

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

O USO DE LISÍMETROS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

José Henrique de Souza Junior¹; Thayná Alice Brito Almeida²; Carlyne Wanessa Lins de Andrade Farias²; Aline Maria Soares das Chagas¹; Abelardo Antônio de Assunção Montenegro³

Abstract: Water scarcity in the semiarid region of the Northeast poses challenges to agriculture, making it essential to use technologies that optimize water management. Lysimeters stand out as fundamental tools for estimating evapotranspiration (ET), percolation, and water balance, providing accurate data for irrigation planning. This paper presents a literature review on the application of lysimeters in the semiarid region of the Northeast between 2005 and 2024. Studies with several crops, such as corn, grapes, palm, and forage, using different types of lysimeters were analyzed. The results show that these devices are effective in determining the actual water consumption of plants and in estimating the crop coefficient (Kc), contributing to greater efficiency in water use in irrigation. Although they have relatively high costs and require technical care, their benefits outweigh the limitations. It is concluded that the use of lysimeters is strategic for the advancement of sustainable irrigated agriculture in the semi-arid region, promoting greater productivity with less water waste.

Keywords: Lysimeter; Northeastern semiarid region; Evapotranspiration.

Resumo: A escassez hídrica no semiárido nordestino é um desafio à agricultura, tornando essencial o uso de tecnologias que otimizem o manejo da água. Os lisímetros destacam-se como ferramentas fundamentais para estimar a evapotranspiração (ET), percolação e balanço hídrico, oferecendo dados precisos para o planejamento da irrigação. Este trabalho apresenta uma revisão de literatura sobre a aplicação de lisímetros no Semiárido nordestino entre 2005 a 2024. Foram analisados estudos com diversas culturas, como milho, uva, palma e forrageiras, utilizando diferentes tipos de lisímetros. Os resultados evidenciam que esses dispositivos são eficazes para determinar o consumo hídrico real das plantas e para estimar o coeficiente da cultura (Kc), contribuindo para maior eficiência do uso da água na irrigação. Embora apresentem custos relativamente altos e requeiram cuidados técnicos, seus benefícios superam as limitações. Conclui-se que o uso de lisímetros é estratégico para o avanço da agricultura irrigada sustentável no semiárido, promovendo maior produtividade com menor desperdício de água.

Palavras Chaves: Lisímetro; Semiárido nordestino; Evapotranspiração.

¹) Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhhenrique@gmail.com

²) Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com

³) Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

INTRODUÇÃO

Em áreas de clima semiárido, agricultura enfrenta alguns desafios causando em virtude de fatores climáticos desfavoráveis, como escassas e irregulares nas chuvas, alta taxa de evaporação e terrenos rasos o que limita capacidade de armazenamento de água no solo e contribui para uma maior suscetibilidade do mesmo em sofrer erosão. Diante desse cenário, o manejo eficaz da água passa a ganhar cada vez mais importância devido escassez de recursos hídrico em quantidade e qualidade necessária para atender as demandas agrícolas (Woottona et al., 2020).

Sendo assim, planejamento buscando melhor gerenciamento otimizando uso dos recursos hídricos de forma atenda diferentes setores como agricultura, indústria e abastecimento das residências é de grande importância nessas regiões. O manejo eficiente da irrigação vem sendo tornando necessárias para assegurar o desenvolvimento sustentável e para atender as demandas cada vez maior na agricultura, para isso o desenvolvimento de estudo que busca determinar a evapotranspiração ajudando dessa forma a entender a real demanda hídrica das culturas que são trabalhadas no semiárido nordestino, como milho, uva e palma, são exemplos de algumas das culturas trabalhadas na agricultura dessa região (Santos et al., 2009; Santos et al., 2014; Santos et al., 2016; Carvalho, et al., 2020; Lima et al., 2021). Sendo a determinação de forma precisa da evapotranspiração (ET) o dos mais importantes parâmetros para realizar um bom manejo da irrigação (Sousa et al., 2011; Schmidt et al., 2013; Nascimento et al., 2016; Oliveira et al., 2018; Woottona et al., 2020; Tugwell et al., 2020; Mоторo et al., 2020).

Uso de métodos como o de tanque classe A, Lisímetros e Penmann-Monteith, surge como ferramentas mais usadas para quantificar evapotranspiração, percolação e balanço hídrico, viabilizando o desenvolvimento de práticas agrícolas adaptadas ao clima semiárido.

