formas de irrigação requer um conjunto específico de materiais hidráulicos, mecânicos, elétricos e ou eletrônicos, que, em conjunto, compõem os sistemas de irrigação (Cararo, 2015).

A agricultura irrigada se desenvolve nas mais diferentes condições de meio físico, atendendo a uma grande variedade de culturas e de interesses sociais e econômicos, de forma que não é possível existir um único sistema de irrigação ideal, capaz de atender da melhor maneira a todas as condições e objetivos envolvidos. Em consequência, deve-se selecionar o sistema de irrigação mais adequado a cada condição em particular, considerando-se os interesses envolvidos. O processo de seleção deve ser baseado em uma criteriosa análise das condições presentes, em função das exigências de cada sistema de irrigação (Frizzone, 2017 pg. 01).

Com o manejo adequado da irrigação, há melhora no desenvolvimento da lavoura e elevação da qualidade da bebida produzida. Para alcançar esses resultados, é fundamental considerar fatores como os custos de aquisição, operação e manutenção do sistema; o levantamento topográfico da área; a disponibilidade e qualidade da água; as características físicas do solo; as condições climáticas locais; a escolha adequada do método de irrigação; a determinação da necessidade hídrica do cafeeiro; o dimensionamento agrônomico e hidráulico do projeto; a correta instalação e operação do equipamento; além do manejo eficiente e da avaliação da uniformidade de aplicação da água (Cararo, 2015).

3.6.2.1 Irrigação por aspersão

Esse sistema consiste na aplicação da água simulando uma chuva artificial, portanto, a água passa a ser aspergida sobre o cafeeiro com o fracionamento do jato d'água em gotas (Moraes, 2017). Existem diversos tipos de sistemas de aspersão utilizados na cafeicultura, que se diferenciam principalmente pela configuração de seus componentes, como tubos, conexões e aspersores.

Esses sistemas podem ser classificados como portáteis, semi fixo ou fixo, sendo escolhidos de acordo com as características da propriedade e as necessidades da cultura. A aspersão convencional é amplamente utilizada por sua capacidade de cobrir grandes áreas e por sua adaptabilidade a diferentes tipos de solo e topografia. Como limitações, este sistema apresenta: dificuldade de automação; maior dependência de mão de obra; abertura de grande número de valetas para enterrar os tubos em malha (Drumond, 2004).

3.6.2.2 Irrigação localizada

A irrigação localizada consiste na aplicação de água diretamente sobre o solo, restrita à área sombreada pela copa do cafeeiro, de forma a atender a zona radicular da planta. Neste método de irrigação se destacam dois tipos principais: o gotejamento e a microaspersão.

No sistema de gotejamento, a água é aplicada de forma pontual na superfície do solo. Os gotejadores podem ser instalados sobre a linha, na linha, numa extensão da linha ou serem manufaturados junto com o tubo da linha lateral, formando o que popularmente denomina-se “tripa” (Andrade, 2006).

Desta forma a irrigação será diretamente sobre a área de maior absorção das raízes do cafeeiro, utilizando gotejadores de baixa vazão, geralmente entre 1 e 10 litros por hora. Esse sistema permite irrigar com alta frequência, até várias vezes ao dia, mantendo a umidade do solo na zona radicular próxima da capacidade de campo, o que facilita a absorção de água pela planta e contribui para o desenvolvimento saudável do cafeeiro (Lima [s.d.]).

Os microaspersores distribuem a água em forma de jatos finos ou aerossóis (Testezlaf, 2017), permitindo uma molha controlada e uniforme ao redor das plantas, favorecendo diretamente o sistema radicular do cafeeiro. Esse método combina os benefícios da irrigação localizada com uma cobertura mais ampla que o gotejamento, ideal para o desenvolvimento equilibrado da planta (Coelho et al., 2014).

3.7 Automação da Irrigação no café

O sistema de irrigação vem evoluindo constantemente durante os anos. Com o crescimento da necessidade de economizar a água dos recursos hídricos e reduzir a demanda de mão de obra, tem intensificado, nos últimos anos, o uso de sistemas de automação e controle. Na cafeicultura, esses sistemas têm assumido um papel fundamental, contribuindo para o uso mais eficiente da água nas lavouras e garantindo maior regularidade no fornecimento hídrico, o que favorece o desenvolvimento das plantas e a produtividade (Testezlaf, 2017).

