



GESTÃO HÍDRICA SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL: UMA ABORDAGEM PEDAGÓGICA ABRANGENTE SOBRE A IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6313

Autores: PEDRO HENRIQUE FIRMINO LUCIO, LANNAY LEAL MOURA ROCHA, João CARLOS DE MOURA LEAL

Resumo: A engenharia civil tem um papel fundamental na gestão sustentável da água, particularmente na agricultura, por meio do planejamento e da implementação de sistemas de irrigação eficazes. Em regiões com falta de água, como Alagoas, a irrigação por gotejamento se destaca como uma alternativa sustentável, pois é uma solução ecologicamente eficiente que reduz o desperdício de água e o uso de insumos. A implementação dessa tecnologia não apenas melhora a utilização de água e fertilizantes, mas também tem um efeito positivo na produtividade agrícola e na lucratividade do produtor, auxiliando na segurança hídrica e alimentar do país. Para isso, é essencial que a formação em engenharia civil adote uma perspectiva integrada, capacitando os profissionais para criar projetos que levem em conta os fatores ambientais, sociais e econômicos, além de estarem aptos para lidar com os desafios da transição para uma agricultura mais produtiva e resistente.

Palavras-chave: Engenharia, sustentável, método, gotejamento, agricultura, econômico.



GESTÃO HÍDRICA SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL: UMA ABORDAGEM PEDAGÓGICA ABRANGENTE SOBRE A IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda global por alimentos, aliada aos desafios das mudanças climáticas e da escassez de água, tornou a gestão sustentável da água um pilar fundamental da segurança alimentar e do desenvolvimento socioeconômico. Nesse contexto, a engenharia civil emergiu como uma disciplina estratégica que desempenha um papel vital no planejamento, projeto, implementação e gestão de infraestrutura hídrica para garantir o uso eficiente dos recursos hídricos, especialmente no setor agrícola. A irrigação agrícola é um elemento-chave para aumentar a produtividade em áreas com escassez de água e está diretamente integrada à área de infraestrutura hídrica na engenharia civil, abrangendo todos os aspectos, desde a coleta e transporte de água até a distribuição e drenagem.

A necessidade de sistemas de irrigação eficientes não se limita à produtividade agrícola, mas também à sustentabilidade ambiental e econômica. Em muitas partes do mundo, especialmente em climas semiáridos, otimizar o uso da água na agricultura é fundamental para mitigar os efeitos da seca e garantir a sobrevivência das culturas. No Brasil, especialmente no estado de Alagoas, com sua agricultura desenvolvida e que sofre com a seca crônica, a adoção de tecnologias avançadas de irrigação é particularmente importante.

Este artigo propõe uma abordagem pedagógica para explorar as vantagens e a aplicabilidade dos sistemas de irrigação por gotejamento como uma solução ecoeficiente sob a perspectiva da engenharia civil. O objetivo é ampliar os horizontes dos futuros engenheiros civis em relação às tecnologias aplicáveis e às possibilidades de sustentabilidade no planejamento de infraestrutura agrícola em regiões semiáridas. Este artigo comparará a eficiência do uso da água e os impactos ambientais da irrigação por gotejamento com os de sistemas convencionais, com foco especial no estado de Alagoas. Acreditamos que uma compreensão mais aprofundada dos princípios, do funcionamento e das vantagens da irrigação por gotejamento permitirá que os profissionais de engenharia desenvolvam projetos mais sustentáveis e resilientes, contribuindo significativamente para a segurança hídrica e alimentar do país.

2 MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO E A BUSCA PELA EFICIÊNCIA HÍDRICA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

A escolha do método de irrigação afeta diretamente a quantidade de água utilizada, os custos operacionais e o impacto ambiental das atividades agrícolas. Diversos sistemas de irrigação foram desenvolvidos ao longo da história, cada um com suas próprias características e níveis de eficiência. Compreender as diferenças entre eles é essencial para a tomada de decisões em projetos de engenharia civil agrícola.