A evapotranspiração é processo natural onde combina processo de evaporação e transpiração e o método como tanque classe A apresenta uma limitação pelo fator de estar medindo evaporação o que não é ideal para explicar os processos envolvendo solo e planta, já o Lisímetro e métodos que melhor quantificam perda evapotranspiração de uma cultura, sendo o método mais preciso para quantificação dos processos de evaporação do solo e transpiração da cultura, porém seu custo de instalação, necessidade de mão de obra especializada para construção e operação e o principal fator limitante no uso desse método, para tentar contornar essa limitação foi desenvolvido Lisímetro de pesagem com materiais mais simples e com estruturas simplificadas, esse modelo de Lisímetro foi desenvolvido testado obtendo resultado satisfatório (Santos et al., 2008).

No contexto do semiárido no Nordeste, os estudos com lisímetros ganham cada vez mais destaque como instrumentos essenciais para estimar de forma precisa a evapotranspiração de culturas e balanço hídrico do solo. Com ele, é possível avaliar a necessidade de água das plantas de acordo com as fases de desenvolvimento, podendo determinar evapotranspiração da cultura específica (ET_c) de forma direta no lisímetro. Também possível o coeficiente cultura (K_c), usando a relação entre a e a evapotranspiração de referência (ET_o) com evapotranspiração da cultura específica (ET_c), além de permite testar diferentes lâminas e obter dados para modelos de simulação e práticas de irrigação mais eficazes. O uso de lisímetros no semiárido tem se intensificado nas últimas décadas, motivado pela necessidade de entender o comportamento da água no solo e sua disponibilidade para as plantas em ambientes com pouca água além de apresentar níveis de salinidade de moderado a alto. Esta análise

¹⁾ Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhhenrique@gmail.com

²⁾ Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com

³⁾ Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

visa apresentar os principais progressos e aplicações do uso de lisímetros em áreas semiáridas, realçando seus tipos, métodos utilizados e contribuições para o gerenciamento da água (Santos et al., 2008; Campeche et al., 2011; Santos et al., 2014; Tfwala et al., 2018).

O propósito deste estudo é realizar uma análise da literatura sobre o uso de lisímetros na região semiárida, abordando seus tipos, aplicações e as principais conclusões de diversos autores. Através dessa análise, busca-se compreender a importância dos lisímetros na agricultura irrigada do semiárido nordestino e suas contribuições para o uso eficiente da água.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente revisão de literatura foi realizada por meio de uma busca sistemática em bases de dados científicas como ScienceDirect e Google Scholar com os termos: "lisímetro", "semiárido brasileiro", "evapotranspiração" e "manejo da irrigação" no período 2005 a 2024, onde houve o retorno de 308 publicações sendo composto de artigos em periódicos e trabalho de conclusão de cursos, dissertações e teses de universidade no geral relacionado ao tema, foi feita uma filtragem desses trabalhos usando apenas artigos publicados em periódicos e tivesse relacionado com semiáridos Brasileiros, onde foi selecionado 11 estudos.

Os critérios de inclusão envolveram: estudos conduzidos em regiões classificadas como semiáridas Brasileiro, uso de lisímetros para análise de parâmetros hidrológicos; e descrição de resultados aplicáveis ao manejo hídrico. Foram excluídos sem aplicação prática ou que tivesse foram do semiárido nordestino.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

