



ITEM

Irrigação e Tecnologia Moderna

Junho de 2025



***Os reservatórios e as geomembranas
no desenvolvimento sustentável da
agricultura irrigada brasileira | pág. 5***

Everardo Chartuni Mantovani | Hiran Medeiros Moreira

*Artigo científico | Potencial das águas salobras para
sistemas produtivos sustentáveis da agricultura
bissalina no semiárido brasileiro | pág. 90*

*Relatório de missão técnica | Recursos hídricos e
irrigação na Califórnia: experiências e paralelos
com o Brasil | pág. 106*



A ABIMAQ

A Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), há mais de 80 anos como entidade representativa do setor, tem como objetivo atuar em favor do fortalecimento da Indústria Nacional. Mobiliza este setor por meio de ações junto às instâncias políticas e econômicas, estimula o comércio e a cooperação internacionais e contribui para aprimorar seu desempenho em termos de tecnologia, capacitação de recursos humanos e modernização gerencial.

A ABIMAQ representa atualmente mais de 9.000 empresas dos mais diferentes segmentos fabricantes de bens de capital mecânicos, cujo desempenho tem impacto direto sobre os demais setores produtivos nacionais e possui mais de 1.600 empresas associadas.



CSEI

Câmara Setorial de
Equipamentos de Irrigação

Conheça a CSEI

Criada em 1994, a CSEI é uma das 40 Câmaras Setoriais da ABIMAQ e congrega indústrias que detêm tecnologia na fabricação de equipamentos destinados à irrigação convencional, localizada e mecanizada. Atua em diversos fóruns buscando o desenvolvimento de políticas e ações que promovam e fomentem a agricultura irrigada no Brasil.

Acesse: www.abimaq.org.br

REVISTA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM – Abid

Nº 128 - Junho de 2025

ISSN 0102-115X

Presidente: Sílvio Carlos Ribeiro Viera Lima

Primeira vice-presidente: Maria Emília Borges Alves

Segundo vice-presidente: Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Flávio Gonçalves de Oliveira, Luiz Fabiano Palaretti, João Batista Ribeiro da Silva Reis, Fúlvio Rodríguez Simão, Luís Fernando de Souza Magno Campeche, Priscila Silvério Sleutjes, Catariny Cabral Aleman, Lineu Neiva Rodrigues, Rodrigo Ribeiro Franco Vieira, Jane Maria de Carvalho Silveira, Eusímio Felisbino Fraga Júnior, Marconi Batista Teixeira, Gregório Guirado Faccioli, José Alves Júnior, Bruno Vicente Marques, Daniel Fonseca de Carvalho.

Consultora da Abid

Aline Trindade

E-mail: associados@abid.org.br

Tel: (31) 98555-8995

Empresas associadas à Abid

3v3 Tecnologia, Aprofir Brasil, Aprofir-MT, Bauer, Netafim, Rain Bird, Rota da Fruticultura (Ride-DF), Rivulis, Rubicon, Senniger.

Apoiadoras da Revista Item

Aprofir Brasil, Aprofir-MT, CSEI/Abimaq, Rota da Fruticultura (Ride-DF), Rubicon.

Conselho Editorial

Maria Emília Borges Alves, João Batista Ribeiro da Silva Reis, Fúlvio Rodríguez Simão, Everardo Chartuni Mantovani, Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima, Antônio Alfredo Teixeira Mende, Fernando Antônio Rodríguez, Salassier Bernardo.

Comitê Técnico-Científico

Maria Emília Borges Alves, João Batista Ribeiro da Silva Reis, Fúlvio Rodríguez Simão, Gregório Guirado Faccioli, Flávio Gonçalves de Oliveira, Catariny Cabral Aleman, Raimundo Rodrigues Gomes Filho, Aline Trindade, Bruno Vicente Marques, Jane Maria de Carvalho Silveira, Marconi Batista Teixeira, Eusímio Felisbino Fraga Júnior, Daniel Fonseca de Carvalho.

Coordenação Técnica

João Batista Ribeiro da Silva Reis e Fúlvio Rodríguez Simão.

Contato

A/c Aline Trindade

associados@abid.org.br

CLNW 10/11, Bloco H, Loja 8, Mezanino Brise Cooffice, Noroeste, CEP: 70.686-640, Brasília-DF

Editor executivo

João Batista Ribeiro da Silva Reis

Projeto gráfico e diagramação

Valéria Gedanken

Foto da capa

Banco de imagens da Nortene

Revisão de texto

João Gustavo Borges Marques

Leia nesta edição

Editorial | 4

Destaque de capa | Os reservatórios e as geomembranas no desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada brasileira | 5

Celebrando a agricultura irrigada | 16

Notícias | Espaço do leitor | 17

Resumos expandidos premiados no XXXIII Conird | 21

Alterações microclimáticas em parreiral de BRS Melodia sob cobertura plástica | 21

Características produtivas em mangueira Palmer sob diferentes densidades de plantio e irrigação com déficit controlado no primeiro ciclo | 31

Produtividade da água de irrigação e pegada hídrica da mangueira Palmer em plantio adensado e sob déficit hídrico | 38

Irrigação deficitária de palma forrageira (*Opuntia stricta*) com água salobra: impactos no crescimento, produtividade e viabilidade econômica sob manejo baseado em evapotranspiração | 48

Mesas-redondas do XXXIII Conird | 56

Tecnologias inovadoras na agricultura irrigada | 56

Gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada | 60

Educação e capacitação para agricultura sustentável | 65

Panorama da comunicação do setor com a sociedade | 68

Inovação e empreendedorismo na agricultura irrigada | 71

Parcerias público-privadas para inovação na agricultura | 73

Desafios e oportunidades para o setor de agricultura irrigada | 75

Agenda 2030 para agricultura irrigada sustentável | 78

Estudo de caso | Capacidade de irrigação para otimização do uso da água em propriedades agrícolas | 80

Artigo científico | Potencial das águas salobras para sistemas produtivos sustentáveis da agricultura bioessalina no semiárido brasileiro | 90

Relatório de missão técnica | Recursos hídricos e irrigação na Califórnia: experiências e paralelos com o Brasil | 106

Colaboraram nesta edição | 119

Calendário de missões e eventos | 123

Observações

Os artigos assinados são de responsabilidade de seus autores, não traduzindo, necessariamente, a opinião da Abid. A reprodução total ou parcial do conteúdo da revista pode ser feita desde que citada a fonte.

As cartas e notícias enviadas à revista ou aos seus responsáveis podem ou não ser publicadas. A redação se reserva o direito de editá-las, buscando não alterar seu teor e preservar a ideia geral do texto.

Este trabalho só se viabilizou graças à dedicação de muitos profissionais e ao apoio de instituições públicas e privadas.

É com muita alegria que apresentamos este número da Revista Item, o qual conta com, além de relatos e depoimentos de várias ações da nossa associação, dois destaques principais: os trabalhos premiados no último Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (XXXIII Conird) – cabe mencionar também a relevância dos relatos das mesas-redondas realizadas no evento – e os artigos técnicos e científicos relevantes ao cenário da agricultura irrigada nacional.

Em relação aos trabalhos premiados no Conird, estes estão aqui publicados na forma de resumo expandido, abordando temas muito significativos ao setor. Logo, esta edição da revista conta com um trabalho que trata de alterações microclimáticas em ambiente protegido em cultura da videira; dois trabalhos voltados à aplicação de estratégias de irrigação com déficit hídrico na cultura da mangueira para obtenção de importantes índices de produtividade da água e de pegada hídrica; e, por último, um trabalho destinado à cultura da palma forrageira, com aplicação de irrigação deficitária com água salobra.

No que diz respeito aos relatos das mesas-redondas de nosso congresso, foram apresentados e discutidos temas diversificados e relevantes ao cenário da agricultura irrigada. Entre eles, temos: uso de tecnologias inovadoras na irrigação; gestão de recursos hídricos; educação e capacitação para uma agricultura sustentável; panorama da comunicação do setor com a sociedade; inovação e empreendedorismo; parcerias público-privadas; desafios e oportunidades para o setor; e Agenda 2030 para agricultura irrigada sustentável.

Por sua vez, apresentamos os artigos em três seções distintas: um corresponde à matéria de destaque na capa, de abrangência mais técnica, em que se contempla a aplicação de reservatórios e geomembranas na sustentabilidade da agricultura irrigada; em outra seção,

apresentamos um estudo de caso, em que se ressaltava a capacidade de irrigação para a otimização do uso da água em propriedades agrícolas; e, por fim, uma seção com abordagem mais científica, cujo artigo destaca o potencial das águas salobras para sistemas produtivos sustentáveis da agricultura bioessalina.

É importante também mencionar o progresso da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) em relação aos cursos que têm sido realizados; nesta edição, apresentamos informações e depoimentos sobre o curso de formação de montadores de sistemas de irrigação. Além disso, trazemos um relato da missão técnica nos Estados Unidos da América, apresentando também um plano de missões técnicas a serem realizadas futuramente.

Assim, acreditamos que esta publicação trará importantes contribuições para uma agricultura irrigada mais eficiente e sustentável, beneficiando os diversos atores envolvidos no nosso setor e a sociedade.

Boa leitura!



Diretor de Publicações: João Batista Ribeiro da Silva Reis



Subdiretor de Publicações: Fúlvio Rodríguez Simão

Os reservatórios e as geomembranas no desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada brasileira

Everardo Chartuni Mantovani e Hiran Medeiros Moreira

Introdução

Os reservatórios impermeabilizados e estabilizados com geomembranas trazem segurança hídrica e econômica para as culturas através da possibilidade de irrigar em condições de vazão limitada, de recompor adequadamente áreas com projetos com lâmina de água insuficiente e de ampliar a área irrigada para um determinado potencial de vazão outorgável, além de proporcionar economia nos custos energéticos, entre outras vantagens. As geomembranas estão tendo, nos últimos anos, um grande destaque na agricultura irrigada por viabilizarem estratégias importantes nos projetos de sistemas de irrigação, incluindo também a impermeabilização de canais em grandes projetos, em função do grande benefício de impedirem a perda de água por infiltração.

Apesar das vantagens da utilização das geomembranas, observa-se ainda muito desconhecimento desse potencial de uso, principalmente em relação aos reservatórios de acumulação de água, considerando suas características e a necessidade de cuidados para ter segurança na adoção dessa tecnologia. Nesse âmbito, destacam-se a escolha adequada da geomembrana e a segurança na sua instalação.

Nessa perspectiva, é necessário ter em conta que o crescimento e o desenvolvimento da agricultura irrigada exigem tecnologias que

possam dar suporte a implantações sustentáveis – do ponto de vista econômico, social e ambiental – de grãos, frutas, hortícolas e fibras, ou, ainda, da agroenergia. Também é fundamental atender os aspectos técnicos envolvidos nas propriedades de pequenos e grandes produtores, sem deixar de lado as questões operacionais relacionadas à condução do sistema de irrigação ao longo das safras.

Quando se trata de tecnologia, normalmente são considerados sistemas complexos e de difícil aplicação em condições normais de campo. Tal percepção tem sido a cada dia modificada pela capacidade de acesso aos recursos tecnológicos atuais, em que as tecnologias que antes eram complexas, de difícil acesso e instalação, estão cada vez mais acessíveis em função da disponibilidade de informações técnicas e da profissionalização do setor industrial e de serviços. Esse é o caso dos sistemas de reservação e condução de água nas fazendas, que têm sua viabilidade muito dependente da impermeabilização, a qual é proporcionada pelo uso cada vez mais profissional das geomembranas (que são um dos tipos de produtos geossintéticos, como podem ser as polimantas, as mantas de borracha butílica, entre outras tantas variações).

Os reservatórios construídos nas fazendas, em geral, são circulares, em função da otimização da distribuição de esforços devido à si-

metria axial da superfície e do carregamento; entretanto, podem ser observados também reservatórios retangulares, triangulares ou em formatos mistos, em função da disponibilidade hídrica e do melhor aproveitamento da área de projeto, assim como da área disponível para plantio.

Na Figura 1, observam-se reservatórios circulares e de outros formatos, em uma área de produção de grãos e fibras.

Figura 1 – Vista aérea de reservatórios de grande porte para apoio à irrigação por pivô central



| Fonte: imagens cedidas pela empresa Nortene.

Produtos geossintéticos

Os produtos geossintéticos, dos quais fazem parte as geomembranas, tiveram seu grande desenvolvimento a partir da segunda metade da década de 1940, ao final da Segunda Guerra Mundial, devido ao grande avanço na indústria petroquímica. A partir da década de 1980, iniciaram-se aplicações significativas no contexto brasileiro, com uso na impermeabilização de canais em obras públicas. De lá para cá, houve aumento no uso desses produtos, com grande viabilidade

econômica e produtiva nos últimos 15 anos junto ao desenvolvimento da agricultura irrigada. Assim, o uso das geomembranas popularizou-se como um elemento fundamental para dar suporte ao desenvolvimento de projetos de irrigação, com eficiência na condução e na reservação de água.

No agronegócio, em geral, as membranas são utilizadas em bacias de contenção e lagoas de tratamento de efluentes, esterqueiras de contenção dos dejetos oriundos de criação animal, em impermeabilização de lagoas de

chorume e de cobertura de aterros, em revestimento de canais de irrigação e em impermeabilização de tanques para a criação de peixes e camarões. Ademais, é notório o seu uso para o revestimento de reservatório de água.

Centrando a análise na área de irrigação e no contexto da agricultura irrigada, a geomembrana tem dois usos fundamentais, como citado anteriormente. O primeiro é a impermeabilização de canais de condução da água, finalidade essa muito importante para a distribuição de água em grandes projetos. Nesse caso, o uso da geomembrana viabiliza esse tipo de condução, trazendo estabilidade aos taludes e impedindo a presença de plantas, além de evitar a perda de água por infiltração, cuja magnitude depende do tipo de solo. Consequentemente, o segundo uso fundamental da geomembrana é evitar a perda de água, porque sua ocorrência é capaz de aumentar significativamente os custos envolvidos na produção agrícola, o que inviabiliza o projeto, seja a curto ou longo prazo.

Nas condições atuais, talvez o uso mais estratégico para o manejo e a sustentabilidade da irrigação seja a utilização das geomembranas em reservatórios de água, que se destacam no apoio à viabilidade de projetos de irrigação.

Reservatórios de água e viabilidade de projetos de irrigação

- Os reservatórios têm sido importantes em diversas situações de projetos de irrigação. A seguir, serão citadas e discutidas suas vantagens e particularidades:
- **Segurança:** a presença de reservatórios permite maior segurança da área irrigada, possibilitando manutenções corretivas

e preventivas no sistema de captação de água (superficial ou subterrâneo), prevenindo-se do risco de não haver irrigação;

- **Possibilidade de irrigação:** o armazenamento de água permite a irrigação em condições de baixa disponibilidade hídrica em relação à demanda da cultura e do tamanho da área. Tais condições acontecem em muitas regiões, principalmente na irrigação de culturas de alto valor agregado (como as de hortifrúti) e normalmente em áreas de pequeno e médio porte;
- **Correção de projetos com lâmina deficitária em relação à demanda real:** diversas áreas irrigadas – normalmente, com culturas perenes (como frutas, café, entre outras), com hortícolas e flores em condições de campo ou de ambiente protegido (casa de vegetação), cujo projeto previa uma demanda menor no período de máximo uso – podem ser viabilizadas com a instalação de reservatórios de apoio;
- **Economia na conta de energia:** a presença de reservatórios permite a otimização do uso energético nas adutoras, principalmente em condições de grande extensão e/ou com grande diferença de nível (altura manométrica), priorizando os horários de menor custo da energia para executar o bombeamento da captação principal;
- **Ampliação efetiva da área irrigada:** o uso de reservatórios permite a ampliação da área irrigada com o dimensionamento da lâmina de irrigação a ser retirada do corpo d'água abaixo da real necessidade na fase de máxima demanda da cultura, ampliando a área possível de se irrigar. A complementação da aplicação nos períodos de maior necessidade será feita

através do uso da água armazenada nos reservatórios, que foram preenchidos em períodos de menor demanda hídrica da cultura irrigada e/ou de maior disponibilidade de recursos hídricos (período das chuvas). Por exemplo: no oeste da Bahia, a maior parte dos projetos de irrigação utiliza pivôs centrais, com autonomia diária de 10 mm/21h, em sistemas de produção com demanda máxima na faixa de 5 a 6 mm/dia. Essa folga entre a autonomia e a demanda é importante para viabilizar operacionalmente a aplicação da lâmina necessária. Por outro lado, a lâmina de projeto com uso de água subterrânea (poços) adotada tem sido de 3,0 mm/21h. Os reservatórios revestidos com geomembranas – os quais reúnem, compartilham e estocam a água oriunda dos poços para ser utilizada em períodos críticos (de maio a setembro) – aumentam a viabilidade técnica e financeira dos projetos, maximizando a área irrigável por volume bombeado do aquífero. Assim, os reservatórios possibilitam até dobrar a área irrigável, consistindo em um recurso-chave para o fortalecimento da agricultura irrigada e, por conseguinte, a promoção de mais segurança em termos de produtividade e qualidade da produção;

- **Uso seguro de água subterrânea:** a captação de água subterrânea é uma estratégia interessante, em função da grande disponibilidade desse recurso hídrico; contudo, os processos de perfuração, acabamento e instalação de sistema de bombeamento da água têm um custo de implantação elevado. Nesse caso, o uso de reservatórios permite otimizar e viabilizar o bombeamento, ampliando a área irrigada, como apresentado no item anterior. Também, o uso de reservatório em grandes projetos viabiliza o rece-

bimento de água de vários poços, diminuindo o risco de perda da safra em caso de problema em algum deles;

- **Outros benefícios:** projetos com geração e uso de energia solar na adução principal são viabilizados a partir do uso de reservatórios, uma vez que possibilitam a otimização do bombeamento nos horários de disponibilidade de energia solar e do tratamento da água com problemas de qualidade química e/ou física em condições de irrigação localizada, entre tantas outras possibilidades.

Definição da necessidade de reservação em projetos de irrigação

Com vista a atender a demanda hídrica nos períodos críticos, a capacidade do reservatório é elemento-chave em seu dimensionamento. Erros nessa definição – isto é, a definição de uma capacidade menor e insuficiente do reservatório, considerando a demanda de uso de água irrigada – implicam a incapacidade de atender a demanda da cultura e, assim, impactam a produtividade potencial e podem causar grandes prejuízos financeiros. Por outro lado, o custo de implantação do reservatório depende do volume a ser armazenado; normalmente, uma pequena folga é aceitável, mas volumes excessivos acarretam aumento desnecessário no custo do projeto de irrigação, como será descrito adiante.

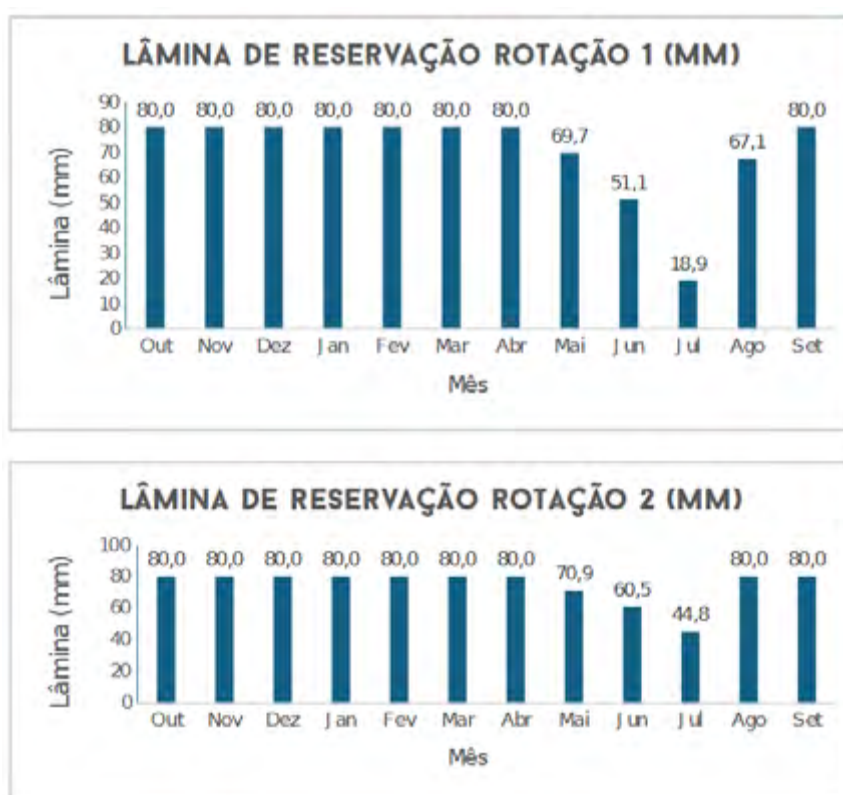
Nessa etapa de definição do volume do reservatório, é importante considerar a rotação de culturas e suas respectivas janelas de plantio para estimar a demanda de irrigação mensal e, assim, de acordo com a lâmina disponível do projeto, estimar a necessidade de reservação, bem como o tamanho e a distribuição dos reservatórios, de modo a melhor atender as necessidades do projeto.

No exemplo a seguir, foi elaborado um estudo de balanço hídrico mensal para uma fazenda localizada em São Desidério, no oeste da Bahia, em um projeto cuja lâmina oriunda dos poços é de 3,38 mm/18h, irrigando-se 1.490 hectares com pivôs centrais com 10 mm/21h de autonomia. O tempo de 18 horas de bombeamento dos poços está relacionado ao tempo máximo permitido de bombeamento na legislação atual de outorga do estado da Bahia; por sua vez, o tempo de 21

horas de funcionamento do pivô relaciona-se à limitação imposta pela legislação e/ou pelo preço da energia elétrica no horário de 18 a 21 horas.

Na Figura 2, a seguir, apresenta-se a evolução do volume de água disponível em um reservatório com capacidade de 80 mm, sendo que cada milímetro armazenado corresponde a 10 m³ por cada hectare do projeto de irrigação implantado.

Figura 2 – Evolução da disponibilidade de água no reservatório ao longo do ano em duas estratégias de irrigação nas rotações: (1) soja, milho e feijão; e (2) soja, algodão e milho



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do estudo de caso.

Observa-se, na Figura 2, que, na rotação (1) – soja, milho e feijão –, foram utilizados 76% do volume disponível, ficando no mês mais exigente (julho) um volume correspondente a 18,9 mm, o qual garante, com um pouco de sobra, a disponibilidade de água para cultura. No caso da rotação (2) – soja, algodão e milho –, o volume utilizado corresponde a

cerca de 44% do volume disponível, ou seja, o volume mínimo do reservatório seria correspondente a uma lâmina de 44,8 mm.

No estudo para determinar a necessidade de reservação, estimam-se a necessidade de irrigação mensal ponderada e a necessidade de reservação de modo a atender o período

mais crítico de demanda de irrigação, o qual suplantará a lâmina disponível na outorga do projeto. Para tanto, foram considerados o histórico climático da região, a capacidade de retenção hídrica do solo, a configuração de uso de água das culturas de acordo com as fases fenológicas e a capacidade de aplicação de água dos equipamentos.

As estratégias de plantio preconizadas foram: (1) 100% de soja em outubro, 90% de milho em abril e 10% de feijão em junho; e (2) 100% de soja em outubro, 30% de algodão em fevereiro e 70% de milho em abril. Tal distribuição pode ser mais bem visualizada na Tabela 1, a seguir.

Na Tabela 1, apresenta-se a evolução da demanda hídrica da cultura que deve ser atendida pela irrigação (denominada água azul), a qual seria, no caso, a demanda real da cultura menos a parte atendida pelas chuvas (denominada água verde). No exemplo, uma área irrigada de 1.490 ha tem disponível uma outorga de 50.400 m³/dia para aplicação de uma lâmina de 3,38 mm/dia e uma reservação de 80 mm, ou seja, 1.192.000 m³, com tempo estimado de bombeamento de cerca de 3.000 horas/ano, com média de 8,25 h/dia.

Tabela 1 – Balanço hídrico mensal para a estimativa de demanda de irrigação média e a necessidade mensal de reservação para dois tipos de rotação de culturas: (1) soja, milho e feijão; e (2) soja, algodão, milho e feijão

Cultura e outras especificações (1)	Área Ocupada:		Lâmina por mês(mm)												Total mm
	(%)	(ha)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
Soja (outubro)	100	1490	70,2	18,8	20,8	60,5									170,3
Algodão (fev)	0	0							78,8	78,8	78,8	78,8	26,3		341,3
Milho (abril)	90	1341							41,0	124,2	126,1	133,6	41,9		466,8
Feijão (junho)	10	149									65,8	134,3	155,4	34,8	390,3
Área total (ha)		2980													
Demanda média (mm)			70,2	18,8	20,8	60,5	0,0	0,0	36,9	111,8	120,1	133,7	53,3	3,5	626
Lâmina poços (mm)			101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	
Tempo bomb. poços (h)			12,4	3,3	3,7	10,7	0,0	0,0	6,5	18,0	18,0	18,0	9,4	0,6	3025
Consumo reservação (mm)			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	18,6	32,2	0,0	0,0	
Lâmina reservada (mm)			80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	69,7	51,1	18,9	67,1	80,0	

Cultura e outras especificações (2)	Área Ocupada:		Lâmina por mês(mm)												Total mm
	(%)	(ha)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
Soja (outubro)	100	1490	70,2	18,8	20,8	60,5									170,3
Algodão (fev)	30	447							78,8	78,8	78,8	78,8	26,3		341,3
Milho (abril)	70	1043							41,0	124,2	126,1	133,6	41,9		466,8
Feijão (junho)	0	0									65,8	134,3	155,4	34,8	390,3
Área total (ha)		2980													
Demanda média (mm)			70,2	18,8	20,8	60,5	0,0	0,0	52,3	110,6	111,9	117,2	37,2	0,0	599
Lâmina poços (mm)			101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	
Tempo bomb. poços (h)			12,4	3,3	3,7	10,7	0,0	0,0	9,3	18,0	18,0	18,0	6,6	0,0	3003
Consumo reservação (mm)			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	10,4	15,7	0,0	0,0	
Lâmina reservada (mm)			80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	70,9	60,5	44,8	80,0	80,0	

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do estudo de caso.

Nesse caso, a reservação requerida foi de 80 mm, de modo a garantir a máxima produtividade com segurança de disponibilidade hídrica para os meses mais críticos, que, para a rotação (1), chega-se a 18,9 mm de reservação ao final do mês de julho. Para a rotação (2), a situação é ainda mais favorável, e a reservação final fica com valores elevados, com 44,8 mm no final do mês mais crítico.

Essa análise permite verificar, de forma muito objetiva, como as diferentes ocupações nas rotações de culturas possíveis (tipo, data de plantio e percentual da área) impactam a definição do tamanho do reservatório, o que deixa evidente a inexistência de uma regra básica aplicável a todos os casos.

Portanto, a partir da definição da necessidade de reservação, são feitos o dimensionamento e a distribuição dos reservatórios revestidos, de modo a melhor atender os setores e as fases do projeto.

Impacto econômico dos reservatórios

Uma análise para a decisão do uso dos reservatórios envolve considerar o impacto do custo de implantação no valor final do projeto. Apesar de o custo de implantação dos reservatórios fazer parte do resumo orçamentário dos bons projetos de sistemas irrigados, faltam informações qualificadas para a realização dessas análises, pois há uma carência de publicações técnicas que apresentem uma perspectiva que aborde de forma detalhada a análise financeira em sistemas irrigados.

Por um lado, a construção exige investimentos que são facilmente apurados, envolvendo o projeto, a movimentação e a compactação do solo, a estrutura hidráulica de retirada da água e o revestimento (valor da geomembrana mais o custo de instalação). Por outro lado, existem impactos que, no

custo de investimento e de operação, não são facilmente mensuráveis; isto é, a presença dos reservatórios produz impacto na redução dos custos diretos e indiretos da produção, mas que precisam ser considerados em uma perspectiva geral do funcionamento produtivo na propriedade rural.

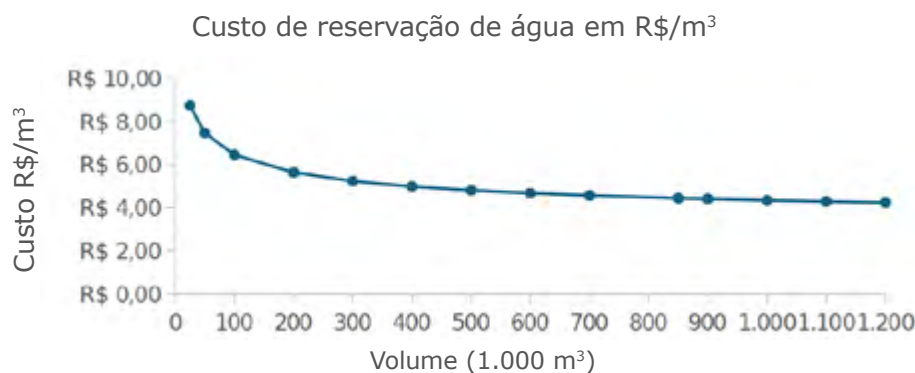


Foto: imagem cedida pela empresa Nortene.

Partindo de tais pressupostos, apresenta-se um exemplo do impacto econômico acerca dos reservatórios. Considera-se, para este exemplo, o fato de que o volume do reservatório tem impacto direto no custo da água armazenada em função da otimização dos aspectos de construção e de revestimento. Em condições normais, quanto maior o volume armazenado, menor será o custo da implantação medido pela água armazenada ($R\$/m^3$).

A seguir, apresenta-se, na Figura 3, um exemplo de custo da água armazenada por volume do reservatório, em um estudo de caso para o oeste da Bahia, para subsidiar a implantação de um projeto de cerca de 4.000 ha por pivôs centrais.

Figura 3 – Impacto do tamanho do reservatório no custo de construção medido pelo custo da água armazenada em R\$/m³



Fonte: dados do estudo de caso desenvolvido pela empresa Iara, com base em levantamento realizado junto a fornecedores de materiais e serviços.

Observam-se uma forte queda nos valores de 25 até 400 mil m³, em base logarítmica, e, depois, um gradiente menor, quase linear. Os valores para reservatórios de 25 e 400 mil m³ diminuem, respectivamente, de R\$ 8,75 para R\$ 4,99 por cada m³ armazenado, isto é, uma redução da ordem de 43%, com valores mínimos de R\$ 4,25/m³ para o maior reservatório analisado, de 1.200.000 m³. Essa análise é relevante para auxiliar no planejamento dos setores e do projeto, embora é preciso ter em conta que, em função da distribuição do sistema de irrigação no campo e do cronograma de implantação, nem sempre é possível optar pelos maiores reservatórios.

Analisando o impacto positivo da possível implantação do projeto, é difícil mensurar o ganho da utilização dos reservatórios na ampliação da área de produção irrigada em função do planejamento quanto ao uso de parte dos recursos para o atendimento das necessidades hídricas da cultura nas fases de maior demanda. Contextualizando a dimensão do potencial de ampliação, no projeto citado – no oeste da Bahia –, a partir do uso de

sistemas mais eficientes e de uma análise de uso escalonado da água nos 30 equipamentos (pivô central), foi possível baixar a lâmina média do projeto de 7,5 para 5,00 mm, o que permitiu ampliar a área possível de se irrigar com a outorga disponível em 50,3%, passando de 1.730 para 2.600 ha. Assim, quando são implantados os reservatórios visando a atender 36% no período de máxima demanda, é possível ampliar a área para 4.200 ha, ou seja, uma ampliação de 61,5% da área irrigada pelo uso dos reservatórios. Também é importante destacar que, nesse caso, a capacidade de aplicação de água no pivô foi dimensionada em 10 mm/21h, permitindo folgas de aplicação de água por unidade.

Essa ampliação de área irrigada para uma mesma disponibilidade de água na outorga é, sem dúvidas, um dos maiores benefícios do uso de reservatórios na agricultura irrigada. Outra vantagem significativa – e também difícil de mensurar economicamente – é a segurança de disponibilidade da água nos reservatórios para atender a demanda da cultura, uma vez que existe a possibilidade de ocorrência de problemas que exijam ma-

nutrição corretiva do sistema principal de bombeamento dos cursos d'água (normalmente, tais reparos exigem períodos maiores e podem chegar, em casos extremos, em até uma semana). Nesse contexto, também é de se considerar o caso de manutenções corretivas em sistemas de uso de poços de água subterrânea, nos quais a resolução de problemas pode exigir um tempo longo, a depender da magnitude da situação.

É oportuno considerar, nessa questão de segurança da disponibilidade hídrica possibilitada pela presença dos reservatórios, os efeitos das mudanças climáticas, que têm afetado a distribuição das chuvas e, assim, a disponibilidade de água para irrigação nos corpos d'água superficiais, momentos esses que requerem atenção acerca dos impactos do estresse hídrico na produção das culturas.

Analisando os custos diretos a partir do uso de reservatórios, observa-se um potencial de redução do gasto com a conta de energia ao longo dos anos, principalmente em bombeamentos distantes e/ou com elevada altura manométrica, como é o caso em grandes projetos irrigados com uso de águas superficiais concentrado em um único local e em casos de projetos com poços profundos, em função da possibilidade de sua perfuração ocorrer no entorno dos reservatórios. Também deve ser considerada, para uma boa gestão energética, a economia na conta de energia promovida pela adução de água para os reservatórios em horários com descontos (horário reservado), tanto nos grupos de tarifa binômica (grupo A) quanto monômica (grupo B), em que os valores variam de 60 a 90% em relação à demanda medida, a depender do grupo e da região do país.

Por último, analisando o custo da implantação dos reservatórios de forma relativa, nos projetos de áreas superiores a 1.000 ha

e com uso de água subterrânea, observa-se que os reservatórios correspondem a 14,5% do custo total do projeto, o qual envolve equipamentos de qualidade, adutoras, poços, canais, reservatórios, rede elétrica interna, casa de bombas e outras obras civis. Desse total de 14,5%, 34% correspondem à movimentação e à compactação de terra, 63%, ao revestimento (geomembrana e instalação), e 3%, à estrutura de sucção.

Segurança dos reservatórios

Assim, analisando a importância dos reservatórios para a segurança da produção irrigada, ressalta-se a necessidade de que eles tenham características construtivas adequadas, que garantam seu uso e funcionamento efetivo. Isso significa evitar que a má qualidade da geomembrana e a instalação inadequada possibilitem a fuga de água e, portanto, a perda de água por infiltração, o que implicaria a perda de efetividade e o não atendimento da demanda hídrica da cultura. De forma mais trágica, a infiltração geralmente causa instabilidade dos taludes de terra, com grande risco de rompimento de todo o reservatório. Exatamente quanto a essa questão, o uso profissional e adequado das geomembranas tornam viáveis a construção e a utilização dos reservatórios, dadas a qualidade e a segurança que fornecem às estruturas.

Nesse sentido, o uso de geomembrana exige cuidado e profissionalismo. A partir da experiência profissional dos autores e, principalmente, com base em conversas realizadas com especialistas e empresas que atuam nessa área, é possível identificar alguns cuidados básicos que os produtores, consultores, técnicos, projetistas, instaladores e demais interessados no tema devem ter em mente, destacando-se quatro deles: (1)

a qualidade da geomembrana (fabricação); (2) a espessura da membrana (escolha técnica); (3) a qualidade da instalação (solda, testes e outros cuidados); e, por último, mas não menos importante, (4) as características construtivas do reservatório.

A qualidade da geomembrana está associada à utilização de insumos de alta qualidade, de máquinas que garantam uniformidade da espessura e de sistema de controle e análise da qualidade final. Para tanto, sua utilização exige seleção adequada de marca e fabricante.

Um ponto muitas vezes negligenciado – ou não analisado de maneira adequada – é a espessura da membrana. A escolha da espessura da membrana não pode ser uma decisão econômica voltada para o menor preço; a decisão deve ser tomada com base em uma análise técnica. A definição normal da espessura da geomembrana – de 0,8 a 1 mm para impermeabilização de canais e de 1 a 1,5 mm para reservatórios de cerca de 6 m de lâmina d'água – é um importante item de segurança, devendo ser decidido a partir de recomendação profissional. Empresas que agem com profissionalismo e se dedicam ao serviço de instalação das geomembranas se recusam à realização da obra quando a espessura escolhida não é adequada, em função de possíveis e esperados problemas futuros pelos quais não querem assumir a responsabilidade.

Uma questão-chave para o êxito – ou não – de todo o esforço acerca da qualidade do produto e da escolha da espessura certa relaciona-se à instalação das membranas no campo. Esse processo é, sem dúvidas, o ponto nevrálgico do uso efetivo das geomembranas. Sua instalação envolve a solda entre painéis, que deve ser de alta qualidade, realizada sem erros e com inspeções através de testes adequados que permitam a avaliação do resultado. As empresas de instalação estão cada vez

mais se capacitando nesse aspecto com auxílio das empresas fabricantes de geomembranas, que promovem cursos de capacitação, acompanham as obras e procuram trabalhar em parcerias idôneas.

Por fim, cabem ser analisadas, de maneira bem criteriosa, as características da construção do reservatório, onde a inclinação ideal dos taludes e a compactação adequada são importantes aspectos básicos da construção e exigem definições assertivas para cada tipo de solo e para cada tipo de condição de armazenagem de água. Outro aspecto a ser levado em conta – este de caráter de alto risco – é a análise do terreno para identificar instabilidade ou presença de cavernas no subsolo da região de instalação. Em algumas regiões, pode ocorrer a presença de cavernas, o que compromete toda a segurança da estrutura, muitas vezes trazendo desafios ao projeto – ou até mesmo o inviabilizando.

Conclusão

Do mesmo modo que são buscadas, nos projetos de irrigação, soluções que proporcionem uma agricultura irrigada com segurança técnica, econômica e operacional, o uso estratégico dos reservatórios e canais revestidos com geomembranas exige, além de uma análise técnica e econômica de todo o processo, uma visão estratégica compatível, objetivando a diminuição dos riscos da produção e a potencialização da rentabilidade.

Em resumo, o uso dos reservatórios cobertos com geomembranas possibilitam a ampliação efetiva da área irrigada, promovendo a segurança da disponibilidade hídrica, além de possibilitar a irrigação em condições de baixa disponibilidade de água, em função de problemas identificados na captação principal ou no caso de uso de água subterrânea.

Os reservatórios também são importantes para a correção de projetos com lâmina deficitária, a economia na conta de energia, a otimização de projetos com geração e uso da energia solar, o tratamento da água com problemas de qualidade química e/ou física em condições de irrigação localizada, entre tantas outras possibilidades.

O volume do reservatório é um item do projeto que apresenta impacto econômico no custo final do projeto, sendo que a otimização desse volume depende de uma análise das possíveis rotações de cultura, além de, no que se refere à cultura, da data de plantio e do percentual da área ocupada.

Além da etapa de análise adequada do subsolo e da qualidade da construção do reservatório, é fundamental considerar também a qualidade de seu recobrimento, com a utilização de geomembranas de qualidade comprovada e de espessura adequada, implantadas através de equipe treinada e por meio de equipamentos adequados e, por último, com a realização de testes efetivos para a comprovação da qualidade das soldas realizadas.

Portanto, considerando todas as vantagens competitivas do uso dos reservatórios na agricultura irrigada, pode-se concluir que não é viável colocar em risco todo o projeto agrícola com a implantação de um reservatório de segunda linha, que não possua assegurada a segurança na construção (análise do subsolo, declividade dos taludes e compactação adequada do solo) e na cobertura (qualidade, espessura e solda da geomembrana).

Referências

LAVOIE, F. L.; COELHO, M. F. L. Geomembrana e suas principais aplicações. **Revista Fundações & Obras Geotécnicas**, São Paulo, n. 93, p. 28-32, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327780912_GEOMEMBRANAS_E_SUAS_PRINCIPAIS_APLICACOES. Acesso em: 18 abr. 2025.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Irrigação: gestão de água e energia elétrica**. Brasília: SENAR, 2019. (Coleção SENAR, n. 255). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/255-IRRIGACAO.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

Celebrando a agricultura irrigada

Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima

Presidente da Abid

O mundo cada vez mais demanda alimentos. Nesse cenário, o Brasil é o país mais procurado, dado o seu potencial agropecuário. Para atender a essa demanda, temos um grande desafio: expandir a agricultura irrigada. Com uma combinação de oferta de água, terras disponíveis, clima favorável e culturas com mercado viável, é possível expandir a área irrigada do país, sempre envolvendo muita inovação e sustentabilidade.

A Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) foi criada em 1972 com o objetivo de ampliar o conhecimento e a disseminação da irrigação no país por meio de ações continuadas. Atualmente, é uma instituição reconhecida por ser referência na atuação em prol da agricultura irrigada, reunindo associados com expertise técnica em irrigação e gestão de recursos hídricos, com um histórico relevante de contribuição para o setor. Nossa missão é fortalecer o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada brasileira.