2.1 Visão Geral dos Sistemas de Irrigação Convencionais

Os sistemas de irrigação mais comuns historicamente incluem irrigação por sulcos, onde envolve a condução de água por meio de pequenos canais ou sulcos ao longo das fileiras de plantas. Trata-se de um método simples e com baixo custo de instalação, porém costuma ter baixa eficiência hídrica, pois há perdas consideráveis por escoamento superficial e percolação profunda.

Irrigação por Inundação ou Superfície: A água é despejada na superfície do solo, alagando a região que precisa ser irrigada. Apesar de ser amplamente empregado em culturas como o arroz, demanda grandes quantidades de água e apresenta baixa eficiência no uso hídrico, além de poder provocar problemas de salinização do solo.

Aspersão: esse método reproduz a chuva artificialmente, utilizando bocais pressurizados que espalham a água sobre a área plantada. Em comparação com os métodos de superfície, a aspersão proporciona um controle mais eficiente da distribuição da água; no entanto, ainda pode enfrentar perdas devido à evaporação e ao arraste pelo vento, principalmente em regiões de clima quente e seco. A aspersão tem, em geral, uma eficiência hídrica que varia de 60% a 80%.

Gotejamento: simboliza um avanço nas técnicas de distribuição de água, proporcionando uma aplicação exata e localizada. Esse sistema entrega água diretamente à raiz da planta por meio de emissores de baixa vazão, chamados de gotejadores. A água é liberada continuamente na quantidade exata que cada planta precisa, o que diminui significativamente o desperdício e aumenta a eficiência. O gotejamento apresenta uma eficiência hídrica notavelmente alta, variando de 85% a 95%.

2.2 Comparativo Técnico entre Gotejamento e Aspersão

A tabela a seguir apresenta uma comparação detalhada dos principais critérios técnicos dos sistemas de gotejamento e aspersão, destacando as vantagens do gotejamento em relação à sustentabilidade e eficiência:

Tabela 1 – Comparativo Técnico

Critério	Gotejamento	Aspersão
Eficiência Hídrica	85-95%	60-80%
Perda por Evaporação	5-10%	20-30%
Custo de Instalação	Alto	Médio
Frequência de Manutenção	Alta	Média
Impacto no Solo	Reduzido risco de compactação e erosão	Potencial de compactação e erosão
Uso de Energia	Baixo (menor pressão)	Moderado (maior pressão)

Fonte: Autor

A análise comparativa mostra que, embora o sistema de gotejamento tenha um custo inicial mais alto e exija mais manutenção, ele traz benefícios consideráveis em relação à eficiência do uso da água e ao impacto ambiental. A técnica de aplicar água e fertilizantes diretamente na zona radicular da planta (fertirrigação) maximiza a utilização de insumos e reduz as perdas, gerando maior produtividade com menor gasto de recursos.

3 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE GOTEJAMENTO: COMPONENTES E OPERAÇÃO

O sistema de irrigação por gotejamento é uma solução de engenharia avançada, desenvolvida para maximizar a distribuição de água e nutrientes para as plantas. Seu funcionamento se fundamenta na aplicação localizada e controlada de pequenas quantidades de água diretamente na região das raízes das culturas. Para que esse processo seja eficaz, o sistema é formado por vários componentes interconectados, cada um desempenhando uma função específica.

3.1 Componentes Essenciais do Sistema de Gotejamento

Os principais componentes de um sistema de irrigação por gotejamento são:

