Inovações no manejo de irrigação em gramados

Rubens Duarte Coelho[1], Jéfferson de Oliveira Costa[2], Timóteo Herculino da Silva[2]

[1]Professor Titular da ESALQ - USP / Departamento de Engenharia de Biossistemas.

[2]Pós-Doutorandos ESALQ - USP

Introdução

O manejo da irrigação em gramados para fins comerciais, paisagísticos e desportivos é uma atividade complexa, pois envolve objetivos bastante diversificados a serem atingidos: **a)** manejo da irrigação em gramados cultivados para venda de placas verdes; **b)** manejo da irrigação em gramados esportivos de alta tecnologia: estádios de futebol, campos de *golf* e de *polo*; **c)** manejo da irrigação em gramados esportivos de baixa tecnologia (escolas, clubes e associações); **d)** manejo da irrigação em condomínios residenciais de luxo, áreas comerciais, parques e praças públicas e **e)** manejo da irrigação em pequenas áreas verdes residenciais.

No caso específico de gramados paisagísticos, o manejo da irrigação visa uma boa aparência geral da área, já o cultivo de gramados para venda de placas, visa uma produção elevada de biomassa verde de alta qualidade. As necessidades hídricas na irrigação de áreas verdes em geral, são bastante variáveis, devido à natureza heterogênea das paisagens, tipos de vegetação, influência dos edifícios e aplicação de adubos e defensivos na área.

O presente texto apresenta um relato sobre o "*estado da arte*" na irrigação de gramados, posteriormente, abordará o manejo da irrigação de gramados para fins paisagísticos, e para finalizar, apresentará orientações sobre o manejo da irrigação em gramados cultivados para fins de comercialização de placas verdes.

Considerações sobre irrigação de gramados

Em termos de *Engenharia de Irrigação* de gramados paisagísticos, diversos equipamentos têm sido utilizados para esta finalidade em função da ordem de grandeza e especificidades dessas áreas irrigadas (GIACOIA NETO, 2021). Os principais fabricantes mundiais desses equipamentos: *Rainbird, Hunter, Toro* e *Weathermatic*, localizam-se nos *Estados Unidos*, país este que possui a maior área irrigada de jardins do mundo, com aproximadamente 16,4 milhões de ha (MILESI, 2005). Em média, uma residência de classe média-alta americana, possui entre 400 a 500 m^2 de jardins, sendo que o consumo hídrico da área paisagística, representa em torno de 60 - 70% do consumo hídrico anual da residência.

Para irrigação de gramados desportivos e residenciais, os sistemas por aspersão convencional do tipo fixo, tem sido os mais empregados comercialmente. O sistema de irrigação por gotejamento enterrado, embora já esteja disponível comercialmente a vários anos no mercado paisagístico, tem sido pouco empregado em escala comercial, limitando-se à pequenas áreas residenciais e aos projetos de

reuso de águas servidas, onde evita-se o contato direto destas águas com animais e pessoas que estejam transitando ou brincando sobre estes gramados.

Na produção de gramados para fins comerciais em grandes áreas, os sistemas de irrigação por aspersão dos tipos autopropelido e pivô central, são os mais empregados, pois apresentam níveis de automação elevados, possibilitando o manejo da irrigação com maior eficiência operacional, utilizando pouca mão de obra, com base em sistemas de controle automatizados.

Os gramados implantados para fins de comercialização de placas de gramas (áreas mais extensivas), estão sujeitos às questões de variabilidade espacial da fertilidade do solo, de ervas daninhas, de diferentes tipos de solos: textura e retenção de água, declividade do terreno e posição do lençol freático. Esta variabilidade natural da área em termos físicos e químicos, induz uma variabilidade no crescimento vegetativo deste gramado, fazendo com que o requerimento de irrigação na área não seja uniforme (TAPPARO et al., 2019). Técnicas modernas de agricultura de precisão, com base no mapeamento aéreo de índices de vegetação (ex: NDVI) ou temperatura das plantas, têm sido utilizadas para delineamento de zonas de manejo da irrigação em gramados, visando otimizar o uso da água em sistemas de irrigação de precisão em equipamentos do tipo pivô central (COELHO, 2021).