Dessa forma, necessitamos de ações que possam promover a eficiência no uso da água e na produtividade agrícola, seja por meio de projetos e pesquisas, seja por meio de eventos e ações de divulgação científica. A Abid tem uma longa e importante trajetória de ações voltadas para o setor, como a realização, desde a sua fundação, do Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (Conird), um evento que constitui um fórum de debates para o desenvolvimento e o



fortalecimento da agricultura irrigada, reunindo os associados e parceiros da associação. Trata-se do principal evento científico desse setor no país.

O Dia Nacional da Agricultura Irrigada no Brasil é celebrado em 15 de junho. A Abid apoia essa iniciativa, incentivando seus membros, diretores, colaboradores e associados, por meio de apresentações e ações de promoção e divulgação da irrigação, a viverem um período de celebrações na semana imediatamente anterior ao dia oficial.

Vamos juntos comemorar esse dia e divulgar nossas atividades como forma de colaborar com o crescimento da agricultura irrigada, que promove o desenvolvimento econômico e gera emprego e renda no meio rural brasileiro!

Fortaleza sedia o maior fórum de discussões sobre agricultura irrigada do país

A Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) convida a comunidade técnico-científica e o setor produtivo para o XXXIV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (Conird), que será realizado de 3 a 5 de novembro de 2025, no Centro de Eventos do Ceará, em Fortaleza-CE. Com o tema “Expansão sustentável da área irrigada: gestão hídrica, tecnologia e resiliência ambiental”, o evento reunirá cerca de 450 participantes, entre pesquisadores, professores, estudantes, técnicos, produtores rurais e empresários comprometidos com o avanço da irrigação no Brasil. O evento será realizado em conjunto com o Inovagri International Meeting, que está em sua nona edição, e com o quinto Simpósio Brasileiro de Salinidade e Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical (V SBSAgriS).

Por meio de conferências magistrais, mesas-redondas, sessões técnicas, minicursos e apresentações de trabalhos científicos, o Conird consolida-se como o principal fórum multidisciplinar do setor, promovendo a troca de conhecimentos. A programação do

evento abordará os desafios e as inovações da agricultura irrigada, com foco em sustentabilidade hídrica, inteligência artificial, tecnologias de precisão e adaptação às mudanças climáticas.

Assim, é uma oportunidade única para integrar ciência, políticas públicas e mercado, apontando caminhos para uma irrigação mais eficiente e sustentável. A Abid, reconhecida por promover edições de sucesso do Conird, reforça o compromisso com a qualificação profissional e o fortalecimento das parcerias entre instituições públicas e privadas.

Fortaleza, polo estratégico do agronegócio nordestino, receberá os participantes com sua infraestrutura de excelência e grande potencial para networking.

As inscrições e submissões de trabalhos já estão abertas no site oficial da associação: <https://www.abid.org.br/evento/xxxiv-conird--9-inovagri-international-meeting>.

Não perca este encontro que definirá os rumos da irrigação nacional!



Primeiro curso de formação de montadores de irrigação, realizado em 2024

Jane Maria de Carvalho Silveira

Subdiretora de Treinamentos da Abid

Entre 3 e 5 de setembro de 2024, foi realizado pela Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid), com o apoio do Instituto Agrônomo (IAC) de Campinas, seu primeiro curso de formação de montadores de irrigação.

O objetivo do curso foi difundir boas práticas sobre a montagem de projetos de irrigação, abordando sistemas de irrigação, seus principais componentes e instruções básicas para a montagem.

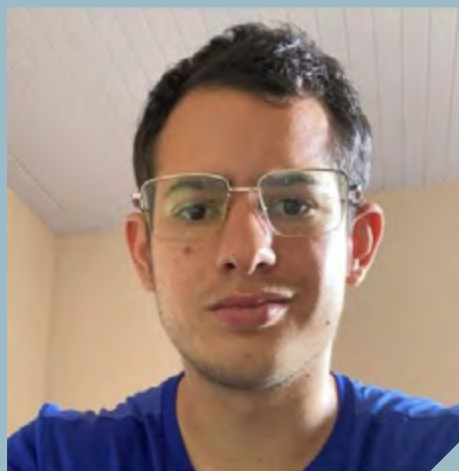
O curso contou com 25 participantes de diferentes regiões do Brasil. Alguns participantes possuíam apenas formação inicial, sendo técnicos agrícolas ou engenheiros agrônomos recém-formados, sem experiência em montagem de irrigação. Outros profissionais, por sua vez, já contavam com experiência de trabalho na área, uma vez que vinham de empresas de irrigação, de empresas agrícolas e de consultorias, conforme depoimentos a seguir.

Dado o potencial de crescimento da agricultura irrigada no Brasil, o mercado está aquecido e necessita de profissionais com esse perfil para a montagem de sistemas de irrigação. Deve-se mencionar que, durante o curso, al-



guns participantes relataram a falta de profissionais treinados para atender a demanda das empresas para essa atividade. Nessa perspectiva, a iniciativa da Abid, com seu curso de formação de montadores de irrigação, é uma ação de protagonismo no setor, já que promove a formação de pessoal qualificado para a atuação nas diversas práticas de irrigação que exigem montagem especializada.

Depoimentos



Agradeço aos professores e colegas, os quais, durante o curso de formação de montadores de irrigação promovido pela Abid, proporcionaram muita troca de experiência, fornecendo relatos de atuações profissionais na área de irrigação, que resultaram em uma vasta gama de conhecimento adquirido no decorrer do curso.

Phillippe Marques de Rezende

Engenheiro agrônomo, mestrando em Sistema de Manejo e Qualidade Ambiental pelo Instituto Agrônomo (IAC), de Campinas.



Participar do curso de formação de montadores de irrigação, realizado pela Abid, foi uma experiência extremamente enriquecedora. O curso não apenas ampliou meu conhecimento sobre o tema, mas também possibilitou uma valiosa troca de ideias com profissionais de diferentes regiões do país. Recomendo o curso tanto para quem está considerando entrar nessa área quanto para aqueles que já atuam no setor, pois é uma excelente oportunidade de aprofundar o conhecimento e ampliar a rede de contatos profissionais.

Valcimar Dias Libarino

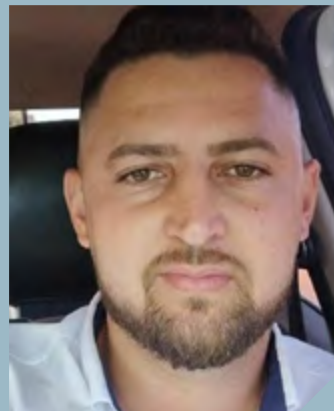
Engenheiro agrônomo, coordenador de montagem da empresa Minas Bombas, em Vitória da Conquista-BA.



Gostei demais do curso de formação de montadores de irrigação da Abid. Ele me proporcionou muito aprendizado e consegui tirar muitas dúvidas sobre essa área.

Gustavo Maciel de Oliveira

Técnico agrícola, encarregado de irrigação da empresa Citrosuco S/A Agroindústria.



O curso de formação de montadores de irrigação, oferecido no IAC em parceria com a Abid, foi uma excelente oportunidade de adquirir novos conhecimentos e aprimorar minha carreira profissional. Ele proporcionou uma visão mais aprofundada e ampla sobre a área de montagem de sistemas de irrigação, agregando grande valor à minha formação e prática no setor.

Angelo Gabriel da Silva

Engenheiro agrônomo, encarregado de irrigação da empresa Asperbras.

Curso de formação de montadores de irrigação capacita profissionais para atender a expansão da agricultura irrigada no Brasil

Capacitação promovida pela Abid e pelo Inovagri contribui para suprir demanda crescente por mão de obra qualificada no setor

Eusímio Felisbino Fraga Júnior
Diretor executivo da Abid

A agricultura irrigada é uma das principais forças motrizes do agronegócio brasileiro, sendo a responsável por ganhos expressivos em produtividade, segurança alimentar e sustentabilidade no uso da água. Atenta às necessidades do setor, a Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) vem promovendo diversos cursos de capacitação em agricultura irrigada, entre os quais se destaca o curso de formação de montadores de irrigação,

que tende a ser um curso itinerante nas mais diversas regiões do Brasil. Recentemente, em parceria com o Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada (Inovagri), a Abid promoveu, entre 7 e 9 de maio de 2025, na cidade de Monte Carmelo-MG, a segunda edição do curso de formação de montadores de irrigação, uma iniciativa voltada à formação prática e técnica de profissionais para atuar diretamente na instalação e manutenção de sistemas de irrigação.

O curso teve como objetivo suprir uma lacuna importante no mercado: a falta de mão de obra especializada para atender o ritmo acelerado de adoção de tecnologias de irrigação em propriedades rurais. Com carga horária intensiva e foco em atividades práticas, os participantes aprendem desde os fundamentos da irrigação, passando pelos componentes dos sistemas, até a montagem correta de sistemas por aspersão, gotejamento e microaspersão.

Além de abordar os aspectos técnicos da montagem, o curso também contemplou noções de segurança do trabalho, postura profissional, interpretação de projetos de irrigação, leitura de manuais e identificação de componentes, preparando e tornando os alunos aptos para atuação imediata no campo. A metodologia baseou-se em oficinas práticas, simulações reais e contato direto com equipamentos e materiais de uso corrente.

O curso está sendo realizado em diferentes regiões do Brasil, especialmente naquelas com maior concentração de áreas irrigadas e com potencial de expansão agrícola. Ao final da capacitação, os participantes recebem certificado e são inseridos em um banco de talentos que é acessado por empresas do setor.

Assim, a Abid e o Inovagri reafirmam, com essa ação, seu compromisso com o desenvolvimento técnico, ambiental e social da agricultura irrigada no Brasil.

Magna Soelma Beserra de Moura
Luciano Sobral Fraga Junior

Cloves Vilas Boas dos Santos
Roberta Camile da Silva Lima

Bruno do Nascimento Rodrigues Soares
Patrícia Coelho de Souza Leão

Resumo

A utilização de cobertura plástica em parreirais do Vale do Submédio São Francisco tem se mostrado eficaz na mitigação de impactos climáticos adversos, especialmente durante a floração e maturação das uvas. Este estudo objetivou avaliar as alterações microclimáticas no parreiral de BRS Melodia com e sem cobertura plástica. Sensores foram instalados para monitorar temperatura do ar (T_{ar} , °C), umidade relativa (UR, %), radiação solar incidente (R_g , $W\ m^{-2}$), radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), radiação de ondas longas (R_a , $W\ m^{-2}$), velocidade do vento (V , $m\ s^{-1}$) e umidade do solo (U_s , $cm^3\ cm^{-3}$). A temperatura do ar sob cobertura plástica teve aumento de $\sim 1,6\ ^\circ C$ e a umidade relativa foi maior sob a cobertura plástica, especialmente na altura dos cachos. A área sem cobertura apresentou R_g médio diário de $23,7\ MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$, enquanto a área coberta com plástico atingiu $13,6\ MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ no segundo semestre de 2023. Por sua vez, a radiação de ondas longas emitidas pela atmosfera (R_a) foi 10% maior na área coberta. O plástico atuou como filtro para a RFA ao longo do ano, podendo ser eficiente na redução de eventos fisiológicos negativos e na melhoria da produção da videira. Assim, este estudo destaca a importância de considerar parâmetros microclimáticos no manejo de novas variedades de uvas em condições climáticas locais.

Palavras-chave: temperatura do ar; umidade relativa do ar; radiação solar.

Microclimatic changes in BRS Melodia vineyard under plastic cover

Abstract

The use of plastic cover in vineyards in the Lower-Middle São Francisco Valley has proven effective in mitigating adverse climatic impacts, especially during grape flowering and ripening. This study evaluated microclimatic changes in BRS Melodia vineyard with and without plastic cover. We installed sensors to monitor air temperature (T_{ar} , °C), relative humidity (RH, %), incident solar radiation (R_g , $W\ m^{-2}$), photosynthetically active radiation (PAR, $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), longwave radiation (R_a , $W\ m^{-2}$), wind speed (V , $m\ s^{-1}$), and soil moisture (U_s , $cm^3\ cm^{-3}$). The plastic cover increased the air temperature by $\sim 1.6\ ^\circ C$ and slightly increased the relative humidity, particularly near the grape clusters. The uncovered area had a daily average R_g of $23.7\ MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$, while the plastic-covered area reached $13.6\ MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$ in the second half of 2023. Furthermore, longwave radiation (R_a) was 10% higher in the covered area. The plastic cover acted as a filter for PAR throughout the year, potentially being effective in reducing physiological stress events and improving grapevine production. Thus, this study highlights the importance of

considering microclimatic parameters in the management of new grape varieties under local climatic conditions.

Keywords: air temperature; relative air humidity; solar radiation.

Introdução

A produção de uvas de mesa em sistemas irrigados na Região Nordeste do Brasil tem grande importância econômica e social, seja para o abastecimento dos mercados nacional e internacional, seja pela geração de empregos e movimentação do setor de serviços. Em 2023, a exportação de uvas superou 73,5 mil toneladas, resultando em um valor recorde de US\$ 178,8 milhões, ficando atrás apenas da manga, com US\$ 312,0 milhões, e do melão, com US\$ 189,1 milhões (Abrafrutas, 2024). Nesse contexto, destaca-se o polo irrigado Petrolina-Juazeiro, no Vale do São Francisco.

Na última década, foram observadas grandes mudanças na cadeia produtiva de uvas de mesa no Vale do Submédio São Francisco, destacando-se a diversificação de cultivares e o aumento da oferta de uvas sem sementes. Por outro lado, grandes desafios tecnológicos precisam ser superados para assegurar competitividade e sustentabilidade à produção de uvas de mesa no semiárido brasileiro. Entre esses desafios, pode-se mencionar aqueles relacionados ao clima semiárido, cujo grau de complexidade ainda se torna maior pelas incertezas e pelos riscos decorrentes das mudanças climáticas.

A precipitação média anual de Petrolina-PE, principal região produtora de uvas finas de mesa do país, indica um total anual médio de 502 mm, distribuídos principalmente entre os meses de janeiro e abril. Apesar de a região apresentar chuvas esparsas, a pré-

-estação chuvosa tem início nos meses de novembro ou dezembro, podendo ocorrer precipitações ainda no mês de outubro. Essas chuvas causam impactos relevantes na produção de uvas na região, visto que coincidem com a época de floração e ou maturação dos cachos, e os danos causados podem chegar a 100%, a depender da variedade e do mercado de destino das uvas.

Considerando tal condição, uma das soluções adotadas nessa região para reduzir os prejuízos causados pela chuva no ciclo de produção do primeiro semestre do ano foi o cultivo protegido sob cobertura plástica (cf. Figura 1).

O uso da cobertura plástica modifica as interações entre o sistema produtivo e a atmosfera, podendo resultar em alterações no microclima do parreiral (Brandão *et al.*, 2008; Gurgel *et al.*, 2006; Soares *et al.*, 2005), e, por conseguinte, impactar a resposta das plantas. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações no microclima do parreiral causadas pelo uso da cobertura plástica na videira BRS Melodia no Vale do Submédio São Francisco.

Figura 1 – Parreirais cobertos com plástico no Vale do Submédio São Francisco, em Petrolina-PE



Fonte: acervo pessoal de Magna Moura.

Caracterização do parreiral

Este estudo foi realizado na fazenda Colinas do Vale, localizada no município de Petrolina-PE, em um parreiral de aproximadamente 1,0 ha, implantado em abril de 2022, no sistema de condução em latada, cultivado com a uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) da variedade BRS Melodia, sobre o porta-enxerto SO4, em espaçamento de 3,5 m x 2,0 m. A primeira poda de produção foi realizada em 30 de janeiro, e a colheita, em 12 de maio de 2023, sendo este o primeiro ciclo de produção de 2023 (2023.1). O segundo ciclo de produção ocorreu entre 31 de julho e 8 de novembro de 2023 (2023.2).

A irrigação aplicada totalizou 513,3 mm no ciclo de 2023.1 e 547,00 mm no ciclo de 2023.2. A precipitação ocorrida durante o primeiro ciclo produtivo totalizou 55,2 mm, enquanto, no segundo ciclo, foram precipitados 38,9 mm, sendo estes concentrados nos últimos sete dias da maturação.

Monitoramento microclimático

Para o monitoramento das condições do ambiente do parreiral, foram instaladas duas estações microclimáticas (cf. Figura 2), sendo uma em cada tratamento aplicado (com plástico e sem plástico). Cada estação foi equipada com sensores eletrônicos (termo-higrômetros) para medida da temperatura (T_{ar} , °C) e da umidade relativa do ar (UR, %). A radiação solar incidente (R_g , $W\ m^{-2}$) e a radiação de ondas longas (R_a , $W\ m^{-2}$) foram medidas em um saldo radiômetro de quatro componentes, instalado acima da folhagem. A radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) foi obtida por sensores quantum instalados acima das folhas. A precipitação (P, mm) foi medida por um pluviômetro; a velocidade do vento (V, $m\ s^{-1}$), por um anemômetro; e a umidade do solo (U_s , $cm^3\ cm^{-3}$),



Foto: banco de imagens Freepik

medida a 10 cm de profundidade, por um sensor tipo FDR. Foi utilizado um *datalogger* modelo CR5000 (Campbell Scientific INC., Logan, Utah, USA), programado para realizar medidas a cada 30 segundos e armazenar médias em intervalos de 10 minutos.

Os dados coletados foram analisados no software R, agrupados em valores médios ou totais diários, por ciclo e por tratamento.

Figura 2 – Estação microclimática no interior do parreiral sem cobertura plástica (A) e sensores instalados acima da folhagem e abaixo do plástico (B e C)



Fonte: acervo pessoal de Magna Moura.

Resultados e discussão

Os dados microclimáticos observados diariamente durante o primeiro (2023.1) e segundo (2023.2) ciclo produtivo na área da BRS Melodia, na fazenda Colinas do Vale, em Petrolina-PE, são apresentados nas Figuras 3 a 6. A precipitação pluviométrica ocorreu em 15 dias e totalizou apenas 55,2 mm no ciclo 2023.1 (os dados a partir de 15 de fevereiro de 2023, quando foi instalada a estação microclimática, totalizaram 38,9 mm), que apresentou somente um dia com

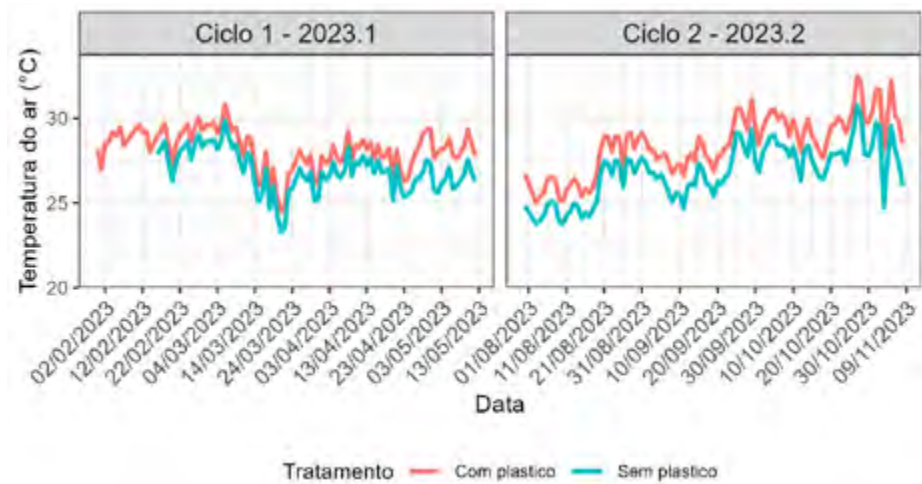
chuva superior a 10 mm. No ciclo de 2023.2, durante o semestre mais seco, choveu durante sete dias, totalizando 38,9 mm, dos quais dois apresentaram chuva superior a 3 mm e somente um com chuva maior que 10 mm (17,5 mm).

A temperatura (cf. Figura 3) e a umidade relativa (cf. Figura 4) do ar mensurados acima da folhagem resultaram em temperaturas do ar mais elevadas acima da folhagem com a cobertura plástica. Isso pode ser explicado pela menor troca de fluidos entre o ambien-

te externo e o volume de ar preso entre o plástico e o dossel, com menor ventilação (cf. Figura 5) devido à baixa altura máxima do plástico (80 cm no ponto mais alto), havendo, portanto, acúmulo de energia de ondas longas (cf. Figura 6) e, por conseguinte, promoção de maior aquecimento do ar. No se-

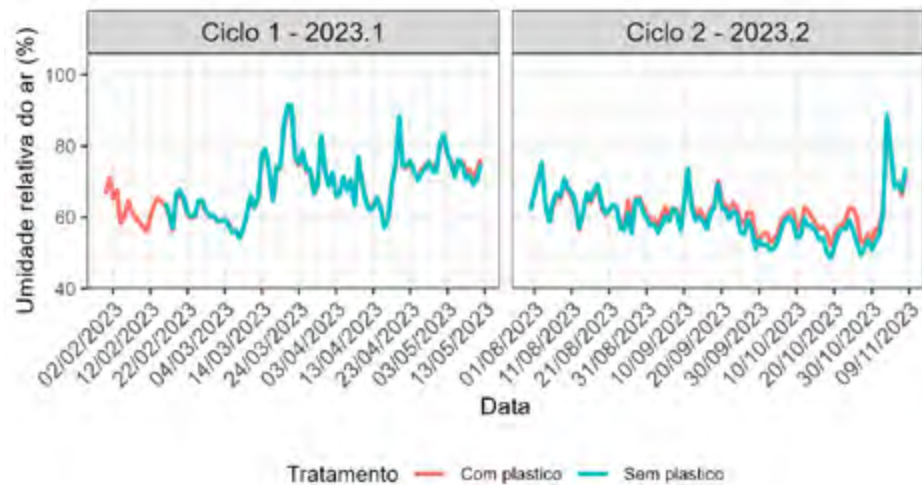
gundo semestre, em média, o ar foi 1,62 °C mais quente abaixo do plástico. Mesmo com essas considerações em relação ao vento, a umidade relativa do ar apresentou valores muito similares entre os tratamentos (cf. Figura 4), com pequena elevação (+1,63%) sob cobertura plástica.

Figura 3 – Temperatura do ar acima da folhagem na área experimental de BRS Melodia com e sem cobertura plástica, na fazenda Colinas do Vale, em Petrolina-PE



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Figura 4 – Umidade relativa do ar acima da folhagem na área experimental de BRS Melodia com e sem cobertura plástica, na fazenda Colinas do Vale, em Petrolina- PE

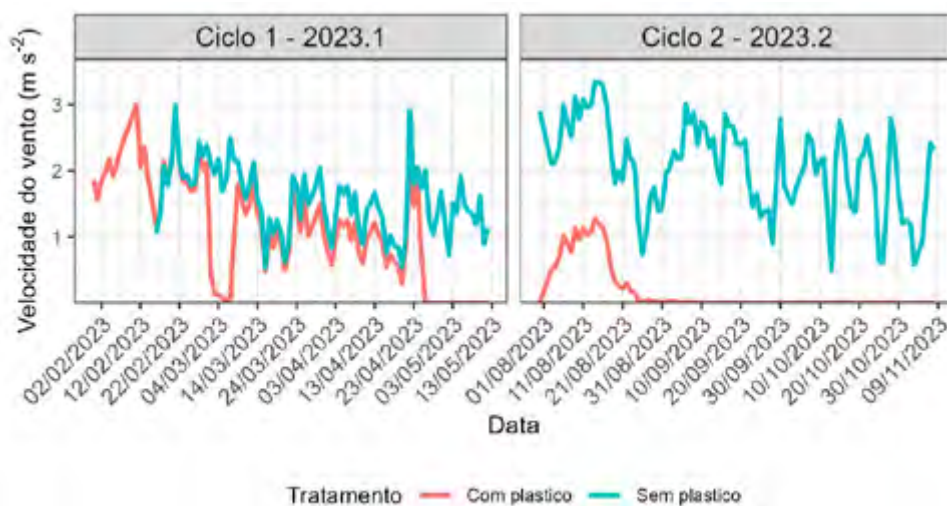


Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Em Petrolina-PE, os maiores valores de velocidade do vento ocorrem no segundo semestre do ano. Assim, ao se observar a área sem cobertura plástica, na qual o anemômetro estava instalado a 2,6 m de altura da superfície do solo e aproximadamente 0,6 m acima do dossel da videira, a velocidade do vento média foi de $1,55 \text{ m s}^{-1}$ e $2,07 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente, nos ciclos de 2023.1 e 2023.2. Com a cobertura plástica, o vento foi praticamente cessado, apresentando médias de $1,12 \text{ m s}^{-1}$ no ciclo 2023.1 e de $0,18 \text{ m s}^{-1}$ no ciclo de 2023.2 (cf. Figura 5).

Observa-se ainda que, no ciclo 2023.2, a velocidade do vento mais elevada que ocorre na área com cobertura plástica coincide com o período após a poda, quando a planta ainda contém poucas folhas, o que permite a troca de fluidos entre a superfície do solo e a camada de ar acima da folhagem e abaixo da cobertura plástica. Após o fechamento do dossel da videira, praticamente não há movimentação de ar entre a folhagem e o plástico (cf. Figura 5).

Figura 5 – Velocidade do vento acima do dossel na área experimental de BRS Melodia com e sem cobertura plástica, na fazenda Colinas do Vale, em Petrolina-PE



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

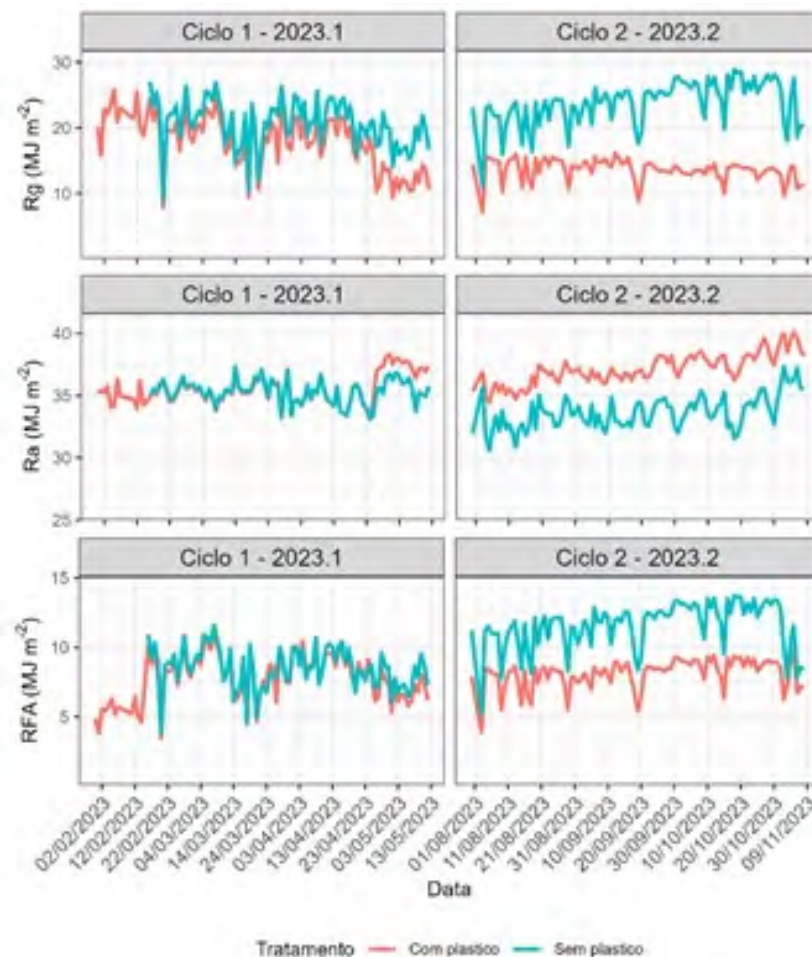
A capacidade do plástico em reduzir a incidência de radiação solar sobre o parreiral varia com os semestres do ano, sendo o impacto mais relevante presente no segundo semestre. Durante os períodos de repouso, a radiação solar incidente diminuiu 37%, enquanto, no segundo semestre de 2023, esse valor aumentou para 43%. As diferenças diárias podem ser observadas na Figura 6 a partir do momento de instalação do plásti-

co, que ocorreu por volta de 23 de abril de 2023. Assim, a área sem plástico apresentou valores de radiação total diária média de $23,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, enquanto a área com plástico atingiu $13,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ no segundo semestre de 2023. Vale também destacar o aumento que a cobertura plástica promoveu na radiação de ondas longas emitida pela atmosfera, que foi 39,8% superior na área com plástico, em 2023.2.

Por outro lado, mesmo representando na ordem de 45 a 50% da radiação incidente (R_g), a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) parece ser mais impactada pela cobertura plástica quando se avaliam os diferentes ciclos de produção associados ao primeiro e segundo semestre. Os dados indicam que o plástico proporcionou, no segundo semestre, as mesmas características de luz e RFA verificadas no primeiro semestre (cf. Figura 6), como se fosse um filtro para reduzir a ra-

dição fotossinteticamente ativa, principalmente no período com maior intensidade de luz, ou seja, quando a radiação fotossinteticamente ativa apresenta valores acima do ponto de saturação para a videira (Alexandrov; Siscanu; Scurtu, 2021). Dessa forma, pode-se considerar que a cobertura plástica possivelmente melhore a eficiência do aparato fotossintético da videira, podendo proporcionar melhor produção de fotoassimilados por meio das trocas gasosas.

Figura 6 – Componentes do balanço de radiação em área experimental de BRS Melodia com e sem cobertura plástica, na fazenda Colinas do Vale, em Petrolina-PE



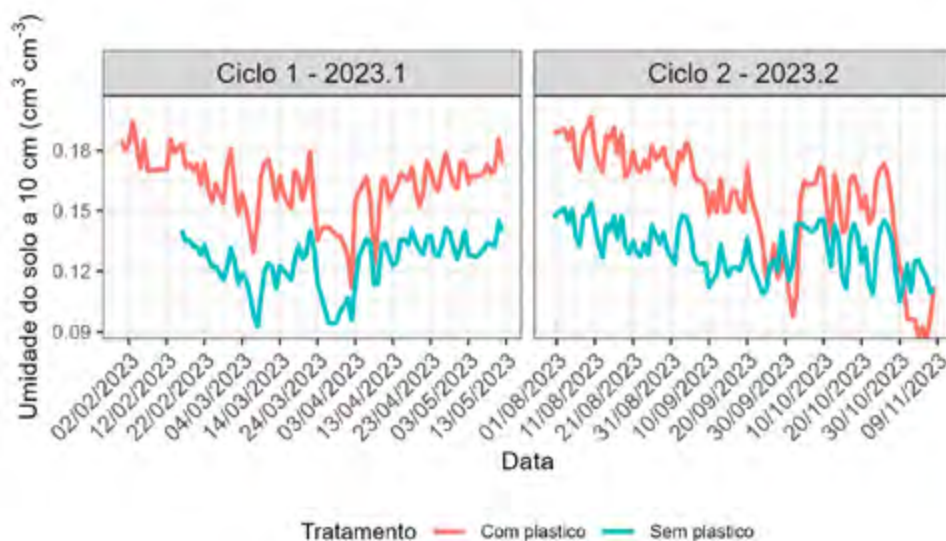
Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota: R_g : radiação solar global; R_a : radiação atmosférica; e R_{fa} : radiação fotossinteticamente ativa.

A umidade do solo, medida a 10 cm de profundidade (cf. Figura 7), apresentou-se sempre superior na área com plástico. Na área de estudo, a quantidade de água de irrigação aplicada nos dois tratamentos foi a mesma. Assim, considerando que a umidade do solo medida foi superior no trata-

mento com plástico, há fortes indícios de que a utilização de água pelos processos de evaporação e transpiração tem sido menor nesse tratamento. Em relação à umidade do solo na camada de 10 cm de solo, no segundo semestre de 2023, o plástico proporcionou um aumento de 19%.

Figura 7 – Umidade do solo a 10 cm de profundidade, em solo arenoso, cultivado com BRS Melodia sobre porta-enxerto SO4, com e sem cobertura plástica, na fazenda Colinas do Vale, em Petrolina-PE



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nesse ciclo de produção, houve precipitação pluviométrica de 38,9 mm, concentrados em 15 dias antes da colheita, o que não resultou em diferenças estatisticamente significativas nos impactos na produção da BRS Melodia. Mesmo assim, a produtividade média estimada na área em cultivo protegido foi de $16,4 \text{ ton ha}^{-1}$, enquanto que, na área sem plástico, foi de $12,8 \text{ ton ha}^{-1}$; ou seja, houve um incremento de 21,6% em produtividade.

Além disso, em geral, a grande maioria das cultivares de uvas de mesa sem sementes atualmente cultivadas na região do Vale do Submédio São Francisco pode sofrer rachadura de bagas, havendo diferenças quanto ao grau de sensibilidade ao rachamento associadas ao volume de precipitação pluviométrica e à fase fenológica em que ela ocorre (Oliveira *et al.*, 2017). As perdas de produtividade também ocorrem quando as

chuvas acontecem durante o período de floração. Neste trabalho, não foram detectadas rachaduras de bagas e podridões das uvas maduras mesmo em condições de cultivo a céu aberto, o que parece indicar uma tolerância dessa cultivar aos efeitos da chuva no período final de maturação. Em consonância com os achados deste trabalho, Azevedo *et al.* (2020) enfatizam a importância do microclima proporcionado pela cobertura plástica da videira nas relações econômicas e nos coeficientes de custo-benefício. Além do custo econômico do plástico e da estrutura de fixação, diversos outros aspectos resultam em ganhos de produção e no alcance de mercado, com frutos de qualidade.

Considerações finais

A influência da cobertura plástica no microclima da videira depende de vários fatores, que vão desde a sazonalidade do local – que define o padrão e os níveis de radiação solar – ao tipo de plástico – polietileno com ou sem difusão, rafia, entre outros modelos. Além disso, o microclima da videira também é influenciado pela extensão da área coberta, pela forma de instalação, pela altura de fixação e pela vida útil do plástico, que perde as características originais de transparência e de estrutura do filme após a aplicação contínua de produtos químicos necessários ao manejo da videira, além da poeira do ambiente, que se acumula no plástico. Todos esses aspectos, em conjunto com o desenvolvimento da planta – que depende da interação porta-enxerto e enxerto, do vigor das variedades de uva, da data de poda, do manejo de irrigação, entre outros fatores –, podem alterar as relações planta-atmosfera.

Este trabalho apresenta apenas a avaliação de alguns parâmetros microclimáticos em dois ciclos de produção, não tendo a in-

tenção de concluir de forma definitiva um tema tão abrangente na área de viticultura tropical e plasticultura. São muitas variáveis a serem analisadas, e, em breve, outros resultados de pesquisa devem ser produzidos para apoiar os setores de oferta de produtos e serviços e a produção agropecuária. Buscou-se, assim, contribuir com uma parte das avaliações microclimáticas envolvidas na vinicultura.

Os resultados preliminares obtidos nesses dois ciclos de produção indicam reduzido impacto na temperatura e na umidade relativa do ar com o uso da cobertura plástica, enquanto os níveis de radiação apresentaram mais alteração, porém permanecendo dentro dos limites ótimos para o desenvolvimento e a produção da videira em condições tropicais. Em princípio, apontam para os benefícios do cultivo protegido para o incremento da produtividade de uvas BRS Melodia no Vale do Submédio São Francisco. Embora não seja o único desafio para o avanço do uso da cobertura plástica na videira, a pequena vida útil do plástico (12 meses) tem se destacado com relevada importância para os estudos de viabilidade econômica dessa tecnologia na região.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio do Processo 404553/2021-4, à fazenda Colinas do Vale e à Embrapa Semiárido por viabilizarem a realização desta pesquisa.

Referências

ABRAFRUTAS – Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados. **Painéis de exportação**. Exportação de frutas brasileiras – por fruta e ano. 2024. Brasília: Abrafrutas, 2024. Disponível em: <https://abrafrutas.org/dados-estatisticos/>. Acesso em: 2 abr. 2025.

ALEXANDROV, E.; SISCANU, G.; SCURTU, G. Performance - light saturation curve for grapevine photosynthesis. **Scientific Papers Series “Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development”**, [s.l.], v. 21, n. 2, p. 39-45, 2021. Disponível em: <https://www.managementjournal.usamv.ro/index.php/scientific-papers/2488-performance-light-saturation-curve-for-grapevine-photosynthesis>. Acesso em: 2 abr. 2025.

AZEVEDO, P. V. de; SANTOS, C. A. C. dos; LIMA, P. C. da S.; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; OLIVEIRA, G. M. de; ABRAHÃO, R. Effect of the plastic cover on the productivity and profitability of vineyard in the São Francisco River Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 81-88, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/PsqpZVkfzZGYFwpxTNYhzSn/?lang=en>. Acesso em: 2 abr. 2025.

BRANDÃO, E. O.; MOURA, M. S. B. de; SOARES, J. M.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F. da; CARMO, J. F. A. do. Temperatura do ar em parreirais de uva de mesa sob diferentes alturas de instalação da cobertura plástica. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. **Anais [...]**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. p. 11-16. (Embrapa Semiárido – Documentos, n. 210). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/161563>. Acesso em: 2 abr. 2025.

GURGEL, M. T.; MOURA, M. S. B.; SOARES, J. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; OLIVEIRA, G. M. Comportamento da temperatura do ar na cultura da videira em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: SBMET, 2006. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, L. D. da S.; MOURA, M. S. B. de; LEÃO, P. C. S.; SILVA, T. G. F. da; SOUZA, L. S. B. Características agronômicas e sensibilidade ao rachamento de bagas de uvas sem sementes. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 2, p. 274-282, 2017. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1451>. Acesso em: 2 abr. 2025.

SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B. de; NASCIMENTO, T.; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; OLIVEIRA, G. M. de. Modificação no microclima em parreirais sob cobertura plástica no Submédio São Francisco. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10.; CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 11.; SEMINÁRIO FRANCO-BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 2., 2005, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. p. 253 (Embrapa Uva e Vinho – Documentos, n. 55). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/156649>. Acesso em: 2 abr. 2025.

Jamile Ribeiro França
Marcelo Rocha dos Santos
Renato da Silva Batista

Sérgio Luiz Rodrigues Donato
Lucas Souza Magalhães
Artur França Dantas

Resumo

A associação entre a irrigação com déficit hídrico e o aumento da densidade de plantio é de grande importância para a sustentabilidade produtiva no semiárido brasileiro. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o número de frutos e a produtividade da cultura e da água de irrigação em mangueira Palmer no primeiro ciclo de produção em altas densidades de plantio e sob irrigação com déficit controlado no semiárido baiano. O experimento foi realizado em um pomar de mangueira Palmer irrigada por gotejamento, em área experimental do IF Baiano, Campus Guanambi. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com as densidades de plantio de 333, 666 e 1.333 plantas ha^{-1} na parcela e sete estratégias de irrigação, sendo uma condição de irrigação plena e seis com déficit controlado (RDI) com redução de 25 e 50% da ETc em diferentes períodos da fase de produção, na subparcela. Não houve interação entre as densidades de plantio e as estratégias de irrigação nas variáveis analisadas; no entanto, houve efeito significativo dos fatores isolados. As médias de número de frutos ha^{-1} , de produtividade da cultura e de produtividade da água de irrigação diferiram entre as densidades de plantio. A maior população de plantas produziu 10.288,43 frutos ha^{-1} , com produtividade de 5,23 t ha^{-1} e produtividade da água de irrigação de

27,86 $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$. A aplicação de RDI com 50% da ETc na fase de desenvolvimento dos frutos possibilitou maior produtividade da água, de 23,76 $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, quando comparada ao tratamento que recebeu 100% da ETc , com 9,52 $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L.; déficit hídrico; manejo da irrigação.

Productive characteristics of Palmer mango under different planting densities and regulated deficit irrigation in the first cycle

Abstract

The association of water deficit irrigation and increased planting density is fundamental for productive sustainability in the semiarid region. This study evaluated the number of fruits, crop productivity, and irrigation water productivity in Palmer mango trees in the first production cycle at high planting densities and regulated deficit irrigation in the semiarid region of Bahia, Brazil. We carried out the experiment in a Palmer mango orchard irrigated by drip, located in the experimental area of the IF Baiano, Campus Guanambi, Bahia, Brazil. The experimental design was in randomized blocks in a split-plot scheme with planting densities of 333, 666, and 1,333 plants ha^{-1} allocated in the plot, and seven irrigation strategies –

full irrigation and six with a regulated deficit (RDI) with 25 and 50% reduction of ET_c in different periods of the production phase, allocated in the subplot. In the first production cycle, there was no interaction between the planting density and RDI on the variables analyzed. However, isolated factors had significant effect. The average number of fruits ha^{-1} , crop productivity, and irrigation water productivity differed among the three planting densities. The larger plant population allowed obtaining 10,288.43 fruits ha^{-1} , productivity of 5.23 t ha^{-1} , and irrigation water productivity of 27.86 kg $ha^{-1} mm^{-1}$. RDI application with 50% of ET_c in the fruit development phase allowed greater water productivity – 23.76 kg $ha^{-1} mm^{-1}$ – compared to the treatment that received 100% of ET_c – 9.52 kg $ha^{-1} mm^{-1}$.