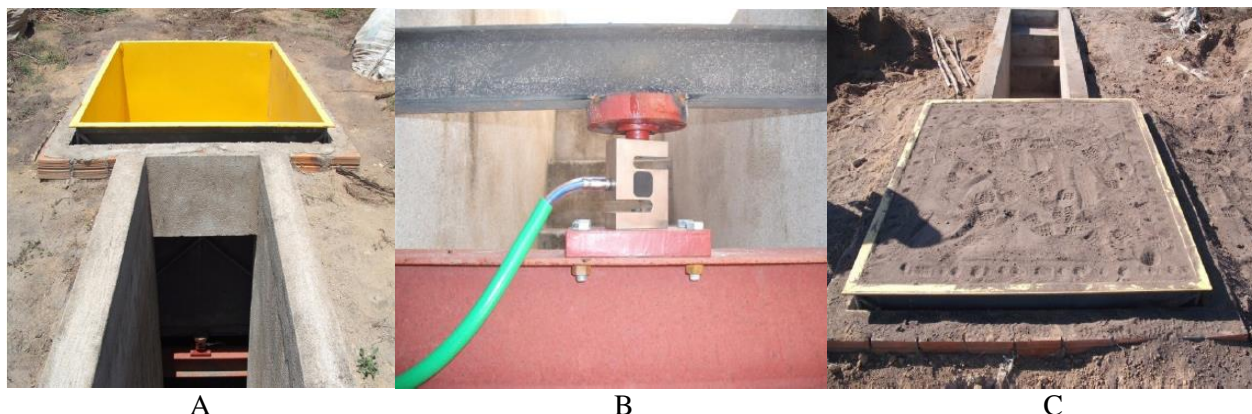
Os modelos de lisímetro mais aplicados para estudos no semiárido nordestino observados nessa revisão, no período de 2005 a 2024, foram os de pesagem (5) e os de drenagem (5). O modelo de lisímetro usado em proporção menor, foram os lisímetros de lençol freático de carga constante. Em geral, conforme se observa na Tabela 1, os lisímetros de pesagem foram empregados para quantificar a evapotranspiração de culturas como uva, milho e cana-de-açúcar, na figura 1 e 2 e possível observar implantação de lisímetros de pesagem para estudar a demanda hídrica das culturas como cana-de-açúcar e videira (Nascimento et al., 2011.; Santos et al., 2014; Santos et al., 2017; Cavalcante Junior., 2018). Já os lisímetros de drenagem foram utilizados em culturas como sorgo, repolho, campê-mombaça, palma forrageira e cenoura (Santos et al., 2009.; Oliveira et al., 2014.; Carvalho et al., 2020.; Mota et al., 2020.; Lima et al., 2021), nas figuras 3 e 4 mostra trabalhos desenvolvidos com lisímetros de drenagem para estudar a demanda hídrica das culturas palma forrageira e cenoura (Santos et al., 2009 e Lima et al., 2021).

FIGURA 1. Instalação, calibração de dois lisímetros de pesagem para estudo da demanda hídrica da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): (A) instalação da caixa lisimétrica em campo, (B) células de carga, (C) caixa lisimétrica preenchida com solo.

¹⁾ Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhhenrique@gmail.com

²⁾ Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com

³⁾ Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com



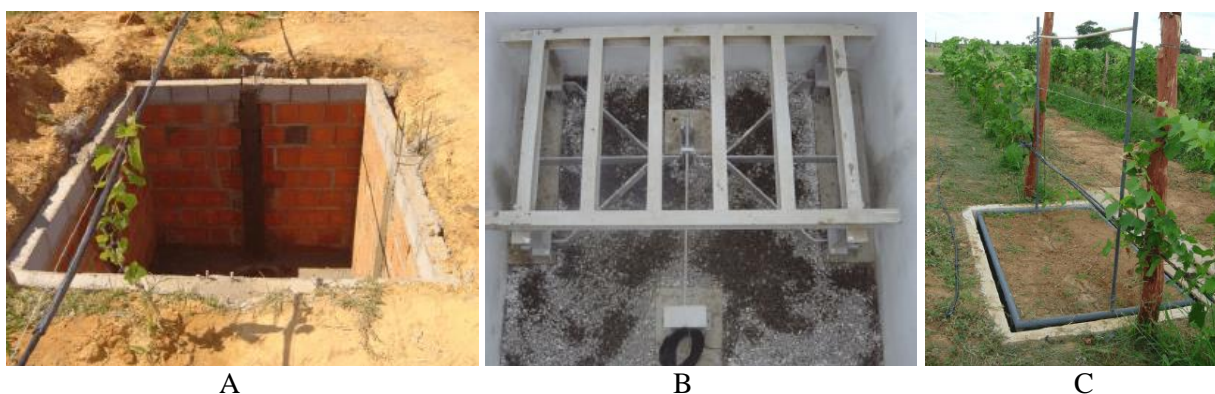
A

B

C

Fonte: Santos et al.,2017.

FIGURA 2. Lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração em videira de vinho: (A) Paredes de alvenaria com colunas de concretos para receber o sistema lisimétrico, (B) Sistema de balança constituída na parte superior, por um quadro metálico para sustentação da caixa lisimétrica, (C) Lisímetro de pesagem após montagem do sistema de condução.