Os gramados desportivos de alta tecnologia em estádios desportivos, são formados a partir do estabelecimento de um solo artificial, multicamadas, uniformemente criado sobre a área, utilizando todo conhecimento disponível para o adequado fornecimento de nutrientes e água para as plantas, com ótima capacidade de drenagem (sistemas a vácuo), evitando o encharcamento da superfície desses gramados durante eventos extremos de chuvas. Em função da uniformidade do solo e da qualidade da grama implantada nesses gramados desportivos, o manejo da irrigação é facilitado, pois a área possui uma ótima uniformidade em termos de profundidade radicular das plantas, fertilidade do solo e incidência de radiação solar. Cuidado especial deve ser dado às áreas de pisoteio mais intensivo, principalmente durante as sessões de treinamento técnico, para que os gramados nas proximidades das traves (gols) não fiquem com crescimento prejudicado e diferenciado das demais partes do campo; caso estas áreas de pisoteio intensivo precisem de troca constante das placas de grama, um sistema de irrigação dedicado à essas áreas deve ser previsto, de tal modo a otimizar o uso da água no "pegamento" destas placas, evitando irrigar em excesso as demais áreas aonde não seja necessário o replantio de placas.

O manejo da irrigação em gramados residenciais é um caso a parte a ser analisado. Na maioria das vezes a implantação do gramado é efetuada sobre uma área, cuja superfície foi sistematizada por cortes e aterros do terreno original e em algumas situações com a presença de entulhos da obra, de modo que a uniformidade do solo em termos físicos e químicos não é assegurada. A troca do solo para uniformização do meio poroso é muito cara e trabalhosa de ser feita a nível residencial, pois o volume de solo envolvido é muito grande, um gramado de 200 m^2 com 50 cm de profundidade irá resultar um volume de solo de 100 m^3 a ser escavado e preenchido novamente. Uma despesa desta magnitude no final da obra residencial não é suportada pela maioria dos novos proprietários. Sendo assim, será necessário

manejar a irrigação deste gramado na condição de solo variável, o que é um desafio extra aos novos irrigantes urbanos.

Na condição residencial, dois outros desafios se apresentam ao manejo da irrigação de gramados a longo prazo: a presença de animais domésticos (cachorros) que ocasionam danos diretos aos gramados (buracos cavados) e a presença de muros elevados nas vizinhanças que resultam sombras de geometria variável sobre os gramados em função da hora, da época do ano e da orientação espacial do imóvel. Os projetos de irrigação com sistemas por aspersão fixos, são idealizados para aplicarem uma lâmina de irrigação uniforme em toda a área verde (SAAD, 2021), deste modo, ocorre desperdício de água, quando se tenta irrigar somente as áreas com novas placas de gramas plantadas para tampar os buracos de animais, ou para irrigar a porção de gramado mais exposta ao sol que apresenta um maior déficit hídrico, quando comparada às áreas de sombra (Figura 1).

Em condições tropicais, a irrigação sob déficit (BASSOI, 2021; TROUT et al., 2020), deve ser muito bem manejada, pois nos períodos mais secos e frios do ano, quando os gramados ficam menos exuberantes, ervas daninhas podem crescer de modo exacerbado no paisagismo, tomando conta da área, de modo a sufocar ou até mesmo matar a grama original. Deste modo, a irrigação sob déficit em gramados no período mais frio e seco do ano, deve ser recomendada com cautela, quando a presença de ervas daninhas for significativa na área gramada ou em situações de uso deplacas verdes de baixa qualidade (Figura 1).