Keywords: *Mangifera indica* L.; water deficit; irrigation management.

Introdução

A Região Nordeste do Brasil apresenta alto potencial produtivo na fruticultura, especificamente no semiárido brasileiro, com destaque para a mangueira. No entanto, escassez e irregularidades de chuvas limitam a produção dessa fruteira, o que torna necessário o uso da irrigação.

A irrigação com déficit controlado (*regulated deficit irrigation* – RDI) é uma técnica que se baseia na redução dos volumes de água a serem aplicados em fases da cultura em que a planta apresenta menor sensibilidade ao déficit. Na mangueira, as fases de expansão e maturação dos frutos são as mais apropriadas para aplicação da RDI. Com o uso da RDI, ocorre a economia de água e energia, além de frutos com maior qualidade e produtividades excelentes (Santos; Martinez; Donato, 2013).

O aumento da densidade de plantio em mangueira é uma técnica já em uso em algumas propriedades no semiárido. O aumento na população de plantas pode aumentar a produtividade para as mesmas condições evapotranspirométricas em virtude do maior sombreamento, o qual promove a redução da evaporação de água no solo e da aplicação da lâmina de irrigação.

Com a baixa disponibilidade de água e as irregularidades pluviométricas, torna-se necessária a utilização ou a associação de técnicas que possibilitem a redução da lâmina de água a ser aplicada, de forma que ainda se promova o aumento da produtividade da água de irrigação. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o número de frutos e a produtividade da cultura e da água de irrigação em mangueira Palmer no primeiro ciclo de produção em altas densidades de plantio e sob irrigação com déficit controlado no semiárido baiano.

Materiais e métodos

A pesquisa foi desenvolvida em área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi, localizado no perímetro irrigado de Ceraíma, no município de Guanambi, na Região Sudoeste da Bahia, com latitude de 14° 17' 26" S, longitude de 42° 42' 48" W e altitude de 538 m, no centro da área experimental. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (semiárido quente e seco), com temperatura e precipitação médias anuais de 25,6 °C e 680 mm, respectivamente, sendo o período chuvoso concentrado entre os meses de novembro e março.

O pomar de mangueira Palmer foi implantado em dezembro de 2019 e, durante a con-

dução do experimento, encontrava-se com três anos de idade, ocupando aproximadamente 1,5 ha, com 936 árvores plantadas.

O delineamento experimental foi dividido em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com as densidades de plantio de 333, 666 e 1.333 plantas ha^{-1} alocadas na parcela e sete estratégias de irrigação com déficit controlado (RDI), todas alocadas na subparcela:

- T1: 100% da ETc nas fases de pegamento dos frutos (FI), de expansão dos frutos (FII) e de maturação dos frutos (FIII);
- T2: 100% da ETc em FI e 50% da ETc em FII e FIII;
- T3: 100% da ETc em FI e 75% da ETc em FII e FIII;
- T4: 100% da ETc em FI, 50% da ETc em FII e 100% da ETc em FIII;
- T5: 100% da ETc em FI e FII e 50% da ETc em FIII;

- T6: 100% da ETc em FI, 75% da ETc em FII e 100% da ETc em FIII; e
- T7: 100% da ETc em FI e FII e 75% da ETc em FIII.

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, com três emissores autocompensantes de vazão unitária de 8 L h^{-1} por lado da fileira de planta, espaçados a 0,75 m entre si. A irrigação foi baseada na evapotranspiração da cultura (ETc), sendo a evapotranspiração de referência determinada indiretamente pelo método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), com base nos dados da estação meteorológica instalada próxima à área experimental. Os valores do coeficiente de cultura (Kc) utilizado no cálculo da evapotranspiração da cultura durante o manejo variaram de 0,39 a 0,89, conforme recomendação para a Tommy Atkins (Silva *et al.*, 2001). O coeficiente de localização foi calculado em função da área sombreada, sendo esta maior que a área molhada, conforme descrito por Cotrim *et al.* (2019), pela equação de Fereres (1981).

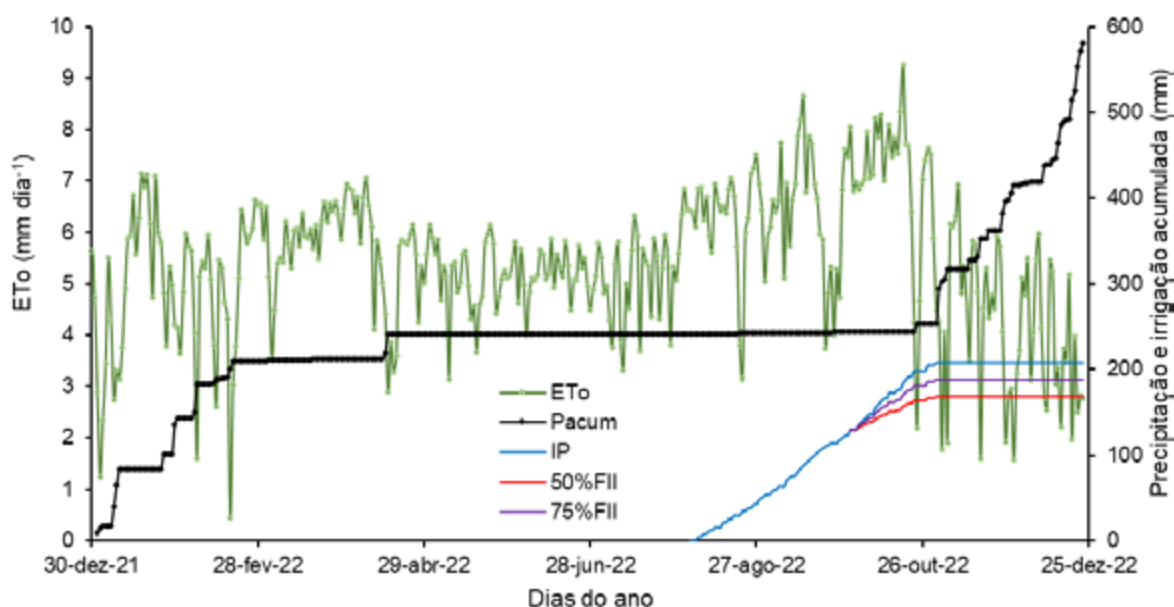


Foto: Valéria Gedanken

Os dados da evapotranspiração de referência, de precipitação e das lâminas de irrigação aplicadas no ano de 2022 são apresentados na Figura 1. No referido ano, as irrigações só foram realizadas na fase de produção. Houve ocorrência de chuvas no início do ano e, devido ao processo de indu-

ção floral, não houve irrigação até o início da floração. Após o 102º dia do início da floração, o qual seria correspondente ao início da maturação fisiológica dos frutos, não houve irrigações devido à ocorrência de chuvas. Assim, não foi possível aplicar a RDI na fase de maturação dos frutos.

Figura 1 – Evapotranspiração de referência durante o período de 1 de dezembro de 2019 a 25 de dezembro de 2022



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota: ETo: evapotranspiração de referência; Pacum: precipitação acumulada; IP: lâmina bruta para irrigação plena, 50%FII: RDI com 50% da ETc na fase II; e 75%FII: RDI com 75% da ETc na fase II.

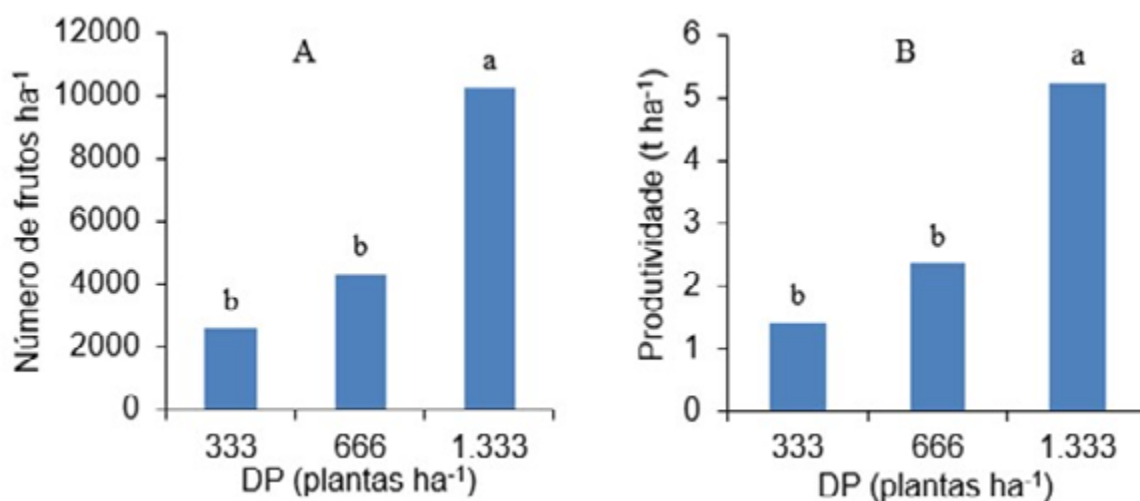
A colheita foi realizada em dezembro de 2022. Os dados de número de frutos e da produtividade da cultura e da água de irrigação em mangueira Palmer foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e discussão

Entre os fatores de densidade de plantio e estratégias de irrigação, não houve interação nas variáveis analisadas; no entanto, houve efeito significativo dos fatores isolados. As médias de número de frutos ha⁻¹, da produtividade da cultura e da produtividade da água de irrigação diferiram entre as três

densidades de plantio. A maior população de plantas possibilitou a obtenção de 10.288,43 frutos ha^{-1} e produtividade de 5,23 t ha^{-1} . Os dados referentes ao número de frutos, produtividade e densidade de plantio são apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Número de frutos (A) e produtividade (B) de mangueira Palmer sob diferentes densidades de plantio (DP)



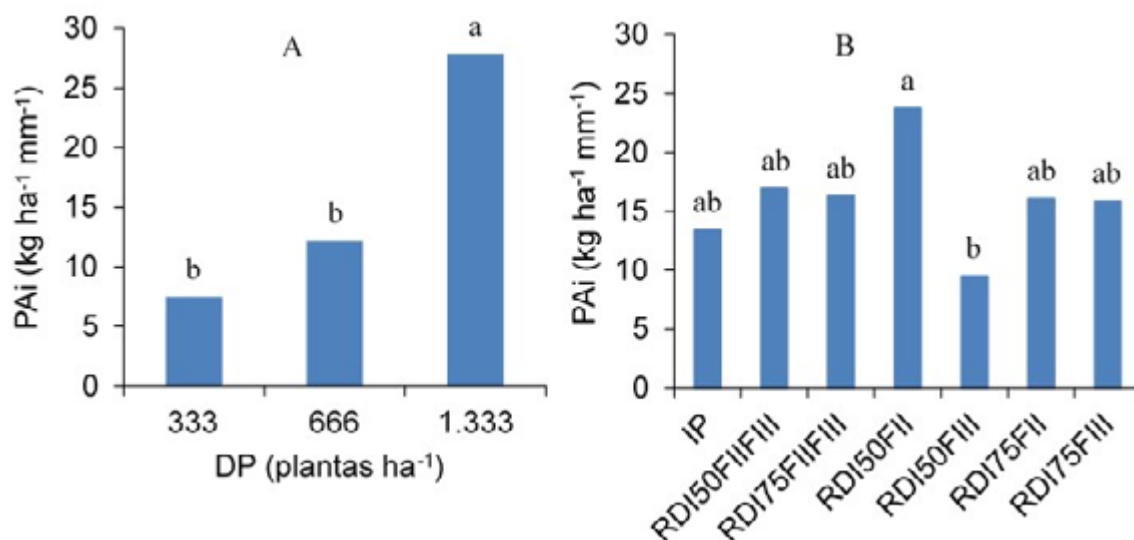
Fonte: dados da pesquisa.

Nota: médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Considerando os resultados da pesquisa, pode-se afirmar que o aumento da densidade de plantio em pomares de mangueira promove um melhor desenvolvimento inicial da cultura, pois possibilita a formação de uma arquitetura de copa mais equilibrada e robusta, aumenta a resistência à ação dos ventos, melhora a porcentagem de floração e, consequentemente, apresenta maior produção (Albuquerque; Mouco; Santos, 2000), podendo elevar a produtividade, o número de frutos por hectare e a produtividade da água de irrigação.

Quanto às estratégias de irrigação, a aplicação de RDI com 50% da ET_c na fase de expansão dos frutos possibilitou maior produtividade da água, de 23,76 $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, quando comparada ao tratamento que recebeu 100% da ET_c , com 9,52 $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, na fase de pegamento à fase de expansão dos frutos (cf. Figura 3).

Figura 3 – Produtividade da água de irrigação (PAi) em diferentes densidades de plantio (DP) (A) e estratégias de irrigação (B)



Fonte: dados da pesquisa.

Nota: IP: irrigação plena em todas as fases de desenvolvimento dos frutos, com 100% da ETc; RD150FIIFIII: 100% da ETc na fase I e 50% da ETc nas fases II e III; RD175FIIFIII: 100% da ETc na fase I e 75% da ETc nas fases II e III; RD150FII: 100% da ETc na fase I, 50% da ETc na fase II e 100% da ETc na fase III; RD150FIII: 100% da ETc nas fases I e II e 50% da ETc na fase III; RD175II: 100% da ETc na fase I, 75% da ETc na fase II e 100% da ETc na fase III; e RD175FIII: 100% da ETc nas fases I e II e 75% da ETc na fase III. Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados semelhantes com mangueira Tommy Atkins foram verificados por Santos *et al.* (2014), que, ao avaliarem o efeito da irrigação com déficit hídrico controlado, constataram que a aplicação da RDI com 50% da ETc na fase de expansão ou de maturação fisiológica dos frutos resultou em maiores produtividades, maior número de frutos por planta e melhor produtividade da água de irrigação. Entretanto, os autores ressaltam que a RDI com 50% da ETc na fase de pegamento dos frutos reduz de forma significativa o número de frutos e a produtividade, o que indica a necessidade de estratégias para o manejo adequado de irrigação com déficit hídrico controlado, de acordo com a fase de desenvolvimento dos frutos.

Conclusão

A maior população de plantas de manga Palmer no primeiro ciclo produtivo resultou em maior produtividade – 5,23 t ha⁻¹ –, obtendo 10.288,43 frutos ha⁻¹. Quanto à produtividade da água de irrigação, a aplicação da RDI com 50% da ETc na fase de desenvolvimento dos frutos foi o tratamento que apresentou os melhores índices desse fator, destacando assim a eficiência do uso da água.

Referências

- ALBUQUERQUE, J. A. S. de; MOUCO, M. A. do C.; SANTOS, S. D. dos. **Mangueira**: formação de pomar com alta densidade de plantio. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. (Instruções Técnicas, n. 32). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/134091/mangueira--formacao-de-pomar-com-alta-densidade-de-plantio>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, n. 56). Disponível em: <https://www.fao.org/4/X0490E/x0490e00.htm>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- COTRIM, C. E.; SANTOS, M. R. dos; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M. Manejo da irrigação. In: SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C.; BORÉM, A. **Manga do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2019. p. 209-235.
- FERERES, E. Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación: recomendaciones para el manejo mejorado. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE MICROIRRIGACIÓN, 4., 1981, Barquisimeto. **Anais [...]**. Barquisimeto: IICA, 1981. p. 1-23.
- SANTOS, M. R. dos; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R. Gas exchanges of 'Tommy Atkins' mango trees under different irrigation treatments. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1141-1153, 2013. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22166>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- SANTOS, M. R. dos; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. Produtividade e fotossíntese da mangueira 'Tommy Atkins' sob déficit hídrico em região semiárida da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 899-907, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7fXHrz6xQLKZrJDMnzV9DhH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- SILVA, V. P. R. da; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B. da; BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. de C.; SOARES, J. M.; SILVA, J. A. M. e. Estimativa da evapotranspiração da mangueira com base no balanço hídrico do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 456-462, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wVH6ZgXWSCMbzbKVvPtnMxq/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

Marcelo Rocha dos Santos
Laécio Santos Pereira
Jamile Ribeiro França

Emília de Souza Muniz
Sérgio Luiz Rodrigues Donato
Eugênio Ferreira Coelho

Resumo

O aumento da eficiência do uso da água no sistema de produção agrícola é de fundamental importância em regiões semiáridas. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade da água de irrigação (PAi) e a pegada hídrica em mangueira Palmer sob diferentes densidades de plantio (DP) e secamento parcial do sistema radicular (PRD) no semiárido baiano. O experimento foi conduzido em área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi, em um pomar de mangueira Palmer irrigada por gotejamento, no segundo ciclo de produção. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas, com as densidades (DP) de 333, 666 e 1.333 plantas ha⁻¹ alocadas nas parcelas e sete níveis de PRD aplicados na fase de produção, alocados na subparcela – Irrigação plena (IP): 100% da ETc; PRD50A7, PRD50A3 e PRD50A1: PRD a 50% da ETc alternado a cada 7, 3 e 1 dias, respectivamente; e PRD65A7, PRD65A3 e PRD65A1: PRD a 65% da ETc alternado a cada 7, 3 e 1 dias, respectivamente. Não houve efeito da interação entre DP e PRD na produtividade da mangueira, assim como na produtividade da água de irrigação. No entanto, houve efeito isolado, em que o aumento da DP possibilitou o aumento da produtividade da cultura e da PAi, constatando-se que a aplicação

do PRD50 contribui para o aumento da PAi. Houve interação entre os fatores para pegada hídrica, em que a aplicação do PRD50A7 e PRD50A3 na densidade de 1.333 plantas ha⁻¹ possibilitou a redução da pegada hídrica em oito vezes, quando comparada à IP com 333 plantas ha⁻¹.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L.; manejo da irrigação; população de plantas; eficiência de uso da água.

Irrigation water productivity and water footprint of Palmer mango tree in high-density planting and under water deficit

Abstract

Increasing water use efficiency in agricultural production systems is of fundamental importance in semiarid regions. This study aimed to evaluate irrigation water productivity (IWP) and water footprint in Palmer mango trees under high-density planting and partial root-zone drying (PRD) in the semiarid region of Bahia, Brazil. We conducted the experiment in an experimental area of the IF Baiano, Campus Guanambi, Bahia, Brazil, in a Palmer mango orchard irrigated by drip in the second production cycle. The experimental design was randomized blocks, with four replicates, in a split-plot scheme, with densities of 333, 666, and 1,333

plants ha^{-1} allocated in the plot, and seven levels of PRD, applied in the production phase, allocated in the subplot (Full irrigation: 100% of ETc; PRD50A7, PRD50A3 e PRD50A: 50% of ETc alternating every 7, 3 and 1 day, respectively; PRD65A7, PRD65A3 and PRD65A1: 65% of ETc alternating every 7, 3 and 1 day, respectively). There was no interaction between the factors on crop productivity and IWP. However, there was an isolated effect, in which the increase in planting density allowed better crop productivity and IWP, concluding that PRD application with 50% of ETc contributes to a rise in IWP. There was an interaction between the factors for water footprint, in which the application of PRD with 50% of ETc every seven and three days at a density of 1,333 plants ha^{-1} enabled an eight-fold reduction in the water footprint when compared to full irrigation with 333 plants ha^{-1} .

Keywords: *Mangifera indica* L.; irrigation management; plant population; water use efficiency.

Introdução

A Região Nordeste do Brasil apresenta alto potencial produtivo para fruteiras tropicais, notavelmente a cultura da manga (*Mangifera indica* L.). Nessa região, os principais polos produtivos dessa fruta estão no Vale do São Francisco, em regiões semiáridas, as quais necessitam do uso da irrigação para a obtenção de produções rentáveis.

País líder na exportação de frutas, em 2023, foram embarcadas 266 mil toneladas de manga, gerando uma receita de aproximadamente US\$ 315 milhões, valor recorde para o Brasil. O Vale do São Francisco, na Região Nordeste, em especial nos estados da Bahia e Pernambuco, respondeu por cer-

ca de 93% da manga exportada pelo país (sendo 47,36% do território baiano e 45,2% do território pernambucano). Os principais estados na exportação também lideraram a produção, obtendo respectivos 42,9% e 28,5% do total de 1,55 milhão de toneladas colhidas em 2022 (Anuário [...], 2023).

Na atualidade, as discussões a respeito da sustentabilidade dos sistemas de produção de alimentos remetem à eficiência do uso dos recursos, principalmente da água doce. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), nas próximas décadas, haverá um aumento de 1,5 °C devido ao aquecimento global, além de ondas de calor crescentes e secas prolongadas, podendo atingir limites críticos de tolerância para a agricultura.

Diante da baixa disponibilidade de água e das irregularidades pluviométricas em regiões semiáridas, torna-se necessária a utilização de técnicas de manejo da irrigação ou, ainda, a associação de técnicas agrícolas que possibilitem a redução da lâmina a ser aplicada, de forma que promova economia no uso da água e aumente ou mantenha a produção em níveis consideráveis. Assim, pesquisas voltadas a essa perspectiva e geradoras de dados que possam ser repassados para os produtores possibilitam uma mudança nos velhos hábitos de plantio e manejo e no meio ambiente.

Nesse sentido, algumas técnicas têm possibilitado o aumento da produtividade da água por cultura. Entre elas, destacam-se a irrigação com déficit controlado (*regulated deficit irrigation* – RDI) ou com déficit sustentado (Durán Zuazo; Rodríguez Pleguezuelo; Franco Tarifa, 2011) e a técnica de secamento parcial das raízes (*partial root-zone drying* – PRD), ou irrigação lateralmente alternada (Ghrab *et al.*, 2014; Romero-Conde; Ku-

sakabe; Melgar, 2014), ambas implicando a redução de lâminas.

Trabalhos relacionados ao uso de estratégias de irrigação com déficit por meio do secamento parcial do sistema radicular (PRD) em mangueira têm sido desenvolvidos na região semiárida do Brasil. O PRD baseia-se na criação de áreas simultaneamente úmidas e secas na zona do sistema radicular por meio da alternância do lado da planta a ser irrigado. Tal técnica tem o intuito de promover a produção de sinais químicos para reduzir a abertura estomática (Santos *et al.*, 2016). Por outro lado, a utilização de plantios adensados tem o objetivo de melhorar o aproveitamento da área e buscar maiores produções, promovendo precocidade e estabilidade na produção já no terceiro ou quarto ano de colheita da manga (Mouco *et al.*, 2021).

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade da água de irrigação (PAi) e a pegada hídrica em mangueira Palmer sob diferentes densidades de plantio (DP) e secamento parcial do sistema radicular (PRD) no semiárido baiano.

Materiais e métodos

A pesquisa foi desenvolvida em área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi, localizado no perímetro irrigado de Ceraíma, no sudoeste da Bahia, com latitude de 14° 17' 25,5" S, longitude de 42° 42' 48,2" W e altitude de 538 m, no centro da área. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (semiárido quente e seco), com temperatura e precipitação médias anuais de 25,6 °C e 680 mm, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com três densidades de plantios alocadas nas parcelas, sendo sete estratégias de PRD nas subparcelas e quatro repetições distribuídas. As plantas estavam com quatro anos de implantação e no segundo ciclo de produção.

Os níveis no fator de densidade de plantio foram 333, 666 e 1.333 plantas ha⁻¹, para os espaçamentos de 5x6, 5x3 e 5x1,5 m, respectivamente. Os níveis para o PRD foram:

- Irrigação plena (IP): 100% da evapotranspiração da cultura (ETc);
- PRD50A7: 50% da ETc e alternância de 7 dias;
- PRD50A3: 50% da ETc e alternância de 3 dias;
- PRD50A1: 50% da ETc e alternância de 1 dia;
- PRD65A7: 65% da ETc e alternância de 7 dias;
- PRD65A3: 65% da ETc e alternância de 3 dias; e
- PRD65A1: 65% da ETc e alternância de 1 dia.

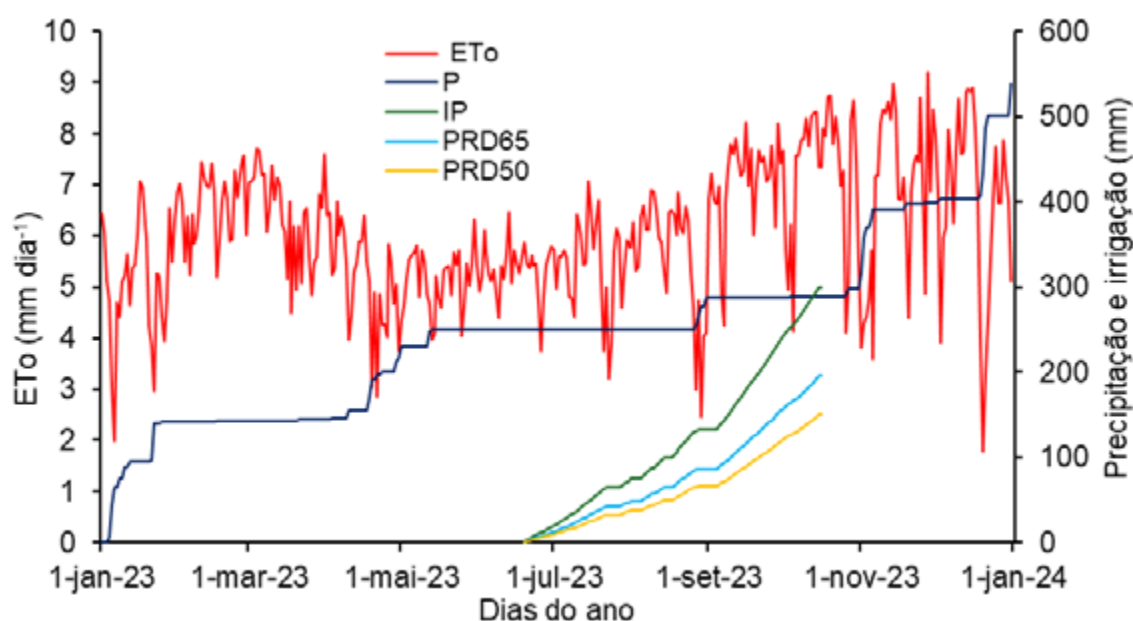
O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, com três emissores autocompensantes de vazão unitária 8 L h⁻¹ por lado da fileira de planta e com espaçamento de 0,75 m entre si. A irrigação foi baseada na evapotranspiração da cultura (ETc), em que a evapotranspiração de referência foi determinada indiretamente pelo método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), com base nos dados da estação meteorológica instalada próxima à área experimental. Os valores do coeficiente de cultura (Kc) utilizados no cálculo da evapotrans-

piração durante o manejo variaram de 0,39 a 0,89, conforme recomendação para a Tommy Atkins (Silva; Azevedo; Silva, 2001). O coeficiente de localização foi calculado em função da área sombreada, sendo esta maior que a área molhada, conforme descrito por Cotrim *et al.* (2019), pela equação de Fereres (1981).

O período de aplicação das estratégias de irrigação foi de 19/6/2023 a 16/10/2023,

quando se deu a colheita. Na Figura 1, constam as lâminas brutas de irrigação acumuladas, a evapotranspiração de referência e a precipitação pluviométrica acumulada no ano. Nos demais períodos, não houve necessidade de irrigação devido ao processo de indução floral e à ocorrência de precipitação pluviométrica (cf. Figura 1).

Figura 1 – Lâminas brutas de irrigação acumuladas, evapotranspiração de referência e precipitação pluviométrica acumulada no ano



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota: IP: irrigação plena; PRD65: PRD a 65% da ETo; PRD50: PRD a 50% da ETo; ETo: evapotranspiração de referência; e P: precipitação pluviométrica.

Os dados de produtividade, de produtividade da água de irrigação e de pegada hídrica foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, seja para interações significativas, seja para efeito isolado.

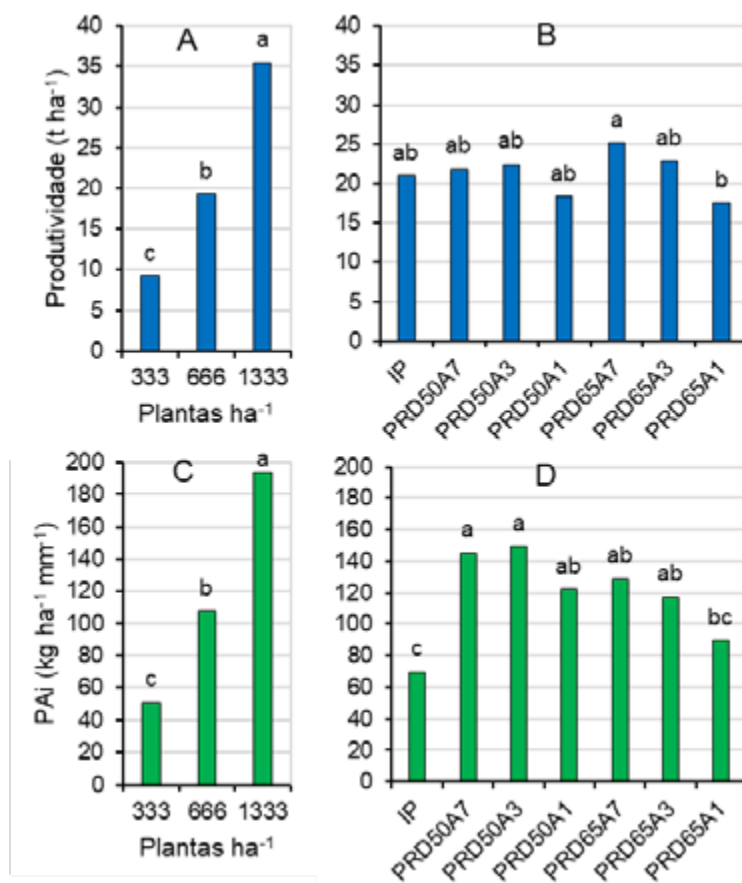
Resultados e discussão

Verificou-se, pela análise de variância, que não houve interação significativa entre PRD e densidade de plantio; entretanto, houve efeito isolado desses fatores na produtividade da cultura e na produtividade da água de irrigação. Por sua vez, houve interação entre os referidos fatores para pegada hídrica.

A produtividade da mangueira Palmer e a produtividade da água de irrigação, em fun-

ção da densidade de plantio e das estratégias de irrigação, são apresentadas na Figura 2. Para o segundo ciclo de produção, em que as plantas apresentam a mesma arquitetura de copa entre as densidades de plantio, a produtividade cresceu com o aumento da densidade de plantio (cf. Figura 2A). Consequentemente, houve aumento na produtividade da água de irrigação (cf. Figura 2C).

Figura 2 – Produtividade da mangueira Palmer e da água de irrigação para as diferentes densidades de plantio e estratégias de irrigação



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota: PAi: produtividade da água de irrigação; IP: Irrigação plena; PRD50A7: PRD a 50% da ETc alternado a cada 7 dias; PRD50A3: PRD a 50% da ETc alternado a cada 3 dias; PRD50A1: PRD a 50% da ETc alternado a cada 1 dia; PRD65A7: PRD a 65% da ETc alternado a cada 7 dias; PRD65A3: PRD a 65% da ETc alternado a cada 3 dias; PRD65A1: PRD a 65% da ETc alternado a cada 1 dia. Os dados com mesma letra não apresentam diferença entre as médias das estratégias de irrigação pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No menor adensamento, com 333 plantas ha^{-1} , a produtividade foi de $9,18 \text{ t ha}^{-1}$. Por sua vez, a produtividade foi de $35,5 \text{ t ha}^{-1}$ sob $1.333 \text{ plantas ha}^{-1}$. A produtividade média nacional em 2022 foi de $19,8 \text{ t ha}^{-1}$ (Anuário [...], 2023). Assim, a produtividade na maior densidade de plantio apresentou produção de 79% a mais do que a produção nacional e 287% a mais que a produtividade na população de 333 plantas ha^{-1} . Já a densidade de 666 plantas ha^{-1} , mesmo apresentando valor menor em relação à de $1.333 \text{ plantas ha}^{-1}$, apresentou valor semelhante à média nacional. Esses resultados corroboram a importância de plantios mais adensados para maiores produções, uma vez que o adensamento do plantio apresenta precocidade e estabilidade na produção já no terceiro ou quarto ano de colheita da manga (Mouco *et al.*, 2021).

A aplicação do PRD a 50% da ETc não reduziu a produtividade da cultura, enquanto as menores alternâncias levaram as plantas a terem menores rendimentos, como observado no PRD50A1 e no PRD65A1 (cf. Figura 2B). É provável que, com o não secamento pela maior frequência de alternância, a planta possa ter transpirado mais e não ter sido eficiente no equilíbrio da proporção de entrada e saída de CO_2 , provocando, assim, uma redução na taxa de fixação de CO_2 e não expressando o efeito do secamento parcial.

Como não houve redução na produtividade da cultura com menor lâmina de irrigação, a produtividade da água de irrigação aumentou nas condições com déficit hídrico, em que a manga Palmer sobre PRD a 50% da ETc alternado a cada 7 e 3 dias apresentou maior PAi em comparação àquelas sob as condições de irrigação plena e PRD a 65% da ETc alternado a cada 1 dia (cf. Figura 2D), em

que a produtividade da água pode aumentar 114%, passando de 70 para $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$.

Ao avaliar o PRD a cada 15 dias, Santos *et al.* (2020) encontraram melhores produtividades em manga Palmer aplicando PRD entre 60 e 100% da ETc , porém, ao reduzir para 40% da ETc , houve redução na produtividade. No presente trabalho, a redução de até 50% da ETc não apresentou diminuição na produtividade.

O aumento da densidade de plantio pode favorecer o desacoplamento ambiental, conceito proposto por McNaughton e Jarvis (1983) e Jarvis e McNaughton (1986) que apresenta fundamentos baseados na equação de Penman-Monteith. Diz-se que a superfície vegetal está acoplada quando a transferência de vapor para a atmosfera é influenciada pelo alto déficit de pressão de vapor e pela baixa resistência aerodinâmica do dossel; por outro lado, a superfície vegetal está desacoplada quando o fluxo de troca de calor com a atmosfera é inibido pela saturação do ar e a maior contribuição para o processo de evapotranspiração se dá pela radiação incidente na superfície vegetal (Silva *et al.*, 2012).

A partir disso, percebe-se que, em adensamentos maiores, como na densidade de plantio de $1.333 \text{ plantas ha}^{-1}$, o maior sombreamento e a maior junção das plantas podem favorecer a criação de um microclima, possibilitando que o solo e a planta não percam água pelo excesso de vento e pelas altas temperaturas, reduzindo assim o estresse e proporcionando melhor rendimento e produtividade da água de irrigação, quando associados ao déficit hídrico.

Estudos acerca dos efeitos das altas densidades de plantio em mangueira (*Mangifera indica* L.) são pouco encontrados na literatura; especificamente em relação à manga



Foto: Wenderson Araujo/Trilux/Banco CNA/Senar

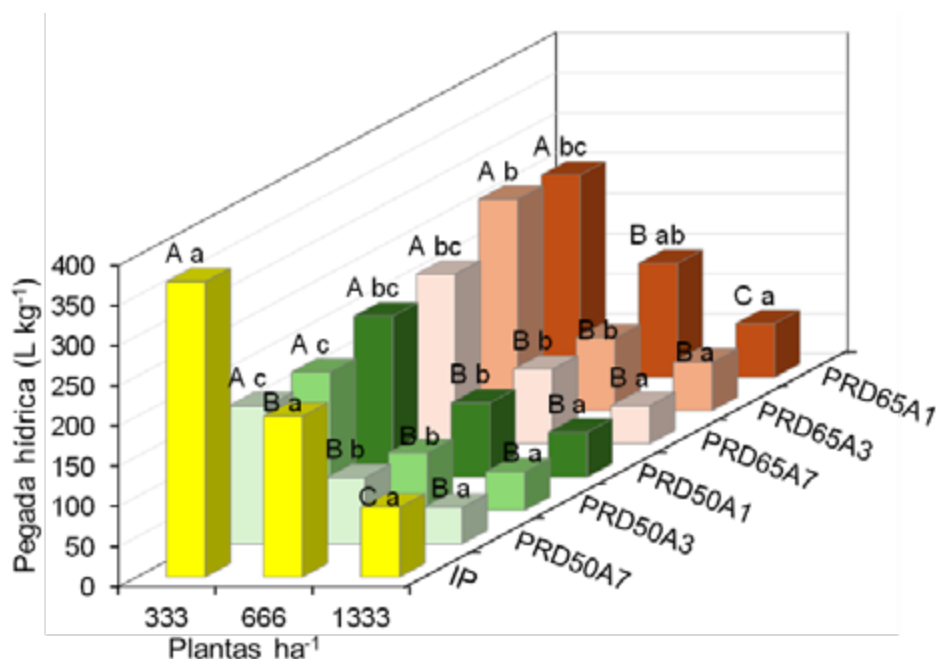
Palmer, são ainda mais escassos. No presente trabalho, os efeitos do aumento da densidade de plantio foram positivos para as variáveis produtivas no segundo ciclo de produção; no entanto, estudos contemplando mais ciclos estão sendo desenvolvidos para verificar até quando o efeito do maior adensamento será significativo na produção, visto que, até o terceiro ciclo de produção, a arquitetura da copa entre as densidades é a mesma, e, a partir do terceiro ciclo, a área da copa nas menores densidades será maior.

Adicionalmente, um estudo realizado por Sousa *et al.* (2012) com manga Tommy Atkins de 8 anos de idade mostrou que, com aumentos na densidade de plantio a partir de 555 plantas, ocorrem decréscimos significativos nas variáveis vegetativas e reprodutivas. No entanto, segundo os dados desse estudo, quando se utilizam até 357 plantas por

hectare, o aumento na produtividade por área chega a ser 30% maior, em comparação à densidade-controle (250 plantas ha^{-1}).

A pegada hídrica para a mangueira Palmer, no segundo ciclo de produção, é apresentada na Figura 3. Nota-se que a menor densidade de plantio associada à irrigação plena ocasionou maior pegada hídrica (367 litros de água pela irrigação para produção de um quilo da fruta). Por outro lado, a maior densidade de plantio com PRD a 50% da ETc alterado a cada 7 dias possibilitou menor pegada hídrica (45 litros kg^{-1}), o que se torna uma opção viável em termos de produtividade e sustentabilidade.

Figura 3 – Pegada hídrica para mangueira Palmer sob diferentes densidades de plantio e estratégias de irrigação



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota: IP: Irrigação plena; PRD50A7: PRD a 50% da ETc alternado a cada 7 dias; PRD50A3: PRD a 50% da ETc alternado a cada 3 dias; PRD50A1: PRD a 50% da ETc alternado a cada 1 dia; PRD65A7: PRD a 65% da ETc alternado a cada 7 dias; PRD65A3: PRD a 65% da ETc alternado a cada 3 dias; PRD65A1: PRD a 65% da ETc alternado a cada 1 dia, no segundo ciclo de produção. Os dados com mesma letra maiúscula não apresentam diferença entre as médias das densidades de plantio. Os dados com mesma letra minúscula não apresentam diferença entre as médias das estratégias de irrigação pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Estudos sobre pegada hídrica em mangueira, especificamente sob déficit hídrico, são escassos na literatura. Contudo, pode-se observar que, de acordo com os achados de pesquisas com outras culturas sob déficit, como a bananeira Prata-Anã sob 50% da ETc e alta densidade de plantio, com 3.333 plantas por hectare, a pegada hídrica chega ao valor de 276 L kg⁻¹ (Barbosa *et al.*, 2024). Ressalta-se que a mangueira é de grande importância para o semiárido brasileiro, pois é uma cultura que agrega valor econômico ao processo de produção de alimentos. Assim, ao se manejar a irrigação com secamento parcial do sistema radicular sob alta densidade de plantio, é possível obter produtividades rentáveis com baixo aporte de água.

Conclusão

Aumentar a densidade de plantio da mangueira Palmer a 1.333 plantas ha⁻¹ possibilita o aumento da produtividade da cultura e da água de irrigação. Além disso, associar a produção com estratégias de secamento parcial do sistema radicular com 50% da ETc a cada 7 e 3 dias possibilita a redução da pegada hídrica.

Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, n. 56). Disponível em: <https://www.fao.org/4/X0490E/x0490e00.htm>. Acesso em: 26 fev. 2025.