A

B

C

Fonte: Nascimento et al.,2011.

FIGURA 3. lisímetros de drenagem para as cultivares de palma forrageira na área experimental. Santa Luzia, PB.



- ¹⁾ Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhhenrique@gmail.com
- ²⁾ Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com
- ³⁾ Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

Fonte: Lima et al.,2021.

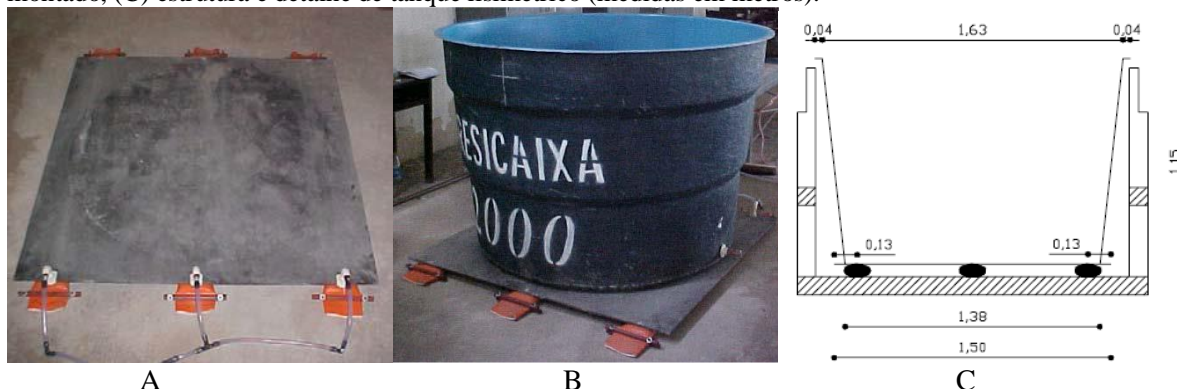
FIGURA 4. Lisímetros de drenagem para determinação do consumo hídrico da cultura da cenoura: (A) camada de cascalho e sistema de drenagem instalados; (B) preenchimento e reconstituição das camadas de solo; (C) solo preparado para o plantio dentro do lisímetro; (D) lisímetros saturados e organizados na área experimental de plantio no município de Pesqueira-PE.



Fonte: Santos et al.,2009.

Também observou-se um investimento crescente no desenvolvimento de modelos simplificados, de menor custo, apresentando bom desempenho conforme demonstrado por Santos et al. (2008) que buscou desenvolver um modelo de lisímetro de pesagem de baixo custo com estrutura simplificada como podem ser observado na figura 1. A estrutura simplificada, apresentada pelos autores, contava com travesseiros hidráulicos confeccionados com mangueira flexível de butil e revestida em náilon, interligados a um sistema manométrico com mercúrio e água. Ademais, acesso subterrâneo ao sistema de pesagem hidráulica foi substituída por uma estrutura de contenção mais simples e compacta, o que permite uma redução no custo de implantação e facilita a adoção desse tipo de lisímetro para determinar a evapotranspiração de referência (E_{To}). Os resultados obtidos foram comparados com outros métodos de quantificação da evapotranspiração como Penman-Monteith, Blaney-Criddle-FAO, Jensen-Haise e do Tanque Classe A-FAO, mostrando resultados satisfatórios.

FIGURA 5. Configuração do lisímetro, destacando: (A) placa metálica e travesseiros, (B) lisímetro montado, (C) estrutura e detalhe de tanque lisimétrico (medidas em metros).



Fonte: Santos et al.,2008

- 1) Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhhenrique@gmail.com
- 2) Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com
- 3) Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

Os lisímetros de drenagem vêm sendo amplamente utilizado nos estudos de culturas adaptadas ao semiárido, como a palma forrageira e capim-mombaça, isso ser da pelo fator de apresenta um custo de implantação mais baixo o que facilita sua adoção (Mota et al., 2020; Lima et al., 2021). Lisímetros de pesagem embora oferecem uma boa precisão na medição da perda de água são mais oneroso o que dificulta sua adoção, mais com desenvolvimento de modelos de baixo custo, o que vem viabilizando sua adoção nos últimos anos por pesquisadores, possibilitando a utilização em pesquisas experimentais, em especial para calibração de modelos de evapotranspiração e avaliação do impacto de diferentes lâminas de irrigação (Santos et al., 2017). Em alguns estudos, lisímetros também foram usados para avaliar a lixiviado de nutrientes e a qualidade da água percolada.