3.7.1 Funcionamento de um sistema automatizado

Para um processo de automatização é necessário construir um projeto a onde o mesmo estará recebendo sinais elétricos feito por micro controladores centrais, que são recebidos por acessórios, válvulas elétricas de relês (Meyer, 2005). Para um sistema de irrigação ser considerado automatizado é necessário coletar dados hidráulicos e de equipamento instalado no local, onde será feito a melhor estratégia de controle para ser feito a escolha dos recursos de hardware ou software necessários para a aplicação no sistema (Réis, 2015).

A irrigação automatizada consiste em um sistema hidráulico controlado por dispositivos eletrônicos, geralmente um controlador programável. Esse equipamento aciona bombas, válvulas e sensores de acordo com parâmetros previamente definidos, permitindo a aplicação de água de forma precisa, no momento adequado e na quantidade necessária para atender às necessidades da cultura (Reis, 2015).

3.7.2 Sensores de umidade do solo

Compreende-se que há diversos métodos para medir a umidade do solo e a utilização de sensores é um deles. Existem alguns monitoramentos com precisão, com tempo de leitura isso varia com o método que se escolhe a ser trabalhado. “Os sensores resistivos medem a condutividade elétrica do solo, que aumenta conforme a umidade do solo se eleva”, (ASSIS, AZEVEDO, p. 4, 2024).

Os métodos de medição de umidade do solo são classificados em dois que são diretos ou indiretos. O método direto tem que ser feito a coleta de uma amostra de solo, onde será retirada toda água que contém nesta amostra sendo feita a quantificação do volume de água retirado. Já o método indireto é utilizado as propriedades físicas “(capacitância, resistência elétrica, pressão e etc.) que variam de acordo com a quantidade de água presente no solo” (De Souza Mendes, 2006).

Costa et al. (2013) afirma que os métodos indiretos são amplamente utilizados em pesquisas e sistemas de agricultura de precisão para monitoramento do teor de água no solo, devido à praticidade, rapidez e a possibilidade de repetir medições em uma determinada área do solo várias vezes em um curto espaço de tempo a fim de reduzir a margem de erro das leituras. Segundo Silva et. al. (2008) para aumentar o nível de precisão dos métodos indiretos é necessário realizar calibrações para adaptação ao ambiente no qual o dispositivo de medição será implantado (Carvalho 2016, p. 16).

Os sensores de umidade solo implementam os métodos indiretos, pois atuam no monitoramento da variação de propriedades físicas do solo para estimar o volume de água contido no mesmo (Carvalho, 2016). Os sensores de umidade do solo é um dispositivo elétrico que foi desenvolvido para atender as necessidades dos produtores que precisam de sensor de alta qualidade e de uma boa estabilidade para medição de umidade relativa. Os valores medidos são convertidos em sinais de saída 4 a 20 mA linearmente relacionados a suas leituras. Por fornecer dados confiáveis através da variação de corrente elétrica conforme a umidade do solo, o sensor torna o sistema de irrigação automatizada mais preciso e eficiente (Ferrari, 2022).

3.7.3 Válvulas automáticas

As válvulas são dispositivos instalados para conduzir água, a mesma oferece controle onde permite interrupção de fluido. A válvula de acionamento possui conexões feitas para o encaixe dos tubos de PVC o que proporciona uma fácil instalação. A tensão de trabalho de 24Vcc suporta uma pressão de até 10 barra e água até 80°C (Ferrari, 2022). Nas irrigações automatizadas, as válvulas tem a função de abrir e fechar o fluxo de água de maneira automática, permitindo que o sistema aplique a irrigação apenas quando necessário e de forma precisa.

3.7.4 Monitoramento remoto e Internet das Coisas (IoT)

O monitoramento remoto é de suma importância para as tecnologias atuais, ajudando trabalhadores a terem um melhor controle da sua propriedade juntamente com a internet das coisas (IoT) facilita o desenvolvimento e compressão das atividades proposta pelo trabalhador. O IoT surgiu com o avanço da tecnologia a onde o mesmo tem a transmissão e leitura de dados com base na internet, onde os avanços ocorreram em sistemas embarcados, na microeletrônica, na comunicação e no sensoramento. Com o crescimento exponencial das tecnologias, dia após dia, a IoT tem recebido demandas nas mais diversas áreas, principalmente pelo seu potencial de aplicação (Santos, 2016).