ANUÁRIO brasileiro de horti & fruti 2024. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2023.

BARBOSA, L. F.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R. dos; COELHO, E. F. Fruit yield and water productivity of 'Prata-Anã' banana under planting densities and irrigation depths. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 59, e03423, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/RscqZm8NpvKcJdpdLGCJBqd/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

COTRIM, C. E.; SANTOS, M. R. dos; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M. Manejo da irrigação. In: SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C.; BORÉM, A. **Manga do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2019. p. 209-235.

DURÁN ZUAZO, V. H.; RODRÍGUEZ PLEGUEZUELO, C. R.; FRANCO TARIFA, D. Impact of sustained-deficit irrigation on tree growth, mineral nutrition, fruit yield and quality of mango in Spain. **Fruits**, [s. l.], v. 66, n. 4, p. 257-268, 2011.

FERERES, E. Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación: recomendaciones para el manejo mejorado. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE MICROIRRIGACIÓN, 4., 1981, Barquisimeto. **Anais [...]**. Barquisimeto: IICA, 1981. p. 1-23.

GHRAB, M.; AYADI, M.; GARGOURI, K.; CHARTZOULAKIS, K.; GHARSALLAOUI, M.; BENTAHER, H.; PSARRAS, G.; MIMOUN, M. B.; MASMOUDI, M. M.; MECHLIA, N. B. Long-term effects of partial root-zone drying (PRD) on yield, oil composition and quality of olive tree (cv. Chemlali) irrigated with saline water in arid land. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 90-97, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157514001367>. Acesso em: 26 fev. 2025.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change [Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas]. **Climate change 2023: synthesis report**. Summary for policymakers. Genebra: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. Acesso em: 26 fev. 2025.

JARVIS, P. G.; McNAUGHTON, K. G. Stomatal control of transpiration: scaling up from leaf to region. **Advances in Ecological Research**, [s. l.], v. 15, p. 1-49, 1986. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065250408601191>. Acesso em: 27 fev. 2025.

McNAUGHTON, K. G.; JARVIS, P. G. Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation. In: KOZLOWSKI, T. T. (ed.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1983. v. 7, p. 1-47.

MOUCO, M. A. C.; ARAUJO, J. L. P.; SILVA, D. J.; PINTO, J. M.; CORREIA, R. C. **Recomendações práticas para a produção de manga nas áreas do Projeto Lagos do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2021. (Documentos, n. 303). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1138583>. Acesso em: 26 fev. 2025.

ROMERO-CONDE, A.; KUSAKABE, A.; MELGAR, J. C. Physiological responses of citrus to partial rootzone drying irrigation. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 169, p. 234-238, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423814000958>. Acesso em: 26 fev. 2025.

SANTOS, M. R. dos; COTRIM JUNIOR, P. R. F.; MESQUITA, N. L. S.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. Produtividade e eficiência de uso da água em mangueiras 'Tommy Atkins' e 'Palmer' sob irrigação localizada com déficit hídrico. **Semina – Ciências Agrárias**, Londrina, v. 41, n. 96, p. 2509-2522, 2020. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/38303>. Acesso em: 27 fev. 2025.

SANTOS, M. R. dos; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; COTRIM JÚNIOR, P. R. F.; CASTRO, I. N. Parâmetros fisiológicos e produtivos em mangueiras 'Tommy Atkins' sob estratégias de déficit de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 173-182, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/4731>. Acesso em: 26 fev. 2025.

SILVA, T. G. F. da; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B. de; CARMO, J. F. A. do. Fator de desacoplamento em um canal irrigado no submédio do Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 849-857, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/mSM7JWZbXZtJpKBfYNmmPDM/?lang=pt>. Acesso em: 27 fev. 2025.

SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B. Estimativa da evapotranspiração da mangueira com base no balanço hídrico do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 456-462, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wVH6ZgXWSCMbzbKVvPtNMXq/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 26 fev. 2025.

SOUSA, C. A. F. de; CAVALCANTI, M. I. L. G.; VASCONCELOS, L. F. L.; SOUSA, H. U. de; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, J. A. L. da. Mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas à alta densidade de plantio em condições de clima tropical subúmido no nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 36-43, 2012. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/10566>. Acesso em: 27 fev. 2025.



Foto: Wenderson Araujo/Trilux/Banco CNA/Senar

RESUMO EXPANDIDO

Irrigação deficitária de palma forrageira (*Opuntia stricta*) com água salobra: impactos no crescimento, produtividade e viabilidade econômica sob manejo baseado em evapotranspiração

Francisco Mardones Sérvulo Bezerra
Claudivan Feitosa de Lacerda
Eduardo Santos Cavalcante

Jonnathan Richeds da Silva Sales
Carla Ingryd Nojosa Lessa
Aelton Biasi Giroldo

Resumo

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e econômico da palma forrageira submetida à irrigação deficitária com água salobra e tempo de reposição estabelecido com base na ET_0 estimada usando as equações de Penman-Monteith (PM) e Hargreaves-Samani (HS). A pesquisa foi conduzida em Independência-CE, sob o clima tropical semiárido. Foi empregado um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 5×2 , com cinco lâminas de irrigação (0, 20, 40, 70 e 100% da irrigação total necessária) e dois métodos de estimativa da evapotranspiração de referência

(PM e HS). A produtividade da biomassa foi avaliada aos 6, 12 e 18 meses após o início dos tratamentos. O manejo da irrigação com base na evapotranspiração de referência estimada pela equação de HS produziu resultados comparáveis ao uso da equação de PM. A lâmina de 70% produziu resultados similares à lâmina de 100% em termos de produtividade e renda dos agricultores, alcançando o nível de reprodução social necessário com apenas 0,65 hectares no segundo ano.

Palavras-chave: *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.; semiárido; agricultura irrigada; forragem; sustentabilidade.



Foto: Wenderson Araujo/Trilux/Banco CNA/Senar

Deficit irrigation of forage cactus (*Opuntia stricta*) with brackish water: impacts on growth, productivity and economic viability under evapotranspiration-based management

Abstract

This study aimed to evaluate the productive and economic performance of forage cactus under deficit irrigation with brackish water and replacement time established based on ET_0 estimated using the Penman-Monteith (PM) and Hargreaves-Samani (HS) equations. The research was conducted in Independência, Ceará, Brazil, under the tropical semiarid climate. A randomized block design in a 5×2 factorial scheme was used, with five irrigation levels (0; 20; 40; 70; and 100% of total required irrigation) and two methods for estimating reference evapotranspiration (PM and HS). Biomass productivity was evaluated at 6, 12, and 18 months after treatment initiation. Irrigation management based on reference evapotranspiration estimated by the HS equation produced results comparable to those using the PM equation. The 70% irrigation level produced similar results to the 100% one in terms of productivity and farmers' income, reaching the social reproduction level with only 0.65 hectares in the second year.

Keywords: *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.; semiarid climate; irrigated agriculture; forage; sustainability.

Previamente publicado, este trabalho pode ser acessado de forma completa em: <https://doi.org/10.3390/agronomy14071445>.

Introdução

Otimizar o uso de água e energia é um desafio para a agricultura, especialmente em regiões com recursos hídricos limitados, como a zona semiárida tropical brasileira. Para atingir isso, determinar com precisão a necessidade de água das plantas é crucial a fim de implementar um cronograma de irrigação eficiente, melhorando a qualidade e a produtividade das culturas.

Um componente fundamental desse processo é a determinação da evapotranspiração de referência (ET_0). A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) desenvolveu o modelo de Penman-Monteith FAO 56 (Allen *et al.*, 1998) e o recomendou para estimar a ET_0 em diversas regiões climáticas em todo o mundo. Entretanto, o modelo de Penman-Monteith (PM) apresenta um obstáculo significativo: a frequente ausência de dados sobre parâmetros meteorológicos (Rodrigues; Braga, 2021; Yong *et al.*, 2023). Em função disso, o modelo de Hargreaves-Samani (HS) foi recomendado pela FAO como um método alternativo, pois utiliza apenas dados de temperatura do ar e estimativas de radiação solar extraterrestre. Além disso, o modelo tem mostrado resultados de ET_0 razoáveis e com validade global (Allen *et al.*, 1998).

Por sua vez, o cultivo de palma (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.) sob condições semiáridas, associado a uma determinação precisa da evapotranspiração e à irrigação deficitária, representa uma perspectiva concreta de superação dos desafios enfrentados pela agricultura frente aos processos de mudança global do clima. A cultura possui características anatômicas e morfofisiológicas que lhe conferem adaptação a ambientes secos, com alta resiliência às mudanças climáticas, alta eficiência no uso da água e elevada pro-

dução de biomassa rica em energia, ajudando a reduzir a variação sazonal na produção de alimentos (para animais ou humanos) nessas regiões (Alves *et al.*, 2023). Além disso, a palma forrageira tolera níveis razoáveis de irrigação com águas salobras (Alves *et al.*, 2023), fator este que representa uma vantagem estratégica para essa cultura no semiárido brasileiro, uma vez que permite o uso de águas subterrâneas salobras, que são mais restritivas devido à baixa vazão do que a concentração de sais na água (Lessa *et al.*, 2023).

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e econômico da palma forrageira sob irrigação deficitária com água salobra e tempo de reposição estabelecido com base na ET_0 estimada pelas equações de Penman-Monteith e Hargreaves-Samani, nas condições do semiárido brasileiro.

Materiais e métodos

A pesquisa foi conduzida na área experimental da Escola Família Agrícola Dom Frágoso (EFA D. Frágoso), no município de Independência-CE (05°23'47" S e 40°18'31" O). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh (tropical semiárido), com precipitação média anual de 760 mm, com período chuvoso concentrado nos quatro primeiros meses do ano.

O arranjo experimental foi em blocos aleatórios com quatro repetições em esquema fatorial 5×2 , relativos a cinco lâminas de irrigação – 100, 70, 40, 20 e 0% da irrigação total necessária (ITN), em mm –, e dois métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (Penman-Monteith e Hargreaves-Samani), constituindo, assim, 40 unidades experimentais. Cada unidade

experimental possuía 5 fileiras de 9 m de comprimento por 0,8 m de espaçamento entre elas, totalizando uma área de 36 m² e, portanto, uma área total de 1.440 m² para o experimento.

O plantio dos cladódios da palma forrageira orelha-de-elefante mexicana – *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. – foi realizado em novembro de 2020, com densidade de plantio de 41.667 plantas por hectare. O início da aplicação dos tratamentos ocorreu em agosto de 2021, após corte para padronização, mantendo-se apenas o cladódio-mãe. Os eventos de irrigação foram realizados durante as estações secas (julho a dezembro de 2021 e 2022). Ainda, durante o período chuvoso de 2021, foi realizada adubação orgânica com esterco bovino, obedecendo à recomendação de 30 t ha⁻¹, conforme orientado para cultivo adensado de palma forrageira (Saraiva, 2014).

A reposição das lâminas foi então determinada pela evapotranspiração da cultura, tendo como referência a evapotranspiração estimada pelas equações de PM e HS. Os detalhes do cálculo da lâmina requerida em cada evento de irrigação podem ser consultados em Bezerra *et al.* (2024).

A coleta de dados para a avaliação do desempenho da cultura ocorreu entre 6, 12 e 18 meses após o início da aplicação do tratamento, sendo esses intervalos de tempo correspondentes a janeiro de 2022, agosto de 2022 e janeiro de 2023, respectivamente. As variáveis consideradas foram: produtividade da matéria fresca (PMF), em kg ha⁻¹; produtividade da matéria seca (PMS), em kg ha⁻¹; produtividade física da água (PFA), em kg m⁻³; e a renda do agricultor (Frizzone *et al.*, 2021). Os detalhes da obtenção das variáveis podem ser consultados em Bezerra *et al.* (2024).

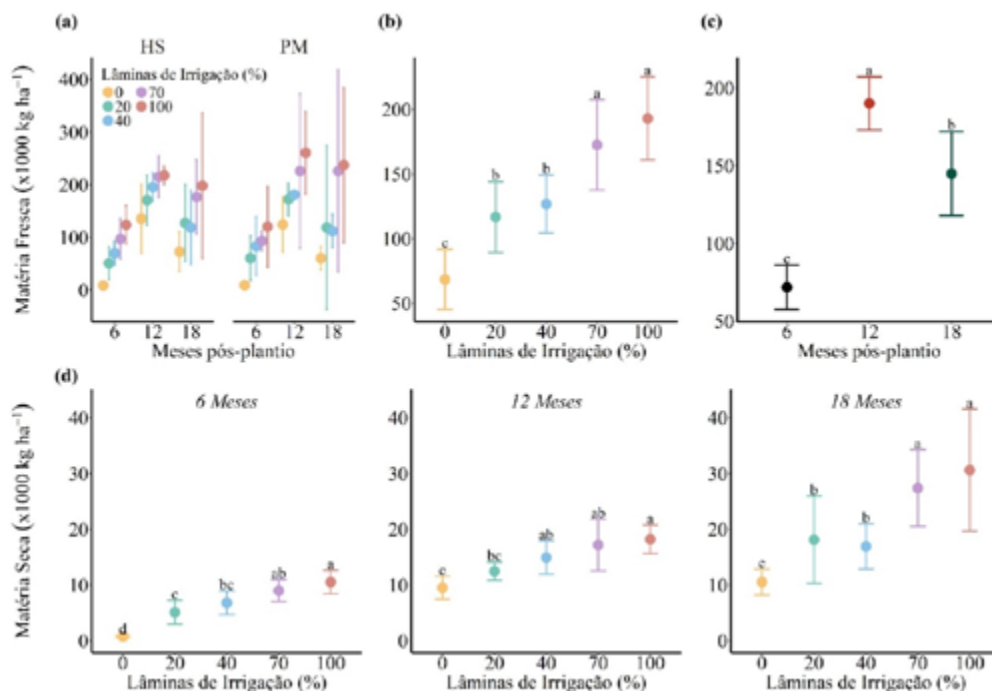
A análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey foram usados para avaliar os efeitos dos níveis de irrigação, o tempo de amostragem e as diferentes equações nas variáveis de resposta. A renda do agricultor foi estimada usando custos fixos e variáveis para a implantação e a produção irrigada de um hectare de palma, além da receita bruta obtida em decorrência da produtividade de matéria fresca da cultura. Os detalhes dessas análises podem ser consultados em Bezerra *et al.* (2024).

Resultados e discussão

Para a produtividade de matéria fresca em função dos níveis de irrigação (cf. Figura 1), no cultivo de sequeiro, foi observada a menor média (68.497 kg ha⁻¹), significati-

vamente diferente dos tratamentos irrigados. O resultado no nível de 20% diferiu do encontrado nos níveis de 70% e 100%, mas não diferiu do nível de 40%, com média de 121.829 kg ha⁻¹, 77,9% maior que a produtividade no nível de 0% e 33,4% menor que o valor encontrado entre os níveis de 70% e 100%. Estes dois últimos níveis não diferiram entre si e apresentaram média de 182.856 kg ha⁻¹. Houve diferença estatística entre os três períodos de coleta (cf. Figura 1), sendo que o período de coleta de 12 meses apresentou a maior média (190.041 kg ha⁻¹), seguido pelos períodos de coleta de 18 meses (144.887 kg ha⁻¹) e 6 meses (71.792 kg ha⁻¹). A produtividade aos 12 meses foi superior à observada aos 6 e 18 meses em 164,7% e 31,2%, respectivamente.

Figura 1 – Resultados para as equações (a), os efeitos isolados dos níveis de irrigação (b) e épocas (c) sobre a produtividade de matéria fresca (FMP) e a interação entre lâminas e épocas (d) sobre a produtividade de matéria seca (DMP)



Fonte: extraída de Bezerra *et al.* (2024).

Nota: as médias com as mesmas letras não diferem significativamente segundo o teste de Tukey ($p > 0,05$).

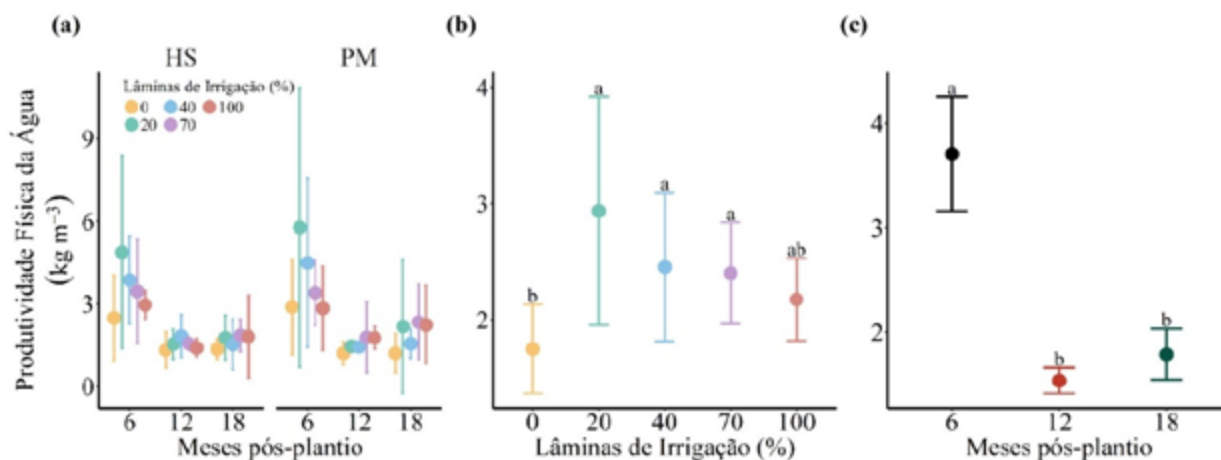
Com o aumento do suprimento de água, a produtividade da matéria seca (PMS) aumentou em todos os períodos avaliados (cf. Figura 1d). Aos 6 meses, a média no cultivo de sequeiro foi significativamente menor que nas parcelas irrigadas, em $774,7 \text{ kg ha}^{-1}$. No nível de irrigação de 20%, houve uma diferença significativa em comparação aos níveis de 70% e 100%, mas não com o nível de 40%, resultando em uma média de 5.966 kg ha^{-1} , que é 670,1% maior que a média no nível de 0%. Também não houve diferença estatística entre os níveis de 40% e 70%, bem como entre os de 70% e 100%, com médias de 7.913 e 9.774 kg ha^{-1} , respectivamente.

Aos 12 meses, três aspectos se destacaram: não houve diferença estatística entre os valores encontrados nos níveis de 0% e 20%, com média de $11.000 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo que, em relação aos demais níveis, o resultado no nível de 0% foi significativamente menor; a média no nível de 20% diferiu apenas da média no nível de 100%, isto é, não houve diferença entre os níveis de 20%, 40% e 70%, com média de

$14.874 \text{ kg ha}^{-1}$; também não houve diferença significativa entre os níveis de 40%, 70% e 100%, com média de $16.782 \text{ kg ha}^{-1}$. Por sua vez, aos 18 meses, a PMS no nível de 0% diferiu da dos demais, enquanto não houve diferença significativa entre os níveis de 20% e 40% ($17.526 \text{ kg ha}^{-1}$) nem entre os níveis de 70% e 100% ($29.000 \text{ kg ha}^{-1}$).

Em relação à produtividade física da água (PFA), em termos de matéria seca, não houve diferença significativa entre os tempos de coleta aos 12 e 18 meses, o que diferiu do valor observado aos 6 meses, que apresentou média de $3,7 \text{ kg m}^{-3}$, 117,6% maior que a média aos 12 e 18 meses ($1,7 \text{ kg m}^{-3}$) (cf. Figura 2). Entre os níveis de irrigação (cf. Figura 2b), observa-se que a média no nível 0% é significativamente menor que as médias nos níveis de 20%, 40% e 70%, mas não difere daquela encontrada no nível 100%, com média de $2,0 \text{ kg m}^{-3}$. Também não há diferença entre os níveis de 20%, 40%, 70% e 100%, com uma média de $2,5 \text{ kg m}^{-3}$, 47,1% maior que a média encontrada apenas no nível de 0% ($1,7 \text{ kg m}^{-3}$).

Figura 2 – Resultados para as equações (a), efeitos isolados dos níveis de irrigação (b) e tempos (c) sobre a produtividade física da água (PFA) com base na matéria seca



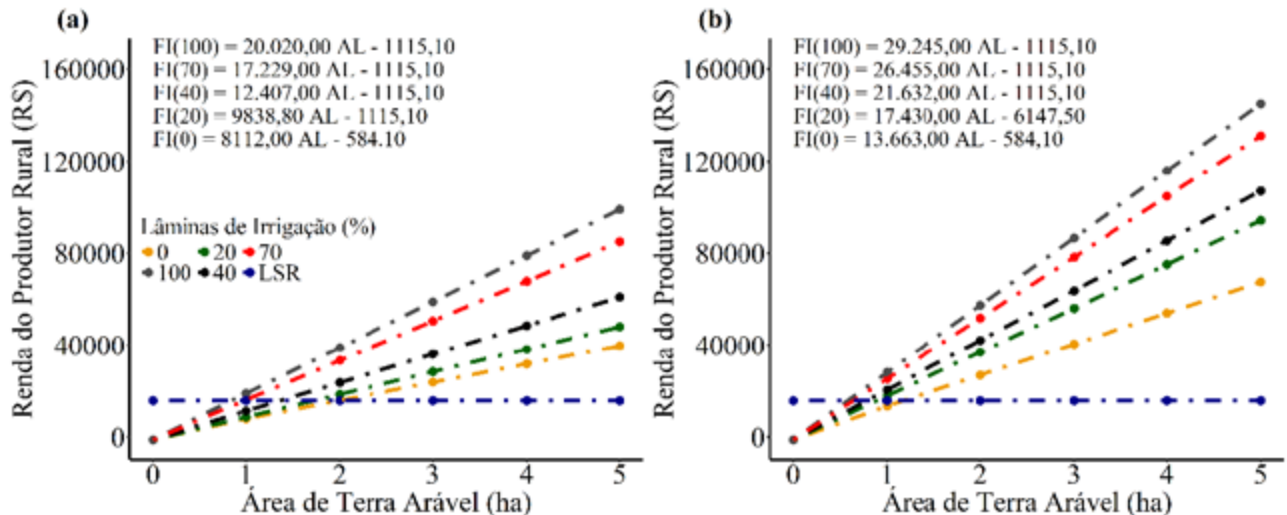
Fonte: extraída de Bezerra et al. (2024).

Nota: as médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente de acordo com o teste de Tukey ($p > 0,05$).

No que diz respeito à análise econômica, demonstrou-se que o nível de reprodução social (NRS) no primeiro ano (cf. Figura 3a), em relação à renda do agricultor, nas lâminas de irrigação de 100%, 70%, 40%, 20% e 0%, foi

alcançado com 0,85, 1,0, 1,37, 1,75 e 2,0 hectares, respectivamente. No segundo ano (cf. Figura 3b), o NRS foi alcançado com 0,6, 0,65, 0,8, 0,9 e 1,2 hectares, respectivamente.

Figura 3 – Renda do agricultor para diferentes níveis de irrigação com base na superfície agrícola utilizável no primeiro (a) e no segundo (b) ano



Fonte: extraída de Bezerra et al. (2024).

A renda do agricultor por hectare aumentou no segundo ano em comparação ao primeiro ano em 46,1%, 53,5%, 74,4%, 77,2% e 68,4% para os níveis de 100%, 70%, 40%, 20% e 0%, respectivamente. Esse aumento não foi devido à maior produtividade, pois a mesma produtividade do primeiro ano foi assumida, mas sim à redução de custos relacionados a salários e à ausência de aquisição de sementes e plantio no segundo ano.

Dessa forma, pode-se considerar que os resultados obtidos neste estudo mostram que a irrigação com água moderadamente salobra é uma boa alternativa para a produção de palma forrageira na região semiárida tropical, aumentando a oferta de alimentos para o gado. No entanto, as respostas dessa cultura também são impactadas pela es-

tação chuvosa (janeiro a junho), que supre a demanda da cultura mesmo em anos com precipitações abaixo da média.

Os aumentos de produtividade nos tratamentos de irrigação, em comparação ao sequeiro, demonstram claramente a viabilidade do investimento em irrigação para palma forrageira e o consequente aumento na geração de renda. Considerando a produtividade média de matéria fresca de 243.622 kg ha⁻¹ aos 12 meses, obtida entre os níveis de 70 e 100% da irrigação total necessária (ITN), e sua comercialização a um valor de R\$ 0,15, a renda bruta resultante seria de R\$ 36.543,30, 51% superior à renda obtida com o cultivo de sequeiro, R\$ 18.652,50, resultante de uma produtividade de 124.350 kg ha⁻¹.

O custo estimado para estabelecer um hectare de palma forrageira irrigada, considerando custos fixos, variáveis e salários pagos, foi de R\$ 44.750,00. Isso comprova que, no primeiro ciclo de colheita, isto é, 12 meses após o plantio, aproximadamente 82% do investimento pôde ser recuperado. Nesse sentido, a renda no primeiro e, principalmente, no segundo ano demonstra o potencial da irrigação para garantir e ampliar a sustentabilidade dos pequenos agricultores em condições de limitação hídrica, presente na realidade da agricultura familiar brasileira, especialmente na região semiárida.

Conclusão

O manejo da irrigação com base na evapotranspiração de referência estimada pela equação de HS produziu resultados comparáveis ao uso da equação de PM.

A produtividade da matéria seca e a renda dos agricultores após 12 meses de irrigação durante a estação seca, com lâminas

variando de 40% a 70% da irrigação necessária, resultaram em rendimentos significativamente maiores em comparação às condições de sequeiro.

A lâmina de 70% produziu os mesmos resultados que a lâmina de 100%. Além disso, foi capaz de atingir o nível de reprodução social necessário com apenas 0,65 hectares no segundo ano.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas ao primeiro autor e à província autônoma de Trento (Itália) pelo financiamento da pesquisa. Agradecem também ao Programa Cientista-Chefe de Agricultura do Governo do Estado do Ceará (SDE/ADECE/FUNCAP) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical (INCTAgriS/CNPq/FUNCAP/CAPES).



Foto: Valéria Gedanken

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, n. 56). Disponível em: <https://www.fao.org/4/X0490E/x0490e00.htm>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- ALVES, H. K. M. N.; SILVA, T. G. F. da; JARDIM, A. M. da R. F.; SOUZA, L. S. B. de; ARAÚJO JÚNIOR, G. do N.; SOUZA, C. A. A. de; MOURA, M. S. B. de; ARAÚJO, G. G. L. de; CAMPOS, F. S.; CRUZ NETO, J. F. da. The use of mulch in cultivating the forage cactus optimizes yield in less time and increases the water use efficiency of the crop. **Irrigation and Drainage**, [s. l.], v. 72, n. 1, p. 75-89, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ird.2758>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- BEZERRA, F. M. S.; LACERDA, C. F. de; GIROLDO, A. B.; CAVALCANTE, E. S.; MICHELON, N.; PENNISI, G.; SALES, J. R. da S.; LESSA, C. I. N.; LIMA, S. C. R. V.; LOPES, F. B.; GIANQUINTO, G.; ORSINI, F. Deficit irrigation of forage cactus (*Opuntia stricta*) with brackish water: impacts on growth, productivity, and economic viability under evapotranspiration-based management. **Agronomy**, [s. l.], v. 14, n. 7, 1445, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/7/1445>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- FRIZZONE, J. A.; LIMA, S. C. R. V.; LACERDA, C. F.; MATEOS, L. Socio-economic indexes for water use in irrigation in a representative basin of the tropical semiarid region. **Water**, [s. l.], v. 13, n. 19, 2643, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/19/2643>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- LESSA, C. I. N.; LACERDA, C. F. de; CAJAZEIRAS, C. C. de A.; NEVES, A. L. R.; LOPES, F. B.; SILVA, A. O. da; SOUSA, H. C.; GHEYI, H. R.; NOGUEIRA, R. da S.; LIMA, S. C. R. V.; COSTA, R. N. T.; SOUSA, G. G. de. Potential of brackish groundwater for different biosaline agriculture systems in the Brazilian semi-arid region. **Agriculture**, [s. l.], v. 13, n. 3, 550, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/3/550>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- RODRIGUES, G. C.; BRAGA, R. P. Estimation of daily reference evapotranspiration from NASA POWER reanalysis products in a hot summer Mediterranean climate. **Agronomy**, [s. l.], v. 11, n. 10, 2077, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/10/2077>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- SARAIVA, F. M. **Desenvolvimento e acúmulo de nutrientes de palma forrageira (*Nopalea*) em diferentes sistemas de cultivo**. 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Universidade Federal Rural do Pernambuco, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal do Ceará, Recife, 2014. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7023>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- YONG, S. L. S.; NG, J. L.; HUANG, Y. F.; ANG, C. K. Estimation of reference crop evapotranspiration with three different machine learning models and limited meteorological variables. **Agronomy**, [s. l.], v. 13, n. 4, 1048, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/4/1048>. Acesso em: 28 fev. 2025.

Flávio Gonçalves Oliveira (moderador e relator), Rodrigo Parada, Leandro Lance e Eric Rothberg (palestrantes e relatores)

Histórico da irrigação

A irrigação é uma técnica agrícola milenar cuja utilização se entrelaça com a história da humanidade. As civilizações mais antigas dão testemunho do uso da técnica da irrigação com o objetivo de produção de alimentos e a fixação da população nas regiões produtoras. Tal técnica permitiu, ainda, a comercialização do excedente de produção, gerando riquezas para as nações que dominavam essa tecnologia.

Durante muito tempo, a irrigação por superfície era a única utilizada, sendo esse método até hoje o responsável pela maior área irrigada no mundo. Essa situação ainda acontece porque países asiáticos, sobretudo China, Índia e Paquistão, possuem extensas áreas irrigadas, que somam aproximadamente 120 milhões de hectares; além de outros países no Oriente Médio, há os Estados Unidos e os países da América Latina, que também utilizam desse método de irrigação.

O método de irrigação por superfície, apesar de ser de fácil utilização e manejo, tem maior dependência de mão de obra, além de apresentar baixas taxas de eficiência de irrigação. Nesse sentido, a situação atual na gestão dos recursos hídricos tem exigido usos racionais e otimizados da água nas suas diversas demandas, requerendo, assim, altas taxas de eficiência, sobretudo no setor da agricultura irrigada. Em virtude disso, outros métodos de irrigação, como o de sistema de pivô central e o de gotejamento, ganharam destaque

por serem potencialmente mais eficientes e demandarem menor quantidade de mão de obra, utilizando tecnologias mais modernas.

Nessa perspectiva, as tecnologias embarcadas nos sistemas de irrigação pressurizados e na condução de água via canais têm avançado muito, o que exige cada vez mais inovações dos fabricantes e seus irrigantes e, consequentemente, mais capacitação técnica no manejo das tecnologias agrícolas. Como resultado, surgem soluções para usos cada vez mais eficientes dos recursos hídricos, com menos desperdício e mais sustentabilidade, seja no aspecto ambiental, econômico ou social.

Portanto, em função de as tecnologias na área da irrigação estarem cada vez mais avançadas, é relevante discutir o tema desta mesa-redonda, dada a sua importância para o setor e para o futuro do agro.

Rubicon Water

Eric Rothberg, gerente de vendas da empresa Rubicon Water, em sua palestra, apresentou um leque de informações tecnológicas na área de condução de água em canais, gestão dos recursos hídricos, controle e automação.

A tecnologia da gestão da irrigação sob demanda foi apresentada, trazendo inovações de hardware e software que permitam o

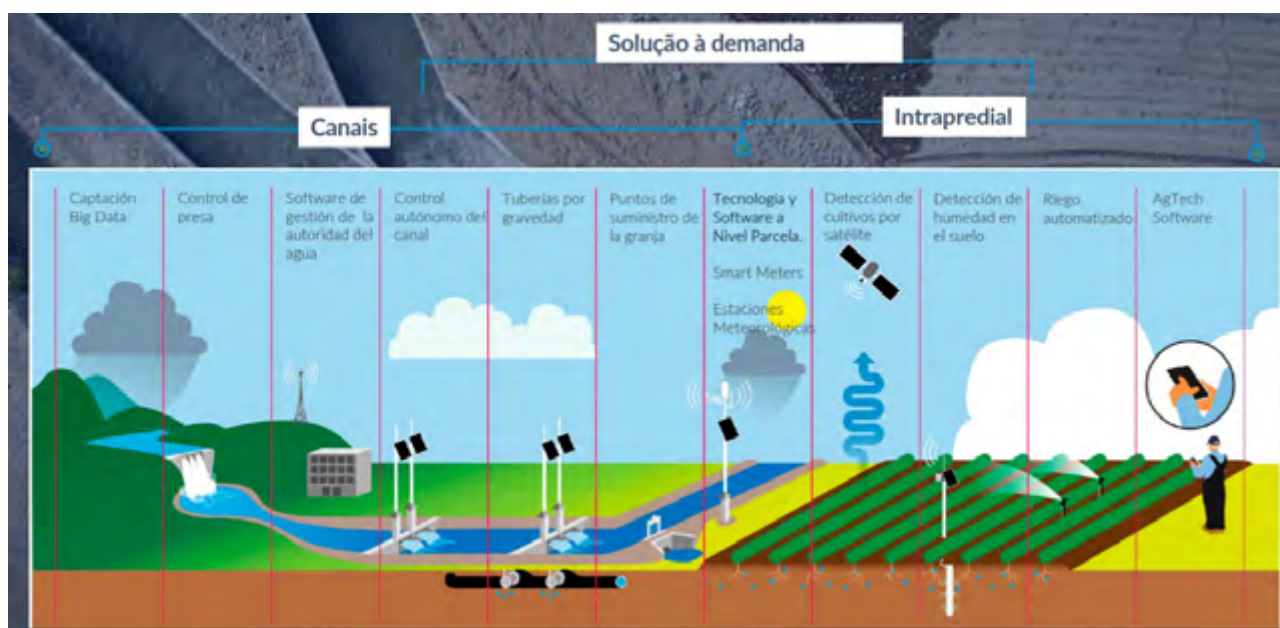
controle autônomo de canais abertos por gravidade e a entrega de água aos cultivos de acordo com quantidades e horários necessários. Tal recurso tecnológico é capaz de proporcionar um aumento significativo da eficiência em distritos de irrigação modernizados devido ao serviço de controle remoto.

O palestrante também apresentou um software denominado NeuroFlo, o qual permite o acesso à informação em tempo real de todas as variáveis do canal e das comportas de regulação, com visualização de toda a rede de irrigação, de faturamentos, de cobrança pelo uso da água, de tendências das variáveis de que o usuário necessita na ges-

tão dos recursos hídricos, armazenando as personalizações e os dados históricos. Além disso, o programa é capaz de fornecer alarmes imediatos sobre eventos inesperados no canal, os quais podem ser recebidos num dispositivo móvel por SMS, além de ser capaz de possibilitar a programação da operação em cada lugar, automatizando o funcionamento toda a rede, com consignas de vazão para momentos específicos e registro de todas as mudanças na programação que se realiza através do software.

A título de ilustração, a Figura 1 permite visualizar os recursos mencionados anteriormente:

Figura 1 – Tecnologia da gestão da irrigação da Rubicon



Fonte: fornecida por Eric Rothberg.

Rivulis

Por sua vez, Leandro Lance, diretor comercial da empresa Rivulis, apresentou uma gama de emissores, em especial, aspersores e gotejadores, detalhando o desenvolvimento tecnológico atual desses equipamentos.

A situação tecnológica atual dos gotejadores e fitas gotejadoras apresentada é algo muito inovador, como emissores com alta uniformidade de fabricação e emissores com dispositivos para impedir a intrusão de raízes, quando instalados subsuperficialmente. Também chamaram a atenção os

tubos de polietileno fabricados com uso de materiais sustentáveis, como o resíduo da cana-de-açúcar.

O palestrante também abordou a possibilidade de instalação de sistemas de irrigação por gotejamento totalmente automatizados, cujos parâmetros medidos podem ser os mais diversos possíveis, como climáticos, de solo, da planta, hidráulicos, entre outros (cf. Figura 2).

Por fim, Leandro Lance apresentou um estudo de caso cujo projeto de irrigação localizada foi instalado baseado em princípios sustentáveis no aspecto social, econômico e ambiental, em uma área de cana-de-açúcar. Segundo seu relato, a empresa Rivulis tem elaborado projetos desse tipo, com registro para certificação de crédito de carbono, situação em que tanto a empresa quanto o produtor rural possam obter rendimentos financeiros.

Figura 2 – Projeto de irrigação localizada com automação plena da Rivulis



Fonte: fornecida por Leandro Lance.

Grupo Bauer

Rodrigo Parada, diretor de vendas da Bauer para as Américas, abordou de forma especial os dois mais importantes sistemas de irrigação fornecidos pela empresa (pivô central e carretel), além de apresentar outros portfólios de produtos importantes para uma propriedade de agricultura irrigada, como sensores de pressão, hidrômetros e

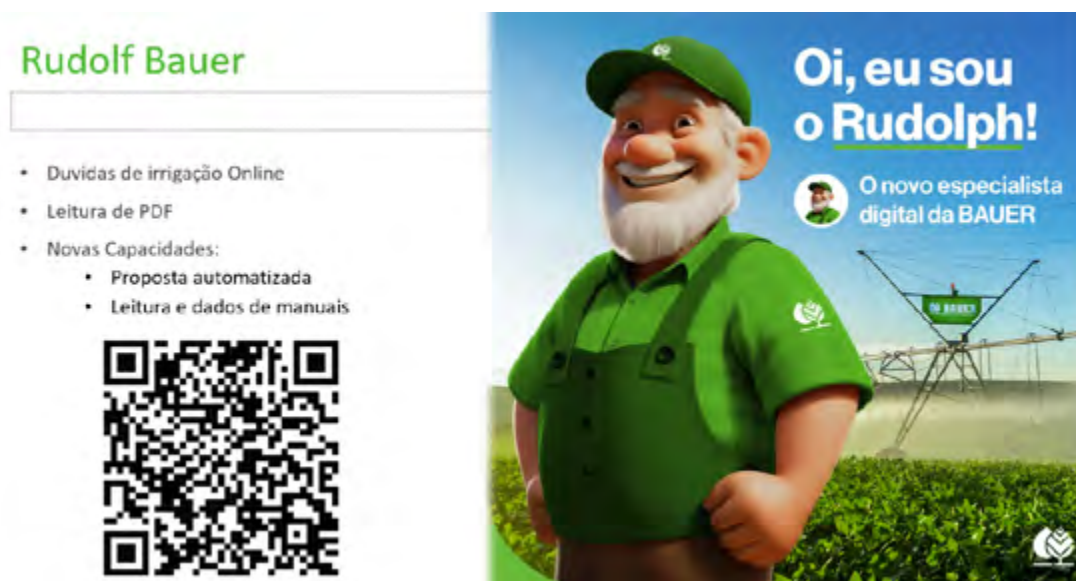
produtos destinados à água residuária e à energia fotovoltaica, entre outros.

Em sua palestra, foi apresentado o conceito de fazenda inteligente, a qual é possível implantar por meio dos equipamentos que possuem funcionalidades integradas entre si, o que torna possível uma maior automação dos processos de manejo da irrigação, com vistas, assim, à economia de água e energia,

ao aumento da eficiência e da uniformidade de irrigação e ao controle remoto e preciso das atividades agrícolas.

Outro aspecto abordado na apresentação foi o uso da inteligência artificial no site da Bauer, com a disponibilização, por meio de QR Codes, de manuais técnicos digitais para o usuário, promovendo acesso facilitado e intuitivo (cf. Figura 3).

Figura 3 – Manual digital dos equipamentos da Bauer



Fonte: fornecida por Rodrigo Parada.

Considerações finais

A partir dos relatos apresentados pelos três palestrantes, foi possível observar como o uso das tecnologias digitais remotas está em evidência. Independente do sistema de irrigação, do tipo de equipamento ou de sua marca, as possibilidades apresentadas para o gerenciamento dos recursos hídricos, bem como do sistema de irrigação, são muito amplas. As automações possibilitam, de forma geral, o

controle do funcionamento dos equipamentos e a comunicação online e em tempo real por meio de um smartphone ou uma central de comando, o que, portanto, permite elevar o nível de controle simultâneo de muitas variáveis. Assim, as inovações promovidas pelo uso de ferramentas tecnológicas são capazes de aumentar a eficiência dos processos, com economia de tempo, água, energia e, sobretudo, gastos financeiros vindos de meios menos eficazes de manejo da irrigação.

Gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada

Everardo Chartuni Mantovani (moderador e relator), Daran Rudnick, João Ricardo Raiser e Jordana Girardello (palestrantes e relatores)

Panorama atual

O desenvolvimento da agricultura irrigada, em base sustentável, sem dúvida passa pela análise da gestão de recursos hídricos, a qual é capaz de garantir, de forma ampla e com segurança, a disponibilidade e a outorga de água necessária para a irrigação. Nessa perspectiva, essa abordagem tem papel fundamental no setor e impacta o tripé básico da sustentabilidade, que envolve os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Assim, a integração das águas das chuvas (água verde) e dos rios, aquíferos e de outras fontes (água azul) proporcionada pela agricultura irrigada é uma oportunidade de intensificação da produção, com base, principalmente, no uso de áreas já antropizadas. Isso traz segurança alimentar e desenvolvimento econômico, ambiental e social em sistemas de produção irrigada de pequeno, médio e grande porte.

Chama a atenção o fato de que, nos últimos quatro anos, a área irrigada cresceu na ordem de 1,5 milhão de hectares, uma taxa média anual de 4,6%, ou cerca de novos 375.000 hectares, segundo indica a Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação, da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (CSEI/Abimaq). Uma análise básica do que proporcionou esse crescimento aponta para os seguintes elementos:

- Desenvolvimento tecnológico (ensino, pesquisa, indústria);
- Profissionalização dos setores do agro-negócio irrigado;
- Benefícios da intensificação em cultivos anuais e segurança nos cultivos perenes;
- Otimização dos ativos;
- Mudanças climáticas que intensificam os veranicos, diminuindo sua quantidade e/ou a duração das chuvas;
- Grande potencial brasileiro de crescimento, na ordem de 55 milhões de hectares em áreas já antropizadas (cerca de metade em áreas de produção de sequeiro e outra metade em áreas de pastagem), com áreas de cerca de 13,7 milhões de hectares consideradas de curto e médio prazo (GGP/Esalq/USP; MDR; FAO, 2020); e,
- Características diversas de caráter regional.

Portanto, nesta mesa-redonda, buscou-se discutir, com base nas considerações iniciais do moderador sobre o tema, como a gestão sustentável de recursos hídricos pode favorecer o desenvolvimento da agricultura irrigada, abordando, a partir das conferências dos palestrantes convidados, diversos contextos, incluindo as oportunidades e os desafios, em que ocorrem práticas de uso racional e sustentável da água.

Gestão de recursos hídricos nos Estados Unidos

O professor Daran Rudnick, da Kansas State University, apresentou uma palestra focada na gestão sustentável dos recursos hídricos voltada à agricultura irrigada nos Estados Unidos, com destaque para os desafios enfrentados nas regiões de High Plains e do aquífero de Ogallala.

Entre os principais pontos abordados, comentou sobre o panorama da irrigação em seu país, o qual possui cerca de 24 milhões de hectares irrigados, destacando a expressiva presença da irrigação em estados como Nebraska, Califórnia e Kansas, que têm, respectivamente, 14,8%, 13,5% e 4,3% da área irrigada dos Estados Unidos da América.

Também expôs informações importante sobre o aquífero de Ogallala, que é a mais importante fonte de água para irrigação nos estados de Nebraska e Kansas, evidenciando a redução na espessura saturada do aquífero e seus impactos sobre a produção agrícola. Tal efeito pode ser notado principalmente nos estados mais ao sul, como Texas, e especialmente na pecuária de corte, que apresenta maior retorno econômico por unidade de água utilizada do que a agricultura irrigada.

O professor Rudnick apresentou uma discussão sobre as alternativas para mitigar a sobre-exploração da água subterrânea em vários estados, abordando a diminuição da área irrigada, a melhoria da regulação de uso da água e a implementação de tecnologias e inovações que possam aprimorar o uso eficiente da água, considerando, também, os aspectos de educação.

Citou casos de regulação eficazes, como foi o dos distritos de recursos naturais do Nebraska, os quais implementaram medidas

como alocação de volumes, exigência de medidores e moratória na perfuração de poços.

Na área de inovação e tecnologia, o professor Rudnick compartilhou experiências com o uso de sensoriamento remoto por satélites e de inteligência artificial para detectar causas de desuniformidade na irrigação, referindo-se aos resultados da tese sobre o tema realizada na Universidade Federal de Viçosa (Boninsenha *et al.*, 2024, 2025).

Na importante área de educação e capacitação, o palestrante apresentou o programa Testing Ag Performance Solutions (TAPS), uma iniciativa de pesquisa participativa que simula decisões reais de manejo agrícola (híbrido, plantio, irrigação, nitrogênio, seguro, comercialização) em ambiente competitivo, com base em parcelas experimentais. Os resultados do TAPS mostraram que práticas otimizadas podem elevar significativamente a eficiência do uso de insumos e o retorno econômico, com destaque para o modelo Random Forest, que tem água e nitrogênio como os principais fatores de produtividade.

Por fim, o professor palestrante concluiu sua fala reforçando a importância da educação, da inovação e da regulação colaborativa como pilares para uma agricultura irrigada sustentável e economicamente viável, tanto nos EUA quanto em cenários globais semelhantes.

Oportunidades e desafios da gestão de recursos hídricos no Brasil

João Ricardo Raiser, presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba), iniciou sua palestra destacando a importância da água não somente em suas funções biológicas, mas sob a perspectiva de um recurso para fins produtivos, o recurso hí-

drico. Nesse sentido, foi traçada uma linha do tempo, relacionando o uso da água e a evolução da sociedade, ressaltando o papel da agricultura e da irrigação. Na sequência, tratou da importância dos múltiplos usos da água, ligados a praticamente todas as atividades realizadas pelo homem, seja como matéria-prima ou como parte dos processos produtivos – como saneamento, indústria, irrigação e uso agropecuário, geração de energia, transporte, pesca, turismo, lazer, entre outros usos –, evidenciando que 75% dos empregos e das atividades econômicas são atividades que dependem fortemente da disponibilidade hídrica. Quanto a esse aspecto, frisou que essas atividades são também fortemente dependentes de uma adequada gestão desse recurso, e que problemas nesse processo são causa de conflitos, com prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

O gestor também chamou atenção para o ponto de que não é mais possível pensar na água somente pela dicotomia *disponibilidade versus demanda*, apesar da importância de cada um dos setores usuários do recurso, sendo necessário incorporar a essa perspectiva a noção de integração. Assim, trata-se de integrar tudo que afeta a disponibilidade e tudo o que afeta a demanda hídrica, o que permite entender os usos atuais e futuros e atuar para garantir a segurança hídrica, isto é, água em quantidade e qualidade para esses usos. Isso ocorre por meio do sistema de gestão de recursos hídricos e seus instrumentos, alocando de forma adequada as vazões e recuperando as condições das bacias.

Nesse âmbito, o palestrante apresentou uma visão geral sobre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, seus componentes e instrumentos, destacando a importância da atuação e da ocupação dos usuários e da sociedade nos espaços dispo-

nibilizados nesse sistema para seu bom funcionamento. Além disso, detalhou a atuação e importância dos comitês de bacias como espaços que materializam o princípio da gestão descentralizada e participativa, usando como exemplo a atuação do CBH Paranaíba.

Para tanto, João Ricardo fez uma breve caracterização da bacia do rio Paranaíba, que apresenta uma área de 222 km² e mais de 10 milhões de habitantes, comentando sobre os principais usos e conflitos existentes em relação à água. Trata-se de uma das bacias mais complexas do Brasil no que diz respeito à gestão das águas, em razão dos múltiplos usos instalados. Como exemplo, foi citado o conflito entre a irrigação e a geração de energia na bacia do alto do rio São Marcos, entre Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal.

O palestrante evidenciou a atuação do comitê na aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos sob domínio da União na bacia, que somam aproximadamente 22 milhões de reais anuais e foram investidos em projetos voltados principalmente para:

- A melhoria da qualidade da água: estudos, projetos e execução de obras de instalação e ampliação de sistemas de saneamento, coletivos e individuais, visando ao tratamento de efluentes urbanos e rurais;
- A melhoria da quantidade de água: incentivo a programas como o Produtor de Água, ao pagamento por serviços ambientais, a projetos de conservação de água e solo e à recuperação ambiental de bacias;
- A educação ambiental, a mobilização e a comunicação com usuários e sociedade; e
- O incentivo ao uso racional da água: revestimento de reservatórios e canais

de irrigação para redução de perdas, laboratório móvel de irrigação (serviço gratuito aos irrigantes para avaliação e modernização dos equipamentos de irrigação), entre outras iniciativas.

Como mensagem final, João Ricardo Raiser reforçou a importância do reconhecimento, por todos os setores e pela sociedade, da água como um recurso no processo produtivo, bem como reforçou a necessidade de efetiva implementação do sistema de gestão e seus instrumentos, frisando a importância do papel dos usuários nesse processo. O palestrante afirma ser este o caminho mais efetivo para garantir disponibilidade e segurança hídrica para o desenvolvimento sustentável considerando a água em seus múltiplos usos, em especial na agricultura irrigada, um dos principais setores usuários do Brasil.

Sustentabilidade e irrigação

A engenheira agrônoma Jordana Girardello trouxe uma reflexão sobre a importância da gestão dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira, com ênfase na irrigação como ferramenta estratégica para seu avanço. Iniciou sua apresentação com um panorama da agropecuária nacional, dispondo dados significativos sobre o setor: cerca de 30% do território brasileiro é ocupado pela produção agropecuária, o que gera mais de 15 milhões de empregos e mostra resultados expressivos em produtividade, especialmente quando associada ao uso de tecnologias.

Citou que, apesar dos avanços, ainda existem grandes desafios a serem enfrentados, como os impactos das mudanças climáticas, que exigem ações urgentes de adaptação, de manejo eficiente da água e de segurança hídrica.

Comentou que a irrigação tem papel central nesse contexto, a qual, mesmo com uma participação ainda limitada em área, já responde por uma parcela significativa da produção nacional de alimentos, sendo determinante para culturas como arroz, café e hortaliças.

Jordana apresentou também os avanços e as metas do Plano ABC+, que promove práticas sustentáveis e de baixa emissão de carbono, além das políticas públicas que precisam ser fortalecidas – como a regulamentação da Lei de Irrigação, o incentivo à reservação de água e a modernização dos processos de outorga. Destacou, ainda, as articulações com diferentes instituições – como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) e o Congresso Nacional – e a importância de ações concretas, como o lançamento de polos de irrigação e a realização de capacitações técnicas no setor.

Por fim, a palestrante concluiu sua fala reforçando que irrigar significa produzir com segurança e sustentabilidade, enfatizando que precisamos ampliar esse debate com dados qualificados, articulação institucional e protagonismo no cenário nacional e internacional.

Considerações finais

De maneira unânime entre os participantes desta mesa-redonda, pode-se destacar a constatação da importância da irrigação e da agricultura irrigada para a segurança alimentar no Brasil, nos Estados Unidos e em outros países do mundo.

Também é de se notar a importância de ações de uso eficiente da água na agricultura irrigada, utilizando-se, para isso, as tecnologia e as inovações desenvolvidas e à disposição dos produtores – como os sistemas de irrigação e manejo modernos, com uso do sensoriamento remoto (principalmente com satélites) e da inteligência artificial.

Quanto ao cenário nacional, frisa-se também a importância dos programas que destacam a relevância e a sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos e na agricultura irrigada e o papel dos comitês de bacia na expansão do setor.

Referências

BONINSENHA, I.; MANTOVANI, E. C.; RUDNICK, D. R.; RIBEIRO, H. de Q. Revealing irrigation uniformity with remote sensing: a comparative analysis of satellite-derived uniformity coefficient. *Agricultural Water Management*, [s. l.], v. 301, 108944, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377424002798>. Acesso em: 13 maio 2025.

BONINSENHA, I.; RUDNICK, D. R.; MANTOVANI, E. C.; RIBEIRO, H. de Q. Advancing irrigation uniformity monitoring through remote sensing: a deep-learning framework for identifying the source of non-uniformity. *Agricultural Water Management*, [s. l.], v. 310, 109376, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377425000903>. Acesso em: 13 maio 2025.

GGP/Esalq/USP – Grupo de Políticas Públicas/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo; MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional; FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil: plano de ação imediata da agricultura irrigada no Brasil para o período 2020-2023.** [Piracicaba]: GPP/MDR/FAO, ago. 2020. Disponível em: https://www.gppesalq.agr.br/_files/ugd/9957b7_08c174c8c60e4d9cb8213f9e040f563a.pdf. Acesso em: 13 maio 2025.

Eusímio Felisbino Fraga Júnior (moderador e relator), João Batista Ribeiro da Silva Reis (relator), Jane Maria de Carvalho Silveira, João Carlos Cury Saad e Mauro Moura Müzell Faria (palestrantes)

Panorama atual

A educação e a capacitação no campo da agricultura irrigada têm percorrido um longo caminho no Brasil. Desde a década de 1960, os esforços se concentraram na popularização dos conceitos básicos sobre métodos e sistemas de irrigação, num contexto em que o conhecimento era majoritariamente importado e adaptado de outros países. Foi nesse período que surgiram as primeiras ferramentas voltadas ao uso racional da água e ao entendimento integrado do sistema de produção agrícola – considerando solo, planta, fonte de água e aspectos econômicos, sociais e energéticos.

Contudo, os desafios foram muitos. A alta taxa de analfabetismo na zona rural exigia que os programas de capacitação tivessem como prioridade não apenas o desenvolvimento técnico, mas também o desenvolvimento cultural dos participantes. A ausência de multiplicadores qualificados, a escassez de profissionais e empresas especializados, além do difícil acesso à informação, tornavam a difusão da irrigação pressurizada um desafio ainda maior.

Além disso, a própria natureza da irrigação – que exige conhecimentos técnicos mais avançados, como cálculos hidráulicos, uso de planilhas eletrônicas, interpretação de sensores e análise de dados – fazia com que a área fosse vista como complexa, pouco atrativa e de baixa remuneração, contribuindo para a eva-

ção de profissionais em busca de segmentos mais acessíveis e valorizados do agronegócio.

Diante desse cenário, esta mesa-redonda do XXXIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (Conird), com o tema “Educação e capacitação para agricultura sustentável”, apresentou-se como um espaço oportuno para refletir sobre os avanços já alcançados, os desafios persistentes e os caminhos possíveis para o fortalecimento da formação técnica e científica no setor. A atividade contou com a moderação do professor Eusímio Felisbino Fraga Júnior e com a participação de três especialistas de diferentes frentes de atuação: universidade, pesquisa científica e extensão rural.

Estudo de caso da Unesp Botucatu

O professor da Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu, João Carlos Cury Saad iniciou sua fala destacando a importância de integrar o ensino superior e a pesquisa com práticas agrícolas sustentáveis, voltadas à preservação dos recursos naturais. Ele abordou temas como a otimização de sistemas de irrigação pressurizados, a engenharia de irrigação e a sustentabilidade do uso da água e do solo. Ressaltou, ainda, o papel essencial das universidades na formação de profissionais capacitados, capazes de lidar com os desafios atuais da agricultura irrigada com base em conhecimento técnico e consciência ambiental. O

professor enfatizou que, ao promoverem uma formação sólida e atualizada, as instituições de ensino superior contribuem não apenas para o avanço tecnológico, mas também para a consolidação de uma cultura de sustentabilidade no campo.

Treinamentos e estudo de caso do IAC

Nessa palestra, ministrada pela engenheira agrícola Jane Maria de Carvalho Silveira, foi apresentado como o Instituto Agrônomo (IAC), uma instituição de pesquisa do estado de São Paulo, realiza seus treinamentos e suas capacitações em agricultura irrigada.

O primeiro ponto destacado pela palestrante foi a importância da pesquisa científica para o desenvolvimento de tecnologias e inovações em agricultura irrigada, apresentando, para tanto, as principais áreas irrigadas no estado de São Paulo.

Tratando-se de linhas de pesquisa, a palestrante relatou que o IAC possui áreas e subáreas de pesquisa em agricultura irrigada, com destaque para as seguintes: eficiência do uso da água pela planta; avaliação de sistemas de irrigação; gestão de recursos hídricos; manejo da água; e fertirrigação. Nessa perspectiva, as pesquisas desenvolvidas em irrigação no Instituto Agrônomo visam a trazer tecnologias sustentáveis para reduzir o impacto da seca e atender as necessidades hídricas das culturas, principalmente de cultivares e clones resultantes de pesquisas desenvolvidas no instituto em melhoramento genético de plantas.

Em termos de treinamentos, foi enfatizado que são realizados com frequência cursos em áreas afins e correlatas ao tema de uso de água na agricultura e irrigação; nesse âmbito, também são ofertados dias de campo, workshops e oficinas com foco na produção

agrícola sustentável. Segundo a palestrante, o público-alvo que frequenta os treinamentos realizados no IAC está cada vez mais diversificado e crescente, com a participação de agricultores, irrigantes, estudantes, consultores, técnicos recém-formados e a sociedade em geral.

Essa palestra mostrou como a pesquisa científica contribui com a capacitação de recursos humanos e tecnologias inovadoras para o uso eficiente da água pela planta, haja vista a necessidade de mão de obra especializada nos mais diferentes ramos da agricultura irrigada.

Oferta de cursos para produtores do Brasil pelo Senar

Encerrando as apresentações, Mauro Moura Müzell Faria, assessor técnico do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), trouxe a perspectiva da capacitação voltada ao campo, com foco na formação prática de agricultores, técnicos e demais profissionais do setor. Destacou a atuação do Senar em programas contínuos de educação profissional, que promovem a aproximação entre teoria e prática. Assim, Mauro abordou a necessidade de qualificação técnica como ferramenta necessária para ampliar a eficiência no uso da água, melhorar a gestão de recursos hídricos e aumentar a produtividade de forma sustentável. Apontou, ainda, os desafios relacionados ao acesso à educação técnica no meio rural e a importância de valorizar a mão de obra qualificada no setor agropecuário. A visão apresentada pelo palestrante reforça que o trabalho de capacitação precisa estar conectado à realidade do campo, com ações descentralizadas e metodologias adequadas aos diferentes perfis do público rural.

Considerações finais

Ao longo das décadas, a educação e a capacitação em agricultura irrigada deixaram de ser um esforço isolado de difusão tecnológica para se tornarem parte fundamental de uma estratégia de desenvolvimento sustentável do setor. O que antes era marcado pela escassez de informação e de mão de obra especializada hoje começa a se transformar, com o fortalecimento das redes de ensino, pesquisa e extensão.

A mesa-redonda evidenciou que ainda há muito a ser feito – especialmente em termos de inclusão, valorização profissional e acesso democrático ao conhecimento –, mas também mostrou que já há um caminho sendo trilhado. Os exemplos compartilhados pelos palestrantes demonstram que, quando articuladas, as ações de formação técnica, de pesquisa aplicada e de extensão rural têm potencial para promover uma agricultura irrigada mais eficiente, sustentável e socialmente comprometida.

Como moderador e um dos autores deste relato da mesa-redonda, foi possível observar que o debate reafirmou a educação como um instrumento estratégico e transformador. Desse modo, investir na qualificação de profissionais, agricultores e técnicos é o que permitirá não apenas o avanço tecnológico da irrigação, mas também sua consolidação como atividade integrada, sustentável e valorizada dentro do agronegócio brasileiro.



Foto: Wenderson Araujo/Trilux/Banco CNA/Senar

João Batista Ribeiro da Silva Reis (moderador e relator), Fernando Braz Tangerino Hernandez, Otávio Neto Almeida Santos e Salomão de Sousa Medeiros (palestrantes e relatores)

Panorama atual

A irrigação desempenha um papel estratégico para a segurança alimentar, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental. No entanto, a comunicação entre o setor e a sociedade ainda enfrenta desafios significativos. A capacidade de transmitir, de forma acessível e envolvente, a importância da irrigação e as inovações tecnológicas associadas a ela é essencial para ampliar o reconhecimento público e político da atividade.

Esta mesa-redonda ocorreu em um momento muito oportuno para os dias atuais, tendo em vista o avanço dos meios de comunicação nos mais diversos segmentos da sociedade, o que incitou a incorporação dessa discussão no setor da agricultura irrigada. Os três assuntos apresentados – a serem abordados individualmente a seguir – foram muito importantes, tendo como peça-chave a internet e seus desdobramentos. Um dos pontos destacados é como devemos melhorar e aperfeiçoar os meios de comunicação existentes, pois, quando se emprega uma tecnologia agrícola voltada à irrigação, por exemplo, muitas vezes a informação não é repassada da forma ideal aos produtores rurais.

Como consequência, alguns fatores negativos podem ocorrer, especialmente na agricultura familiar – contexto no qual o provimento financeiro das famílias depende exclusivamente do setor agrícola –, como a instabilidade no emprego, o acesso limitado

a saúde e educação e a diminuição na renda. Nesse processo, a sucessão familiar é prejudicada na formação de novos técnicos agrícolas, agrônomos e engenheiros agrícolas. A melhoria na comunicação está diretamente relacionada ao planejamento das atividades agropecuárias, o qual, uma vez apresentado êxito, tornam as oportunidades de emprego no setor da agricultura irrigada mais factíveis, dando melhores condições até mesmo de aplicar a irrigação de forma mais eficiente.

Em relação à educação como um fator importante para a comunicação do setor com a sociedade, existe uma dualidade entre o ensino convencional com as atuais tecnologias da informação, como a inteligência artificial, que se tornou uma realidade corrente, mas ainda se enquadra como um grande desafio para o estabelecimento de um ensino de qualidade. Nesse aspecto, despertar o interesse dos alunos para o uso crítico dessas ferramentas é um dos principais pontos que devem ser aprimorados, dado que a forma de aplicação desses recursos deve ser muito bem elaborada, pois, sendo eles mal utilizados, pode prejudicar muito o desenvolvimento educacional e a formação profissional dos futuros técnicos, agrônomos e engenheiros. Tal disseminação indiscriminada dessas ferramentas podem se refletir na falta de leitura e atitude crítica dos alunos e no próprio interesse em se informar com mais eficácia, pensando em futuros mais promissores para as carreiras profissionais.

PodIrrigar

O professor Fernando Tangerino, da Unesp, em sua apresentação, enfatizou a necessidade da comunicação clara e objetiva à sociedade como um todo, apontando os efeitos multiplicadores da boa comunicação na agropecuária, na socioeconomia e no meio ambiente, sobre o que afirma: “O óbvio, o simples, tem que ser dito à exaustão, porque nem sempre o que se fala é o que se ouve, ou é entendido!”.

Tangerino iniciou sua apresentação destacando a importância da interação e da sinergia entre as três gerações de profissionais trabalhando com a agropecuária irrigada, cada uma com seus valores e expertises. Essas gerações devem interagir para promover não somente o reconhecimento do setor, mas também a valorização profissional, com o uso racional da água; para isso, cabe sempre destacar a necessidade de capacitação constante, de planejamento e de investimento por parte dos atores envolvidos na prática agrícola.

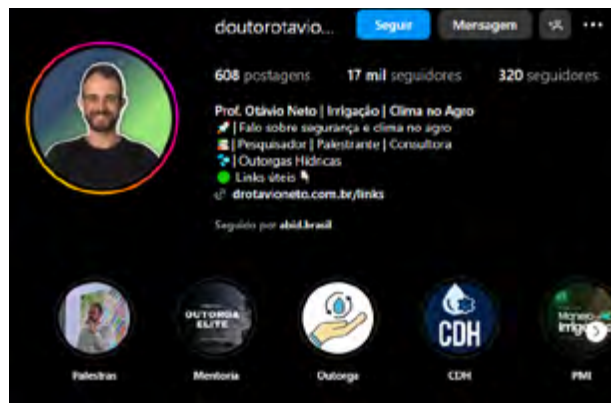
O PodIrrigar – podcast da agricultura irrigada pioneiro e ativo há mais de 12 anos – semanalmente disponibiliza informações técnicas sobre tecnologias em sistemas de irrigação, agrometeorologia e recursos hídricos. Trata-se de um canal de comunicação da área de hidráulica e irrigação da Unesp, o qual tem como propósito democratizar o conhecimento, a informação e a transparência das ações do setor.

O professor finalizou seu proferimento enfatizando que o trabalho de segurança hídrica e alimentar, mesmo que pareça, nunca foi sobre irrigação, e sim sobre o que os sistemas de irrigação permitem fazer. Acrescentou ainda que a transformação socioeconômica e ambiental de uma propriedade, das pessoas, de um município, de uma região e

da sociedade deve ocorrer em prol da sustentabilidade da produção de alimentos durante o ano todo. De acordo com Tangerino, “o que importa não é o produto ou sistema de irrigação, e sim o que ele permite fazer; e a região do submédio do rio São Francisco onde estamos é a prova viva desta transformação a partir da década de 1970”.

Redes sociais difusoras de conhecimento

O professor Otávio Neto, dono do perfil [@doutorotavioneto](#) no Instagram, também atua como um comunicador na área de irrigação e agrometeorologia: “Desde 2020, utilizo o Instagram com um propósito bem claro: tornar o conhecimento técnico da irrigação e da agrometeorologia mais acessível. Descobri ali um jeito direto de conversar com quem realmente precisa dessas informações – produtores, estudantes, profissionais do agro – e que nem sempre tem acesso fácil a esse tipo de conteúdo”.



Sobre a sua presença nas redes digitais como pesquisador, consultor e palestrante, relata ter percebido a necessidade de uma adaptação da linguagem científica para conseguir alcançar mais pessoas: “Com o tempo, aprendi que, quando a gente fala com clareza, o conteúdo deixa de ser complicado e passa a ser aplicável. Isso também potencializa a disse-

minação da informação científica, que muitas vezes fica esquecida nos artigos científicos. E é aí que a mágica acontece: o impacto sai da tela e vai para o campo, com decisões e resultados. As redes sociais deixaram de ser só vitrines pra mim – viraram pontes”.

Assim, o professor reconhece nas mídias sociais uma continuidade de sua ação docente: “Cada postagem é uma tentativa de transformar conhecimento em ação. Porque, no agro, uma informação bem comunicada pode fazer toda a diferença. E é por isso que sigo firme, compartilhando, um post de cada vez”.

YouTube: Popularizando a Ciência e o Conhecimento

Apesar da crescente presença digital e da popularização das redes sociais, os canais dedicados à divulgação da irrigação no Brasil ainda são limitados e carecem de estrutura consistente. Grande parte das informações permanece concentrada em círculos técnicos e acadêmicos, o que restringe o acesso do público em geral – especialmente produtores rurais, estudantes e profissionais fora dos grandes centros urbanos – a conteúdos atualizados e aplicáveis à prática cotidiana do campo. Além disso, muitos dos materiais disponíveis apresentam linguagem excessivamente técnica e não utilizam estratégias de comunicação que favoreçam o engajamento e a compreensão de públicos diversos.

Nesse cenário, o canal no YouTube *Popularizando a Ciência e o Conhecimento* (<https://www.youtube.com/@SalomaoMedeiros>), administrado pelo professor Salomão Medeiros, destaca-se como uma iniciativa inovadora e inclusiva. Voltado para as áreas de recursos hídricos, saneamento e irrigação, o canal tem como missão democratizar o acesso à informação por meio de conteúdos didáti-

cos, acessíveis e conectados com os desafios reais do setor. Por meio de entrevistas, webinários, aulas abertas e séries temáticas, o canal aproxima estudantes, pesquisadores, profissionais e interessados em geral, promovendo um espaço de aprendizado contínuo, troca de experiências e construção coletiva de conhecimento.



Considerações finais

Encaramos como desafios do mundo digital o fato de muitos profissionais ainda não dominarem plenamente ferramentas como podcasts e plataformas digitais como YouTube, Instagram, LinkedIn ou TikTok, limitando o alcance e a eficácia das mensagens, apesar da ampliação constatada do uso das redes sociais. Vencer esses desafios exige um esforço coletivo, com foco na construção de estratégias duradouras e inclusivas.

Pode-se afirmar que a comunicação é um pilar fundamental para o fortalecimento do setor de irrigação no Brasil. Ao serem superadas as barreiras técnicas e uma vez ampliada a participação social, o setor pode ganhar mais visibilidade, apoio e inovação. A popularização da ciência, o uso das mídias digitais e o estímulo ao debate crítico devem ser vistos como caminhos para conectar o conhecimento ao cotidiano das pessoas. Em um cenário de desafios climáticos e de demanda crescente por alimentos e água, comunicar bem é um modo de irrigar o futuro.

Marcus Vinícius Viana Schmidt (moderador e relator), Vivek Sharma, Antônio Marcos Rosado e Francisco Michel Freire de Sousa (palestrantes)

Linhas gerais sobre inovação e empreendedorismo

A inovação tecnológica, aliada ao empreendedorismo, possibilita maior acesso e maior eficiência na utilização de recursos. No caso da agricultura irrigada, tal feito é capaz de diminuir os impactos ambientais e otimizar o uso dos recursos disponíveis, com aumento, de um modo geral, nos rendimentos e na produtividade da propriedade agrícola.

Nas apresentações feitas nesta mesa-redonda, ficou claro e evidente que o monitoramento e o conhecimento do cenário de produção são pontos importantes para o planejamento e a aplicação correta de recursos como água, insumos agrícolas e outros.

Nessa perspectiva, inovação e evolução tecnológica mais acessíveis permitem melhor qualidade dos produtos e, para o produtor rural, possibilitam a redução de mão de obra e de custos de um modo geral.

Inovação e empreendedorismo na agricultura irrigada

Em sua apresentação, intitulada “Uma maneira inovadora de otimizar a água agrícola, os nutrientes e a eficiência econômica”, o professor Vivek Sharma discorreu sobre seu programa de pesquisa e extensão, os quais têm como foco a aplicação e o desenvolvimento de tecnologias e estratégias de gestão

de água e nutrientes na agricultura de precisão, visando a aumentar a eficiência do uso da água, reduzir o uso de água na agricultura e diminuir os impactos das práticas agrícolas sobre os recursos hídricos. Nesse contexto, mostrou que é possível obter uma economia de até 23% de recursos em sistema com a aplicação de irrigação de taxa variável (VRI, na sigla em inglês) e com o manejo adequado em sistemas de irrigação diversos, como os de aspersão convencionais.

Um ponto importante abordado durante a discussão foi a parceria entre a indústria e a academia, que, no caso de seus programas desenvolvidos na Universidade de Flórida, fornece patrocínio para a instalação dos sensores com subsídios de até 80% dos valores, possibilitando a aquisição dos dispositivos a custo praticamente zero aos irrigantes participantes.

Por sua vez, com a apresentação “Inovações e empreendedorismo”, Antônio Marcos Rosado expôs produtos e soluções desenvolvidas pela sua empresa de automação florestal, a Arontech, para serem aplicados em diferentes etapas da cadeia produtiva do agro, focando, como exemplo, no caso de viveiros, com uso de minilísímetros e sensores que visam a minimizar e/ou eliminar o fator humano das decisões de manejo, o que diminui a mão de obra dos viveiristas.

Na ocasião, foi apresentado também o STDS Vision, um sistema composto de hardware e software, integrado à inteligência artificial e com sensoriamento remoto embarcado, para a utilização em sistemas de irrigação mecanizados – pivôs centrais, sistemas lineares, barras irrigadoras em sistemas abertos, estufas automatizadas, entre outros –, o que possibilita o gerenciamento e o diagnóstico em sistemas de produção agrícola.

Por fim, Michel Freire relatou estudos de caso da 3V3 Tecnologia, nos quais se evidenciaram as soluções customizadas para automação e sensoriamento remoto nos processos que envolvem irrigação, incluindo, nos casos apresentados, áreas de manejo e fertirrigação.

Considerações finais

Pode-se observar que o Brasil tem avançado em diversas áreas tecnológicas, com apoio de instituições de ensino e intercâmbios internacionais e com o empreendedorismo local, trazendo inovações e soluções tecnológicas cada vez mais viáveis, “tropicalizadas” e com custos mais acessíveis. Com isso, são geradas novas oportunidades para o agro-negócio, com aumento na produtividade e na geração de empregos e de renda, tanto no campo quanto nas cidades.

Foto: Wenderson Araujo/Trilux/Banco CNA/Senar



Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima (moderador e relator), Filipe de Mello Sampaio Cunha, Giuseppe Serra Seca Vieira e Larissa Oliveira Rêgo (palestrantes e relatores).

Panorama atual

A irrigação é a tecnologia desenvolvida para suprir a deficiência total ou parcial da água utilizada para a produção agrícola, sendo a agricultura irrigada o maior usuário de água no Brasil e no mundo. A partir da década de 1970, essa tecnologia obteve forte expansão com o apoio de políticas públicas, as quais se intensificaram nas décadas de 2000 e 2010.

Nesse contexto, esta mesa-redonda foi realizada com o intuito de fomentar o debate acerca da integração do setor entre diversos órgãos – como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) –, unidos em prol de uma agricultura irrigada moderna e sustentável.

Parcerias público-privadas para o avanço da agricultura

Em sua palestra, Filipe de Mello Sampaio Cunha, ex-diretor da ANA, discorreu sobre as ações da agência e apresentou várias informações sobre a agricultura irrigada no Brasil. Tais informações podem ser obtidas nos principais estudos da ANA, os quais buscam aprimorar o conhecimento sobre o setor no Brasil, como o Atlas Irrigação. O Atlas Irrigação é o resultado do empenho da ANA em fornecer uma nova base técnica para o assunto, com informações relevantes sobre a agricultura irrigada brasileira na sua interface com os

recursos hídricos, subsidiando tomadas de decisão com vistas à segurança hídrica e à garantia dos usos múltiplos da água.

Por sua vez, Giuseppe Serra Seca Vieira, secretário nacional de segurança hídrica, reforçou que o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) é responsável pela condução da Política Nacional de Irrigação (PNI), instituída pela Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013, conforme preconizado pela Medida Provisória nº 1.154, de 1º de janeiro de 2023. Em sua apresentação, o palestrante ressaltou que o governo federal tem importantes obras e infraestruturas voltadas para promover a irrigação e expandir a agricultura irrigada no Brasil. Podem-se destacar diversos projetos no Vale do São Francisco, inclusive a transposição do rio São Francisco, que leva água para vários estados e que pretende priorizar o uso da água nessas regiões para consumo humano. Esse projeto, em específico, permitirá que as águas em reservatórios possam ser viabilizadas para a irrigação em áreas com escassez hídrica.

No âmbito da PNI, o MIDR tem desenvolvido diversas iniciativas e ações voltadas à expansão da irrigação e para o desenvolvimento regional, tais como: I) os polos de irrigação; II) os projetos públicos de irrigação; III) o Sistema Nacional de Informações sobre Irrigação (SisNIR); IV) os projetos de reúso de água para irrigação no semiárido; V) as debêntures incentivadas; e VI) o regime es-

pecial de incentivos para o desenvolvimento da infraestrutura (Reidi).

Por sua vez, Larissa Oliveira Rêgo, diretora de irrigação do MIDR, citou os polos de agricultura irrigada que foram estabelecidos pela Portaria MDR nº 2.154, de 11 de agosto de 2020. De acordo com o referido documento, a iniciativa é parte integrante das ações de implementação da Política Nacional de Irrigação e de incentivo ao desenvolvimento regional, indicando ações para o reconhecimento dos polos de irrigação. Ela também citou os projetos públicos de irrigação, que são implantados com recursos públicos desde a década de 1960 e que, na sua gênese, foram concebidos como instrumentos de desenvolvimento socioeconômico, tendo como premissa a geração de empregos, o aumento da renda e a redução da pobreza. Em muitos casos, especialmente no semiárido brasileiro, além das infraestruturas de irrigação, foram ofertados serviços sociais básicos, tais como saneamento, educação, saúde, transporte e segurança pública.

Giuseppe e Larissa citaram as diversas parcerias público-privadas realizadas para a irrigação, como a concessão de perímetros irrigados. Nesse âmbito, considerando as ações de expansão de área irrigada no país, vale destacar o perímetro irrigado do Baixio de Irecê, com uma área aproximada de 50 mil hectares para irrigação. Destacam-se, também, projetos importantes da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) nos perímetros irrigados. Os palestrantes relataram também que o MIDR está fazendo parcerias com o Ministério de Minas e Energia (MME) e com o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) para discutir a energia para a agricultura irrigada. Segundo eles, diversas reuniões já foram realizadas nesse sentido, com foco em promover e flexibilizar o horário da energia para essas regiões.

Considerações finais

Melhorar a gestão dos recursos hídricos na agricultura é objetivo prioritário em todo o mundo. O desafio do setor consiste em aumentar a produção de alimentos usando menos água, particularmente em regiões com recursos hídricos limitados. A escassez crescente de água e o aumento do seu custo levaram à percepção de que a água deve ser alocada e usada de forma mais eficiente. Isso ocorre principalmente em regiões áridas e semiáridas, juntamente com a tendência de aumento nos custos de produção, promovendo, portanto, incertezas sobre a viabilidade da agricultura irrigada.

Nessa perspectiva, a integração entre diversos órgãos federais e estaduais em prol de uma agricultura irrigada moderna é fundamental para o desenvolvimento do agro-negócio brasileiro e, conseqüentemente, de regiões produtoras.

Nesse sentido, considerando os debates realizados nesta mesa-redonda, o que podemos visualizar é um bom momento para a nossa agricultura irrigada, com a expansão e a criação de oportunidade de geração de emprego e renda e com o uso sustentável dos recursos naturais.

MESA-REDONDA | Desafios e oportunidades para o setor de agricultura irrigada

Afrânio Cesar Migliari (moderador e relator), Priscila Silvério Sleutjes, Catariny Cabral Aleman e Luiz Dimenstein (palestrantes e relatores)

Panorama atual

A agricultura irrigada é responsável por uma parcela significativa do valor agregado do agronegócio nacional, contribuindo diretamente para o fortalecimento do produto interno bruto e para a geração de empregos. Ao promover o uso eficiente da água e o avanço tecnológico, o setor de irrigação torna-se fundamental para garantir a segurança alimentar de uma população crescente e cada vez mais exigente quanto à qualidade e à disponibilidade de alimentos.

Nesse contexto, esta mesa-redonda se propôs a reunir especialistas, produtores, pesquisadores e gestores públicos para debater soluções inovadoras, políticas públicas eficazes e o papel da irrigação na adaptação às mudanças climáticas. A integração entre sustentabilidade ambiental, viabilidade econômica e inclusão social correspondeu ao eixo central das discussões, reafirmando o compromisso da Abid e do Conird com o desenvolvimento resiliente da agricultura irrigada no Brasil.

Afrânio Cesar Migliari, conselheiro da Abid e moderador desta mesa-redonda, afirmou que essas palestras representam uma oportunidade estratégica para discutir os principais desafios e oportunidades que envolvem a agricultura irrigada no Brasil, uma vez que reúne, de forma conjunta, um público tão diverso e completo de agentes de todas as esferas do setor de irrigação do país. Também

destacou a importância da região de realização da edição do Conird, isto é, no coração do Vale do São Francisco, um dos maiores polos de fruticultura irrigada do país, ou seja, em um cenário propício para reflexões sobre práticas sustentáveis que buscam conciliar produtividade e conservação dos recursos hídricos.

Desafios e oportunidades para uma agricultura irrigada mais sustentável

A engenheira agrônoma Priscila Silvério Sleutjes, em sua palestra, abordou o quanto a irrigação promove a sustentabilidade e é estratégica para produção agrícola, uma vez que é capaz de otimizá-la por meio da elevação da produtividade em até três vezes. Destacou também que a irrigação tem um impacto positivo na área social, aumentando a oportunidade de empregos diretos e indiretos de forma mais estável e colaborando com a qualidade de vida e a renda dos produtores. Com a oferta e a regularidade dos produtos, enfatizou que o setor é capaz de contribuir para a formação de preços mais acessíveis dos alimentos. Também frisou que, atualmente, um dos benefícios mais importantes para uma base mais sustentável é de que, com a irrigação, não é mais necessária a expansão sobre novas áreas para o aumento da produção.

A engenheira – que também produtora – citou alguns desafios presentes na agricultura irrigada e esclareceu que hoje há um arca-

bouço tecnológico disponível ao produtor e voltado para maior sustentabilidade dos sistemas produtivos, porém ainda com um custo elevado, como os sistemas irrigados harmonizados, o uso de bioinsumos, a fertirrigação, a energia fotovoltaica, entre outras tecnologias. Além disso, pontuou que existem grandes desafios acerca da irrigação na gestão dos recursos hídricos, ou seja, na busca do equilíbrio da balança entre uma melhor eficiência produtiva e o uso de forma racional e sustentável da água (isto é, seu manejo adequado).

Nesse sentido, a palestrante destacou a importância da reservação de água na bacia hidrográfica para maior segurança hídrica e sustentabilidade dos sistemas agroprodutivos e de se entender, comunitariamente, que os sistemas irrigados são uma das principais tecnologias de adaptação nas questões das mudanças climáticas, pois reduzem incertezas do clima e são capazes de trazer estabilidade à produção. Por fim, Priscila salientou que é primordial que haja integração da irrigação, de forma efetiva e estratégica, às políticas públicas de segurança hídrica e alimentar, de modo a efetivamente assegurar a estabilidade na produção de alimentos.