- **Fonte de Água:** Pode ter origem em poços, rios, açudes, reservatórios ou sistemas de coleta de água pluvial. A qualidade e a disponibilidade da água são elementos essenciais a serem levados em conta ao projetar o sistema.
- **Bomba Pressurizadora:** encarregada de aumentar a pressão da água da fonte para que ela possa percorrer toda a rede de tubulações e gotejadores. Para assegurar a consistência da aplicação, é essencial dimensionar a bomba corretamente.
- **Filtros:** fundamentais para eliminar impurezas, partículas sólidas e algas da água, prevenindo bloqueios nos emissores e gotejadores. A escolha do filtro — seja de tela, disco ou areia — varia de acordo com a qualidade da água e o volume de irrigação.
- **Tubulação Principal e Secundária:** A tubulação principal leva a água da estação de bombeamento e filtragem até as áreas de cultivo. As tubulações secundárias, também conhecidas como linhas laterais, derivam da tubulação principal e transportam a água até as linhas de gotejamento. Normalmente, emprega-se tubulação de PVC ou de polietileno de alta densidade.
- **Emissores/Gotejadores:** são aparelhos que liberam água de maneira controlada, gota a gota, diretamente na área onde as raízes das plantas estão. Há várias categorias de gotejadores, como os autocompensantes (que preservam uma vazão constante, independentemente das flutuações de pressão) e os não autocompensantes. A seleção do gotejador varia de acordo com o tipo de cultura, o espaçamento entre as plantas e as características do solo.
- **Válvulas e Sensores de Controle:** As válvulas possibilitam o controle do fluxo de água e o isolamento de partes do sistema para manutenção ou irrigação de setores distintos. Para automatizar a irrigação, é possível incorporar sensores de umidade do solo e sensores climáticos ao sistema, assegurando que a água seja utilizada apenas quando e onde for realmente necessária.
- **Controladores/Programadores:** Aparelhos eletrônicos que possibilitam a programação dos horários e da duração da irrigação, além de incorporar dados dos sensores para maximizar o uso da água.

3.2 Princípio de Funcionamento e Otimização da Eficiência

A aplicação precisa e localizada de água é o fundamento básico do gotejamento. A bomba pressurizadora capta a água da fonte e a impulsiona pelos filtros, que eliminam todas as impurezas. A água filtrada é conduzida até as linhas de gotejamento por meio das tubulações principais e secundárias. Nessas linhas, a água é liberada de maneira contínua e em pequenas quantidades pelos emissores/gotejadores, indo diretamente à raiz da planta.

Essa aplicação direcionada reduz ao mínimo as perdas por evaporação superficial e escoamento, problemas frequentes em outros sistemas de irrigação. Ademais, o gotejamento previne o excesso de umidade nas folhas, o que ajuda a diminuir a ocorrência de pragas e doenças fúngicas, melhorando a saúde da cultura.

Uma característica importante é a capacidade de integrar a fertirrigação ao sistema de gotejamento. A fertirrigação é o processo de aplicar fertilizantes dissolvidos na água de irrigação, fornecendo os nutrientes diretamente à zona radicular da planta. Isso melhora a absorção de nutrientes, diminui a necessidade de fertilizantes e reduz a lixiviação, gerando menos danos ao meio ambiente e aumentando a eficiência nutricional das culturas.

A automação do sistema, utilizando controladores e sensores, aumenta ainda mais a eficácia do gotejamento. Sensores de umidade do solo, por exemplo, podem identificar a quantidade precisa de água que as plantas precisam, ativando a irrigação somente quando os níveis de umidade ficam abaixo de um certo limite. Isso previne tanto o superaquecimento quanto o subaquecimento, assegurando o regime hídrico adequado para o crescimento das culturas.

4 APLICAÇÃO REGIONAL: IRRIGAÇÃO E EFICIÊNCIA HÍDRICA EM ALAGOAS

Localizado no Nordeste brasileiro, o estado de Alagoas possui características geográficas e climáticas que o tornam um exemplo significativo para a implementação de tecnologias de irrigação eficazes. Com uma extensão territorial de 27.767 km², dos quais cerca de 6.200 km² são destinados à agricultura (IBGE, 2021), a relevância da irrigação no planejamento territorial do estado é indiscutível.

4.1 Clima e Necessidade de Irrigação em Alagoas

Alagoas apresenta uma longa estação seca, que vai de agosto a março, e uma estação chuvosa, que ocorre de abril a julho. Essa variação climática faz com que a agricultura irrigada seja fundamental para sustentar a produtividade de culturas que são vitais para a economia local, como cana-de-açúcar, coco, banana, hortaliças e várias frutas (SOUZA et al., 2019). A falta de irrigação comprometeria seriamente a produtividade dessas culturas durante os meses de estiagem, o que afetaria a segurança alimentar e a renda dos agricultores.

No estado, os métodos de irrigação mais comuns são a irrigação por sulco e a aspersão. Contudo, esses métodos têm uma eficiência hídrica de aproximadamente 65%, o que é relativamente baixo. Isso resulta em um considerável desperdício de água, que pode atingir 2.500 m³/ha por ciclo de cultivo (SEAGRI, 2023). Essa prática é insustentável a longo prazo, principalmente diante dos desafios relacionados à disponibilidade de água na região.