As tecnologias de comunicação são muito importantes, pois se cria um canal entre internet e o objeto inteligente, além de outras comunicação com sensores e atuadores, pois tudo isso tem que ter acesso a energia elétrica, isso torna o fator crítico para internet das coisas. Há diversas tecnologias que podem ser usadas e devem ter parâmetros e características diferentes que as tornam únicas (Santos, 2016).

A IoT é fundamental para o sistema de irrigação automatizada, pois é ela que conecta todos os sensores, válvulas e controladores, permitindo que o sistema funcione de forma integrada e uniforme. Sem essa comunicação entre os dispositivos, o processo de automação não conseguiria operar de maneira contínua e eficiente (Santos, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Necessidade Hídrica do Café em Cada Fase de Desenvolvimento

Observou-se que o desenvolvimento do cafeeiro depende diretamente da disponibilidade adequada de água ao longo do seu ciclo produtivo. Para o estado de Rondônia, Marcolan (2015) destaca que o plantio deve ser realizado entre 1º de outubro e 31 de dezembro, período em que as chuvas estão mais estáveis. Esse período favorece o pegamento das mudas e o estabelecimento inicial das plantas, evitando estresse hídrico logo no início da lavoura.

Na fase de florada, que ocorre entre junho e setembro, Cararo (2015) explica que a irregularidade das chuvas pode prejudicar a produção, gerando floradas desuniformes. Isso significa que algumas plantas florescem mais cedo e outras mais tarde, causando despadronização na lavoura e dificultando a colheita. Sem irrigação nessa etapa, o resultado pode ser perda de botões florais e redução da produtividade.

Durante a fase de formação dos frutos (granação), entre julho e fevereiro, a necessidade de água aumenta, pois é nesse período que os frutos se desenvolvem e ganham peso. Conforme Cararo (2015), quando a planta não recebe água suficiente nessa fase, ocorre o abortamento de frutos, ou seja, os frutos caem antes mesmo de amadurecer. Por isso, muitos produtores intensificam a irrigação nessa etapa para garantir uma produção mais uniforme.

A colheita geralmente ocorre entre abril e julho, quando os frutos atingem o ponto ideal de maturação. Nessa fase, o excesso de água também deve ser evitado para não comprometer a qualidade do café, principalmente no teor de umidade dos grãos e no risco de fermentação indesejada.

4.2 Influência da irrigação na produção de café em Rondônia

A irrigação tem se mostrado um fator essencial para a produção de café em Rondônia, especialmente devido às variações climáticas da região. Observa-se que a

adoção de sistemas de irrigação vem crescendo entre os produtores, principalmente porque essa tecnologia melhora a produtividade e a qualidade dos grãos. Segundo a EMBRAPA (2024), a irrigação automatizada tem proporcionado maior controle no fornecimento de água às plantas, resultando em floradas mais uniformes e a bebida de melhor qualidade.

Com o avanço das tecnologias aplicadas ao manejo hídrico, observa-se uma evolução significativa na produtividade das lavouras ao longo dos anos. Para ilustrar essa progressão a Tabela 1 apresenta uma comparação entre sem irrigação, com irrigação convencional e com irrigação automatizada.

Tabela 1 - Produtividade dos sistemas de irrigação na cafeicultura.

Sistema	Produtividade (sacas/ha)	Comparação
Sem Irrigação	17	–
Irrigação Convencional	40-70	Produz mais que o sequeiro
Irrigação Automatizada	100-120	Produz muito mais que a convencional

Fonte: Autoria própria, com base em Cararo (2015), Santos (2021).

A tabela 1 demonstra que a irrigação automatizada vem ganhando espaço devido à sua maior eficiência, contribuindo para o aumento da produtividade ao longo dos anos.

Os dados da CONAB (2024) mostram que Rondônia se consolidou como uma das maiores produtoras de café do Brasil, ocupando lugar de destaque na produção de *Coffea canephora* (conilon), ficando atrás apenas do Espírito Santo. Esse crescimento está diretamente ligado ao uso de técnicas de manejo hídrico, como a irrigação, que permite manter a produção estável mesmo em períodos secos.