Tabela 1 – Principais Estudos com Uso de Lisímetros no Semiárido Brasileiro (2005–2024)

Ordem	Autor	Título	Local	Cultura	Resultados
1	SANTOS, W. P. et al.	Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro	Alogoinh a-RN	Milho verde	Evapotranspiração total da cultura (ETC) do milho verde foi de 300,54 mm para ciclo de 77 dias, com valor médio diário de 3,9 mm.
2	SANTOS, F. X.; RODRIGU ES. J. V.et al.	Desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no semiárido nordestino	Pesqueira -PE	Capim- pangola	O lisímetro apresentou equilíbrio estável e leituras de ETo consistentes em todos os ensaios de calibração.
3	SANTOS, F. X.; MONTEN EGRO, A. A. A.; SILVA, J. R.	Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano	Pesqueira -PE	Cenoura	A cultura apresentou ETc total de 811,84 mm, com Kc médios de 1,35 e 1,46 correspondentes aos coeficientes de tanque.
4	NASCIME NTO, E. F.; CAMPEC HE, L. F. S. M. et al.	Construção e calibração de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração e coeficiente de cultivo em videira de vinho cv. Syrah	Petrolina -PE	Videira de vinho.	Os três lisímetros de pesagem instalados e calibrados, obtiveram alto coeficiente calibração e alta sensibilidade.

¹⁾ Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhenrique@gmail.com

²⁾ Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com

³⁾ Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

5	CAVALC ANTE JUNIOR, E. G.; MEDEIRO S. J. F. et al.	Necessidade hídrica da cultura do milho influenciada pelas mudanças climáticas no semiárido nordestino	Apodi- RN, Ipangua- çu-RN, Mossoró- RN	Milho	Evapotranspiração acumulada da cultura do milho variou entre 505, 529 e 632 mm para os ciclos de 114, 105 e 109 dias.
6	MOTA, V. J. G.; CARVAL HO, A. J. et al.	Determinação do coeficiente de cultura do capim-mombaça manejado em diferentes estações do ano no semiárido mineiro	Montes Claros- MG	Capim- mombaça	A ET _c de 1711 mm no inverno/primavera é superior a do verão, de 697 mm e do outono, de 396 mm.
7	SANTOS, D. P; SANTOS. M. A. et al.	Construção, instalação, calibração, performance e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem cultivados com cana-de-açúcar	Coruripe- AL	Cana- de- açúcar	A evapotranspiração média da cana-de-açúcar foi de 4,82 e 4,90 mm dia ⁻¹ no lisímetro 1 e 4,72 e 4,87 mm dia ⁻¹ no lisímetro 2.
8	LIMA, A. S.; SILVA, P. F. et al.	Consumo hídrico e exigência térmica da palma forrageira em ambiente semiárido	Santa Luzia-PB	Palma forrageira	As três variedades de palma forrageira obtiveram evapotranspiração superior a 4,5 mm dia ⁻¹ .
9	OLIVEIRA , A. F. M.; SILVA, J. B. R. et al.	Necessidades hídricas e desenvolvimento do sorgo nas condições do semiárido brasileiro	Ipangua- çu –RN	Sorgo	A ET _c total foi de 485,45 mm, com valor médio de 4,85 mm.dia ⁻¹ e a ET _o total foi de 512,82 mm.
10	CARVAL HO, J. F.; JESUS, C. G. et al.	Utilização de diferentes métodos para determinação do balanço hídrico da cultura do repolho no semiárido de Pernambuco	Pesqueira - PE	Repolho	O Tanque Classe “A” demonstrou uma boa eficiência ET _c do repolho em relação Penman- Monteith e lisímetro. Permitiu a obtenção de medidas de evapotranspiração em concordância com estimativas realizadas pelo método de Penman- Monteith.
11	SANTOS, C. S.; MONTEN EGRO, A. A. A. et al.	Construção, instalação e calibração de lisímetro de lençol freático (Mutuca, PE)	Pesqueira - PE	Grama nativa	