4.2 Potencial de Economia Hídrica com o Gotejamento em Alagoas

Pesquisas e análises têm mostrado de forma consistente o grande potencial de economia de água que a implementação da irrigação por gotejamento poderia proporcionar ao estado de Alagoas. Estudos apontam que o sistema de gotejamento pode diminuir as perdas de água para menos de 500 m³/ha por ciclo, resultando em uma economia média de 60 a 70% em relação aos métodos tradicionais (OLIVEIRA et al., 2018).

Quando projetada para a escala estadual, a magnitude dessa economia é ainda mais impressionante. Caso o sistema de gotejamento fosse implementado em apenas metade da área irrigada de Alagoas, a economia de água poderia chegar a até 90 milhões de m³ anuais (UFAL, 2020). Esse montante equivale a uma quantidade significativa de água que poderia ser redirecionada para diferentes finalidades, como abastecimento público ou atendimento às demandas de comunidades rurais, ou simplesmente preservada para as gerações futuras.

Além da economia direta de água, o gotejamento oferece outros benefícios significativos para a agricultura alagoana: **Otimização do Uso de Fertilizantes:** A fertirrigação pode reduzir a quantidade de fertilizantes em até 40% (de 150 kg/ha para 90 kg/ha, de acordo com a tabela comparativa regional), diminuindo a contaminação do solo e da água. **Minimização do Risco de Compactação e Salinização do Solo:** A irrigação localizada previne o acúmulo excessivo de umidade, que pode resultar em compactação e salinização, principalmente em solos com baixa capacidade de drenagem. **Menor Consumo Energético:** O gotejamento utiliza pressões mais baixas do que a aspersão, o que reduz o consumo de energia elétrica para bombear água. Isso ajuda a diminuir os custos operacionais e a pegada de carbono na produção agrícola.

4.3 Tabela Comparativa Regional: Impactos da Transição para o Gotejamento em Alagoas

A tabela a seguir exemplifica os benefícios tangíveis da mudança para o sistema de gotejamento em Alagoas, comparando os indicadores de desempenho dos sistemas de aspersão (atualmente predominante) e gotejamento (projetado):

Tabela 2 – Tabela Regional dos Impactos da Transição dos métodos.

Indicador	Aspersão (atual)	Gotejamento (projetado)
Eficiência Hídrica (%)	60-70%	85-95%
Perda de Água (m ³ /ha/ciclo)	~2.500	<500
Uso de Fertilizantes (Kg/ha)	150	90
Risco de Compactação/Salinização	Elevado	Baixo
Consumo Energético (kWh/ha/ciclo)	Moderado	Baixo
Produtividade Agrícola	Moderada	Elevada (devido à otimização de água e nutrientes)
Rentabilidade do Produtor	Limitada por custos de água e insumos	Aumentada por economia de recursos e maior produtividade
Impacto Ambiental	Elevado (desperdício, lixiviação)	Reduzido (conservação, menor poluição)

Fonte: Autor

A análise dessa tabela destaca tanto a urgência quanto a viabilidade da implementação em larga escala da irrigação por gotejamento em Alagoas. Os benefícios vão além da economia de água, incluindo a melhoria da saúde do solo, redução da poluição ambiental e aumento da rentabilidade para os agricultores, promovendo um modelo de agricultura mais sustentável e resiliente.

5 CONTRIBUIÇÃO PEDAGÓGICA PARA ENGENHARIA CIVIL: FORMANDO PROFISSIONAIS PARA A SUSTENTABILIDADE HÍDRICA

A abordagem da gestão sustentável da água na agricultura, centrada na irrigação por gotejamento, proporciona uma oportunidade significativa para melhorar a formação dos próximos engenheiros civis. Devido à sua natureza multidisciplinar, a engenharia civil é essencial na criação, planejamento, execução e administração de projetos hidráulicos, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