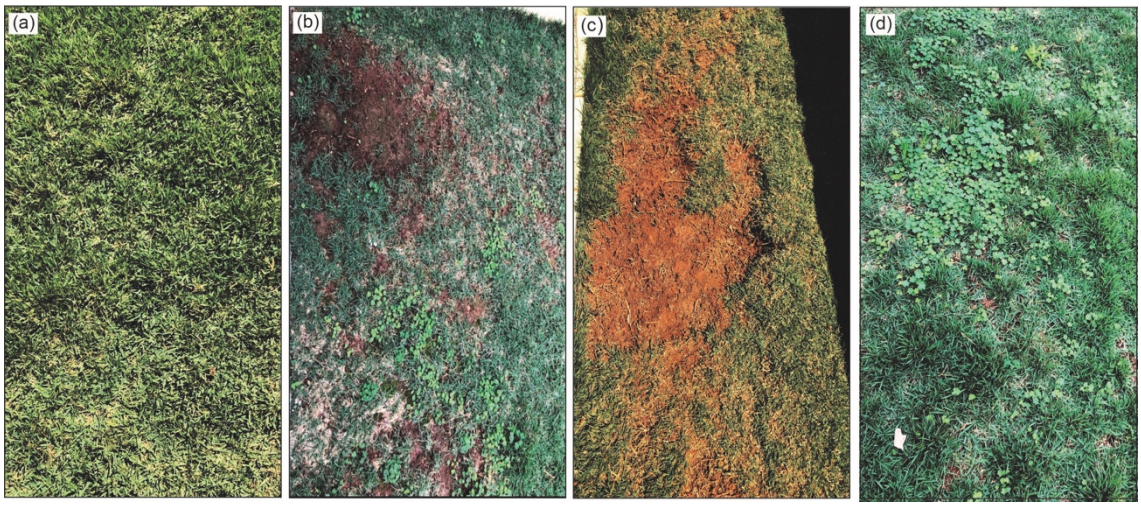

Figura 1. Visual de gramados residenciais de grama esmeralda em condições variáveis: a) gramado em ótimas condições nutricionais e hídricas, b) gramado próximo de muros com sombra persistente ao longo do ano, evidenciando falhas e o crescimento de ervas daninhas mais adaptadas ao sombreamento, c) danos causados aos gramados por animais de estimação / buracos de cachorros e d) ervas daninhas oportunas nos períodos mais secos e frios do ano, com irrigação sob déficit, visando atender economia de água solicitada pela prefeitura da cidade.

Dada a complexidade técnica do que se apresenta acima, pode-se supor que muito se fala na "teoria" e pouco se faz na "prática" com relação ao manejo da irrigação de gramados ao redor do mundo. Poderia ser mais um dos casos, onde se diz que "*na prática a teoria não funciona*", porém, o presente texto tem como objetivo,

apresentar de maneira mais didática a teoria já existente, acrescentando alguns detalhes técnicos e operacionais imprescindíveis no sucesso do manejo da irrigação, visando contribuir para o uso racional dos recursos hídricos e energéticos do país na irrigação de gramados.

Distingue-se no Brasil dois tipos de irrigação em gramados, uma de caráter suplementar, própria das regiões úmidas para suprir eventuais deficiências hídricas do solo decorrentes de veranicos ou períodos de estiagem prolongados, e outra de caráter obrigatório própria das regiões semiáridas. A irrigação suplementar em regiões úmidas é mais difícil de ser manejada com precisão, pois a ocorrência de chuvas e a nebulosidade variável típica destas regiões, requer um padrão variável de manejo da irrigação, o que é uma condição mais dinâmica de manejo.

Aprender a manejar a irrigação é como aprender a guiar um carro em uma *auto-escola*, antes de mais nada é preciso passar por um curso teórico para que se possa aprender os princípios básicos do equipamento de irrigação instalado e dos equipamentos de controle disponíveis para manejo da irrigação. Posteriormente com base nesse conhecimento mínimo e com a supervisão a distância de um instrutor, dá-se início ao manejo da irrigação no campo. As informações coletadas e os procedimentos adotados devem ser registrados e compartilhados mensalmente com o instrutor, para que este possa conferir se o irrigante está conseguindo colocar em prática os conhecimentos teóricos adquiridos. Passado este período de *irriga-escola*, o irrigante estará apto a mudar as marchas da irrigação por conta própria (http://tensiometro.com.br/gallery.html).

As diretrizes básicas para se iniciar um programa de manejo da irrigação com sucesso são: 1) ter consciência da importância econômica e ambiental de não desperdiçar água, energia e adubos, 2) estar disposto a investir em recursos humanos e treinamento e 3) ter disponibilidade de tempo para administrar o manejo da irrigação.

A implementação da tecnologia da irrigação envolve três etapas básicas: projeto, instalação e manejo. A etapa de projeto consiste em um processo em que um conjunto de técnicas e princípios agronômicos e hidráulicos são utilizados para definir um sistema de irrigação com suficiente detalhamento técnico, que possibilite sua concepção virtual, para posterior análise da viabilidade técnica-econômica de sua implantação. A instalação consiste na concretização física do projeto elaborado e aprovado, e finalmente o manejo possibilita assegurar que o sistema de irrigação implantado alcance o desempenho esperado, otimizando os recursos associados ao projeto (água, energia e outros insumos aplicados via água de irrigação) e resultando um gramado com as características desejadas de uniformidade, qualidade e produtividade.