Por outro lado, os resultados também mostram desafios. Em 2023, a produção estadual sofreu uma queda significativa devido à forte seca que atingiu várias regiões do estado (CONAB, 2025). A falta de chuvas por longos períodos afetou diretamente

as lavouras de café, aumentando o número de grãos defeituosos e prejudicando a florada. Nesse cenário, ficou evidente que os sistemas de irrigação convencionais não foram suficientes para suprir as necessidades hídricas da cultura, pois não permitem um controle eficiente da quantidade de água aplicada.

Reis (2015) destaca que muitos produtores ainda utilizam métodos tradicionais de irrigação, sem monitoramento adequado. Isso causa desperdício de água e dificulta a identificação de falhas no sistema, como mangueiras rompidas ou vazamentos. Além de comprometer a produção, esse desperdício afeta diretamente as fontes de água da região, agravando a escassez hídrica.

4.3 Estudos de caso

No estado do Espírito Santo (Ferrari, Reis Ferreira, 2022) desenvolveu um sistema inteligente que objetiva a supervisão da irrigação por gotejamento, utilizando sensores de umidade, controle de nível, válvulas automatizadas e interface supervisionada. No referido trabalho, identificou-se que a automação reduziu desperdícios de água, melhorou o manejo hídrico e aumentou a eficiência operacional. O sistema permitiu irrigação mais precisa, especialmente em regiões de déficit hídrico, com melhoria na uniformidade da lavoura e maior produtividade.

Em Goiás (Anápolis) El Mann (2012) analisou-se economicamente a automação da irrigação por gotejamento na cafeicultura. Foram comparados três sistemas: manual de 8h, manual de 21h e automatizado de 21h. Compreendeu-se que o sistema automatizado teve maior custo inicial, a mesma apresenta economia significativa ao longo de 10 anos 1,4% em relação ao manual de 21h e 28,72% em relação ao manual de 8h. O estudo demonstrou que a automação proporciona redução de custos operacionais, menor consumo de água e melhor eficiência produtiva.

Os estudos analisados demonstram que a automação da irrigação traz benefícios significativos tanto para o produtor quanto para os recursos hídricos, pois proporciona economia de água, redução de mão de obra e aumento na produtividade. Os resultados indicam que adotar um sistema de irrigação automatizado é altamente vantajoso, especialmente para a região de Rondônia, que vem enfrentando mudanças climáticas.

4.4 Irrigação automatizada na cafeicultura

Segundo a EMBRAPA (2006), os sistemas de irrigação localizada molham entre 20% e 80% da área total, o que proporciona maior direcionamento da água ao sistema radicular. Quando associada à automação, essa técnica possui potencial de alcançar eficiência significativa, pois reduz perdas por evaporação, deriva e falhas de manejo, garantindo que a água seja aplicada exatamente onde e quando a planta necessita.

Compreende-se que, para a região de Rondônia, a irrigação automatizada surge como uma solução eficiente para melhorar o manejo hídrico na cafeicultura. Isso porque a cultura do café exige disponibilidade de água ao longo de todo o seu ciclo produtivo, especialmente nas fases de floração e formação dos frutos, que são muito sensíveis ao estresse hídrico (CONAB, 2024). Quando falta água nessas etapas, a lavoura sofre queda de produtividade, atraso no crescimento e abortamento das flores, o que compromete a produção.

De acordo com Reis (2015), a irrigação automatizada permite monitoramento remoto e controle em tempo real do sistema. Assim, o produtor não precisa estar sempre na lavoura para fazer a irrigação manualmente, pois pode acompanhar o funcionamento do sistema à distância. Em caso de falhas simples, ajustes podem ser feitos diretamente de casa. Somente quando ocorre um problema mais grave é necessário ir até a unidade de comando para correções.

O sistema automatizado utiliza sensores de umidade instalados no solo que medem constantemente o nível de água disponível para as plantas. Quando o solo está seco, os sensores enviam um sinal para a central de controle, que aciona automaticamente a bomba d'água e libera a irrigação. Segundo Brito (2024), esses sensores podem usar tecnologia resistiva ou capacitiva para medir a umidade do solo e enviam as informações para a placa controladora.