5.1 O Desafio da Engenharia Civil no Meio Rural

No contexto rural, os engenheiros civis são confrontados com desafios complexos que exigem uma visão integrada e soluções inovadoras. Alguns dos principais desafios incluem:

- **Dimensionamento de Redes de Irrigação:** Criar redes que assegurem uma distribuição eficiente e equilibrada da água em extensas áreas, levando em conta as diversas topografias e tipos de solo. Isso abrange cálculos hidráulicos exatos, escolha de materiais e otimização do layout.
- **Otimização do Consumo Hídrico:** Criar métodos e sistemas que reduzam o desperdício de água, incentivando o uso consciente e a preservação desse recurso. Isso abrange tanto a implementação de tecnologias, como a irrigação por gotejamento, quanto a adoção de práticas de gestão da irrigação e monitoramento da umidade do solo.
- **Adaptação às Condições Climáticas Locais:** Criar sistemas que sejam resistentes às mudanças climáticas, como longos períodos de seca ou chuvas fortes. Isso pode incluir a implementação de sistemas para a captação de água da chuva, a utilização de fontes alternativas de água e a análise de cenários relacionados às mudanças climáticas.
- **Viabilidade Econômica e Impacto Ambiental:** Analisar a relação custo-benefício dos projetos de irrigação, levando em conta não só os custos de implementação e operação, mas também os benefícios sociais e ambientais a longo prazo. Isso abrange a avaliação do retorno sobre o investimento, o efeito na produtividade agrícola e as consequências na qualidade do solo e da água.

O exemplo de Alagoas, que depende da agricultura irrigada e enfrenta desafios de escassez de água, ilustra como soluções técnicas eficazes, como a irrigação por gotejamento, podem converter situações de limitação em oportunidades para uma produção agrícola sustentável e resistente. Para ter sucesso nessas empreitadas, é fundamental saber aplicar conhecimentos de hidráulica, solos, climatologia e gestão de projetos.

5.2 A Importância da Visão Integrada nos Cursos de Engenharia Civil

É essencial que os programas de Engenharia Civil promovam uma perspectiva unificada que abranja inovação, meio ambiente e infraestrutura. A capacitação dos engenheiros civis não deve ser limitada somente aos aspectos técnicos e construtivos, mas também deve incluir a compreensão dos efeitos sociais e ambientais de suas construções. Isso significa que:

- **Inclusão de Disciplinas Específicas:** disponibilizar matérias que tratem de forma aprofundada a gestão de recursos hídricos, irrigação e drenagem, com ênfase em tecnologias sustentáveis e métodos de conservação da água.
- **Estudos de Caso e Projetos Práticos:** Incluir estudos de caso reais e projetos práticos que possibilitem aos estudantes utilizar os conhecimentos teóricos em contextos reais, como o dimensionamento de sistemas de gotejamento para diversas culturas e regiões.
- **Colaborações com o Setor Agrícola:** Formar colaborações com cooperativas agrícolas, produtores rurais e instituições de pesquisa para que os estudantes possam experimentar a rotina da agricultura irrigada e entender os desafios e oportunidades do setor.
- **Ênfase na Sustentabilidade:** Fomentar a cultura da sustentabilidade em todas as fases do processo de ensino-aprendizagem, estimulando a procura por soluções ecologicamente corretas e socialmente equitativas.
- **Desenvolvimento de Habilidades de Comunicação e Gestão:** Habilitar os futuros engenheiros a se expressarem de forma eficaz com diversos interessados, como agricultores, ambientalistas e criadores de políticas públicas, além de administrar projetos complexos que envolvem vários participantes.

Ao incorporar esses aspectos na capacitação dos engenheiros civis, asseguramos que os profissionais que entrarão no mercado de trabalho estarão preparados para lidar com os desafios da gestão da água em um cenário de aumento da escassez e necessidade de sustentabilidade. Eles poderão criar e aplicar soluções que tanto satisfaçam as demandas atuais de produção quanto garantam a disponibilidade de água para as gerações futuras.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS: O FUTURO DA GESTÃO HÍDRICA NA ENGENHARIA CIVIL

Diante das crescentes demandas da agricultura moderna e dos desafios trazidos pela escassez de água no mundo, a irrigação por gotejamento se estabelece como uma opção eficiente e sustentável. Seu uso consciente da água, a aplicação precisa de fertilizantes e a redução do impacto ambiental fazem dela uma solução promissora, principalmente em áreas com escassez de água, como o estado de Alagoas.