¹⁾ Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhhenrique@gmail.com

²⁾ Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com

³⁾ Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

A utilização de lisímetros tem proporcionado possibilidade de quantificar com precisão a demanda hídrica de culturas como milho, sorgo e palma em condições semiáridas, o que permite ajustar de forma precisa o manejo de irrigação dessas culturas através da determinação da evapotranspiração (ET), sendo um dos parâmetros fundamentais para o planejamento de um manejo que atenda demanda hídrica da cultura ao mesmo tempo que proporcione a utilização de forma eficiente da água que é um recurso escasso na maior parte do ano no semiárido. Estudos como o de Santos et al. (2014) mostraram que a evapotranspiração total (ET) da cultura do milho-verde pode chegar a 300,54 mm no ciclo de 77 dias, tendo médias diárias de 3,99 mm, variando entre 1,64 e 5,68 mm para cultivar de milho 1051 no semiárido do rio grande norte sob irrigação localizada, sendo influenciada pelas condições meteorológicas e pelo estágio fenológico da planta. Já em outro trabalho desenvolvido por Cavalcante Junior et al. (2018), em três localidades diferentes no estado do Rio Grande do Norte, os autores observaram que evapotranspiração acumulada da cultura do milho variou entre 505, 529 e 632 mm para os ciclos de 114, 105 e 109 dias na condição de semiárido.

Trabalhos realizados com culturas como palma e sorgo, trouxeram experiências importantes com essas culturas, onde foi observado que a demanda hídrica de três cultivares de palma forrageira, que foram a orelha de elefante, baiana e miúda o consumo médio diário foi de 4,8; 4,8 e 4,6 mm dia⁻¹, respectivamente é o consumo máximo diário de água foi de 16,5; 16,7 e 16,7 mm dias isso no experimento realizado no município Santa Luzia na Paraíba por Lima et al. (2021). Já experimento feito com sorgo granífero a evapotranspiração da cultura variou entre 55,03 a 228,12 mm sendo fase de floração e frutificação que teve maior demanda hídrica, já evapotranspiração acumulada foi de 485, 45 mm para ciclo de 82 dias (Oliveira et al., 2014).

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou a importância do uso de lisímetros como ferramenta essencial para a determinação da evapotranspiração e para o manejo eficiente da irrigação no semiárido nordestino, onde a escassez de recursos hídricos e as condições climáticas adversas impõem grandes desafios à agricultura. A análise dos estudos revisados, desenvolvidos entre 2005 e 2024, evidenciou o avanço significativo na aplicação de diferentes tipos de lisímetros, especialmente os de pesagem e de drenagem, nas pesquisas relacionadas ao balanço hídrico, exigência hídrica das culturas e calibração de métodos de estimativa da evapotranspiração. Da mesma forma, os lisímetros de pesagem, apesar do custo e da complexidade técnica tradicionalmente associada à sua construção, têm sido adaptados com materiais mais acessíveis, o que permite sua utilização em estudos de campo com resultados confiáveis.

REFERÊNCIA

CAMPECHE, L. F. M. S.; AGUIAR NETTO, A. O.; SOUSA, I. F. et al. lisímetro de pesagem de grande porte: desenvolvimento e calibração. revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v. 15, n. 5, p. 491–497, 2011. doi: <https://doi.org/10.1590/s1415-43662011000500013>.

CAMPECHE, L. F. M. S.; NASCIMENTO, E. F.; BASSOI, L. H. et al. construção e calibração de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração e coeficiente de cultivo em videira de vinho cv. syrah. Irriga, v. 16, n. 3, p. 271–281, 2011. doi: <https://doi.org/10.15809/irriga.2011v16n3p271>.

¹⁾ Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhhenrique@gmail.com

²⁾ Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com

³⁾ Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; MEDEIROS, J. F. D.; FREITAS, I. A. D. S. et al. necessidade hídrica da cultura do milho influenciada pelas mudanças climáticas no semiárido nordestino. *Revista brasileira de milho e sorgo*, v. 17, n. 2, p. 251–262, 2018. doi: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n2p251-262>.

LIMA, A. S.; SILVA, P. F.; MATOS, R. M. et al. consumo hídrico e exigência térmica da palma forrageira em ambiente semiárido. *irriga*, v. 26, n. 1, p. 170–183, 2021. doi: <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n1p170-183>.

MONTORO, A.; TORIJA, I.; MAÑAS, F. et al. medições lisimétricas da transpiração noturna e diurna da videira: efeito do conteúdo de água do solo e fenologia. *agricultural water management*, v. 223, p. 105882, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105882>.