Além disso, a água que vai para os microaspersores passa antes por filtros, que impedem o entupimento da tubulação e garantem a eficiência da irrigação. O acionamento do sistema é feito por meio de relés, que abrem e fecham os setores conforme a necessidade de cada área da plantação. Outro componente essencial do sistema é a válvula solenoide, que controla o fluxo de água nas linhas de irrigação.

Quando a umidade do solo atinge o nível adequado, a válvula se fecha automaticamente; quando está baixa, ela se abre para liberar água (Brito, 2024). Todo esse processo é controlado pela placa ESP32, responsável por interpretar os dados dos sensores e executar os comandos.

Com isso, o produtor consegue monitorar a lavoura em tempo real, inclusive identificando possíveis falhas, como mangueiras furadas ou excesso de irrigação. Esse sistema é considerado uma aplicação prática do IoT no campo, pois conecta sensores, válvulas e controladores à internet, permitindo automação e monitoramento remoto.

A irrigação automatizada apresenta diversas vantagens para a cafeicultura. Entre elas, destacam-se o menor custo com mão de obra, menor gasto com energia, o melhor desempenho produtivo, já que o cafeeiro é irrigado de forma uniforme, e a redução do desperdício de água. Além disso, o sistema contribui para uma melhor florada e uma formação mais uniforme dos grãos, evitando o abortamento das flores por falta de água e garantindo uma maturação mais equilibrada dos frutos. Desvantagens a falta de profissionais capacitados no estado de Rondônia para realizar a instalação e manutenção do sistema, além dos custos iniciais mais elevados para sua implantação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS OU CONCLUSÃO

Durante a elaboração deste trabalho de conclusão de curso foi possível obter um conhecimento mais aprofundado sobre a irrigação automatizada na cafeicultura. Compreende-se que a irrigação é um fator essencial para o desenvolvimento das lavouras de café em Rondônia, pois o cafeeiro necessita de água em todas as fases de crescimento, floração e na formação dos grãos. Quando essa necessidade hídrica não é atendida, a produção fica comprometida, resultando em baixa produtividade e perda da qualidade dos grãos.

Pode-se ver que a irrigação convencional ainda é muito utilizada pelos produtores da região; porém, esse método apresenta diversos problemas, como desperdício de água, falta de controle da umidade do solo e dificuldade para identificar falhas no sistema, como vazamentos e rompimentos na tubulação. Além disso, os efeitos climáticos, como as estiagens prolongadas, têm afetado diretamente a produção de café nos últimos anos, as necessidades de novas alternativas de manejo hídrico para garantir a sustentabilidade da cultura.

Observa-se que a irrigação automatizada se mostrou uma solução eficiente para melhorar o uso da água na agricultura, permitindo o controle preciso da irrigação por meio de sensores e monitoramento remoto. Essa tecnologia evita desperdícios, reduz custos com mão de obra e proporciona melhores condições para o desenvolvimento das plantas. Entre os principais benefícios observados estão a maior uniformidade da lavoura, floração mais equilibrada, frutos de melhor qualidade e aumento na produtividade.

O estudo também identificou desafios que ainda precisam ser melhorados, como o custo inicial para instalação do sistema automatizado e a falta de profissionais capacitados para atuar nessa área em Rondônia. Apesar disso, compreende-se que investir nessa tecnologia é um caminho necessário para o desenvolvimento da cafeicultura tornando-a, mais sustentável e preparada para enfrentar as mudanças climáticas.

Durante a pesquisa, identificou-se que existem diferentes sistemas de irrigação aplicados à cafeicultura, como a irrigação por superfície e a irrigação por aspersão. Embora esses métodos sejam amplamente utilizados, apresentam limitações quanto à eficiência no uso da água e ao controle da distribuição hídrica. A irrigação por superfície, apesar de simples e de menor custo, causa grandes perdas

por infiltração e evaporação. Já a aspersão exige maior gasto de energia e pode sofrer interferência do vento.

