Revisão sistemática do uso do lisímetro na otimização da irrigação agrícola.

Camilly da Silva Lamon Sodré; 0009-0005-2527-3675
Diego Antônio Bebiano; 0009-0007-9090-9400
Daniel Araujo dos Reis Silva; 0009-0006-2726-6281
Italo Pinto Rodrigues; 0000-0002-6832-8358
Camila Martins Hosken; 0000-0002-2076-1419
Juliana Cunha de Jesus; 0009-0004-5294-9717

UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
daniel.araujo.rs@gmail.com

Resumo: A água é um recurso essencial para a vida humana e para a produção agrícola de alimentos. As mudanças climáticas e o aumento populacional tornam necessário o uso consciente dos recursos hídricos para a produção de alimentos. Nesse contexto, o uso do lisímetro surge como uma ferramenta benéfica que auxilia na gestão do uso da água na agricultura, tornando o processo de irrigação mais eficiente. Este artigo propõe uma pesquisa bibliográfica ao utilizar uma técnica de revisão sistemática de literatura para reunir informações acerca de projetos realizados anteriormente. A pesquisa retornou quatro artigos salientando o uso do lisímetro como ferramenta para a otimização e automatização de sistemas de irrigação agrícola.

Palavras-chave: Otimização. Sistema de irrigação. Balanço de massa. Dinâmica de fluidos. Lisímetro.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para garantir a vida na terra, sendo crucial para o desenvolvimento e manutenção da sociedade. Existe uma tendência natural ao aumento do consumo da água doce no planeta, devido ao crescimento populacional e a necessidade da produção de alimentos. Nesse contexto, tem-se uma necessidade de desenvolver métodos de utilizar os recursos de forma mais consciente e racional e evitar o desperdício na produção, o que torna imprescindível uma gestão agrícola responsável.

O uso de dispositivos como lisímetros em sistemas de irrigação revela-se uma abordagem promissora para otimizar o uso dos recursos hídricos, pois fornece dados precisos sobre a evapotranspiração e as características do solo no ambiente analisado. Essa estratégia possibilita um controle mais eficaz na distribuição da água, minimizando perdas e aumentando a eficiência hídrica.

O objetivo deste artigo é aplicar a técnica de revisão sistemática de literatura (RSL) descrita por Brereton et al. (2007) para reunir informações acerca do uso dos lisímetros como uma ferramenta na irrigação agrícola.

METODOLOGIA

Este estudo foi realizado a partir do processo de revisão sistemática proposto por Brereton et al. (2007). O processo do método envolve três fases principais: planejamento, condução da revisão e documentação dos resultados, conforme segue:

1. Fase de planejamento: Inclui o desenvolvimento das questões de pesquisa e do protocolo de revisão e a validação desse protocolo.
2. Fase de execução da pesquisa: envolve a identificação das pesquisas relevantes, a seleção dos estudos primários, a avaliação da qualidade dos estudos, a extração dos dados necessários, e a análise dos dados extraídos.
3. Fase de resultados: Inclui a documentação e a validação do relatório da revisão sistemática.

Etapa 1 – Desenvolvimento das Questões de Pesquisa (QP)

Pelo processo da revisão sistemática, espera-se responder as seguintes questões:

- QP1: De que forma foi utilizado o lisímetro na aplicação descrita no artigo?
- QP2: O artigo apresentou o desenvolvimento de alguma automatização a partir dos dados do lisímetro?
- QP3: No artigo é relatado o uso de tecnologia de baixo custo?
- QP4: No artigo foi apresentada alguma técnica matemática para otimização?
- QP5: Os resultados no artigo apresentaram algum tipo de melhoria?

Etapa 2 – Protocolo de Revisão

Para responder as perguntas da Etapa 1, deve-se seguir o protocolo de revisão composto pelos itens mostrados na Tabela 1. Este protocolo deve ser seguido por todos os envolvidos na pesquisa.

Tabela 1 – Protocolo de revisão.

Item	Descrição
Título e introdução	Fornecer um título à revisão. Introduzir brevemente o objeto de estudo e indicar sua importância.
Questões de Pesquisa	Desenvolver as questões a serem respondidas na revisão.
Objetivo da Revisão	Definir os objetivos da revisão.
Critérios de Elegibilidade	Estabelecer os critérios de inclusão ou exclusão de estudos.
Fontes de Informação	Determinar as bases de dados e fontes de pesquisa usados na pesquisa. Incluir o período especificado para a pesquisa.
Estratégia de Pesquisa	Descrever a estratégia de pesquisa que será utilizada em cada base de dados, incluindo palavras-chave e operadores, se houver.
Seleção de Estudos	Apresentar os critérios utilizados para a seleção dos estudos.
Extração de Dados	Relatar as informações que serão extraídas de cada estudo incluído na pesquisa.
Avaliação de Qualidade	Citar os critérios utilizados para a avaliação da qualidade dos estudos incluídos.
Análise dos Dados	Descrever como os dados serão analisados, incluindo os métodos estatísticos utilizados.