MOTA, V. J. G.; CARVALHO, A. J.; OLIVEIRA, F. G. et al. determinação do coeficiente de cultura do capim-mombaça manejado em diferentes estações do ano no semiárido mineiro. *irriga*, v. 25, n. 1, p. 170–183, 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2020v25n1p170-183>.

NASCIMENTO, A. H. C.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; LIMA, N. S. et al. desempenho do lisímetro de pesagem hidráulica com leitura manual e automática. *irriga*, v. 21, n. 1, p. 58–70, 2016. doi: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n1p58>.

OLIVEIRA, A. F. M.; SILVA, J. B. R.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F. de; NETO, J. F. Necessidades hídricas e desenvolvimento do sorgo nas condições do semiárido brasileiro. In: *INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING*. 2014. DOI:10.12702/ii.inovagri.2014-a186

OLIVEIRA, C. M. T.; RENSBURG, L. D. V.; BELLO, Z. A. et al. calibração da técnica de compensação de velocidade de pulso de calor para medir a transpiração de árvores nativas selecionadas usando lisímetros de pesagem. *agricultural water management*, v. 200, p. 75–84, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.005>.

SANTOS, C. S. D.; SANTOS, D. P.; OLIVEIRA, W. J. et al. evapotranspiração de referência e coeficiente de cultivo da pimenteira no agreste alagoano. *revista brasileira de agricultura irrigada*, v. 10, n. 5, p. 1063–1072, 2016. doi: <https://doi.org/10.7127/rbai.v10n500458>.

SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. S. et al. construção, instalação, calibração, performance e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem cultivados com cana-de-açúcar. *revista brasileira de agricultura irrigada*, v. 11, n. 4, p. 251–261, 2017. doi: <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n400625>.

SANTOS, F. X.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, J. R. et al. determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem no agreste pernambucano. *revista brasileira de ciências agrárias*, v. 4, n. 4, p. 446–452, 2009. doi: <https://doi.org/10.5039/agraria.v4i4a294>.

SANTOS, F. X.; RODRIGUES, J. J. V. R.; MONTENEGRO, A. A. A. et al. desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no semiárido nordestino. *engenharia agrícola*, v. 28, n. 1, p. 151–159, 2008. doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-69162008000100012>.

SANTOS, W. P.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F. et al. coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. *irriga*, v. 19, n. 4, p. 559–570, 2014. doi: <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n4p559>.

¹⁾ Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhhenrique@gmail.com

²⁾ Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com

³⁾ Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

SCHMIDT, C. D. S.; PEREIRA, F. A. C.; OLIVEIRA, A. S. et al. projeto, instalação e calibração de um sistema de pesagem lisímetro para estudos de evapotranspiração de culturas. gestão de recursos hídricos e irrigação, 2013.

SILVA, C. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; RODRIGUES, R. A. S. et al. construção, instalação e calibração de lisímetro de lençol freático. revista brasileira de agricultura irrigada, v. 9, n. 5, p. 785–796, 2008. doi: <https://doi.org/10.7127/rbai.v9n500308>.

SOUSA, I. F.; AGUIAR NETO, R. L.; SILVA, T. J. A. et al. lisímetro de pesagem de grande porte – parte II: resultados e aplicação. revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v. 15, n. 1, p. 29–35, 2011. disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/ywwsj9q6fvzqmplb3f4yq8b/>.

TFWALA, C. M.; RENSBURG, L. D. V.; BELLO, Z. A. et al. Calibration of compensation heat pulse velocity technique for measuring transpiration of selected indigenous trees using weighing lysimeters. *Agricultural Water Management*, v. 203, p. 143–151, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.005>.

TUGWELL-WOOTTON, T.; SKRZYPEK, G.; DOGRAMACIA, S. et al. Soil moisture evaporative losses in response to wet-dry cycles in a semiarid climate. *Journal of Hydrology*, v. 584, 125533, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125533>.

CARVALHO, J. F.; JESUS, C. G.; ALMEIDA, G. L. P. et al. utilização de diferentes métodos para determinação do balanço hídrico da cultura do repolho no semiárido de pernambuco. *brazilian journal of animal and environmental research*, v. 3, n. 4, p. 35–45, 2020. doi: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-003>.

¹⁾ Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 981478386, e-mail: juniorhhhenrique@gmail.com

²⁾ Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com

³⁾ Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com