Diante dessas limitações, conclui-se que o sistema de irrigação localizada é o mais vantajoso para as condições de Rondônia, pois além de garantir melhor aproveitamento da água e atender com precisão as necessidades do cafeeiro, é também o mais adequado para a automação da irrigação, permitindo o controle preciso do manejo hídrico e contribuindo para uma produção mais sustentável e eficiente.

Conclui-se que a irrigação automatizada representa uma importante inovação para a cafeicultura rondoniense, oferecendo resultados positivos tanto na produção quanto na economia de recursos hídricos. Sendo assim, recomenda-se que produtores rurais recebam apoio técnico para estar aprimorando os conhecimentos com novas tecnologias, garantindo avanços no setor cafeeiro e contribuindo para o desenvolvimento econômico da região.

6. AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, proteção e sabedoria concedidas ao longo desta caminhada, permitindo-me superar mais uma etapa significativa da minha vida acadêmica. Aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio incansável e incentivo constante, sempre presentes nos momentos de dificuldade e mostrando, com seu exemplo, que os desafios fazem parte da vida e podem ser vencidos com perseverança.

Ao meu marido, pela paciência, compreensão e apoio inestimável, estando ao meu lado em todas as circunstâncias, oferecendo palavras de encorajamento e motivação que me fortaleceram para seguir firme em meus objetivos. À minha avó, pelo carinho, pelos ensinamentos e pelo exemplo de vida, que sempre me inspiraram a lutar pelos meus sonhos com humildade, fé e dedicação.

Aos meus amigos, pela amizade sincera, pelo companheirismo e pelos conselhos ao longo desta trajetória, que contribuíram para que eu mantivesse a determinação e não desistisse dos meus ideais. Aos meus professores, pela dedicação, paciência e generosidade na partilha do conhecimento, fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal, orientando com sabedoria nesta jornada de aprendizado.

Agradeço ao meu orientador, Nathan Wesley Santos Silva, pelo apoio fundamental na elaboração deste trabalho. Sua orientação dedicada, a disposição para esclarecer dúvidas e a contribuição para meu entendimento sobre cada etapa da pesquisa foram essenciais para o bom andamento deste estudo.

Expresso também minha gratidão ao meu coorientador, Tássio de Santana do Vale, pelo auxílio constante na formatação e organização do trabalho. Sua atenção, acompanhamento e disponibilidade para orientar sempre que necessário contribuíram significativamente para a construção deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

ABIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Indicadores da Indústria de Café 2024**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em:

https://www.abic.com.br/wp-content/uploads/2025/05/Indicadores-da-Industria-2024_-Site.pdf. Acesso em: 27 jan. 2025.

ANDRADE, Camilo. **Métodos de irrigação e quimigação: métodos de irrigação**. Sete Lagoas-MG, 2006. Disponível em:

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19630/1/Circ_86.pdf. Acesso em: 10 set. 2025.

ASSIS, Kamila Cristina de Credo; AZEVEDO, Rodrigo Ferraz. **Monitoramento da umidade do solo: análise de tecnologias para agricultura de precisão**. Flextronic Instituto de Tecnologia, 2024. (Uso de Tecnologia para Monitoramento Ambiental). Disponível em:

<https://meioambientepocos.com.br/anais/Anais2024/Monitoramento%20Da%20Umidade%20Do%20Solo%20An%C3%A1lise%20De%20Tecnologias%20Para%20Agricultura%20De%20Precis%C3%A3o.pdf> 10 set. 2025

BATISTA, Luiz. **Características morfofisiológicas de cafeeiros Coffea arabica L.** Lavras-MG, 2010. Disponível em:

<https://sbicafe.ufv.br/server/api/core/bitstreams/50672074-4841-4bda-be89-c8a584b4088d/content>. Acesso em: 01 set. 2025.

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 18 out. 2025.

BRITO, Vitor Gabriel Sales de et al. **Sistema de irrigação inteligente: automação e eficiência utilizando tecnologias IoT**. Revista Científica da UNEMAT, Cáceres-MT, v. 12, n. 2, p. 45-58, 2024. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/386754525_SISTEMA_DE_IRRIGACAO_I_NTELIGENTE_AUTOMACAO_E_EFICIENCIA_UTILIZANDO_TECNOLOGIAS_IoT.

Acesso em: 18 out. 2025.