Visão acadêmica sobre desafios e oportunidades da agricultura irrigada

A professora e chefe do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), dra. Catariny Cabral Aleman, em sua apresentação acerca do setor de irrigação nas instituições de ensino superior e técnico, destacou como desafio a necessidade constante de atualização dos métodos e das tecnologias utilizadas, devido à rápida evolução do setor agrícola, das inovações tecnológicas e da sustentabilidade ambiental. A escassez de recursos hídricos e a pres-

são por soluções mais eficientes exigem que os programas de ensino integrem práticas inovadoras e o uso de tecnologias avançadas, como a irrigação de precisão e a automação. No entanto, essas dificuldades também geram oportunidades para a formação de profissionais altamente capacitados, capazes de implementar sistemas mais eficientes e sustentáveis, além de criar novas soluções para a gestão hídrica no campo. Catariny afirmou que o ensino técnico e superior pode, portanto, ser um impulsionador para o desenvolvimento de tecnologias que atendam tanto à demanda por alimentos quanto à preservação dos recursos naturais.

Biofertirrigação: oportunidade para o manuseio de microrganismos benéficos via irrigação

Na palestra ministrada pelo engenheiro agrônomo Luiz Dimenstein, foi apresentada a biofertirrigação como uma oportunidade para o setor de agricultura irrigada. Entre os muitos microrganismos que podem ser aplicados em conjunto com fertilizantes solúveis – cuja prática é chamada de biofertirrigação –, há uma combinação de levedura e surfactante (Phyto-C3), desenvolvida pela empresa Bio-Organic Catalyst, da Califórnia, que promove ações múltiplas benéficas por causa da fácil decomposição de matéria orgânica ou lodo que se forma dentro de tubulações e emissores de biofilme. Sobre seu mecanismo de ação, o palestrante informou que a sinergia da levedura com o surfactante quebra a película das bolhas durante a decomposição e estas se regeneram em microbolhas cerca de 5.000 vezes menores, passando a ser permeáveis ao oxigênio. Assim, toda a microbiota aeróbica se multiplica em ritmo exponencial e limpa as tubulações internamente. Em paralelo, também o solo

fica mais oxigenado e com populações de microrganismos muito mais abundantes, as quais competem contra patógenos do solo. Por meio de seu uso, a absorção de água fica mais eficiente – com economia entre 20% e 30% – pelas raízes, o que induz a formação de pigmentos nas plantas (como clorofilas e carotenos), melhorando o potencial de fotossíntese.

Nesse âmbito, a ação de biofertilizantes na decomposição de matéria orgânica vai além do uso na agricultura, apresentando efetividade também em compostagem, em saneamento, em eliminação de odores em chorumes e vinhaças, em ação aceleradora em biodigestores, como produto remediador e sanitizante, em tratamento de lixo e de resíduos industriais, entre outras funcionalidades.

Para conhecimento público, o palestrante também informou que a Bio-Organic Catalyst está em processo de abertura de nova subsidiária no país, a Bio-Organic Catalyst do Brasil, em São Paulo, com previsão de inauguração neste ano de 2025, para produção local desse composto de levedura + surfactante.

Considerações finais

De modo geral, os apontamentos realizados durante esta mesa-redonda foram de extrema relevância para o evento, pois levantaram debates importantes sobre os desafios e as oportunidades apresentados pelos palestrantes, bem como sobre os contextos semelhantes que foram relatados pelo público do Conird. Ficou explícito que o setor de agricultura irrigada pode se fortalecer e crescer conjuntamente, promovendo o desenvolvimento do país. Para tanto, basta que os agentes envolvidos estejam orientados para soluções conjuntas (independentemente de ser sob um contexto de atualização de práticas já realizadas ou de implementação de novas ações). Nesse sentido, a gestão colaborativa e integrada, com desenvolvimento de novas tecnologias e novos processos e com sustentabilidade, é fator determinante para a prosperidade da irrigação no país.



Foto: Wenderson Araujo/Trilux/Banco CNA/Senar

Maria Emília Borges Alves (moderadora e relatora), Gregório Guirado Faccioli (palestrante e relator), David Sampedro Sanchez e Javier Tomasella (palestrantes)

Panorama atual

A Agenda 2030 é um plano de ação global para promover o desenvolvimento sustentável que foi estabelecido pela Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU) em 2015. Nela foram estabelecidos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que abordam os principais desafios de desenvolvimento enfrentados no mundo. São, dessa forma, um apelo global para o desenvolvimento de ações no sentido de acabar com a pobreza e com a fome, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e prosperidade.

A agricultura irrigada está relacionada com diversas atividades que contribuem para o alcance de alguns dos ODS, especialmente o ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, que, por sua vez, contribui de forma direta para os ODS 1 – Erradicação da Pobreza, 10 – Redução das Desigualdades e 12 – Consumo e Produção Responsáveis, entre tantas outras interações possíveis.

Esta mesa-redonda contou com três palestras, que tiveram como mote a Agenda 2030 e os ODS, trazendo linhas distintas de abordagem, com o intuito de promover a compreensão da agricultura irrigada como um instrumento para o desenvolvimento sustentável.

ODS e suas aplicações

David Sampedro Sanchez, professor da Universidad de Sevilla, tratou sobre os ODS e suas aplicações, dando enfoque no ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável e no ODS 15 – Vida Terrestre, incluindo também o ODS 10 – Redução das Desigualdades, com uma abordagem que considera a modernização dos sistemas de gestão e do uso da água como vetores para uma agricultura sustentável que venha a viabilizar uma melhor qualidade de vida. O professor citou a bacia hidrográfica do rio Guadalquivir, na Espanha, como referência, concluindo que a demanda agrícola continua a crescer e que o principal problema desse crescimento não é o desperdício de água na agricultura, e, sim, a intensificação da pressão sobre os corpos d'água.

Impactos, adaptação e vulnerabilidade climática

Na palestra ministrada por Javier Tomasella, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram tratados temas como os impactos, a adaptação e a vulnerabilidade climática. Tomasella apresentou um panorama sobre as alterações nos padrões climáticos e as tendências e a ocorrência de períodos de seca no Brasil. De acordo com

esse panorama, foram abordados os impactos das mudanças climáticas na disponibilidade de água, considerando como diversos setores são afetados, não apenas o setor agropecuário, mas também o setor elétrico, o de transporte hidroviário e, sobretudo, o de abastecimento das cidades. Também trouxe exemplos dos impactos das secas, enfatizando a importância da função da irrigação para a adaptação às mudanças climáticas, com destaque para a necessidade de uma boa gestão e de um bom manejo da irrigação para serem evitadas eventuais reduções na disponibilidade de água. Frisou também que irrigar, associado a tecnologias como melhoramento genético, é essencial para viabilizar a produção de alimentos nos cenários de mudanças climáticas.

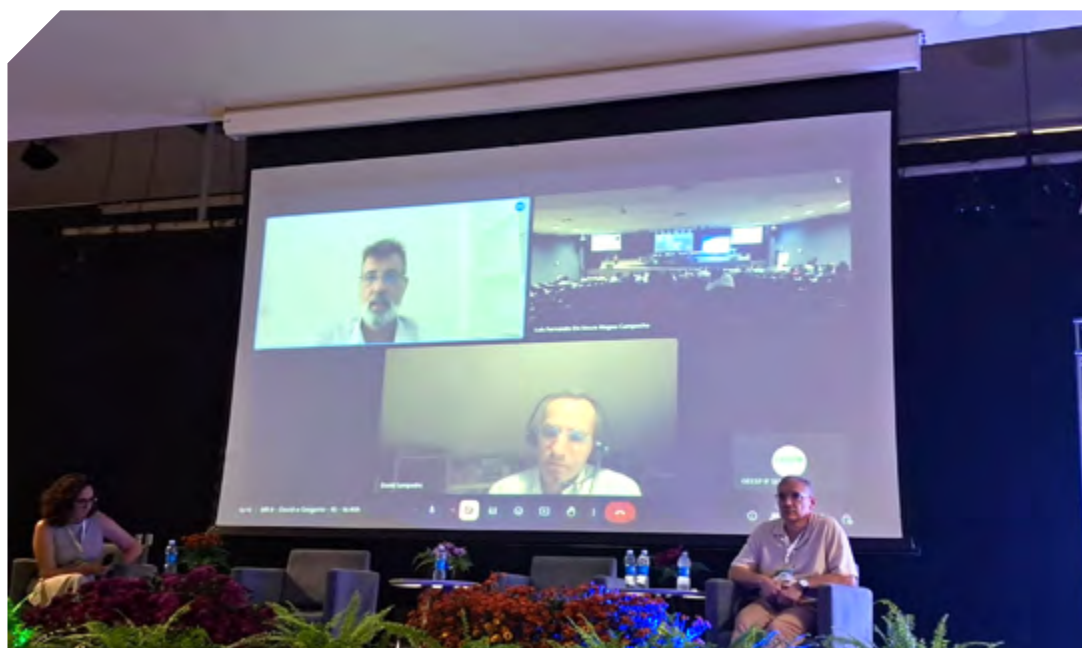
Metodologias para determinação de índices de sustentabilidade

Encerrando o painel, Gregório Guirado Faccioli, professor da Universidade Federal de Sergipe, trouxe, em sua apresentação, me-

todologias para a determinação de índices de sustentabilidade, essenciais para o monitoramento dos indicadores ambientais, econômicos e sociais e para a orientação do aprimoramento da gestão e, consequentemente, da melhoria na eficiência do uso da água em projetos de irrigação. Da comunicação do professor, conclui-se que o conhecimento do índice de sustentabilidade para a agricultura irrigada busca também subsidiar o poder público no processo de intervenção no campo, favorecendo, assim, a tomada de decisão e a elaboração de políticas públicas voltadas para as particularidades e a sustentabilidade da agricultura irrigada.

Considerações finais

Os temas abordados geraram um debate que enriqueceu as informações apresentadas, trazendo à discussão alguns contrapontos e sugestões de aprimoramento nos estudos que vêm sendo desenvolvidos sob a ótica da sustentabilidade da agricultura irrigada e a sua contribuição para a Agenda 2030.



| Fonte: Jane Maria de Carvalho Silveira.

ESTUDO DE CASO

Capacidade de irrigação para otimização do uso da água em propriedades agrícolas

Eusímio Felisbino Fraga Júnior

André Luís Teixeira Fernandes

Vinícius de Oliveira Rezende

Introdução

A otimização do uso da água na agricultura irrigada é essencial para garantir a sustentabilidade e a eficiência na produção agrícola. Uma visão holística sobre esse tema envolve considerar diversos aspectos interligados que impactam direta e indiretamente o uso da água.

Dessa forma, vários atores têm trabalhado para que sejam implementados processos de monitoramento dos sistemas de irrigação, visando à sua otimização hidráulica e energética. No manejo da irrigação, isto é, na definição da necessidade de irrigação da planta e da lâmina de água a ser utilizada, os irrigantes são apoiados na parametrização das componentes do sistema solo-planta-atmosfera, que caracterizam a capacidade de armazenamento de água no solo, a sensibilidade do cultivo ao déficit hídrico e a estimativa da evapotranspiração das lavouras. De posse dessas informações, o irrigante pode fazer uso mais assertivo da ferramenta de gestão da irrigação.

Para a otimização do uso dos recursos hídricos em regiões com baixa disponibilidade hídrica natural, com risco elevado de escassez hídrica e/ou classificadas como região de conflito de uso da água, está se tornando comum a realização de estudo da capacidade de irrigação da propriedade rural. Nesses estudos de viabilidade da irrigação, considera-se a otimização dos recursos naturais, energéticos e financeiros disponíveis ao sistema agrícola.

Nesse sentido, o estudo da capacidade de irrigação deve considerar:

- A variabilidade climática da região do estudo, por meio da obtenção de série histórica de dados meteorológicos;
- O comportamento topográfico da propriedade, por meio do levantamento planialtimétrico;
- A variabilidade das propriedades físico-hídricas dos solos das áreas potenciais de cultivo;
- O levantamento das fontes hídricas disponíveis de águas superficiais e subterâneas, além de fornecimento de estudo hidrológico que explore o potencial máximo a ser captado em escala anual;
- O levantamento das fontes energéticas da água, com detalhamento do posicionamento do(s) transformador(es) e sua(s) capacidade(s); e
- A caracterização da demanda hídrica das culturas a serem exploradas em suas diferentes fases fenológicas, além da consideração às premissas de manejo operacional pautadas à gestão agrônômica global do sistema de produção.

De posse das informações de suporte ao estudo, é possível estabelecer vários cenários de capacidade de irrigação que consideram diferentes níveis de investimento. Os diferentes cenários devem levar em conta a viabilidade técnica e econômica do investi-

mento face aos ganhos em área irrigada, ao acréscimo em produção agrícola e à rentabilidade financeira.

Entre os principais investimentos adotados para o aumento da capacidade de irrigação, destacam-se:

- Nas fontes de água superficial, a implantação de sistema de barramento para reservação nas áreas adjacentes ao curso d'água. A captação de água de barramento permite o aumento da vazão instantânea outorgável e o aumento do volume captado diário, mensal e anual;
- Caso existente na região ou propriedade, a obtenção de novas fontes de captação de água subterrânea por meio da perfuração de poços artesianos, o que resulta no aumento da vazão instantânea outorgável e no aumento do volume captado diário, mensal e anual; e
- A construção de reservatórios de água em áreas fora de áreas de preservação permanente (APPs), a fim de aumentar o volume de água disponível à irrigação em escala diária, mensal e anual.

Para a elaboração dos cenários de capacidade de irrigação, é necessário inicialmente realizar um estudo da demanda hídrica provável, o qual consiste na estimativa do volume de água necessário para atender a máxima necessidade hídrica mensal do cultivo irrigado. Esse estudo considera a capacidade de armazenamento de água no solo, as exigências hídricas específicas do cultivo a ser irrigado, as características técnicas dos sistemas de irrigação, a demanda atmosférica do local, a evapotranspiração da cultura e a estimativa da precipitação do local.

Esses dados compõem um modelo de simulação de balanço hídrico e climatológico aplicado a cultivos irrigados, que é parame-

trizado com as informações mencionadas anteriormente e que considera a variabilidade temporal dos elementos meteorológicos em uma série histórica de no mínimo 30 anos. A fim de caracterizar as demandas hídricas prováveis, é comum serem considerados até três tipos de modalidade de demanda para cada cultivo irrigado: a) pivô central com aplicação de água em área total; b) pivô central com aplicação localizada de água; e c) irrigação localizada por gotejamento.

Considerando as entradas e saídas de água e a área beneficiada, é possível calcular o volume de água a ser armazenado. O balanço hídrico, capaz de simular o funcionamento do piscinão, deve ser calculado ao longo de vários anos para prever mensalmente o enchimento e o esvaziamento do reservatório.

Dessa forma, o balanço hídrico para uma área irrigada considera as entradas (vazão outorgada, água de chuva sobre o espelho d'água do piscinão) e as saídas (água para irrigação, evaporação e infiltração). A água necessária para irrigação pode ser prevista com um projeto bem elaborado, enquanto a evaporação depende de fatores climáticos. Assim, o volume de água armazenada é calculado mensalmente, considerando as entradas e saídas, com o objetivo de manter o estoque acima de um valor predefinido para o piscinão. Caso o estoque fique negativo em algum mês, é necessário aumentar o volume do reservatório. Nesse sentido, o balanço ao longo de meses ou anos é essencial para uma gestão eficiente do piscinão.

De posse dessas informações, é possível apresentar uma análise em auxílio da decisão para o investimento, considerando as outorgas disponíveis, a necessidade de reservação de água e os níveis de expansão das áreas irrigadas, indicando os cenários de maior viabilidade econômica.

Estudo de caso

No presente estudo de caso, o produtor rural apresentou interesse em implantar um sistema de irrigação por aspersão, tipo pivô central, para o cultivo de cereais, hortaliças e fibras (cf. Figura 1). A gestão da fazenda havia estabelecido a gleba a ser irrigada previamente, com área total de 30 ha, e dispunha de certificação de outorga de uso de água, obtida em 2017, para captação direta de água superficial em corpo hídrico próximo à área a ser irrigada. O documento de outorga contém várias informações importantes para o uso da água captada, das quais podem ser destacadas: vazão instantânea (volume/tempo), tempo de funcionamento diário (horas/dia), número de dias de funcionamento por mês (dias/mês) e volume total outorgado mensal ($\text{m}^3/\text{mês}$).

Em Minas Gerais, estado em que se situa a propriedade agrícola na qual foi realizado o presente estudo de caso, é comum ser mantida a vazão instantânea de captação ao longo de todo o ano hidrológico, variando, ao longo dos meses do ano, os outros três componentes que caracterizam a outorga. O volume total outorgado mensal é variável a fim de assegurar que haja um saldo hídrico na jusante do ponto de captação, garantindo a vazão ecológica do corpo hídrico. Essa análise, portanto, considera a oferta hídrica da bacia, o volume total outorgado para todos os usuários da bacia e a vazão ecológica mínima do corpo hídrico. No caso em questão, a outorga obtida em 2017 disponibilizou a captação de vazão instantânea de $0,032 \text{ m}^3/\text{s}$ ou $115,2 \text{ m}^3/\text{h}$, com captação permitida entre os meses de maio a setembro. O tempo de captação permitido para cada mês foi de 10 horas/dia em 15 dias de cada mês, conforme a Tabela 1.



Fonte: acervo pessoal de Eusímio Felisbino Fraga Júnior.

Tabela 1 – Detalhamento da outorga de uso de água superficial com captação direta

Outorga (2017)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Vazão (m ³ /s)	0	0	0	0	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0	0	0
Horas/dia	0	0	0	0	10	10	10	10	10	0	0	0
Dias/mês	0	0	0	0	15	15	15	15	15	0	0	0
Volume (m ³)	0	0	0	0	17.280	17.280	17.280	17.280	17.280	0	0	0

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do estudo de caso.

Entre as especificidades no dimensionamento de um pivô central, deve-se determinar a lâmina de projeto, que expressa a máxima reposição hídrica diária, ou lâmina bruta diária. Na oportunidade do estudo de caso, estabeleceu-se a lâmina de 8 mm/dia.

Figura 1 – Detalhe da propriedade agrícola



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do estudo de caso.

Com essas informações, é possível desenvolver vários cenários de investimento, indicando a capacidade máxima de irrigação. Neste estudo, produziram-se três cenários, que foram formatados a partir da demanda e das características da propriedade rural.

Cenário 1: área máxima irrigada com captação direta ao sistema de irrigação

Nesse primeiro nível de investimento, é comum instalar um sistema de captação de água do corpo hídrico que recalque a água diretamente no sistema de irrigação. Assim, o volume de água disponível para irrigar é função do comportamento do volume de água permitido para captação no documento de outorga e a área máxima irrigável é **equivocadamente** obtida ao relacionar a vazão instantânea outorgada ($Q_{\text{Instantânea}}$) com a lâmina de projeto (L_B), utilizando a expressão:

$$Área_{\text{Irrigável MAX}} (ha) = \left(\frac{(Q_{\text{Instantânea}} (m^3/h) \times N_{\text{horas/dia}})}{(L_B (mm/dia) \times 10)} \right)$$

Nesse processamento inicial, há uma expectativa de que a área máxima irrigável seja de até 34,56 ha, considerando a vazão instan-

tânea de 115,2 m³/h e a lâmina de projeto de 8 mm/dia. Entretanto, na situação apresentada, a interpretação é equivocada, pois o tempo permitido para operar o sistema de captação de água não é de 24 horas por dia, conforme as especificações da outorga apresentadas na Tabela 1. Na verdade, deve-se considerar o tempo médio diário de captação, que, na outorga obtida, seria de **5 horas por dia**, considerando **10 horas por dia**, em **15 dias de cada mês**. Dessa forma, em períodos de requerimento hídrico das culturas igual à lâmina de projeto, **a área irrigável máxima** seria de apenas **7,2 ha** irrigados.

Nesse cenário, portanto, há baixa viabilidade para instalação de equipamento de irrigação por aspersão, tipo pivô central, considerando o tamanho reduzido da área máxima irrigável e o restrito período de irrigação oportunizado, entre o início de maio e o fim de setembro.



Cenário 2: área máxima irrigada com captação em barramento do curso d'água para regularização da vazão

Face às considerações do cenário 1, decidiu-se adotar uma estratégia de reservação de água e de regularização da vazão do corpo hídrico por meio da construção de um barramento na seção de escoamento da fonte hídrica, conforme a Figura 2. Essa estratégia permite aumentar o volume cap-

tado para irrigação, utilizando a água reservada no barramento no período chuvoso do ano, em que há excedente hídrico na bacia hidrográfica. Nesse tipo de estudo hidrológico, realiza-se um balanço entre o volume de entrada no barramento, a dinâmica de armazenamento de água, a vazão a ser outorgada e a vazão residual, a fim de garantir a disponibilidade do recurso hídrico a jusante do ponto de captação.

Figura 2 – Detalhe das características planialtimétricas do local de captação após a construção do barramento



Fonte: dados do estudo de caso.

O investimento no barramento pode proporcionar um aumento significativo no volume de água disponível à irrigação, conforme consta no detalhamento do documento de retificação de outorga de uso de água, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Detalhamento da outorga de uso de água superficial retificada com captação em barramento, obtida em 2021

Outorga (2021)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Vazão (L/s)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Horas/dia	12	21	21	21	21	21	21	21	21	17	13	15
Dias/mês	25	25	31	30	25	20	20	20	20	25	25	25
Volume (m ³)	86.400	151.200	187.488	181.440	151.200	120.960	120.960	120.960	120.960	122.400	936.000	108.000

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do estudo de caso.

A vazão instantânea retificada de 288 m³/h representa um aumento de 250%, quando comparada aos 115,2 m³/h permitidos na outorga inicial. Ademais, houve incremento nas outras duas componentes que impactam o volume mensal ou anual disponível para a irrigação. Após a retificação, houve um aumento no tempo de funcionamento diário e no número de dias por mês, sendo também permitido captar água em todos os meses do ano. Na outorga inicial, permitia-se captar água em menor número de horas por dia e de dias por mês, restringindo-se a cinco meses do ano. A alteração da oferta de água outorgável para captação em escala anual representa um incremento de 1.800%, sendo este aumento um reflexo da construção do barramento.

Assim, considerando a vazão instantânea disponível, o potencial de área irrigável da fazenda pode ser até 75,6 ha com pivô central, com lâmina de projeto de 8 mm/dia e com capacidade de realizar irrigação plena

em grande parte do ano – isto é, aplicando a lâmina de projeto –, se necessário.

Dessa maneira, entre as ferramentas disponíveis para a otimização do uso da água na agricultura irrigada, observa-se a adoção de sistemas de irrigação sustentáveis, com cultivos e práticas de manejo que exijam menor quantidade de água e/ou promovam maior eficiência no uso da água. Entre essas principais práticas, podem ser citadas: plantio de culturas de menor requerimento hídrico; escalonamento de plantio; cobertura do solo; molhamento parcial do sistema radicular das culturas; implementação de sistemas de irrigação mais eficientes; manejo da irrigação, entre várias outras práticas possíveis.

Na ocasião deste estudo de caso, a propriedade poderia maximizar a área irrigada com pivô central para cereais – com a área total provável de 75,6 ha – ou reduzir a área total irrigada com pivô central e adotar um sistema de cultivo com menor requerimento hídrico. A decisão do irrigante foi atender

60 ha irrigados, divididos em duas áreas de 30 hectares irrigadas com pivô central para cereais, hortaliças e fibras, sendo o saldo hídrico dessa demanda destinado à cultura do cafeeiro irrigado por gotejamento.

Para maximizar a área irrigada entre os cultivos anuais irrigados por pivô central e o café irrigado por gotejamento, realizou-se um balanço hídrico de cultivos para a obtenção da demanda hídrica mensal com 75% de probabilidade, isto é, com fator de cobertura de demanda hídrica de 75%. Esse processamento estatístico envolveu uma série histórica de dados climáticos entre 1984 e 2022 e considerou as características físico-hídricas do solo da propriedade, a demanda hídrica específica do rol de cultivos irrigados e as especificidades do manejo operacional da irrigação.

Dessa forma, essa análise de sensibilidade indica que a oferta hídrica da propriedade, com captação da água para irrigação em barramento, permite irrigar 60 ha de cultivos anuais com pivô central e até 36 ha de café irrigado por gotejamento, totalizando uma área irrigada de 96 ha. Considerando os fatores climáticos e meteorológicos da região da propriedade, nesse cenário, destaca-se a necessidade de cuidados especiais para a demanda do mês de outubro.

Cenário 3: área máxima irrigada com captação em barramento do curso d'água para regularização da vazão e construção de reservatório(s) *off stream* com revestimento em geomembrana, fora das APPs

Em situações em que há saldo hídrico entre o volume mensal disponível da captação e a demanda hídrica mensal da lavoura irrigada, é possível avaliar a possibilidade de implantação de reservatórios para receber o

excedente hídrico e armazená-lo para uso em períodos de interesse – os quais normalmente coincidem com o período crítico –, o que representa maior demanda hídrica dos cultivos irrigados e menor disponibilidade hídrica no barramento.

Nesse cenário, a propriedade preestabeleceu o investimento em dois piscinões, com capacidade instalada de 16.000 m³. Os dois reservatórios foram instalados com o objetivo de atender as características energéticas da fazenda, de ter água reservada que garanta o funcionamento dos sistemas de irrigação em situações de manutenção da captação de água em barramento e, também, em função do efeito de decantação dos reservatórios, de melhorar a qualidade da água captada para uso na irrigação localizada. Nesse caso, utilizando-se da demanda hídrica mensal provável, com 75% de probabilidade, para os cultivos anuais irrigados por pivô central e para o cafeeiro irrigado por gotejamento, é possível afirmar que a propriedade pode ter 60 ha de cultivos anuais com pivô central e até 48 ha de café irrigado por gotejamento, totalizando uma área irrigada de 108 ha. Destaca-se que, nessa situação, a irrigação pode atender de maneira plena a demanda hídrica da área total irrigada.

Ademais, é possível alterar o cenário de viabilidade técnica objetivando maximizar o volume de água reservado em piscinões para atender a área máxima irrigada. Nesse cenário, a análise de sensibilidade indica que, caso exista a possibilidade de reservar 180.000 m³ em piscinões, a área máxima irrigada pela propriedade seria de 152 ha, isto é, um acréscimo de 59 ha de cafeeiro irrigado por gotejamento, quando comparado ao cenário sem reservação em piscinões (cf. Figura 3).

Figura 3 – Resumo dos cenários de otimização do uso da água do estudo de caso



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do estudo de caso.

Considerações finais

A análise de sensibilidade do modelo hidrometeorológico é uma ferramenta crucial no manejo da irrigação. Erros nos cálculos podem ter implicações significativas no desempenho do sistema, e a compreensão detalhada do projeto é essencial antes do início de sua execução e do manejo. É imprescindível reconhecer as potencialidades e as limitações do sistema de irrigação para garantir sua eficácia.

Assim, a responsabilidade de elaborar bons projetos deve ser quesito norteador ao investimento em irrigação, ressaltando-se que a herança do dimensionamento não se manifesta completamente até que o sistema seja operado. Uma vez implementado com erros

em seu projeto, infelizmente, não é possível fazer grandes mudanças na capacidade de operação do sistema de irrigação.

Implementar uma abordagem holística para a otimização do uso da água na agricultura irrigada requer um esforço colaborativo e contínuo, integrando inovações tecnológicas, práticas tradicionais de manejo, políticas públicas e educação. Como exemplificado, é possível atuar positivamente na conservação da água dentro de uma propriedade, utilizando reservação de água dentro e fora dos corpos hídricos e adotando sistemas de cultivo com maior segurança produtiva e econômica. Essa visão ampla garante que a agricultura possa prosperar de maneira sustentável, preservando os recursos hídricos para as gerações futuras.

Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, n. 56). Disponível em: <https://www.fao.org/4/X0490E/x0490e00.htm>. Acesso em: 9 abr. 2025.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. (Irrigation and Drainage Paper, n. 33). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268818441_Yield_Response_to_Water. Acesso em: 9 abr. 2025.

FRAGA JÚNIOR, E. F.; FERNANDES, A. L. T. Cafeicultura irrigada: evolução e tendências para a otimização do uso da água. **Irrigazine**, Campinas, n. 85, p. 14-16, 1 mar. 2024. Disponível em: https://issuu.com/irrigazine/docs/edic_a_o_85_web. Acesso em: 9 abr. 2025.

LIMA, L. A.; REIS, J. B. R. da S.; OLIVEIRA, P. M. de; PINHEIRO, J. P. G. F. Projeto de piscinões para armazenamento de água para irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 42, n. 313, p. 101-107, 2021.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. 2. ed. Uberaba: [s. n.], 2012.



Foto: Eusímio Felisbino Fraga Júnior.

Claudivan Feitosa de Lacerda
Hans Raj Gheyi
José Francismar de Medeiros

Carla Ingrid Nojosa Lessa
José Leôncio de Almeida Silva
Francisco Mardones Sérvulo Bezerra

Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima
Henderson Castelo Sousa

Resumo

Os estudos e as aplicações práticas da agricultura bioassalina no Brasil estão relacionados, principalmente, ao uso de águas salobras para produção agrícola. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar dois estudos de caso, com realidades diferentes, principalmente em termos de disponibilidade hídrica: 1. águas salobras e agricultura irrigada na região de Mossoró-RN; e 2. águas salobras e sistemas produtivos em áreas do cristalino, no estado do Ceará. Os estudos de caso mostram que o potencial das águas salobras depende de vários fatores relacionados à fonte hídrica (salinidade, sodicidade e vazão do poço) e do sistema produtivo (tolerância à salinidade e requerimento hídrico). O estudo de caso relacionado à produção de melão na região de Mossoró-RN revela uma condição favorável, ao longo do ciclo produtivo, para o uso das águas salobras em mistura com águas doces. As elevadas vazões dos poços e os solos profundos e bem drenados se colocam como fatores favoráveis à sustentabilidade econômica e ambiental dos empreendimentos, inclusive em áreas de grandes empresas. Por outro lado, as baixas vazões dos poços no cristalino limitam o tamanho dos empreendimentos, sendo possível estabelecer sistemas sustentáveis para a agricultura familiar. A análise conjunta dos dados dos poços no cristalino mostra que os sistemas de produção vegetal com menores exigências hídricas (palma forrageira, irrigação suplementar, produção de mudas, hidroponia e

sistemas múltiplos associados com a produção de peixes) apresentam maior potencial para agricultura bioassalina do que as espécies mais tolerantes aos sais e com alto requerimento hídrico (pomares de coqueiro, por exemplo).

Palavras-chave: bioassalinidade; semiárido brasileiro; agricultura irrigada; sustentabilidade.

Potential of brackish waters for sustainable bioassaline agricultural production systems in the Brazilian semiarid region

Abstract

Studies and practical applications of bioassaline agriculture in Brazil mainly focus on using brackish waters for agricultural production. In this context, this paper presents two case studies with different realities, mainly in terms of water availability: 1. brackish waters and irrigated agriculture in the Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil; and 2. brackish waters and production systems in the crystalline aquifer region of Ceará, Brazil. The case studies demonstrate that the potential of brackish water depends on various factors related to the water source (salinity, sodicity, and well flow) and the production system (salt tolerance and water requirements). The case study on melon production in the Mossoró region reveals favorable conditions for using brackish wa-

ters mixed with fresh water throughout the production cycle. High flow rates from wells and deep, well-drained soils promote the economic and environmental sustainability of enterprises, including in areas where large companies operate. Alternatively, low well flow rates in the crystalline region limit enterprise size, enabling the establishment of sustainable family farming systems. Joint analysis of data from crystalline region wells shows that plant production systems with lower water requirements (forage cactus, supplementary irrigation, seedling production, hydroponics, and fish-related systems) have greater biosaline agriculture potential than salt-tolerant species with high water requirements (coconut orchards).

Keywords: biosalinity; tropical semiarid climate; irrigated agriculture; sustainability.

Introdução

As fontes hídricas podem ser enquadradas como doces (até 0,05% de sais), salobras (0,05 a 3,0% de sais) e salinas (acima de 3,0% de sais), conforme classificação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama, 2005). No semiárido brasileiro se verifica a ocorrência de águas salobras, principalmente as de origem subterrânea (Gheyi *et al.*, 2016; Santos Júnior; Lacerda; Gheyi, 2021; Silva Junior; Gheyi; Medeiros, 1999), sendo que a maioria das águas dessas fontes hídricas apresenta condutividade elétrica variando de 1,0 a 5,0 dS m⁻¹ e são menos restritivas em termos de riscos de sodicidade (Lessa *et al.*, 2023; Silva; Araújo; Souza, 2007). Entretanto, existem diferentes realidades nessa região quando se trata, principalmente, da disponibilidade de água. Na região de Mossoró, por exemplo, as águas do aquífero Calcário Jandaíra são salobras, porém os poços apresentam vazões superiores a 60 m³ h⁻¹. Por sua vez, os poços com águas salobras no aquífero Cristalino, o qual predomina no território

do semiárido brasileiro, apresentam baixas vazões (geralmente inferiores a 5,0 m³ h⁻¹).

Nesse contexto, emerge a agricultura bioassalada, considerada uma alternativa para o uso de águas salobras e solos afetados por sais na produção vegetal, quando associada ao uso de boas estratégias de manejo (Araújo; Silva; Campos, 2021; Gheyi; Sandhu; Lacerda, 2023; Masters; Benes; Norman, 2007). A agricultura bioassalada envolve diversos tipos de atividades produtivas, visto que a salinidade está normalmente associada com outros problemas típicos de regiões áridas e semiáridas. No mundo, existem diversas experiências que retratam o desempenho da agricultura bioassalada, principalmente em regiões áridas e semiáridas (Gheyi; Lacerda; Sandhu, 2023; Ladeiro, 2012; Negacz *et al.*, 2022), em diversos aspectos: produção de forragem, produção de alimentos, valor nutricional e farmacêutico, agregação de valor, sequestro de carbono e revegetação de áreas degradadas.

No Brasil, a prática da agricultura bioassalada, por meio do consórcio de espécies moderadamente tolerantes aos sais, tem se tornado promissora. Alves *et al.* (2022) destacaram que o sistema de consórcio entre palma forrageira e sorgo é uma excelente alternativa para o cultivo da agricultura bioassalada em ambientes semiáridos. Vários outros estudos realizados no Brasil, descritos nos livros publicados por Gheyi *et al.* (2016) e Fernandes *et al.* (2024), tratam dos mais diversos assuntos relacionados à produção bioassalada. Os principais temas incluem: cultivo de halófitas exóticas e nativas, produção de forragem, cultivo de glicófitas tolerantes à salinidade, produção hidropônica, entre outros.

De modo geral, os estudos e as aplicações práticas da agricultura bioassalada estão relacionados, principalmente, ao uso de águas salobras para produção agrícola. Entretanto, muitos estudos se concentram na avaliação dos efeitos da salinidade sobre as plantas, sem considerar os cenários reais

dos ambientes semiáridos. Um estudo com visão mais realista, publicado recentemente (Lessa *et al.*, 2023), demonstrou que o potencial das águas salobras subterrâneas para a agricultura bioessalina não depende apenas da adaptação do sistema aos níveis de salinidade da água. De acordo com esse estudo, o potencial das águas salobras depende da análise conjunta das características do sistema produtivo (como tolerância à salinidade e demanda hídrica) e da fonte hídrica (como qualidade e disponibilidade da água). Um exemplo disso é a irrigação da palma forrageira, que, devido à baixa necessidade hídrica, mesmo irrigada com água salobra, não teve seu rendimento reduzido, e os sais acumulados no solo durante o período seco foram lixiviados durante a estação chuvosa (Dantas *et al.*, 2023). Segundo Dantas *et al.* (2023), a complementação hídrica com águas salobras foi apenas de 157 e 139 mm, respectivamente, no primeiro e segundo ano, e as chuvas acumuladas alcançaram de 700 a 800 mm anuais.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar dois estudos de caso relacionados ao uso de águas salobras em sistemas produtivos, com realidades diferentes, principalmente em termos de disponibilidade hídrica: 1. águas salobras e agricultura irrigada na região de Mossoró-RN; e 2. águas salobras e sistemas produtivos em áreas do cristalino, no estado do Ceará.

Águas salobras e agricultura irrigada na região de Mossoró-RN

Mossoró (latitude: 5° 11' 16" S; longitude: 37° 20' 38" O; e altitude: 16 m) está situada na Chapada do Apodi, a qual corresponde a uma área de cerca de 5.000 km², abrangendo uma parte no estado do Rio Grande do Norte e outra parte no estado do Ceará, sendo cortada pelo rio Mossoró-Apodi e

tendo a leste e a oeste os rios Piranhas-Açu e Jaguaribe, respectivamente, que são os dois maiores rios inseridos totalmente no semiárido brasileiro. Nas condições atuais, a água de irrigação é proveniente, quase que exclusivamente, dos aquíferos Calcário Jandaíra e Arenito Açu, fontes de água subterrânea da bacia Potiguar. Essas águas garantem à região uma área cultivada sob irrigação superior a 15.000 ha, que, devido às condições climáticas, especializou-se na produção de melão, produzindo mais de 75% da produção nacional e sendo responsável por mais de 95% do melão exportado pelo Brasil.

As águas do aquífero Calcário Jandaíra são aquelas com maior potencial de uso devido ao maior volume de reserva explotável e aos custos para sua obtenção, pois requer baixo investimento para construção e instalação dos poços e apresenta baixo custo de manutenção e gastos com energia para o bombeamento da água. Por sua vez, os poços que exploram o Arenito Açu, exceto os da borda da chapada, têm profundidade 10 vezes maior, custos de investimento 30 vezes superiores e de manutenção e gastos com energia 5 vezes maiores (Silva, 2021). Além disso, o potencial de recarga desse aquífero é baixo, de modo que o Arenito Açu está em constante rebaixamento, diferente do aquífero Calcário Jandaíra, que tem recargas significativas nos anos que chovem acima da média histórica, embora possa entrar em colapso em períodos prolongados de secas, como ocorreu entre 1997 e 1999 e entre 2012 e 2017 em parte da região, sobretudo em áreas mais altas e onde se situam os principais pontos de recarga.

Nas áreas mais baixas da região, que estão mais próximas da costa, a disponibilidade hídrica tem ficado constante ao longo dos anos, mesmo nos períodos de secas prolongadas. Entretanto, as águas apresentam maior salinidade, a qual tem aumentado ao longo dos anos, com secas consecutivas. Nessa área, a salinidade da água varia de 2,5

a 6,0 dS m⁻¹, tendo este maior valor ocorrido depois da seca prolongada entre 2012 e 2017, associado também à maior exploração das águas desse aquífero no período pela expansão da área irrigada.

Um estudo desenvolvido na região de Mossoró-RN (Silva, 2021) durante dois anos (2017 e 2018) buscou avaliar diferentes estratégias de uso da água de ambos os aquíferos, associadas a práticas de manejo da irrigação, visando a reduzir ao máximo o uso da água do aquífero arenítico. O melão foi cultivado por dois anos consecutivos com combinações de

concentrações de sal (águas dos dois aquíferos em diferentes proporções) em vários estágios do ciclo: aumento da salinidade ao longo do ciclo em diferentes intensidades; uso da água de maior salinidade na floração, com aplicação de uma fração de lixiviação com água doce a cada semana; uso de água misturada ao longo do ciclo da cultura; e uso do manejo tradicional do agricultor. Os tratamentos com as proporções das águas dos dois aquíferos (cf. Figura 1) ao longo do ciclo da cultura estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Manejo da água de irrigação de melão por condutividade elétrica e período de desenvolvimento da cultura

Tratamento	Dias após plantio	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)
T1	Até 28	0,6
	29 a 35	1,5
	36 a 42	2,5
	43 a 49	3,5
	50 a 77	4,5
T2	Até 28	0,6
	29 a 56	2,0
	57 a 77	4,5
T3	Até 28	0,6
	29 a 56	3,5
	57 a 77	4,5
T4	Até 28	0,6
	29 a 56	4,5
	57 a 77	4,5
T5	Durante todo o ciclo	3,5
T6	Até 28	0,6
	29 a 35	1,5
	36 a 56	2,0
	57 a 77	3,0

Fonte: elaborada pelos autores a partir de dados de Silva (2021).