Fonte: Adaptado de Brereton et al. (2007).

Etapa 3 – Revisão do Protocolo

Para o protocolo definido para este estudo foram considerados a base de dados: *ScienceDirect*; período de busca: 2020 a 2024; critério de exclusão: artigos de revisão; critério de inclusão: artigos de pesquisa.

Etapa 4 – Estratégia de Pesquisa

Os termos de busca foram idealizados a partir das Questões de Pesquisa, com base no protocolo de revisão adotado. As palavras-chave utilizadas foram: *development, irrigation system, fluid flow, mass balance, lysimeter.* A *string* de busca foi feita da forma:

- Development AND ("irrigation system" OR irrigation) AND ("fluid flow" OR "mass balance") AND (lysimeter OR "lysimetry system" OR "lysimeter system")

Etapa 5 – Seleção de Estudos

Os critérios de seleção dos estudos foram esquematizados na Tabela 2. O objetivo dos critérios de seleção é garantir somente os estudos que apresentam pesquisas envolvendo sistemas com lisímetros aplicados na irrigação de alimentos. A coluna *Artigos* da Tabela 2 indica a quantidade de artigos encontrados após a aplicação dos critérios.

Tabela 2 – Critérios de Seleção.

Critério	Descrição	Artigos
1	Os estudos foram filtrados a partir de suas datas de publicação. Consideraram-se os estudos publicados entre 2020 e 2024.	106
2	Definiu-se somente estudos de pesquisa para serem incluídos.	75
3	Filtraram-se os artigos de arquivo público, de acesso livre.	23
4	Foram excluídos artigos que não apresentavam modelos matemáticos na otimização.	21
5	Excluíram-se os artigos que utilizavam as palavras-chave "*mass balance*" e "*fluid flow*" somente em citações ou referências.	12
6	Foram excluídos os artigos que apresentaram balanços de massa químicos, em vez dos balanços de massa da água do sistema.	9
7	Excluíram-se os artigos que citaram o uso do lisímetro somente como uma opção, mas que optaram por outros métodos de medição da evapotranspiração.	3

Fonte: Autores (2024).

Etapa 6 – Extração de Dados

Os dados extraídos dos estudos incluíram data de publicação, número de citações, nome dos autores, título do artigo, além das Questões de Pesquisa (QPs).

Etapa 7 – Análise dos Dados

Os dados coletados foram organizados em tabelas, evidenciando o nome dos artigos, a data de publicação, o número de citações e referenciando as citações. Em seguida, executou-se uma análise dos dados referentes às QPs propostas na revisão sistemática, conforme anunciado previamente.

Etapa 8 – Relatório da Revisão

De acordo com Brereton et al. (2007), a revisão sistemática deve ser documentada assim que terminada e as QPs tiverem sido respondidas. Além disso, Brereton et al. (2007) aconselha o mantimento de um registro detalhado de todas as decisões e passos do projeto. Assim, este artigo cumpre a função estabelecida na Etapa 8, ao documentar todas as decisões e passos junto ao Protocolo de Revisão.

Etapa 9 – Validar o relatório

De acordo com Brereton et al. (2007), a validação do relatório deve ser feita de forma independente. Para isso, decidiu-se submeter o relatório, este artigo, em um congresso cuja revisão é realizada em um processo duplo-cego.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão sistemática resultou nos artigos apresentados na Tabela 3, com publicações datadas do ano de 2023. Em relação às Questões de Pesquisa (QPs), as respostas foram obtidas e apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3 – Artigos obtidos após critérios de seleção.

Índice	Artigo	Ano	Citações	Autores
[1]	Smart IoT lysimetry system by weighing with automatic cloud data storage.	2023	8	Alcides Arruda Junior; Tonny José Araújo da Silva; Sérgio Plens Andrade.
[2]	Salts dynamics in maize irrigation in the Hetao plateau using static water table lysimeters and HYDRUS-1D with focus on the autumn leaching irrigation.	2023	12	Tiago B. Ramos; Meihan Liu; Paula Paredes; Haibin Shi; Zhuangzhuang Feng; Huimin Lei; Luis S. Pereira.
[3]	Time continuous two-source energy-water balance modelling of heterogeneous crops: FEST-2-EWB.	2023	1	Nicola Paciolla; Chiara Corbari; Marco Mancini.’

Fonte: Autores (2024).

Tabela 4 – Questões de Pesquisa respondidas.