Com relação aos métodos disponíveis para se manejar a irrigação em gramados para fins comerciais e paisagísticos, pode-se agrupá-los em três categorias: 1) métodos baseados na quantificação da evapotranspiração de referência (dados históricos ou estação meteorológica) 2) métodos baseados em sensores de tensão e umidade do solo: tensiômetros e sensores capacitivos de umidade do tipo FDR respectivamente; e 3) métodos baseados em sensores remotos: imagens de satélites e drones.

Mais recentemente (ALLEN et al., 2020), apresentaram uma nova abordagem no cálculo da evapotranspiração para fins de paisagismo no qual o coeficiente de paisagem (KL), equivalente a um coeficiente de cultura (Kc) é dividido em quatro componentes: tipo de vegetação, densidade de vegetação, microclima e estresse gerenciado. Cada um desses componentes pode ser estimado usando descrições qualitativas. A abordagem apresentada pode ser incorporada em aplicativos de software e controladores de irrigação inteligentes para produzir estimativas de consumo de água aprimoradas para a programação de irrigação de jardins e estudos de demanda de água no meio urbano.

Quando uma determinada metodologia de manejo de irrigação de gramados não atinge os resultados esperados em termos de qualidade e produtividade, é porque o irrigante está cometendo algum erro metodológico que prejudica o sucesso no cultivo ou manutenção das placas verdes. Não é propósito deste texto apontar ao leitor qual a melhor metodologia a ser adotada em cada caso particular, pois isto já tem sido objeto de discussão há muitos anos na comunidade científica e ainda não se chegou à uma conclusão definitiva e unânime sobre a questão.

O presente texto tem como objetivo, apresentar detalhadamente algumas das técnicas de manejo da irrigação de gramados que os autores consideram mais apropriadas e com maior probabilidade de sucesso; seria muita pretensão, escrever um texto enfocando todas as metodologias existentes para o manejo da irrigação de gramados, além de se tornar um material muito extenso, poderia correr o risco de tornar-se superficial em sua essência.

Manejo da irrigação de gramados para fins paisagísticos: residências, shoppings, parques e jardins

Nos últimos 10 anos, avanços significativos foram feitos com base na automação de irrigação em gramados para fins paisagísticos, em função de novos controladores eletrônicos conectados à internet (Wi-Fi), disponíveis no mercado de equipamentos de irrigação jardins, de tal modo, que os usuários destes sistemas podem controlar facilmente sua irrigação de jardim à distância, através de aplicativos em smartphones, tablets ou computadores.

Embora o controlador esteja mais fácil de ser programado remotamente, o "*tempo de irrigação*" de cada zona de manejo no controlador, ainda é definido pelo usuário. O critério adotado pelos usuários para definição deste tempo de operação é bastante variável; muitos se baseiam na aparência visual do gramado para definição deste tempo, outros por não saberem operar o controlador, adotam o valor inicial estipulado pelo instalador do sistema, sendo que a maioria, não possui conhecimento técnico com relação à definição destes tempos de irrigação, fato esse que torna o manejo dessas áreas uma prática não usual.

O que temos recomendado para os irrigantes de gramados paisagísticos que nos procuram aqui na ESALQ - USP, é que a definição destes tempos de irrigação aqui no Brasil, seja feita com base nos dados históricos probabilísticos de evapotranspiração de referência da região ou então, com base nos dados reais de evapotranspiração medidos por estações meteorológicas locais.

Observa-se que o uso de dados históricos probabilísticos de evapotranspiração de referência (ETo) na irrigação de gramados, é mais fácil de ser implementado no manejo da irrigação. Temos disponibilizados estes dados históricos de ETo para todas regiões e cidades do Brasil, com base em séries históricas diárias de 30 anos de dados. Segue na Figura 2, um exemplo de dados históricos para manejo da irrigação de gramados na cidade de Piracicaba – SP. Para outras regiões, acessar o link: http://tensiometro.com.br/main.html .