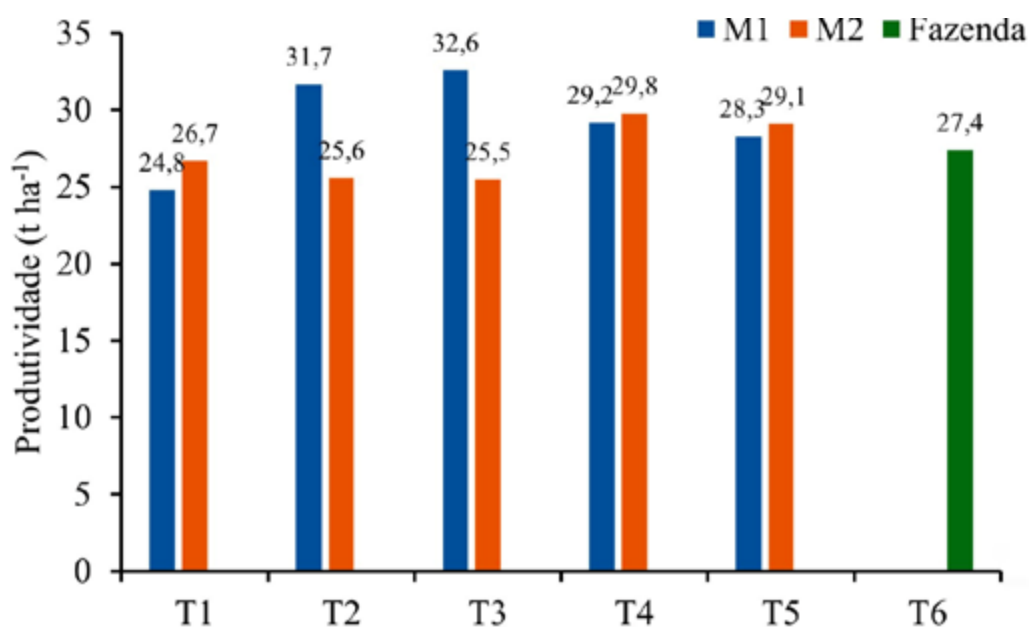
Nota: para o tratamento T4, foi aplicada lâmina de lixiviação equivalente a 20%, uma vez por semana, usando água doce, no período de 29 a 56 dias após plantio.

Nos dois anos, a irrigação foi manejada usando diferentes estratégias: lâminas de irrigação determinadas pela estimativa da evapotranspiração da cultura (M1); estimativa a partir da medição da umidade do solo realizada diariamente (M2); e manejo tradicional do agricultor. O manejo agrícola comumente adotado para as culturas na fazenda utilizou 309 mm de água durante o primeiro ciclo da cultura (74 dias da semeadura à colheita), sendo 221 mm do poço de Arenito Açu e 88 mm do poço de Calcário Jandaíra, ou seja, mais de 70% de água doce. Por sua vez,

sob manejo ajustado de acordo com o crescimento da planta, foram aplicados 224 mm de água, utilizando de 57 a 145 mm de água doce, o que representou de 26 a 65% da irrigação total.

A produção no primeiro ciclo (2017) para o manejo hídrico praticado pela fazenda não diferiu dos demais manejos realizados, apesar da redução substancial no volume total de água aplicada, principalmente de água doce (cf. Figura 1).

Figura 1 – Rendimento comercial de melão em 2017 ($t\ ha^{-1}$) para diferentes manejos da irrigação (M1: climatológico; M2: controle da umidade no solo; e T6: manejo praticado na fazenda) e combinações de águas doce e salobra em diferentes proporções ao longo do ciclo da cultura (T1 a T5)



Fonte: adaptada pelos autores a partir de dados de Silva (2021).

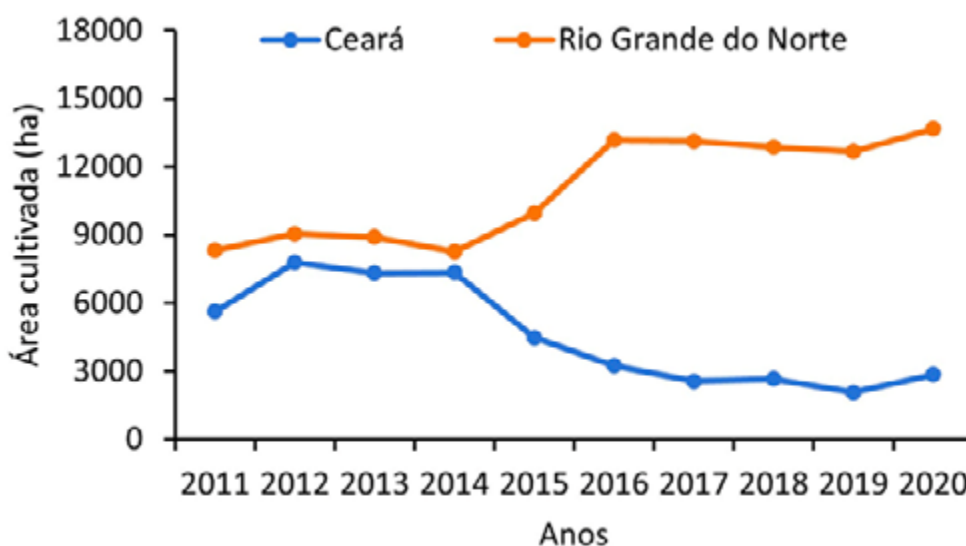
A mistura de águas aplicando apenas 26% de água doce ao longo do ciclo, por manejo climatológico ou controle baseado na umidade do solo, representou 73% e 54%, respectivamente, da água aplicada pelo manejo da fazenda e não diferiu de nenhum outro tratamento estudado. Os dados obtidos no segundo ciclo (2018) resultaram em produtividades de melão iguais ou supe-

riores às obtidas sob o manejo da fazenda. Dessa maneira, esse estudo de caso mostrou a viabilidade do uso de águas salobras com condutividade elétrica superior a $4,0\ dS\ m^{-1}$ para a produção de melão no semi-árido brasileiro, particularmente na região de Mossoró-RN, empregando-se as estratégias de manejo das fontes de águas disponíveis (doce e salobra).

As estratégias de uso das águas salobras do aquífero Calcário Jandaíra, misturadas com águas do aquífero Arenito Açú (que possuem baixa salinidade, porém mais profundas e de alta vazão), favoreceram a ampliação do cultivo do melão no Rio Grande do Norte, principalmente na última década, quando ocorreu uma seca prolongada (de 2012 a 2017), sendo praticada por grandes empresas da região (Lacerda *et al.*, 2021; Terceiro Neto *et al.*, 2021). Por sua vez, pode ser observada na Figura 2 a redução

da área irrigada com melão no estado do Ceará devido à redução das reservas hídricas superficiais, principalmente na região do Baixo Jaguaribe, em decorrência da seca prolongada. Paralelamente, houve aumento na produção de melão no Rio Grande do Norte, com a ampliação do uso dos aquíferos Calcário Jandaíra e Arenito Açú. Sem dúvidas, esse é um dos principais exemplos de aplicação das técnicas da agricultura bioassalina no semiárido brasileiro.

Figura 2 – Variação da área cultivada com melão nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, no período de 2011 a 2020



Fonte: elaborada pelos autores a partir de dados do IBGE (2021).

Águas salobras e sistemas produtivos em áreas do cristalino no estado do Ceará

As águas salobras no aquífero Cristalino, o qual predomina no território do semiárido brasileiro, apresentam baixas vazões, fator este que limita o tamanho dos empreendimentos agrícolas. Feitosa e Diniz (2011) estimam mais de 100 mil poços situados no semiárido nordestino, sendo que a maioria

deles apresenta vazão entre 1,0 e 2,0 m³ h⁻¹. Já Silva, Araújo e Souza (2007), avaliando 23 mil poços no estado do Ceará, encontraram vazão média de 2,6 m³ h⁻¹ em poços do Cristalino. Para essas áreas, há também limitação de solos (predominantemente rasos), fator este que limita a lixiviação dos sais abaixo da zona radicular das culturas. Ressalte-se que mais de 70% da área do estado do Ceará está no embasamento cristalino.

Um estudo desenvolvido por pesquisadores do Núcleo de Estudos em Salinidades (NES-SA) da Universidade Federal do Ceará (UFC) avaliou o potencial dessas águas salobras para diversos sistemas da agricultura biosalina (Lessa *et al.*, 2023). Esse estudo utilizou um banco de dados com 25.497 poços localizados em 179 dos 184 municípios do estado do Ceará, banco este fornecido pela Superintendência de Obras Hidráulicas do Ceará (Sohidra) e pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). A seleção das águas salobras dos poços foi realizada com base na condutividade elétrica da água ($CE \geq 0,8 \text{ dS m}^{-1}$ (critério de qualidade) e na vazão do poço ($Q \geq 0,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (critério

de disponibilidade de água). Após a seleção, totalizaram-se 6.284 poços (representando 24,64% do total de poços, que é de 25.497) que atenderam os critérios de qualidade e disponibilidade hídrica estabelecidos. Os valores médios de condutividade elétrica da água e de vazão desses 6.284 poços, foram, respectivamente, de $2,8 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,0 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.
Foram considerados oito sistemas produtivos, os quais estão descritos na Tabela 2, juntamente com os limites da condutividade elétrica da água de irrigação, com perda máxima de 10% da produtividade (CE_{90}) e da vazão requerida (Q), conforme resultados obtidos na literatura.

Tabela 2 – Sistemas produtivos, respectivos valores-limite da condutividade elétrica da água de irrigação, com perda máxima de 10% da produtividade (CE_{90}), e da vazão requerida (Q) e tamanho do empreendimento

Sistema produtivo	$CE_{90} \text{ (dS m}^{-1}\text{)}$	$Q \text{ (m}^3 \text{ h}^{-1}\text{)}$	Tamanho do empreendimento
I. Irrigação plena do milho	1,7	5,0	1,0 ha
II. Irrigação suplementar do milho	3,2	2,5	1,0 ha
III. Irrigação plena/suplementar do coqueiro em solos arenosos	6,0	6,0	1,0 ha
IV. Irrigação plena da palma forrageira	3,0	2,0	1,0 ha
V. Produção de mudas de coqueiro	4,5	0,5	2.000 mudas
VI. Sistema integrado de peixe+glicófitas	3,0	1,0	100 m ²
VII. Plantas ornamentais herbáceas	2,5	0,5	100 m ²
VIII. Piscicultura (tilápia)	9,0	1,0	100 m ³ (tanque)

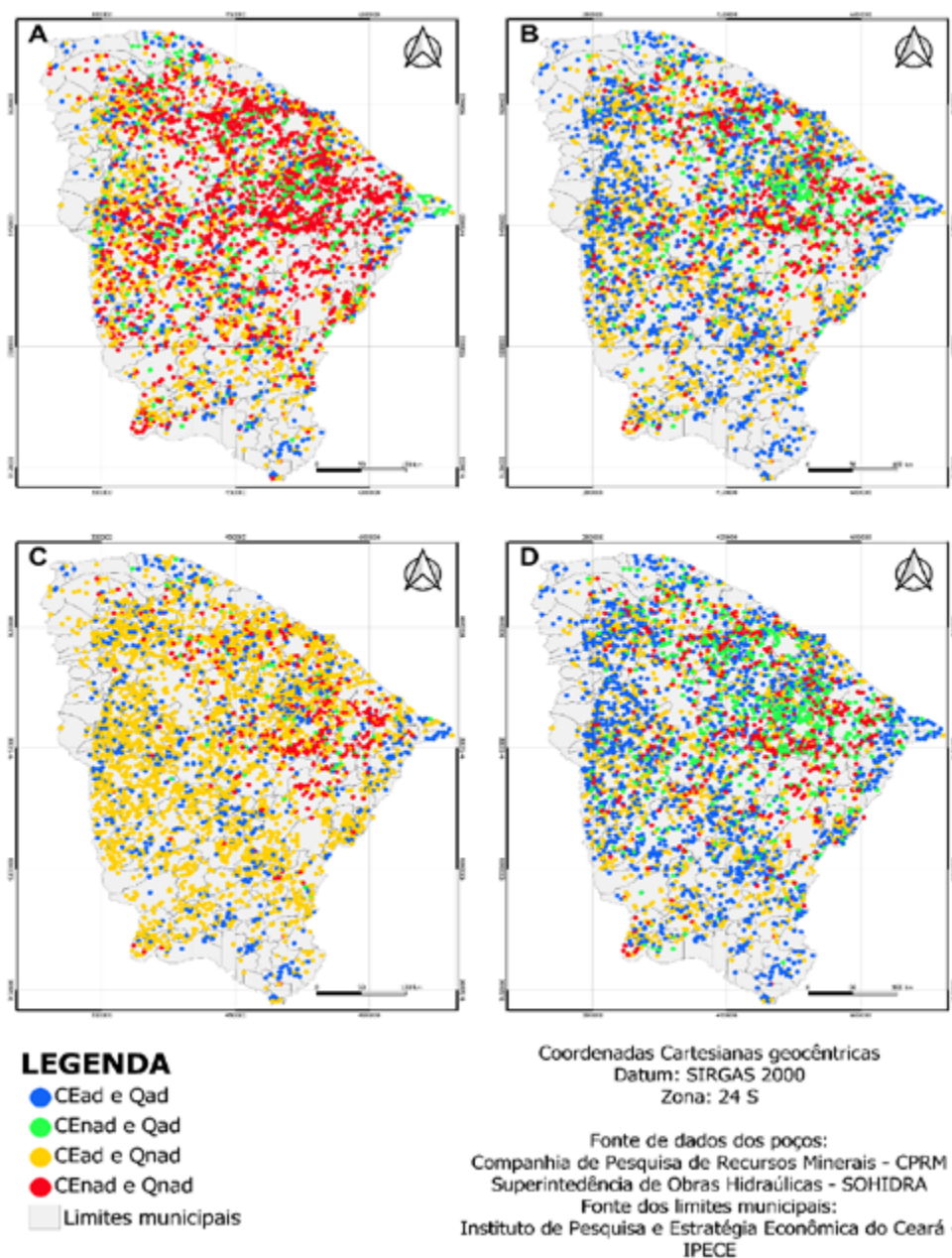
Fonte: elaborada pelos autores a partir dos dados de Lessa *et al.* (2023).
Nota: para a irrigação suplementar do milho, admitiu-se a possibilidade de armazenamento de água durante períodos sem irrigação, o que permitiu trabalhar com poço com vazão menor do que a requerida para irrigação plena.

Adiante, na Figura 3A, observa-se o potencial de águas salobras do estado do Ceará para a irrigação plena do milho. Considerando-se a área de 1,0 ha, apenas 794 poços (12,6%) possuem CE e Q adequadas, 839 poços (13,3%) possuem apenas Q adequada, 1.879 poços (30,0%) pos-

suem apenas a CE adequada e 2.772 poços (44,1%) não possuem CE e Q adequadas. Para a irrigação suplementar do milho (cf. Figura 3B), em uma área de 1,0 ha, 2.314 poços (36,8%) estão aptos conforme a CE e a

Q, 825 poços (13,1%) apresentam apenas a Q adequada, 2.175 poços (34,6%) possuem apenas a CE adequada e 970 poços (15,5%) não estão aptos devido à elevada CE e à baixa Q dos poços.

Figura 3 – Potencial de águas salobras do estado do Ceará para irrigação plena do milho (A), irrigação suplementar do milho (B), irrigação do coqueiro (C) e palma forrageira (D), em uma área de 1,0 ha, com base nos critérios de condutividade elétrica da água de irrigação e de vazão dos poços



Fonte: adaptada pelos autores a partir de dados de Lessa et al. (2023).

Nota: CEad: condutividade elétrica adequada; CEad: condutividade elétrica não adequada; Qad: vazão adequada; Qnad: vazão não adequada.

Na Figura 3C, tem-se o potencial dos poços para a irrigação de coqueiro, em que 19,5% (1.225 poços) dispõem de CE e Q adequadas, 1,4% (88 poços) apresentou apenas Q adequada, 71,2% (4.472 poços) são limitados pelas baixas vazões e 7,9% (499 poços) não dispõem de CE e Q adequadas. A irrigação de 1,0 ha de palma forrageira (cf. Figura 3D) apresentou 2.594 poços (41,3%) que possuem CE e Q adequadas, 1.108 poços (17,6%) possuem apenas Q adequada, 1.733 poços (27,6%) possuem apenas CE adequada e 849 poços (13,5%) não apresentam CE e Q adequadas.

A cultura do milho, dentro dos sistemas estudados, é a cultura que apresenta o menor grau de tolerância à salinidade e necessita de uma demanda hídrica elevada (Barbosa *et al.*, 2012). Dessa forma, o número de poços que apresentam adequabilidade para CE e Q é baixo (794 poços; 12%). No entanto, quando passa a definir o potencial desses mesmos poços para a irrigação suplementar do milho, o percentual de adequabilidade quase triplica (2.314 poços; 36,8%) devido à redução da demanda hídrica total ao longo do ciclo. O coqueiro, embora seja uma cultura tolerante à salinidade, apresenta elevada demanda hídrica. Assim, apenas 19,5% dos poços conseguem uma produção eficiente, levando em consideração a CE e a Q do poço. Já a palma forrageira, espécie com metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) (Cushman *et al.*, 2015), contrasta-se com o coqueiro, apresentando 41,3% de adequação devido ao menor requerimento hídrico da cultura, mesmo apresentando tolerância moderada à salinidade.

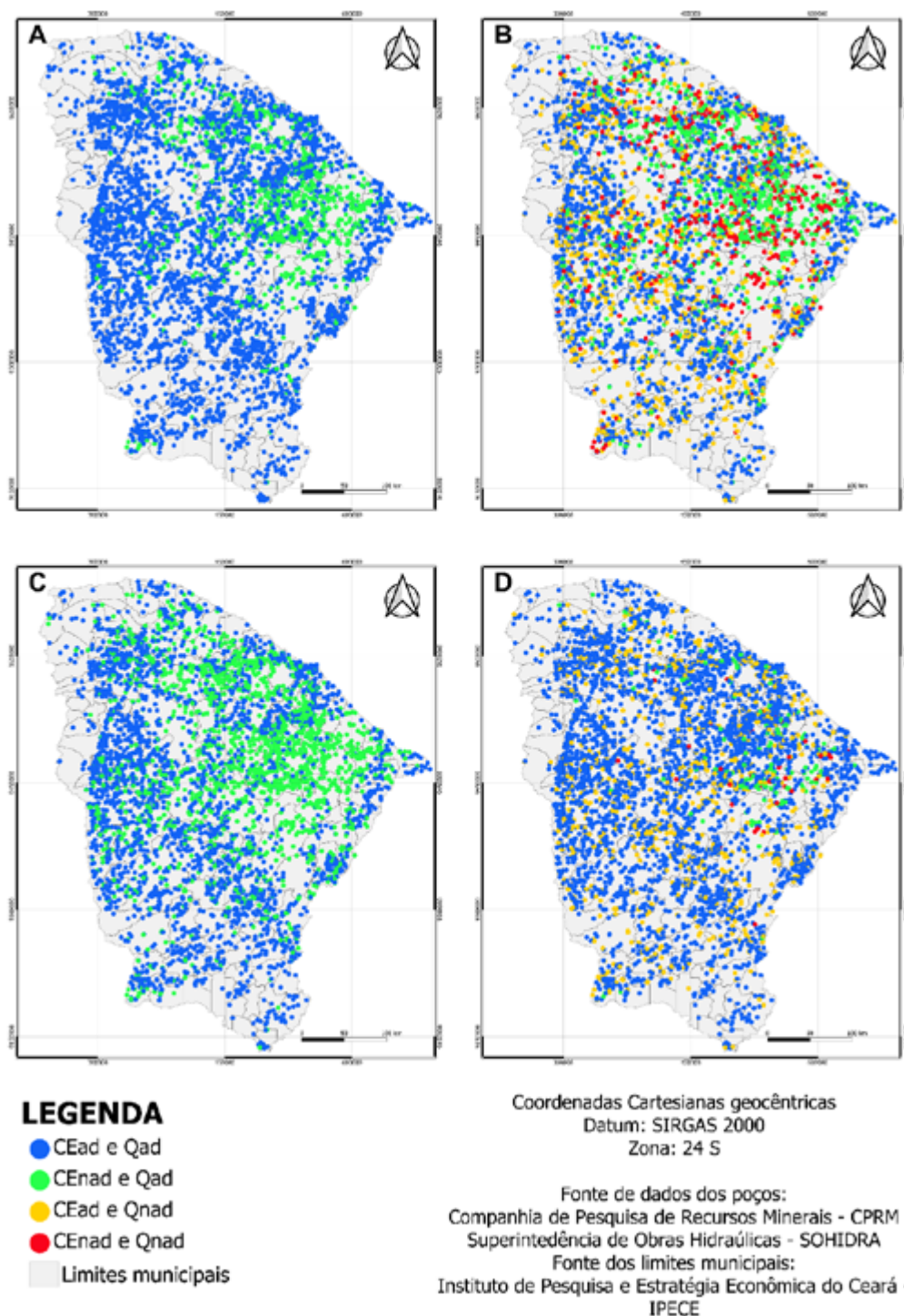
Um estudo realizado no semiárido do estado do Ceará (Bezerra *et al.*, 2024) mostrou que a irrigação plena (100%) ou deficitária (70%) da palma forrageira, com água salobra

(1,7 dS m⁻¹), usada inicialmente na criação de tilápias, resultou em rendimentos significativamente maiores em comparação às condições de sequeiro. Notavelmente, a lâmina de 70% produziu os mesmos resultados que a lâmina de 100%, tendo alcançado o nível de reprodução social (rendimento mensal equivalente a um salário-mínimo) com apenas 0,65 ha no segundo ano; ou seja, o produtor tem a renda líquida equivalente a 12 salários-mínimos por ano com a venda da biomassa fresca da palma forrageira, cultivada numa área com esse tamanho. Esses resultados sugerem que o cultivo de palma forrageira permite a utilização de poços com água salobra (com níveis moderados de salinidade), mesmo aqueles com baixa vazão. Acredita-se que essa abordagem possa contribuir para a sustentabilidade da agricultura familiar na região tropical semiárida.



Foto: Wenderson Araujo/Trilux/Banco CNA/Senar

Figura 4 – Potencial de águas salobras do estado do Ceará para produção de mudas de coco (A), sistema integrado de peixe+glícófitas (B), mudas de plantas ornamentais (C) e produção de tilápia (D), com base nos critérios de condutividade elétrica da água de irrigação e de vazão dos poços



Fonte: adaptada pelos autores a partir de dados de Lessa et al. (2023).

Nota: CEad: condutividade elétrica adequada; CEnad: condutividade elétrica não adequada; Qad: vazão adequada; Qnad: vazão não adequada.

Para o potencial de águas para a produção de 2.000 mudas de coco (cf. Figura 4A), dos poços avaliados, 5.195 (82,7%) estão plenamente aptos por terem CE e Q adequadas e 1.089 (17,3%) possuem apenas vazão adequada. No sistema integrado de peixe+glicófitas, considerando-se uma área de 100 m² com cultivo de hortaliças folhosas: 2.982 poços (47,5%) apresentam CE e Q adequadas; 1.272 poços (20,2%) possuem apenas vazão adequada; 1.345 poços (21,4%) possuem apenas CE adequada; e 685 poços (10,9%) não possuem CE e Q adequadas (cf. Figura 4B).

Para a produção de 2.000 mudas de plantas ornamentais (cf. Figura 4C), 3.853 poços (61,3%) dispõem de CE e Q adequadas e 2.431 poços (38,7%) possuem condutividade elétrica acima do limite de tolerância das plântulas. Para a produção de tilápia (cf. Figura 4D), em tanques de 100 m³, 80,3% (5.047) dos poços apresentam CE e Q adequadas, 2,9% (180) têm restrição quanto à condutividade elétrica da água, 16,1% (1.011) têm restrição quanto à vazão e apenas 0,7% (46) dos poços não apresentam condições adequadas de condutividade elétrica e vazão.

O cultivo de mudas constitui o sistema com menor requerimento hídrico; sendo assim, sua adequação está diretamente ligada aos níveis de tolerância das espécies à salinidade durante a fase de produção de mudas (Oliveira *et al.*, 2018). É sabido que as plantas ornamentais apresentam maior sensibilidade aos sais da água de irrigação do que as mudas de coqueiro. Dessa forma, de acordo com os dados da pesquisa, existe um maior número de poços adequados, em qualidade e disponibilidade de água, para a produção de mudas de coqueiro (82,7% de um total de 6.284 poços com águas salo-

bras) em relação à produção de mudas de plantas ornamentais (61,3%). Por sua vez, o sistema de produção de tilápias apresenta alto potencial produtivo, atingindo 80,3% de adequação, indicando alta adaptabilidade à salinidade, conforme apontado por Amaral e Navori (2023). Já no sistema integrado de peixe+glicófitas, a adequação cai para 47,5%, sendo essa redução associada à suscetibilidade das culturas glicófitas à salinidade, que, no caso, são predominantemente hortaliças.

Esses estudos demonstraram que as fontes hídricas salobras em áreas do cristalino são mais úteis para pequenos empreendimentos da agricultura familiar, especialmente aqueles sistemas produtivos que utilizam menores volumes de água. Para essas condições, o cultivo de palma forrageira, a irrigação suplementar de culturas anuais e os sistemas envolvendo produção de peixes e vegetais (hidroponia ou produção de mudas) apresentam maior possibilidade de sucesso do que o cultivo de coco (espécie tolerante à salinidade), que é limitado pela elevada demanda hídrica e pela baixa disponibilidade de água dos poços (Lessa *et al.*, 2023). Nesse contexto, sistemas produtivos envolvendo as halófitas (espécies com alta tolerância à salinidade) podem ser também uma boa opção para garantir a sustentabilidade da produção bioassalada.

Considerações finais

Os estudos de caso apresentados neste artigo mostram que o potencial das águas salobras depende de vários fatores relacionados à fonte hídrica (salinidade, sodicidade e vazão do poço) e do sistema produtivo (tolerância dos cultivos à salinidade e requerimento hídrico). Esses aspectos, analisados

em conjunto, permitem estabelecer também o tamanho do empreendimento agrícola, o qual está associado principalmente com a disponibilidade de água. Além disso, a existência de solos profundos e com boa drenagem é determinante para a sustentabilidade ambiental, face às restrições das águas salobras.

O estudo de caso da produção de melão da região de Mossoró-RN (Silva, 2021) revela uma condição favorável para o uso das águas salobras em mistura com águas doces. As elevadas vazões dos poços e os solos profundos e bem drenados se colocam como fatores favoráveis à sustentabilidade econômica e ambiental dos empreendimentos. Essa estratégia vem sendo utilizada com sucesso pelos produtores de melão, notadamente quando há incremento da salinidade no aquífero Calcário Jandaíra. Entretanto, é importante avaliar possíveis impactos no perfil do solo, especialmente os de classes com horizonte subsuperficial com maiores teores de argila (B textural ou camada coesa) e relativamente baixa permeabilidade.

O segundo estudo de caso (Lessa *et al.*, 2023), focado nas áreas do embasamento cristalino do estado do Ceará, mostra uma realidade bem diferente. Há baixa vazão dos poços e solos mais restritivos em termos de profundidade. Os resultados apontam que a

tolerância das culturas à salinidade é importante, mas não é a única opção para enfrentar os problemas de salinidade no semiárido brasileiro. A análise conjunta dos dados mostra que os sistemas de produção vegetal com menores exigências hídricas (palma forrageira, irrigação suplementar, produção de mudas, hidroponia e sistemas múltiplos associados com a produção de peixes) apresentam maior potencial para agricultura bioassalina do que as espécies mais tolerantes aos sais (pomares de coqueiro, por exemplo). Os dados também indicaram a necessidade de diversificação e uso de sistemas integrados como forma de garantir a sustentabilidade da agricultura bioassalina no semiárido, especialmente para a agricultura familiar.

Agradecimentos

Agradecemos ao programa Cientista-Chefe em Agricultura do Governo do Estado do Ceará (Convênio 14/2022 SDE/ADECE/FUNCAP e Processo 08126425/2020/FUNCAP) pela concessão de bolsas de inovação e pelo suporte financeiro para a realização dos estudos. Agradecemos também ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical (INCTAgriS), financiado por CNPq, FUNCAP e CAPES..



Foto: Freepik

Referências

- ALVES, C. P.; JARDIM, A. M. da R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, C. do N.; SOUZA, L. S. B. de; ARAÚJO, G. G. L. de; SOUZA, C. A. A. de; SALVADOR, K. R. da S.; LEITE, R. M. C.; PINHEIRO, A. G.; SILVA, T. G. F. da. How to enhance the agronomic performance of cactus-sorghum intercropped system: planting configurations, density and orientation. **Industrial Crops & Products**, [s. l.], v. 184, 115059, 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1147124>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- AMARAL, K. D. S.; NAVONI, J. A. Desalination in rural communities of the Brazilian semiarid region: potential use of brackish concentrate in local productive activities. **Process Safety and Environmental Protection**, [s. l.], v. 169, p. 61-70, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582022009053>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- ARAÚJO, G. G. L. de; SILVA, T. G. F.; CAMPOS, F. S. Agricultura bioassalada e uso de águas salobras na produção de forragem. In: CERQUEIRA, P. R. S.; LACERDA, C. F. de; ARAÚJO, G. G. L. de; GHEYI, H. R.; SIMÕES, W. L. (ed.). **Agricultura irrigada em ambientes salinos**. Brasília: Codevasf, 2021. v. 1, cap. 6, p. 174-211. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1145030>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- BARBOSA, F. de S.; LACERDA, C. F. de; GHEYI, H. R.; FARIAS, G. C.; SILVA JÚNIOR, R. J. da C.; LAGE, Y. A.; HERNANDEZ, F. F. F. Yield and ion content in maize irrigated with saline water in a continuous or alternating system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, p. 1731-1737, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/brsJgWHpYK3LfsgywWtbtKy/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- BEZERRA, F. M. S.; LACERDA, C. F.; GIROLDO, A. B.; CAVALCANTE, E. S.; MICHELON, N.; PENNISI, G.; SALES, J. R. da S.; LESSA, C. I. N.; LIMA, S. C. R. V.; LOPES, F. B.; GIANQUINTO, G.; ORSINI, F. Deficit irrigation of forage cactus (*Opuntia stricta*) with brackish water: Impacts on growth, productivity, and economic viability under evapotranspiration-based management. **Agronomy**, v. 14, n. 7, e1445, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/7/1445>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Conama, 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 25 jan. 2025.
- CUSHMAN, J. C.; DAVIS, S. C.; YANG, X. H.; BORLAND, A. M. Development and use of bioenergy feedstocks for semi-arid and arid lands. **Journal of Experimental Botany**, [s. l.], v. 66, n. 14, e417734193, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25873672/>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- DANTAS, F. D. G.; SANTOS, M. V. F. dos; LIMA, G. F. da C.; COELHO, J. J.; MEDEIROS, J. F. de; CUNHA, M. V. Drip irrigation with saline water combined with mulch cover as strategies for forage cactus production in semi-arid zones. **Irrigation Science**, [s. l.], v. 41, p. 295-308, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00271-022-00841-8>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- FEITOSA, F. A. C.; DINIZ, J. A. Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira. CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 2., 4-6 out. 2011, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: ABAS, 2011. p. 1-4. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28026>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- FERNANDES, P. D.; LACERDA, C. F. de; GHEYI, H. R.; FREIRE, M. B. G. dos S. (org.). **Biossalinidade: produção de alimentos e produtos agroindustriais**. Campina Grande: EDUEPB/INCTAgriS, 2024.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de; GOMES FILHO, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016.
- GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F. de; SANDHU, D. (ed.). **Biosaline agriculture and salt tolerance of plants**. Basel: MDPI, 2023.

GHEYI, H. R.; SANDHU, D.; LACERDA, C. F. de. Fields of the future: pivotal role of bioassaline agriculture in farming. **Agriculture**, [s. l.], v. 13, n. 9, e1774, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/9/1774>. Acesso em: 25 jan. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 15 nov. 2023.

LACERDA, C. F. de; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de; COSTA, R. N. T.; SOUSA, G. G. de; LIMA, G. S. de. Strategies for the use of brackish water for crop production in northeastern Brazil. TALEISNIK, E.; LAVADO, R. S. (ed.). **Saline and alkaline soils in Latin America: natural resources, management and productive alternatives**. Cham: Springer, 2021. p. 71-99.

LADEIRO, B. Saline agriculture in the 21st century: using salt contaminated resources to cope food requirements. **Journal of Botany**, v. 2012, n. 1, 310705, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2012/310705>. Acesso em: 25 jan. 2025.

LESSA, C. I. N.; LACERDA, C. F. de; CAJAZEIRAS, C. C. de A.; NEVES, A. L. R.; LOPES, F. B.; SILVA, A. O. da; SOUSA, H. C.; GHEYI, H. R.; NOGUEIRA, R. da S.; LIMA, S. C. R. V.; COSTA, R. N. T.; SOUSA, G. G. de. Potential of brackish groundwater for different bioassaline agriculture systems in the Brazilian semi-arid region. **Agriculture**, [s. l.], v. 13, e.550, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/3/550>. Acesso em: 25 jan. 2025.

MASTERS, D. G.; BENES, S. E.; NORMAN, H. C. Bioassaline agriculture for forage and livestock production. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s. l.], v. 119, n. 3-4, p. 234-248, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880906002994>. Acesso em: 25 jan. 2025.

NEGACZ, K.; VELLINGA, P.; BARRETT-LENNARD, E.; CHOUKR-ALLAH, R.; ELZENGA, T. (ed.). **Future of sustainable agriculture in saline environments**. Boca Raton: CRC Press, 2022.

OLIVEIRA, E. V. de; LACERDA, C. F. de; NEVES, A. L. R.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, D. R.; OLIVEIRA, F. Í. F. de; VIANA, T. V. de A. A new method to evaluate salt tolerance of ornamental plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, [s. l.], v. 30, e1733180, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40626-018-0112-7>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; LACERDA, C. F. de; GHEYI, H. R. Fontes de águas salobras no semiárido brasileiro: ocorrência e caracterização química. In: CERQUEIRA, P. R. S.; LACERDA, C. F. de; ARAÚJO, G. G. L. de; GHEYI, H. R.; SIMÕES, W. L. (ed.). **Agricultura irrigada em ambientes salinos**. Brasília: Codevasf, 2021. v. 1, cap. 4, p. 118-148. Disponível em: <https://shorturl.at/caERx>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SILVA, F. J. A. da; ARAÚJO, A. L. de; SOUZA, R. O. de. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 136-159, 2007. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/52>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SILVA, J. L. de A. **Estratégias de manejo de água salobra na irrigação do meloeiro**. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021. Disponível em: <https://locus.ufv.br/items/467d005d-7c07-450f-bd9c-9479c88d727c>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SILVA JUNIOR, L. G. de A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 11-17, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/6Z33C5v9pKmBXMbDRFCTXwL/>. Acesso em: 25 jan. 2025.

TERCEIRO NETO, C. P. C.; MEDEIROS, J. F. de; DIAS, N. da S.; GHEYI, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; CHIPANA-RIVERA, R.; SUDDARTH, S. A. R. P.; LIMA, B. L. de C.; FERNANDES, C. dos S.; LEMOS NETO, H. de S. Irrigation management strategies with brackish water in production and post-harvest quality of Toad Skin-melon. **Water, Air and Soil Pollution**, [s. l.], v. 232, 231, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-021-05189-x>. Acesso em: 25 jan. 2025.



A GESTÃO AUTOMATIZADA DA AGRICULTURA IRRIGADA!

**SENSORIAMENTO,
AQUISIÇÃO E EXIBIÇÃO DE
DADOS EM TEMPO REAL**

**CONTROLE INTELIGENTE DE
RESERVATÓRIOS E DA
CAPTAÇÃO DE ÁGUA**

**FERTIRRIGAÇÃO DE PRECISÃO E
AUTOMAÇÃO PARA
IRRIGAÇÃO**

**TECNOLOGIA NACIONAL
DESENVOLVIDA PARA O
AGRICULTOR BRASILEIRO**

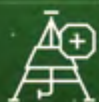


**www.3V3.com.br
85 4141-1997**

JUNTOS, COLHENDO OS MELHORES RESULTADOS

IRRIGAÇÃO INTELIGENTE POR UM MUNDO VERDE

Com mais de noventa anos de liderança global em carretéis, tratamento de resíduos e tecnologia de pivôs centrais, comprometemo-nos com a **sustentabilidade** e **eficiência**. Integramos soluções de energia solar em projetos **Turn Key** e planos de assinatura pós-vendas para oferecer uma experiência completa ao produtor. Transforme sua irrigação com a **Bauer!**

**BAUER***POR UM MUNDO VERDE***IRRIGAÇÃO****AUTOMAÇÃO****CONECTIVIDADE****GESTÃO HÍDRICA****ACESSÓRIOS****TRAT. RESÍDUOS****ENERGIA SOLAR****PÓS VENDAS****SEGURANÇA****PROJETOS**

Recursos hídricos e irrigação na Califórnia: experiências e paralelos com o Brasil

Relatório de missão técnica

Bruno Collischonn



Erildo Pontes, Eusímio Fraga, Rodrigo Vieira, Marcos Neves, Michael Cahn, Caetano Albuquerque, Rogis Rosenberg, Bruno Collischonn, Danielle Zaccaria, Jorge Ramirez, Filipe Sampaio, Sílvio Lima, Larissa Rego, Bruno Cravo e Michael McCullough.

Contexto

Em novembro de 2024, tive a oportunidade de participar da 1ª *Missão Técnica Internacional – Conhecendo experiências na gestão de recursos hídricos e na agricultura irrigada*, promovida pela Abid, em parceria com a University of California, Davis (UC Davis), referência internacional em pesquisa na irrigação. Em um grupo que incluía várias instituições ligadas ao tema no Brasil, visitamos sistemas de infraestrutura hídrica e áreas irrigadas em várias regiões do estado da Califórnia, nos Estados Unidos. Nosso ponto focal nos EUA foi o professor Daniele Zaccaria, da UC Davis, que possui uma cooperação com a Abid e coordenou a programação da missão, articulando as visitas do grupo a diversas

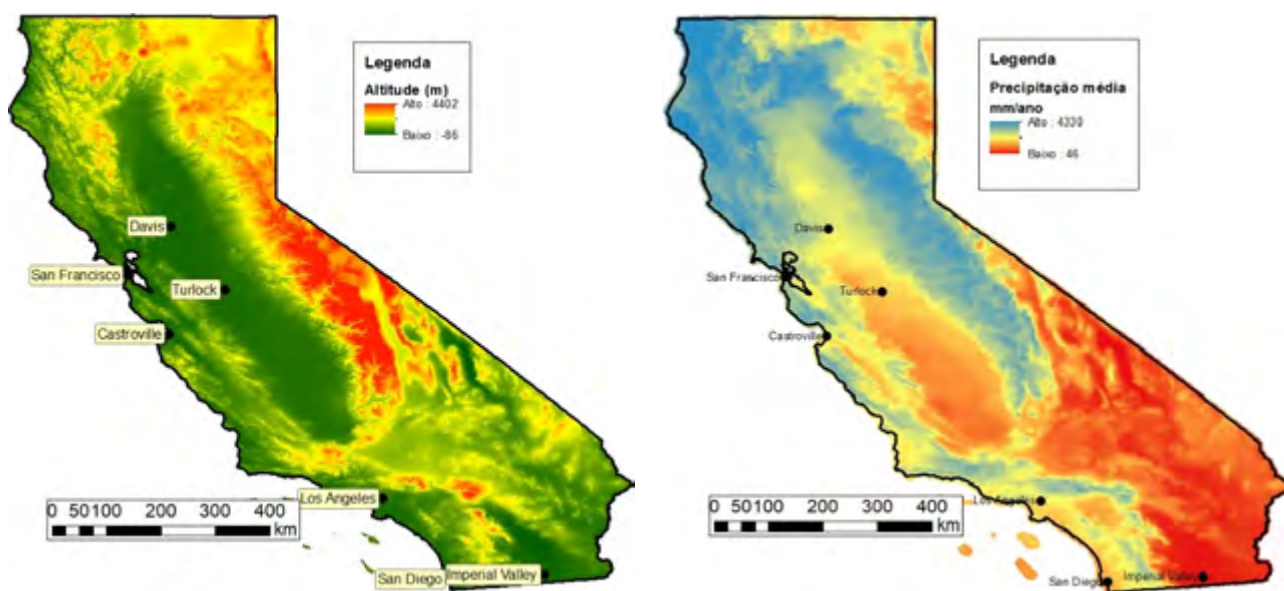
instituições e propriedades com agricultura irrigada e proporcionando aos participantes uma visão muito aprofundada da irrigação e do gerenciamento dos recursos hídricos.