Artigo	QP1: De que forma foi utilizado o lisímetro no artigo?
1	Foi utilizado como estrutura base para a implantação do sistema de pesagem mecânica no processo de automação do sistema.
2	Utilizado para a medição direta da perda da água pela evapotranspiração do solo, visando a validação do modelo hidrológico utilizado.
3	Foram colocados dez lisímetros para medir a evapotranspiração e o acúmulo de sais no solo em diferentes profundidades do lençol freático local.
Artigo	QP2: O artigo desenvolveu alguma automatização a partir dos dados do lisímetro?
1	Sim. Sistema de irrigação e drenagem automatizado.
2	Sim. Existem instrumentos que são conectados a um registrador de dados que recebe continuamente os dados e fornece médias de 10 minutos como saída.
3	Sim. Os dados dos lisímetros foram aplicados para calibrar e validar o modelo matemático que foi automatizado para simular fluxos de água e sal no solo.
Artigo	QP3: O artigo utilizou tecnologia de baixo custo?
1	Não. Toda a estrutura é bastante complexa.
2	Sim. Sensores de baixo custo e equipamentos de medição de baixo custo.
3	Sim. Os lisímetros e o modelo matemático utilizado são ferramentas que podem ser consideradas de custo acessível em comparação com outras tecnologias mais avançadas.
Artigo	QP4: O artigo utilizou alguma técnica matemática para otimização?
1	Sim. Balanço de massa e método de estimação da evapotranspiração padronizado pela FAO-56.
2	Sim. Balanço de massa simples no nível da caixa do lisímetro, entre outros.
3	Sim. O estudo utilizou simulações com o modelo matemático HYDRUS-1D, que simula o fluxo unidimensional de fluidos.
Artigo	QP5: Os resultados apresentaram algum tipo de melhoria?
1	Sim. O lisímetro mostrou-se mais preciso e coerente do que o método padrão de estimativa da FAO-56.
2	Sim. O FEST-2-EWB resultou em uma redução de 15% no volume de irrigação necessário, em comparação ao FEST-EWB.
3	Sim. Através dos dados coletados foi possível determinar a eficiência da irrigação em relação à profundidade do lençol freático, revelando maior eficiência no controle da salinidade em profundidades específicas.

Fonte: Autores (2024).

Por conta da utilização da revisão sistemática, com palavras-chave como "*fluid flow*" e "*mass balance*", perderam-se alguns artigos promissores sobre o assunto, que não utilizaram métodos matemáticos para os cálculos. Os artigos utilizaram o lisímetro para a coleta de dados visando a automatização de um sistema de irrigação ou como base para uma simulação matemática. Além disso, os três artigos apresentaram um consenso acerca da importância e eficiência do uso do lisímetro para o cálculo da evapotranspiração do solo.

CONCLUSÕES

O uso eficiente e racional dos recursos hídricos torna-se cada vez mais necessário em um cenário onde há um grande crescimento populacional e uma preocupação crescente com as mudanças climáticas que podem levar a uma situação de escassez de água. Por meio da revisão sistemática utilizada, esse estudo buscou apresentar os avanços nas técnicas de irrigação agrícola, com foco na utilização de lisímetros como aliados no controle do uso da água. Os resultados mostraram uma melhora significativa nos sistemas onde foram aplicados, atuando como ferramentas importantes no monitoramento da evapotranspiração e da salinização do solo.

A constante evolução no processo agrícola, juntamente de uma abordagem sustentável nos métodos de produção de alimentos, pode trazer grandes benefícios para o planeta em relação ao uso consciente dos recursos hídricos, garantindo assim a manutenção da vida e da sociedade humana.

REFERÊNCIAS

BRERETON, Pearl; KITCHENHAM, Barbara A.; BUDGEN, David; TURNER, Mark; KHALIL, Mohamed. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **Journal Systems and Software**, ScienceDirect, v. 80, n. 4, p. 571-583, abril, 2007. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016412120600197X. Acesso em: 20 de setembro de 2024.

JUNIOR, Alcides Arruda; SILVA, Tonny José Araújo da; ANDRADE, Sérgio Plens. Smart IoT lysimetry system by weighing with automatic cloud data storage. Smart Agricultural Technology, ScienceDirect, v. 4, n. 100177, p. 1-11, agosto, 2023. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375523000072. Acesso em: 20 de setembro de 2024.

PACIOLLA, Nicola; CORBACI, Chiara; MANCINI, Marco. Time continuous two-source energy-water balance modelling of heterogeneous crops: FEST-2-EWB. Journal of Hydrology, ScienceDirect, v. 619, n. 129265, p. 1-16, abril, 2023. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216942300207X. Acesso em: 20 de setembro de 2024.

RAMOS, Tiago B.; MEIHAN, Liu; PAREDES, Paula; HAIBIN, Shi; ZHUANGZHUANG, Feng; HUIMIN, Lei; PEREIRA, Luis S.. Salts dynamics in maize irrigation in the Hetao plateau using static water table lysimeters and HYDRUS-1D with focus on the autumn leaching irrigation. Agricultural Water Management, ScienceDirect, v. 283, n. 108306, p. 1-16, junho, 2024. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423001713. Acesso em: 20 de setembro de 2024.