CARARO, D. C.; DIAS, A. F. de S. **Irrigação em cafeeiros**. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Ed.). *Café na Amazônia*. Brasília-DF: Embrapa, 2015. p. 311-345. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1040722>. Acesso em: 5 maio 2025.

CARVALHO, Matheus Souza de. **Sensor para monitoramento de umidade do solo utilizando energia solar**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2016. Disponível em: <https://www.quixada.ufc.br/wp-content/uploads/2017/03/2016-1-ES-MATHEUS-SOUZA-DE-CARVALHO.pdf>. Acesso em: 5 maio 2025.

CARVALHO, Julian. **Manual do café: implantação de cafezais (Coffea arábica L.)**. Belo Horizonte: Emater-MG, 2016. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_implantacao_cafezais.pdf. Acesso em: 9 set. 2025.

COELHO, E. F. et al. **Irrigação localizada: gotejamento e microaspersão**. 2. ed. Brasília-DF: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/485302/1/Circ14.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café – Safra 2024, 2º levantamento**. Brasília-DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cafe/2o-levantamento-de-cafe-safra-2024/boletim-cafe-maio-2024>. Acesso em: 25 maio 2025.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **3º Levantamento da Safra de Café – Safra 2025**. Brasília-DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cafe/3o-levantamento-de-cafe-safra-2025/boletim-cafe-setembro-2025>. Acesso em: 9 set. 2025.

DE SOUZA MENDES, Paulo Cesar. **Caracterização de um sensor para medição de umidade do solo com termo-resistor a temperatura constante**. Salvador-BA: Universidade Federal da Bahia, 2006. Disponível em:

<http://ppgee.eng.ufba.br/teses/ac6732a9863784f9755479cd130662e4.pdf>. Acesso em: 5 maio 2025.

DRUMOND, L. C.; FERNANDES, A. L. T. **Utilização da aspersão em malha na cafeicultura familiar**. Uberaba: Universidade de Uberaba, 2004. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca>. Acesso em: 5 fev. 2025.

EL MANN, Anna Paula. **Viabilidade econômica de automação no sistema de irrigação por gotejamento no cafeeiro**. 2012. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação(Bacharel em Engenharia Agrícola) - Campus Central - Sede: Anápolis - CET - Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO

EMBRAPA. **Perfil socioeconômico e produtivo dos cafeicultores da região das Matas de Rondônia**. Porto Velho-RO: Embrapa Rondônia, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1168204/perfil-socioeconomico-e-produtivo-dos-cafeicultores-da-regiao-das-matas-de-rondonia>. Acesso em: 5 maio 2025.

EMBRAPA. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho-RO: Embrapa, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/906832/1/Doc93cafe.pdf>. Acesso em: 5 maio 2025.

EMBRAPA. **Métodos de irrigação e quimigação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490418/1/Circ86.pdf> Acesso em: 21 nov. 2025.

FARIA, A. C. dos S.; MANOLESCU, F. M. K. **A produção de café no Brasil**. São José dos Campos-SP: Universidade do Vale do Paraíba, 2004. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC6-8.pdf. Acesso em: 5 maio 2025.

FERRARI, Hugo de Souza; REIS, Pablo George dos Santos; FERREIRA, Thiago lima de. **Sistema inteligente de irrigação para lavoura de café Conilon com**

interface ao produtor. São Paulo: Universidade São Judas Tadeu, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/fef902e8-ef6a-439d-9416-f9a8d10662f1/download>. Acesso em: 10 set. 2025.

FERREIRA, Valber Mendes. **Irrigação e drenagem**. Floriano-PI: EDUFPI, 2011. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/irrigacao/livros/IRRIGACAO%20E%20ODRENAGEM%20E%20TEC.pdf>. Acesso em: 10 set. 2025.

FRIZZONE, José Antônio. **Os métodos de irrigação**. Notas de aula da disciplina LEB 1571 – Irrigação, Departamento de Engenharia de Biosistemas, Curso de Engenharia Agrônômica – ESALQ/USP, Piracicaba, 2017. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/TEXTO_COMPLEMENTAR_1_-_METODOS_DE_IRRIGACAO.pdf Acesso em: 4 jul. 2025.