Além de simplesmente implementar tecnologia, é essencial que o engenheiro civil entenda sua função estratégica na administração dos recursos naturais. A educação superior deve ir além de simplesmente transmitir conhecimentos técnicos, promovendo uma perspectiva integrada que considere os aspectos ambientais, sociais e econômicos de cada projeto. Um projeto de irrigação por gotejamento, por exemplo, vai além do simples dimensionamento de tubulações e emissores; inclui a análise da qualidade da água, a interação com o ecossistema local, a consideração do impacto na comunidade e a avaliação da viabilidade econômica para o agricultor.

Projetos de engenharia adequadamente planejados e fundamentados nos princípios da sustentabilidade podem trazer vantagens que ultrapassam em muito o simples aumento da produtividade agrícola. Eles ajudam a conservar a água, diminuir a poluição por agroquímicos, melhorar a qualidade do solo e atenuar os impactos das mudanças climáticas. Do ponto de vista social, sistemas de irrigação eficazes podem assegurar a segurança alimentar, impulsionar a economia rural e elevar a qualidade de vida das comunidades, diminuindo a dependência de fontes de água escassas e otimizando o uso da terra.

A implementação da irrigação por gotejamento em Alagoas, como evidenciado pelas projeções de economia de água e insumos, exemplifica de maneira significativa o potencial transformador das soluções de engenharia civil na gestão hídrica. A engenharia civil possui tanto a responsabilidade quanto a oportunidade de conduzir a transição para uma agricultura mais sustentável, criando e aplicando infraestruturas que favoreçam a eficiência no uso da água e a resiliência dos sistemas de produção.

Em resumo, a formação em engenharia civil precisa se adaptar para criar profissionais com uma forte consciência ambiental e social, habilitados para desenvolver soluções inovadoras e sustentáveis que atendam aos desafios complexos do século XXI. A gestão hídrica, especificamente, necessita de engenheiros que enxerguem a água não só como um recurso a ser explorado, mas como um componente essencial a ser preservado e administrado de forma inteligente, assegurando um futuro próspero e justo para todos.

7 CENÁRIOS DE IMPLEMENTAÇÃO E DESAFIOS PARA A ENGENHARIA CIVIL

Apesar de promissora, a adoção em larga escala da irrigação por gotejamento traz desafios que os engenheiros civis precisam estar prontos para encarar. Para o sucesso dos projetos e para maximizar os benefícios, é fundamental entender esses cenários e desafios.

7.1 Cenários de Implementação

A adoção do gotejamento pode ocorrer em diferentes cenários, cada um com suas particularidades: **Novos Projetos Agrícolas:** Em novas áreas de cultivo, o sistema de gotejamento pode ser projetado e instalado desde o começo, otimizando a disposição e a infraestrutura para alcançar a máxima eficiência. Isso possibilita uma integração mais suave das tecnologias de automação e monitoramento.

Conversão de Sistemas Existentes: substituição de sistemas de irrigação menos eficientes, como aspersão ou sulco, pelo gotejamento em áreas agrícolas já consolidadas. Esse contexto demanda uma avaliação minuciosa da infraestrutura atual, verificação da compatibilidade dos equipamentos e redução das interrupções na produção. A experiência em engenharia civil no que diz respeito ao retrofitting (reequipamento) e à adaptação de sistemas é essencial neste caso.

Projetos de Desenvolvimento Regional: A adoção de sistemas de gotejamento como componente de estratégias amplas para o desenvolvimento agrícola e hídrico em áreas semiáridas. Nessas situações, a engenharia civil colabora com áreas como agricultura, economia e meio ambiente para desenvolver um plano integrado de gestão de água e alimentos.