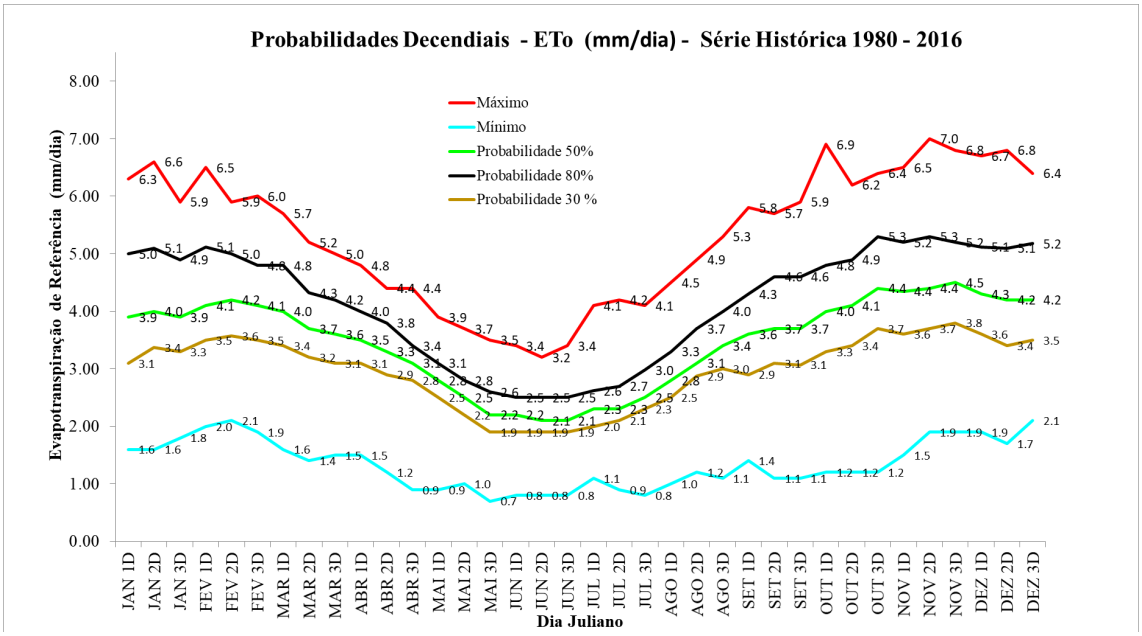

Figura 2. Dados probabilísticos decendiais de evapotranspiração (mm/dia) para o manejo da irrigação de gramados na cidade de Piracicaba / SP: Valores máximos, mínimos e para probabilidades de 30, 50 (média) e 80%.

Os valores médios decendiais de evapotranspiração (mm/dia) para o manejo da irrigação de gramados na cidade de Piracicaba / SP, em todos os meses do ano, podem ser visualizados na curva de cor verde da Figura 2 (50% de probabilidade). Caso o irrigante deseje economizar água no sistema de irrigação de gramados (irrigação sob déficit moderado), recomenda-se adotar os valores na curva de cor mostarda (30% de probabilidade). Caso o irrigante não esteja preocupado com o gasto de água e deseje um gramado impecável, recomenda-se adotar os valores na curva de cor preta (80% de probabilidade). Nos dias em que ocorrerem chuvas na área irrigada, se o controlador estiver com o sensor de chuvas ativado, ele automaticamente irá suspender a irrigação por um certo número de dias, que pode ser programável no controlador, em função do tipo de solo, com base na capacidade de água disponível do solo (CAD) estimada pela "curva de retenção do solo" e pelo nível de evapotranspiração decendial do período considerado.

Uma outra opção mais refinada de manejo da irrigação de jardins paisagísticos, é a combinação da programação dos dados históricos de evapotranspiração no controlador com o uso de sensores de umidade do solo para ativação da chave "by-pass" no controlador, ou seja: o controlador está programado para fazer a irrigação histórica calculada, porém o sensor de umidade do solo

conectado ao controlador, libera o acionamento desta programação, somente se a umidade estiver abaixo de um valor pré-estabelecido na programação. Deste modo, evita-se a irrigação excessiva na área, em função das aproximações e considerações que são feitas neste método simplificado de manejo da irrigação. O posicionamento correto desses sensores de umidade de solo, em locais adequados do gramado, de modo a amostragem de maneira adequada a umidade média na área, é ponto crítico no sucesso dessa metodologia.