GUERRA, Antonio Fernando et al. **Cafés do Brasil: pesquisa, sustentabilidade e inovação**. In: TELHADO, S. F. P.; CAPDEVILLE, G. de (Org.). Tecnologias poupa-terra 2021. Brasília-DF: Embrapa, 2021. p. 63-75. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1131625/1/Cafe769s-do-Brasil.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2025.

JARDIN, Mitura. **A chegada do café no Brasil. 2020**. Disponível em: <https://www.bomjardim.rj.gov.br/acervo/documento%20cafe%20brasil.pdf>. Acesso em: 14 maio 2025.

MARCOLAN, Alaerto Luiz; ESPINDULA, Marcelo Curitiba (Ed.). **Café na Amazônia**. Brasília-DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1023755/cafe-na-amazonia>. Acesso em: 12 set. 2025.

MEDEIROS, Rodrigo de Vasconcellos Viana; RODRIGUES, Patrícia Mattos Amato. **A economia cafeeira no Brasil e a importância das inovações para essa cadeia**. A Economia em Revista, v. 25, n. 1, p. 1-15, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320309831_A_ECONOMIA_CAFEEIRA_NO_BRASIL_E_A_IMPORTANCIA_DAS_INOVACOES_PARA_ESSA_CADEIA. Acesso em: 10 set. 2025.

MESQUITA, Carlos Magno de et al. **Manual do café: implantação de cafezais Coffea arábica L.** Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_implantacao_cafezais.pdf. Acesso em: 4 out. 2025.

MORAES, Dayane Dalle Vedove de; FORATTO, Leticia Cecilia; GUALBERTO, Ronan. **Sistema de irrigação por aspersão via autopropelido: revisão de literatura.** Unimar Ciências, v. 26, n. 1-2, p. 163-169, 2017. Disponível em: <https://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/554>. Acesso em: 4 maio 2025.

MEYER, Gabriel Ladeira. **Controle de sistemas de irrigação com monitoramento via programação.** Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2005. Acesso em: 27 jan. 2025.

RAMALHO, André. **Cultivares de cafeeiros Conilon e Robusta indicadas para o Estado de Rondônia.** Porto Velho-RO, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111222/1/cot348-cafe.pdf>. Acesso em: 9 set. 2025.

REIS, Jéssica Sarto dos. **Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola.** Cornélio Procópio: UTFPR, 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27319/1/CP_COAUT_2015_1_05.pdf. Acesso em: 4 maio 2025.

RODRIGUES, Allan Maciel. **Projeto de automação de irrigadora agrícola de pivô central usando comunicação LoRa.** Ponta Grossa: UTFPR, 2022. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/34076/1/automacaoirrigadorcomunicacaolora.pdf>. Acesso em: 4 maio 2025.

RODRIGUES, Lineu Neiva; DOMINGUES, Antônio Félix. **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável.** Brasília-DF: INOVAGRI; Embrapa Cerrados, 2017. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1081898/1/Agricultural_riregada.pdf. Acesso em: 10 set. 2025.

SANTOS, Lorena Beatriz. **Sistema automatizado para controle de umidade e temperatura em cultura de morangos aplicados aos pequenos produtores.**

Brasília-DF: Uniceub, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/5938/1/21016773.pdf>. Acesso em: 10 set. 2025.

SANTOS, Tiago Roberto Silva; SILVA, Ricardo Gilson da Costa. **Modernização e as regiões do café em Rondônia.** ACTA Geográfica, Boa Vista, v. 15, n. 38, p. 124-

147, maio/ago. 2021. ISSN 1980-5772. e-ISSN 2177-4307. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/364407279_MODERNIZACAO_E_AS_REGIOES_DO_CAFE_EM_RONDONIA Acesso em: 21 nov. 2025.

SILVA, Airton Marques da. **Metodologia da pesquisa.** 2. ed. rev. Fortaleza, 2015.

Disponível em:

https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/432206/2/Livro_Metodologia%20da%20Pesquisa%20-%20Comum%20a%20todos%20os%20cursos.pdf. Acesso em: 18 out. 2024.

TESTEZLAF, R.; DE F. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações.** Campinas-SP: UNICAMP, 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/318197795_Irigacao_metodos_sistemas_e_aplicacoes. Acesso em: 10 set. 2025.