7.2 Desafios para a Engenharia Civil na Implementação do Gotejamento

Apesar dos claros benefícios, a transição para a irrigação por gotejamento não está isenta de desafios para os profissionais da engenharia civil:

- **Custo Inicial Elevado:** O custo de instalação de um sistema de gotejamento é geralmente maior do que o de métodos convencionais. Engenheiros civis precisam desenvolver projetos economicamente viáveis, buscando otimizar o custo-benefício e explorar linhas de financiamento e incentivos governamentais para os agricultores.
- **Manutenção e Qualidade da Água:** A alta frequência de manutenção e a necessidade de filtragem da água para evitar obstruções nos gotejadores são desafios importantes. Engenheiros civis devem projetar sistemas robustos, com fácil acesso para manutenção e que considerem a qualidade da água disponível na região, indicando as tecnologias de filtragem mais adequadas.
- **Capacitação e Assistência Técnica:** A operação e manutenção de sistemas de gotejamento exigem um certo nível de conhecimento técnico por parte dos agricultores. Os engenheiros civis têm um papel crucial na capacitação e na prestação de assistência técnica, garantindo que os usuários compreendam o funcionamento do sistema e o utilizem de forma eficiente. Isso pode envolver o desenvolvimento de manuais, treinamentos e canais de suporte.
- **Variações Climáticas e Hidrológicas:** Em regiões sujeitas a secas prolongadas e chuvas irregulares, o dimensionamento do sistema deve considerar a disponibilidade hídrica ao longo do ano. Engenheiros civis precisam realizar estudos hidrológicos aprofundados e desenvolver soluções que garantam a resiliência do sistema frente às variações climáticas.
- **Integração com Outras Tecnologias:** A eficácia do gotejamento pode ser ampliada com a integração de outras tecnologias, como sensoriamento remoto, plataformas de gestão agrícola e sistemas de energia solar para bombeamento. Engenheiros civis devem estar aptos a projetar sistemas que incorporem essas inovações, promovendo a agricultura 4.0.
- **Legislação e Regulamentação:** As políticas públicas e a legislação ambiental e hídrica podem influenciar a viabilidade e o design de projetos de irrigação. Engenheiros civis precisam estar atualizados com as normas vigentes e atuar na proposição de regulamentações que incentivem o uso eficiente da água na agricultura.

Ao abordar proativamente esses desafios, a engenharia civil pode consolidar seu papel como um agente transformador na promoção da gestão hídrica sustentável e no desenvolvimento de uma agricultura mais eficiente e resiliente. A pesquisa contínua, a inovação tecnológica e a formação de profissionais capacitados são as chaves para superar esses obstáculos e colher os frutos do gotejamento em larga escala.

8 ABSTRACT

Civil engineering plays a key role in sustainable water management, particularly in agriculture, through the planning and implementation of effective irrigation systems. In regions with water shortages, such as Alagoas, drip irrigation stands out as a sustainable alternative, as it is an environmentally efficient solution that reduces water waste and the use of inputs. The implementation of this technology not only improves water and fertilizer use, but also has a positive effect on agricultural productivity and producer profitability, helping to ensure the country's water and food security. To this end, it is essential that civil engineering training adopt an integrated perspective, enabling professionals to create projects that take into account environmental, social and economic factors, in addition to being prepared to deal with the challenges of the transition to a more productive and resilient agriculture.

Keywords: Engineering, sustainable, method, drip, agriculture, economic.

9 REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Methods of Irrigation*. Rome, 2024.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Agropecuário de Alagoas*, 2021.
- OLIVEIRA, J. A. et al. Avaliação do uso de sistemas de irrigação por gotejamento em cultivos agrícolas em Alagoas. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 2018.
- RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. Agricultura Irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. *Revista Irriga*, v. 22, n. 1, p. 158–170, 2017.
- SEAGRI – Secretaria de Estado da Agricultura de Alagoas. *Relatório Técnico de Irrigação Regional*. Maceió, 2023.
- SOUZA, R. A. et al. Variabilidade climática e seus impactos na agricultura de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 34, n. 2, 2019.
- UFAL – UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. Estudos sobre eficiência de sistemas de irrigação por gotejamento no estado de Alagoas. Maceió: UFAL, 2020.
- VIEIRA, J. F. S. *Estimativa da porcentagem de área molhada para a cultura da abóbora nos solos de Arapiraca, Alagoas*. 2021. 39 p. TCC (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas.