A UC Davis é uma universidade fortemente engajada no contexto do uso da água na agricultura irrigada, com extensa articulação com a sociedade e aplicação prática no setor. Os professores e pesquisadores dão orientação aos produtores quanto a manejo, estimativa de demanda, nutrição, entre outros fatores de produção agrícola. Há uma relação de confiança construída há várias décadas entre a universidade e a comunidade, que cobra um retorno da instituição devido aos impostos pagos, sobretudo em termos de orientação em períodos de escassez de água.

O estado da Califórnia possui características muito peculiares no que diz respeito aos recursos hídricos. Há uma grande área plana na região central do estado (Central Valley), muito apropriada para agricultura, limitada por cadeias de montanhas a leste (a cordilheira Sierra Nevada e outras) e a oeste (região conhecida como Pacific Coast Ranges), sendo que esta última separa o Central Valley e o oceano Pacífico. Os rios que atravessam o Central Valley são o rio Sacramento (ao norte) e o rio San Joaquin (ao sul), que juntos formam o delta na baía de San Francisco.

Note-se que o estado da Califórnia tem uma área um pouco menor do que o estado de Minas Gerais, mas com uma variabilidade física muito maior (cf. Figura 1): a altitude varia de cotas negativas, no deserto, até picos como o cume Mount Whitney, ponto mais alto da América continental (4.402 m). Já a precipitação varia de 50 mm/ano (no deserto) a 4.300 mm/ano (na forma de neve, nas montanhas). Essas características físicas influenciam muito o gerenciamento dos recursos hídricos, tanto do ponto de vista da infraestrutura hídrica quanto do manejo da irrigação.

Figura 1 – Relevo da Califórnia (esquerda) e precipitação média anual (direita)



Fonte: elaborada pelo autor a partir de dados de <https://databasin.org/> e <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Infraestrutura hídrica

Ao longo dos séculos XIX e XX, um conjunto de infraestruturas hídricas privadas e públicas foi construído para lidar com a variabilidade temporal e espacial dos recursos hídricos no estado. Do ponto de vista temporal, a maior parte da precipitação ocorre nos me-

ses de inverno (em forma de neve na Sierra Nevada e de chuva nas demais regiões), ao passo que a maior parte da demanda hídrica ocorre de abril a outubro. Já do ponto de vista espacial, a região norte é mais chuvosa, ao passo que a maior parte da demanda hídrica está na região sul do estado. Assim, um conjunto de reservatórios de regularização

interanual foi construído nas montanhas e serras para acumular o excesso de vazão no inverno e na primavera e perenizar o vale nos meses de verão. Além disso, um conjunto de canais e elevatórias foi implementado para transferir água da região norte para a região sul. Dessa forma, é possível transportar água desde as nascentes do rio Sacramento até a cidade de Los Angeles. Da mesma forma, é possível transferir água do rio Colorado, na região desértica no sudeste do estado, até Los Angeles. Isso significa que boa parte do estado da Califórnia está conectada em um único sistema hídrico, que é operado de forma integrada.

Um nó importante desse sistema de integração é o reservatório San Luis, no alto das Pacific Coast Ranges. Esse reservatório é alimentado pelo canal Delta-Mendota (construído pelo Bureau of Reclamation) e pelo California Aqueduct (construído pelo estado), que levam a água captada no delta rumo ao sul (cf. Figura 2). O reservatório San Luis é *off-stream*, ou seja, sua água não provém de uma bacia hidrográfica própria, e sim do excesso de vazão captada no delta nos meses de inverno, que é bombeado a partir dos canais e posteriormente turbinado para geração de energia nos meses de irrigação (queda de 98 m).

Figura 2 – Canal Delta-Mendota (esquerda) e reservatório San Luis visto do avião (direita)



Fonte: acervo pessoal do autor.

A operação do canal Delta-Mendota e do reservatório San Luis foi concedida desde 1993 a uma empresa privada, que cobra pela água entregue aos clientes no Central Valley. Essa foi uma decisão que partiu dos próprios clientes, pela possibilidade de redução de custos e pela maior proximidade e agilidade na tomada de decisão. A visita do grupo a essa região foi conduzida por Seth Harris, engenheiro da empresa privada que tem a concessão para operação do canal e de parte do volume do reservatório.

As dimensões desse projeto são expressivas: o California Aqueduct tem uma capacidade de 370 m³/s, e o canal Delta-Mendota, de 125 m³/s (ou seja, o menor dos dois canais tem a capacidade somada dos dois eixos do Projeto de Integração do rio São Francisco, do Brasil). A extensão total de canais desde o delta até a região metropolitana de Los Angeles é de cerca de 620 km (1,5 vez a extensão dos dois eixos). Há várias estações de bombeamento, sendo a maior delas a Edmonston Pumping Plant, com altura geométrica de 600 m.

Próximo a Los Angeles, esse sistema se interliga a outros dos projetos de transferência hídrica: o Los Angeles Aqueduct, que transfere a água do Owens Valley, e o Colorado Aqueduct, que transfere a água do rio Colorado a partir do reservatório Lake Havasu.

Turlock Irrigation District (TID) e rio Tuolumne

A regulação de usos da água na Califórnia é bastante complexa, pois coexistem diferentes doutrinas de gerenciamento de outorgas (*water rights*). Por um lado, existem alguns usos ripários, em que o proprietário da terra também possui direito de uso da água. No entanto, para águas superficiais, de modo geral predomina a doutrina da apropriação prévia (*first in time, first in right*), com uma prioridade definida com base na data de obtenção da outorga. Nas primeiras décadas do século passado, não havia ainda um agente regulador definido, de forma que as questões ligadas à água eram resolvidas nos tribunais. Somente em 1914 a legislação deu ao órgão gestor de recursos hídricos (State Water Resources Control Board – SWRCB) a autoridade para regular o uso da água, e uma decisão judicial posterior consolidou o entendimento de que esta autoridade só se aplicaria a outorgas emitidas a partir de então. Fala-se, portanto, em outorgas pré-1914, sobre as quais o estado tem poder muito limitado de regulação. Estes são hoje os direitos de uso mais seguros e, consequentemente, valiosos no estado.

Visitamos o distrito de irrigação de Turlock, que conta com cerca de 61 mil hectares irrigados, na bacia do rio Tuolumne, um tributário do rio San Joaquin. Esse distrito conta com dois reservatórios no alto da serra, além de um conjunto de canais. O distrito também gera energia hidrelétrica, sobretudo no reservatório de montante, e distribui

água para consumo em algumas localidades. O valor cobrado aos produtores é de US\$ 60 por acre irrigado ao ano, o que é considerado um valor bastante baixo. Isso porque o distrito conta com uma água muito segura, de forma que não precisa recorrer a outras fontes mais caras. Sua outorga (*water right*) data de 1883, portanto antes de 1914.

Além disso, predomina no perímetro do distrito a irrigação de culturas perenes (como pistache e amêndoas), sendo que 70% da área é irrigada por sulco e 30%, por micro-aspersão. A renda líquida média gerada com esse tipo de cultivo situa-se em torno de US\$ 3 mil dólares por acre (R\$ 42 mil por hectare/ano, considerando a cotação de R\$ 6/US\$).

Águas subterrâneas

Na serra costeira (Pacific Coast Ranges), há outras regiões produtoras de grande importância, que não estão conectadas ao sistema do Central Valley e que dependem predominantemente de águas subterrâneas. A regulação americana da água subterrânea também tem particularidades. Historicamente, houve o entendimento de que a hidrogeologia tem peculiaridades muito locais e que sua gestão deveria ser delegada às comunidades. Na prática, muitas regiões permitiam utilizar água subterrânea livremente, o que levou a rebaixamentos (*overdraft*) expressivos em vários aquíferos. Em 2014, entrou em vigor o Sustainable Groundwater Management Act (SGMA) – ou, em tradução livre, a Lei de Gestão Sustentável de Águas Subterrâneas –, que reiterou o entendimento de que a gestão dos aquíferos deveria ser local, porém estabeleceu o prazo de até 2040 para que todos os aquíferos de prioridades alta e média atinjam um equilíbrio entre uso e recarga, de modo a interromper o rebaixamento.

No quinto dia da missão, fomos ao vale do rio Salinas, uma das regiões que dependem integralmente de águas subterrâneas, onde foi possível visitar algumas áreas irrigadas, sobretudo de hortifrútis (alface, brócolis, couve-de-Bruxelas, salsão, morango), que são exportados para todos os EUA e vários países do exterior. A região conta com cerca de 75 mil hectares irrigados, e a visita foi conduzida por Michael Cahn, agrônomo extensionista da UC Davis, que explicou mais a fundo os desafios impostos pelo rebaixamento dos aquíferos, a intrusão de água salina nas áreas mais baixas e as regras impostas pelo SGMA.

Um grande desafio parece ser o de adoção de métodos de irrigação mais econômicos, sendo que predominam na região áreas de irrigação por sulco. A irrigação por métodos de superfície tem por consequência grandes quantidades de vazão de retorno, conduzidas por meio de drenos (cf. Figura 3). Constatou-se que parece haver um excesso de irrigação mesmo em áreas irrigadas por gotejamento, o que foi atribuído ao alto valor agregado das culturas ali irrigadas e à baixa profundidade de suas raízes, o que leva a uma alta sensibilidade destas ao estresse hídrico. Em outras palavras, o produtor prefere “pecar pelo excesso” no que diz respeito à irrigação, pois esta representa um custo relativamente baixo frente ao risco de perda de produtividade.

Figura 3 – Dreno com água de retorno em áreas irrigadas no vale do rio Salinas



| Fonte: acervo pessoal do autor.

O vale do rio Salinas foi dividido em sub-regiões para fins de atendimento ao SGMA. Na região mais próxima do oceano, denominada “Pressure”, o nível de salinidade da água subterrânea já limita muito a irrigação, de forma que tem sido usada água de reúso de esgotos.

Essa água é gerada por meio da estação de tratamento Monterey One Water, que foi visitada por nós na tarde do quinto dia, com condução do gerente de assuntos externos, Michael McCullough.

Essa estação opera desde a década de 1990, com capacidade de 30 milhões de galões/dia (com vazão média de 1.230 l/s). Inicialmente, objetivava tratar somente esgotos domésticos das cidades na baía de Monterey. No entanto, a demanda por água nessas regiões diminuiu muito com a adoção de caixas de descarga reduzida, as restrições à irrigação de jardins, os preços mais altos, entre outras medidas, de forma que a capacidade de projeto não seria atendida somente com o aporte de efluentes de esgoto doméstico. Por esse motivo, a companhia passou a buscar outras fontes de esgoto para reúso, passando a captar também esgotos pluviais e vazões de drenos de irrigação. Dessa maneira, o tratamento da água passa por várias fases, sendo que a maior parte do volume é destinado por adutora para as áreas de irrigação na área “Pressure”, após tratamento terciário (as tubulações de reúso são identificadas pela cor lilás, conforme pode ser observado na Figura 4).

Figura 4 – Área agrícola sistematizada para cultivo de hortaliças no baixo vale do rio Salinas



Fonte: acervo pessoal do autor.

Nota: a tubulação lilás indica atendimento por água de reúso.

Desde 2020, uma parte menor do volume passa por processos adicionais de osmose reversa (cf. Figura 5), ozonização e aplicação de raios ultravioleta, sendo que a planta somente para esse processo custou US\$ 50 milhões. Finalmente, a água tratada é reinjetada no aquífero, para ser captada pelas companhias de abastecimento.

Figura 5 – Filtros de osmose reversa



Fonte: acervo pessoal do autor.

Um aspecto importante é que, no vale do rio Salinas, coexistem em uma área muito próxima cerca de 60 mil hectares irrigados e um conjunto de cidades com um total de 280 mil pessoas, o que favorece muito a implementação de projetos como este de reúso na irrigação. No Brasil, não é tão comum encontrarmos áreas irrigadas próximas de centros urbanos, considerando que projetos similares teriam custos operacionais expressivos.

No sexto dia da missão, foi visitada uma outra área de irrigação, também atendida por águas subterrâneas, nas proximidades de Paso Robles. Essa área se dedica predominantemente à irrigação de vinhedos, em que predomina o método de gotejamento, em aproximadamente 16 mil hectares. Essa visita foi acompanhada por Mark Battany, professor aposentado de agronomia e atual consultor da empresa Land IQ, que presta serviços aos irrigantes da região.

Diferentemente das áreas de hortifrúti irrigadas por sulco, como as visitadas no dia anterior, a adoção de métodos localizados na irrigação de uvas predominou pelo fato de esta cultura ter raízes mais profundas e ser bem adaptada a eventuais déficits hídricos, sendo que estes costumam ser até favoráveis para a qualidade do vinho. Por outro lado, essa região encontra-se em uma situação mais crítica, pois também apresenta rebaixamento do aquífero e não conta nem mesmo com a alternativa de água de reúso. Assim, estima-se que será necessária uma redução de 20% da área irrigada. Nesse sentido, a empresa Land IQ foi contratada pelos produtores justamente para propor um plano de atingimento das metas do SGMA.

Mark Battany considera que a redução proporcional de 20% da demanda de todos os usuários não deve ser uma boa saída, uma vez que a lâmina de irrigação já é extremamente baixa (380 mm/ano, sendo que a evapotranspiração potencial é de 1.400 mm/ano), e uma redução aplicada a todos provavelmente acarretaria uma perda geral de qualidade e produtividade dos vinhos locais. O consultor afirmou haver uma oportunidade de mercado pelo fato de o consumo de vinho estar caindo no mundo, o que pode levar alguns usuários a abrir mão de seu uso mediante alguma compensação.

A Land IQ optou por iniciar seu estudo da área com uma quantificação bastante precisa das necessidades hídricas dos vinhedos, e, para isso, instalou torres de fluxo em vários vinhedos representativos (cf. Figura 6). A torre de fluxo mede o balanço de energia acima do cultivo, sendo que o resíduo desse balanço pode ser atribuído à sua evapotranspiração.

Figura 6 – Torre de fluxo na vinícola J. Lohr, em Paso Robles



| Fonte: acervo pessoal do autor.

Também foi visitada na mesma vinícola uma estação meteorológica do California Irrigation Management Information System (CI-MIS), o centro de meteorologia/climatologia da Califórnia (cf. Figura 7). Essa estação foi montada com base no padrão para a estimativa de evapotranspiração de referência, em uma área cultivada com gramínea bem irrigada e com cortes frequentes para manutenção de altura constante. A área de grama no entorno foi propositalmente ampliada para cerca de 3 hectares, para que se possa usar a estação na calibração de estimativas de evapotranspiração por satélite, no âmbito do projeto OpenET (uma área de referência maior é necessária para caber no pixel dos satélites usados neste projeto).

Figura 7 – Estação meteorológica do CIMIS em área de cerca de 3 ha (170 m x 170 m) de gramínea bem manejada para calibração de modelos de estimativa remota de evapotranspiração



Fonte: acervo pessoal do autor.

Imperial Irrigation District (IID) e rio Colorado

Por fim, os últimos dois dias de visita foram dedicados ao distrito de irrigação de Imperial Valley, localizado no deserto na fronteira com o México. Fomos conduzidos pelo superintendente de conservação de água Vince Brooke. Esse perímetro conta com mais de 200 mil hectares irrigados, onde predomina o cultivo de alfaça, mas também de hortifrúti e tâmara. Diferentemente das outras áreas do estado, em que, em geral, não há irrigação no inverno, no deserto se irriga o ano todo.

O IID utiliza água do rio Colorado derivada a partir da Imperial Dam, uma barragem de elevação na divisa com o estado do Arizona, pouco a montante do ponto onde o rio Colorado entra no México. A água é derivada nesse ponto para o All-American Canal, um canal que conta com 132 km de extensão e capacidade de 409 m³/s. Novamente, a to-

pografia favorece muito o transporte em distâncias dessa magnitude, uma vez que a maior parte do IID se encontra abaixo do nível do mar, enquanto o nível d'água em Imperial Lake é de 56 m.

Vince Brooke, que recebeu os participantes da missão, é coordenador de um dos programas de efficientização do uso da água no perímetro. Por meio desse programa, o All-American Canal foi revestido em concreto para redução de perdas por infiltração (desde sua inauguração, na década de 1930, até 2010, o canal era revestido em terra).

Outro programa desenvolvido na região é o de redução do consumo na irrigação, o que tem levado muitos produtores a migrar de irrigação por sulcos para aspersão ou gotejamento, por exemplo.

Ambos os programas são custeados por meio da venda da água economizada para o abastecimento urbano de San Diego, no âm-

bito de um programa denominado Quantification Settlement Agreement (QSA), assinado em 2003 após muita controvérsia. Nesse acordo, a cidade de San Diego paga US\$ 600 por acre-pé (equivalente a R\$ 3 reais por m³) economizado; planeja-se transferir um volume de 200 mil acres-pé por ano (cerca de 8 m³/s médios). Note-se que o valor pago por San Diego no QSA diz respeito somente à água, e não inclui os custos operacionais de adução até San Diego (a título de comparação, a tarifa de água paga pelo consumidor residencial de Los Angeles atualmente é de US\$ 13,2 por HCF (*hundred cubic feet*), o que, convertido, resulta em R\$ 28/m³).

O interessante é que essa compensação é feita no reservatório Havasu Lake, a mon-

tante da Imperial Dam; ou seja, a água economizada é transferida para San Diego via Colorado River Aqueduct, e, portanto, não chega a ser “despachada” até a Imperial Dam.

O outro programa, de efficientização da irrigação, também requereu investimentos grandes por parte do perímetro, pois a mudança para sistemas de aspersão fez com que os irrigantes passassem a irrigar somente no período diurno, devido a questões de manejo, criando um excesso de água no período noturno, que, por vezes, acabava extravasando as extremidades dos canais. Para receber excedentes de água em momentos de pouca demanda, foram construídos vários reservatórios de armazenamento (similares aos piscinões no Brasil) ao longo dos canais.

Figura 8 – Participantes da missão em frente ao reservatório para captura de vazões não armazenáveis do rio Colorado, no IID



| Fonte: acervo pessoal do autor.

Por fim, o distrito de irrigação está investindo também na automação das suas comportas, tendo adquirido dezenas de comportas automáticas (cf. Figura 9), que se ajustam a uma programação predefinida e têm sua abertura regulada sempre que há variações

de nível nos canais, permitindo a manutenção de uma vazão constante. Similarmente ao praticado no distrito de irrigação de Turlock, essa medida tenderá a proporcionar economias de água e uma cobrança mais isonômica dos irrigantes.

Figura 9 – Comporta de operação automática para vazão constante



Fonte: acervo pessoal do autor.

Nesse aspecto, cabe salientar que o distrito de irrigação de Imperial Valley tem um histórico antigo de monitoramento. Na entrada de sua sede, há cópias dos registros de abertura e fechamento de cada comporta desde 1921. Isso permite aos seus gestores um controle muito bom dos volumes utilizados e das perdas, entre outros índices. Em última análise, é o que permite ao perímetro tomar boas decisões quanto à utilização ou não de sua água, à necessidade de realização de programas de efficientização e às demais medidas para o uso dos recursos hídricos.

Conclusões

As conclusões que se extraem possuem três vertentes. Em primeiro lugar, em termos de **infraestrutura hídrica**, a Califórnia está realmente em um patamar muito avançado, o que permite que praticamente todo o estado esteja interligado no espaço e no tempo, em termos de sistemas adutores. É possível armazenar água do inverno, quando há excesso, para o verão, quando há déficit e a demanda é maior. Além disso, é possível transferir água do norte, região mais úmida, para o sul, região mais seca. Assim, todo estado da Califórnia pode ser considerado, na rea-

lidade, um “sistema hídrico único”, dada sua possibilidade de interligação e transferência de água entre praticamente todos seus principais mananciais.

Mais importante, parece haver uma boa sustentabilidade operacional dos sistemas, que operam há mais de meio século e estão em excelentes condições. Em todos os casos visitados pela missão, os beneficiados pagam pela operação e pela manutenção dos sistemas de água.

A Califórnia possui uma vantagem fisiográfica que é a sua topografia, composta por áreas planas e secas, cercadas de áreas montanhosas e úmidas, o que favorece o transporte de água por gravidade. Algumas áreas como o Imperial Valley estão abaixo do nível do mar, o que reduz os custos com bombeamento.

Uma segunda vertente diz respeito à **eficiência da irrigação**. Nesse aspecto, verifica-se que, na Califórnia, ainda predomina a irrigação por sulcos, aspecto no qual o Brasil parece estar à frente, visto que a irrigação por superfície só comparece em áreas pontuais.

Em que pese o professor Daniele Zaccaria ter afirmado que métodos de irrigação por superfície não são necessariamente mais perdulários do que os de irrigação localizada, parece haver, nesse aspecto, um espaço para grandes economias de água na Califórnia.

Aspecto esse que é, também, favorecido por questões fisiográficas (o terreno muito plano favorece a sistematização em nível) e históricas (a prática da irrigação no Central Valley é muito antiga e precede em boa parte a eletrificação das áreas rurais). Além disso, a escolha das culturas é um fator preponderante: o produtor tende a ser mais perdulário na irrigação de hortifrúti, dando preferência a culturas com sistema radicular curto, com alta sensibilidade ao estresse hídrico e de alto valor agregado (e, portanto, de grandes prejuízos, caso haja perda de produtividade). Mesmo em áreas de irrigação de hortifrúti por gotejamento, foi possível constatar um certo desperdício (cf. Figura 10). Em culturas que toleram ou que se beneficiam de um uso mais racional de água, como os vinhedos, foram verificadas lâminas muito menores.

Figura 10 – Cultivo de alcachofra sob gotejamento, com excesso de água na lateral



| Fonte: acervo pessoal do autor.

Uma terceira vertente, de maior interesse para a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), diz respeito à **regulação**. O ponto forte da regulação de recursos hídricos na Califórnia é sua descentralização, o que dá liberdade a iniciativas como reúso da água, transferências voluntárias de água entre usuários e, inclusive, redução de usos, se necessário. Em particular, no caso das águas subterrâneas, o gerenciamento tem um caráter muito local, que é favorecido pelo acesso às tecnologias e pela existência de centros de pesquisa muito próximos. Os planos de redução (como o SGMA) têm prazos longos para sua implementação, o que é favorecido pelo fato de que, no caso de águas subterrâneas, as consequências são mais lentas, dando tempo aos usuários para se organizarem e se adaptarem às exigências e circunstâncias.

É pertinente lembrar que a ANA tem tentado replicar algumas iniciativas de regulação inspiradas em parte na abordagem do oeste norte-americano, dando maior liberdade ao usuário para tomar decisões quanto ao risco hídrico. O programa QSA, que prevê a realocação da água economizada com a efficientização do distrito de irrigação para a cidade de San Diego, tem similaridades com a outorga com gestão compartilhada (OGC), iniciativa recentemente lançada pela ANA.

Por outro lado, a regulação de recursos hídricos na Califórnia por vezes é confusa, o que faz com que haja dificuldade para saber quem efetivamente tem direito ao uso da água. Co-

existem diferentes doutrinas, e algumas outorgas mais antigas constituem direitos tão consolidados que, mesmo se tratando de um bem público, estão sujeitos a pouca discricionariedade do poder público. Frequentemente, os conflitos ligados à água são resolvidos em tribunais, e não na esfera administrativa. É importante notar também que essa abordagem levou a externalidades importantes, como a intrusão salina, o assoreamento de rios e estuários, os impactos a espécies emblemáticas como o salmão, além de outros impactos ambientais de forma geral.

Cabe destacar também o papel que institutos de pesquisa, como a UC Davis, possuem no gerenciamento de recursos hídricos. O professor Daniele Zaccaria mencionou que o Departamento de Recursos Hídricos (DWR, na sigla em inglês) solicita periodicamente que a UC Davis atualize as estimativas de coeficiente de cultura (Kc) dos principais cultivos irrigados do estado. Do mesmo modo, a cada dois anos, o professor relatou que o departamento contrata a universidade para a realização de levantamentos por satélite da área irrigada por cultura e por estágio (por exemplo: pés de amêndoa recém-plantados, em desenvolvimento e em produção), de forma a se fazer o planejamento do atendimento à demanda hídrica frente à disponibilidade ao longo do ano seguinte. Assim, percebe-se que há uma cooperação entre o órgão gestor, institutos de pesquisa e entidades privadas para uma melhor tomada de decisão quanto ao uso dos recursos hídricos.



Foto: banco de imagens da Abid



Foto: acervo pessoal de Bruno Collischonn, em missão técnica à Califórnia.

Colaboraram nesta edição

AELTON BIASI GIROLDO

Biólogo, doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (UnB), professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Crateús. aelton.giroldo@ifce.edu.br

AFRÂNIO CESAR MIGLIARI

Engenheiro agrônomo, presidente executivo da Associação Brasileira da Produção Sustentável (Aprofir Brasil) e diretor de relações institucionais da Associação dos Produtores de Feijão, Pulses, Grãos Especiais e Irrigantes de Mato Grosso (Aprofir-MT), presidente da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Feijão e Pulses e da Câmara Temática de Agricultura Sustentável e Irrigação, ambas do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e presidente do Conselho Consultivo da Abid. executivo@aprofir.org.br

ANDRÉ LUÍS TEIXEIRA FERNANDES

Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade de Campinas (Unicamp) e mestre em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo (USP), pró-reitor de da Universidade de Uberaba (Uniuibe) e sócio fundador da C3 Consultoria e Pesquisa. andre.fernandes@uniube.br

ANTÔNIO MARCOS ROSADO

Engenheiro florestal, doutor e mestre em Melhoramento Genético pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), CEO da empresa de automação florestal Arontech e consultor em soluções florestais na empresa Florestal BR. marcos.rosado.br@gmail.com

ARTUR FRANÇA DANTAS

Graduando em Agronomia e técnico em Agricultura pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi. dantasartur10@gmail.com

BRUNO COLLISCHONN

Engenheiro civil, doutor e mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), coordenador de Regulação de Usos em Sistemas Hídricos Locais, da Coordenação de Marcos Regulatórios e Alocação de Água (COMAR/SRE/ANA). bruno.collischonn@ana.gov.br

BRUNO DO NASCIMENTO RODRIGUES SOARES

Graduando em Gestão de Tecnologia da Informação pela Faculdade de Petrolina (Facape). bruno.do.nrs@gmail.com

CARLA INGRYD NOJOSA LESSA

Técnica em Agropecuária, doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e mestra em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela mesma universidade. ingryd.nojosal@gmail.com

CATARINY CABRAL ALEMAN

Engenheira agrônoma, doutora em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo (USP) e mestra em Produção Vegetal pela Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), professora adjunta e chefe do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e diretora de relações institucionais da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). catariny@ufv.br

CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA

Engenheiro agrônomo, doutor em Ciências Agrárias (Fisiologia Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado pela University of California/US Salinity Laboratory, professor titular da Universidade Federal do Ceará (UFC). cfeitosa@ufc.br

CLOVES VILAS BOAS DOS SANTOS

Geógrafo, doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pós-doutorando em Agrometeorologia pela Embrapa Semiárido. clovesvilasboas@gmail.com

DARAN RUDNICK

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas e Biológicos pela University of Nebraska-Lincoln, professor e diretor do programa de irrigação sustentável da Kansas State University, coordenador dos programas Testing Ag Performance Solutions (TAPS) e Master Irrigator. drudnick@k-state.edu

DAVID SAMPEDRO SANCHEZ

Professor do Departamento de Geografía Humana da Universidad de Sevilla, com extensa pesquisa e publicação relacionadas a irrigação, gestão da água e estruturas e sistemas territoriais. sampedro@us.es

EDUARDO SANTOS CAVALCANTE

Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (UFC), professor da rede de educação do Ceará. educavalcanteufc@gmail.com

EMÍLIA DE SOUZA MUNIZ

Engenheira de alimentos, mestranda em Produção Vegetal no Semiárido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi. emiliamuniz@gmail.com

ERIC ROTHBERG

Engenheiro agrônomo, pós-graduado (MBA) em Negócios Internacionais pela California State University - Fresno, gerente comercial da Rubicon Water para a América do Norte, empresa global de tecnologia avançada para irrigação. eric.rothberg@rubiconwater.com

EUGÊNIO FERREIRA COELHO

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia de Irrigação pela Utah State University, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura e membro do corpo docente da pós-graduação do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (CCAAB/UFRB). eugenio.coelho@embrapa.br

EUSÍMIO FELISBINO FRAGA JÚNIOR

Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo (USP) e mestre em Irrigação e Drenagem pela mesma instituição, professor adjunto da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, coordenador do Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados (CinCi/UFU) e diretor executivo da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). eusimiofraga@ufu.br

EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI

Engenheiro agrícola, doutor em Manejo da Irrigação pela Universidade de Córdoba e mestre em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), professor titular sênior da UFV, ex-presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) e CEO da Irriplus e da Smart Grower. mantovani.everardo@gmail.com

FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ

Engenheiro agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo (USP) e mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), professor titular da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus Ilha Solteira, e host do PodIrrig, podcast de agricultura irrigada. fernando.braz@unesp.br

FILIFE DE MELLO SAMPAIO CUNHA

Cientista político e advogado, mestre em Direito pelas Faculdades Londrina, especialista em Gestão Pública pela Faculdade Fortium e em Gestão das Águas e Sustentabilidade dos Recursos Hídricos do Brasil pela Unyleya, graduado em Direito pelo Centro Universitário UniProcessus e em Ciências Políticas pela Universidade de Brasília (UnB), graduado em Direito pelo Centro Universitário UniProcessus e em Ciências Políticas pela Universidade de Brasília (UnB), ex-diretor da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e presidente do Instituto de Regulação, Inovação e Sustentabilidade (IRIS). filipemgm@gmail.com

FLÁVIO GONÇALVES OLIVEIRA

Engenheiro agrícola, doutor e mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), professor titular da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Campus Montes Claros, e diretor administrativo/financeiro da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). flaviogoliveira.ufmg@hotmail.com

FRANCISCO MARDONES SÉRVULO BEZERRA

Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (UFC), professor do Instituto Centro de Ensino Tecnológico do Ceará (Centec). mardonesagronomia@gmail.com

FRANCISCO MICHEL FREIRE DE SOUSA

CEO da empresa de automação e sensoriamento agrícola 3V3 Tecnologia. contato@3v3.com.br

GIUSEPPE SERRA SECA VIEIRA

Engenheiro agrônomo, secretário nacional de segurança hídrica do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) e servidor público federal admitido no cargo de perito federal agrário do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra). agenda.snsh@mdr.gov.br

GREGÓRIO GUIRADO FACCIOLI

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), professor da Universidade Federal de Sergipe (UFS) e diretor institucional da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). gregoriogf@academico.ufs.br

HANS RAJ GHEYI

Engenheiro agrícola, doutor em Ciências Agrônomicas pela Université Catholique de Louvain (UCL, Bélgica), com pós-doutorado em Ciências Agrárias pelo Institut Recherche pour le Développement, professor titular aposentado da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). hans@agriambi.com.br

HENDERSON CASTELO SOUSA

Engenheiro agrícola, doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e mestre na mesma área pela mesma universidade. castelohenderson@gmail.com

HIRAN MEDEIROS MOREIRA

Engenheiro agrônomo, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e pós-graduado (MBA) em Gestão Executiva pela Fundação Dom Cabral, CEO da empresa de irrigação por assinatura Iara. hiran.moreira@iara.agr.br

JAMILE RIBEIRO FRANÇA

Graduanda em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi. jamilyfranica07@gmail.com

JANE MARIA DE CARVALHO SILVEIRA

Engenheira agrícola, doutora em Engenharia Agrícola, Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pesquisadora científica do Instituto Agrônomo (IAC) de Campinas e subdiretora de treinamentos da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). jane.silveira@sp.gov.br

JAVIER TOMASELLA
Engenheiro de recursos hídricos, doutor e mestre em Engenharia Civil pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS), pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). javier.tomasella@inpe.br
JOÃO BATISTA RIBEIRO DA SILVA REIS
Engenheiro agrícola, doutor em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo (USP) e mestre em Engenharia Agrícola com ênfase em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e diretor de publicações da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). jbrsreis@epamig.br
JOÃO CARLOS CURY SAAD
Engenheiro agrônomo, doutor e mestre em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo (USP), professor da Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho" (Unesp), Campus Botucatu. joao.saad@unesp.br
JOÃO RICARDO RAISER
Administrador, mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), gestor governamental de fiscalização, controle e regulação do Estado de Goiás atuando na Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás, presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba). jrrgestor@gmail.com
JOHNATHAN RICHEDS DA SILVA SALES
Engenheiro agrônomo, doutorando em Engenharia Agrícola (Agricultura Irrigada Sustentável) pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e mestre na mesma área pela mesma universidade. jonnathanagro@gmail.com

JORDANA GIRARDELLO
Engenheira agrônoma, especialista em gestão hídrica e ambiental pela Universidade Federal de Goiás (UFG), assessora técnica de sustentabilidade da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e consultora em gestão ambiental. jordana.girardello@cna.org.br
JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS
Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade de São Paulo (USP), professor permanente do programa de pós-graduação em fitotecnia e do de manejo de solo e água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa). jfmdeir@ufersa.edu.br
JOSÉ LEÔNIO DE ALMEIDA SILVA
Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado em andamento pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa). leoncio100@gmail.com
LAÉCIO SANTOS PEREIRA
Graduando em Engenharia Agrônômica e técnico em Agricultura pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi. laeciopereira2017@gmail.com
LARRISA OLIVEIRA RÊGO
Advogada, diretora de irrigação do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR). larissa.rego@mdr.gov.br
LEANDRO LANCE
Engenheiro agrônomo, mestre em Agricultura e Ambiente pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), pós-graduado (MBA) em Gerência de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e especialista em Gestão da Inovação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), diretor comercial da Rivulis, empresa especializada em sistemas de irrigação. leandro.lance@rivulis.com

LUCAS SOUZA MAGALHÃES
Graduado em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi. lucasurandi@hotmail.com
LUCIANO SOBRAL FRAGA JUNIOR
Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo (USP) e mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Campus Itaituba. luciano.junior@ifpa.edu.br
LUIZ DIMENSTEIN
Engenheiro agrônomo, mestre em Agronomia pela Universidade Hebraica de Jerusalém e em Horticultura pelo Vulcani Institute, em Israel, especialista em fertirrigação, diretor da empresa de consultoria Fertirrigar, representante da ADOB Fertilizers/Nouryon e da Valudor no Brasil, empresas de fertilizantes especiais, e consultor de suporte e desenvolvimento de produtos para as empresas LiVa e Bio-Organic Catalyst. luiz.dimenstein@fertirrigar.com
MAGNA SOELMA BESERRA DE MOURA
Engenheira agrônoma, doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e mestra em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical. magna.moura@embrapa.br
MARCELO ROCHA DOS SANTOS
Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado pela Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), professor titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi. marcelo.rocha@ifbaiano.edu.br

MARCUS VINÍCIUS VIANA SCHMIDT

Engenheiro agrícola, mestre em Engenharia de Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), pós-graduado (MBA) em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), diretor internacional de vendas da Senninger – Hunter Agriculture Irrigation. marcus.schmidt@hunter.global

MARIA EMÍLIA BORGES ALVES

Engenheira agrícola, doutora em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e mestra em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), pesquisadora da Embrapa Cerrados e vice-presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). maria.emilia@embrapa.br

MAURO MOURA MÜZELL FARIA

Engenheiro agrônomo, assessor técnico do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), com experiência na gestão executiva de perímetros irrigados e na gestão de projetos. mauro.faria@senar.org.br

OTÁVIO NETO ALMEIDA SANTOS

Engenheiro agrônomo, doutor e mestre em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo (USP), professor do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e dono do @doutorotavioneto no Instagram. otavio.santos@uesb.edu.br.

PATRÍCIA COELHO DE SOUZA LEÃO

Engenheira agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e mestra na mesma área pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), pesquisadora da Embrapa Semiárido. patricia.leao@embrapa.br

PRISCILA SILVÉRIO SLEUTJES

Engenheira agrônoma, mestra em Proteção de Plantas pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) e especialista em Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas pela mesma universidade, produtora rural e subdiretora de eventos da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). prisleutjes@gmail.com

RENATO DA SILVA BATISTA

Graduado em Engenharia Agrônômica e técnico em Agricultura pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi. renato15silva2014@gmail.com

ROBERTA CAMILE DA SILVA LIMA

Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf). robertacsl@outlook.com

RODRIGO PARADA

Engenheiro mecânico, pós-graduado (MBA) em Administração, Negócios e Marketing pela Fundação Dom Cabral (FDC), CEO da Bauer do Brasil, diretor de vendas da Bauer para as Américas e diretor de marketing global do Grupo Bauer. r.parada@bauer-at.com

SALOMÃO DE SOUSA MEDEIROS

Engenheiro agrícola, doutor em Recursos Hídricos e Ambientais e mestre em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), professor do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pesquisador do Polo de Inovação do Instituto Federal da Paraíba (IFPB) e dono do canal @SalomaoMedeiros no YouTube. salomao.medeiros@polodeinovacao.ifpb.edu.br

SÉRGIO LUIZ RODRIGUES DONATO

Engenheiro agrônomo, doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado pela mesma universidade, professor titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), Campus Guanambi. sergio.donato@ifbaiano.edu.br

SÍLVIO CARLOS RIBEIRO VIEIRA LIMA

Engenheiro agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo (USP), secretário-executivo do agronegócio da Secretaria do Desenvolvimento Econômico (SDE) do Governo do Estado do Ceará e presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). abid@abid.org.br

VINÍCIUS DE OLIVEIRA REZENDE

Agrônomo, mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), professor da Universidade de Uberaba (Uniube) e das Faculdades Associadas de Uberaba (Fazu). msc.vinicius@gmail.com

VIVEK SHARMA

Professor assistente do Departamento de Engenharia Agrícola e Biológica da Universidade da Flórida (EUA), Ph.D. e M.S. em Engenharia de Sistemas Biológicos pela Universidade de Nebraska-Lincoln, especialista em Gestão de Precisão de Água. vsharma1@ufl.edu

CALENDÁRIO DE MISSÕES E EVENTOS Abid 2025

JUNHO

5 a 7

**Semana de Irrigação e
PEC Nordeste**
Fortaleza-CE

9 a 14

Bahia Farm Show
Luís Eduardo Magalhães-BA

16 a 20

Semana da Agricultura Irrigada,
com diversas ações da Abid pelo Brasil

JULHO

29 a 31

**Curso de manutenção de sistemas de
irrigação**
(local a definir)

AGOSTO

5 a 8

Fórum Brasil das Águas - REBOB

16 a 18

Curso de transientes hidráulicos
Campinas-SP

19 a 21

**Feira Internacional da Irrigação
Brasil (FiiB)**
Campinas-SP

SETEMBRO

15 a 19

Curso básico de irrigação localizada
IAC, Campinas-SP

OUTUBRO

28/9 a 10/10

Missão técnica à Espanha (Andaluzia)

NOVEMBRO

3 a 5

**XXXIV Conird e 9º Inovagri
International Meeting e V Simpósio
Brasileiro de Salinidade e Agricultura
Sustentável no Semiárido Tropical**
Fortaleza-CE

10 a 21

COP30
Belém-PA

11 a 14

Curso básico de transiente hidráulico
UNESP, Botucatu-SP

15 a 24

Missão técnica à Austrália (Rubicon)



**Você
arriscaria
sua irrigação?**

NORTÈNE

*Protegendo mais e
produzindo melhor
com responsabilidade.*



*A escolha de quem
entende do assunto!*



Fale conosco

EM QUALQUER CULTIVO,
PRODUZA MAIS COM MENOS



CITROS



CANA



CAFÉ



HF



GRÃOS



Associação dos Produtores de Feijão, Pulses, Grãos Especiais e Irrigantes de Mato Grosso



REPRESENTAÇÃO

A voz e a representação de seus associados em pautas públicas e privadas.



PROJETOS E EVENTOS

Execução de Projetos e Promoção de Eventos que criem valor para os associados



ARTICULAÇÃO

Articulação em pautas legislativa e administrativa



A APROFIR-MT valoriza a agricultura irrigada e promove ações para o desenvolvimento de:

- Feijão
- Grãos Especiais
- Pulses
- Irrigação

APROFIR-MT é associada ao:



Atua em pesquisa, desenvolvimento das culturas, apoio à gestão das associadas e outras atividades de acordo com o seu Estatuto.

contato@aprofir.org.br
WWW.APROFIR.ORG.BR
+55 (65) 3359.7485

Mais informações:
Escaneie-me!





Tecnologia para automatizar a gestão da água agrícola, com irrigação sob demanda

Nossas soluções em larga escala permitem que a eficiência do uso da água passe de 50% ou 60%, para 90% em áreas modernizadas.

Rubicon Water é uma empresa de Pesquisa e Desenvolvimento, com projetos instalados em 22 países, incluindo Chile, Argentina, Costa Rica, México e os mais importantes distritos de irrigação dos Estados Unidos.



rubiconwater.com