Os projetos de irrigação de jardim, normalmente operam de quatro a oito zonas de manejo da irrigação sequencialmente. Se as zonas de manejo de irrigação possuem o mesmo dimensionamento hidráulico dos emissores, em termos de espaçamento e vazão dos bocais, a taxa de aplicação de água (mm/hora) é constante nas zonas de manejo, o que facilita a introdução dos tempos de irrigação no controlador. Caso a taxa de aplicação de cada zona de irrigação seja diferente, será necessário recalcular os tempos de irrigação para cada zona irrigada separadamente.

Recomenda-se introduzir no controlador, os valores de tempo de irrigação de cada zona de manejo, correspondentes à maior lâmina de irrigação a ser aplicada no decêndio mais crítico do ano. No exemplo da cidade de Piracicaba – SP (Figura 2), considerando-se uma irrigação com 30% de probabilidade, visando economia de água, o terceiro decêndio de novembro, apesenta o maior valor diário de evapotranspiração no ano: 3,8 mm. Caso a taxa de aplicação líquida do equipamento seja de 15 mm/hora em todas as zonas de irrigação, deve-se programar o controlador para irrigar diariamente, 15,2 minutos cada zona de irrigação, ou seja: 3,8 mm / 15 mm/hora . 60 min/h.

O tempo de 15,2 min deve ser tomado como a referência 100% e inserido em todas as zonas de irrigação do controlador. Para os demais decêndios do ano, deve-se fazer uso da função "percentagem" do controlador, de modo que para o segundo decêndio de junho (1,9 mm) o controlador com a função "percentagem" ativada em 50%, automaticamente irá irrigar metade da lâmina inicial programada de 3,8 mm. A vantagem de uso desta função "percentagem" é não precisar reprogramar individualmente o tempo de irrigação de cada zona de irrigação a cada decêndio do ano, bastando apenas alterar um único valor percentual.

Para os norte americanos, esta função "percentagem" do controlador de irrigação de jardim, pode ser ativada no modo automático via internet, de modo que um sistema de orientação ao irrigante residencial, oferecido gratuitamente pela indústria de irrigação, altera continuamente este valor percentual, com base em uma rede de estações meteorológicas automatizadas que estejam nas proximidades da residência irrigada. Este sistema americano mais "inteligente" de manejo da irrigação via internet, tem proporcionado economia significativa no manejo da irrigação de gramados residenciais americanos, diversos estudos científicos têm sido conduzidos para quantificar esta economia gerada, que fica em torno de 25% a 65%. Em geral, quanto mais chuvoso for o período analisado, maior a economia de água (65%), sendo que nos períodos mais secos do ano a economia é menor (25%).

Manejo da irrigação de gramados para fins de produção de biomassa / venda de placas verdes

As tecnologias de manejo de irrigação para apresentarem uma maior eficiência na aplicação de água em gramados são intensivas no uso de informação. Estas tecnologias são mais trabalhosas para serem implementadas a nível de campo, absorvendo esforços consideráveis dos serviços de extensão de órgãos públicos e de empresas de consultoria que exploram este segmento de mercado. Não existem estatísticas nacionais disponíveis, da área de gramados irrigados monitorada por essas empresas de manejo da irrigação.

Pesquisas com agricultores irrigantes sobre o manejo da irrigação são realizadas a cada cinco anos pelo *Serviço Nacional de Estatísticas Agrícolas Americana* (USDA), fornecendo uma visão geral das tecnologias de programação de irrigação nos EUA. As últimas duas pesquisas foram realizadas nos anos de 2013 e 2018 (TAGHVAEIAN et al., 2020). Os resultados evidenciam que existem diferenças notáveis nas estratégias de manejo da irrigação entre os 20 principais estados com agricultura irrigada nos EUA (Figura 3).

Os três maiores estados americanos em termos de área irrigadas são adeptos do manejo da irrigação "via sensores de umidade do solo": Nebraska (31%), Mississippi (27%) e Califórnia (23%). Já a maior discrepância no método de manejo da irrigação ocorreu com base na programação do distrito de irrigação, variando de 0% na Geórgia e Louisiana para 48% em Utah. O uso do balanço hídrico de água no solo, foi mais comum em Kansas (23%), Nebraska (17%) e Utah (14%). A adoção de outros métodos de manejo foi altamente variável entre os 20 estados analisados (TAGHVAEIAN et al., 2020).

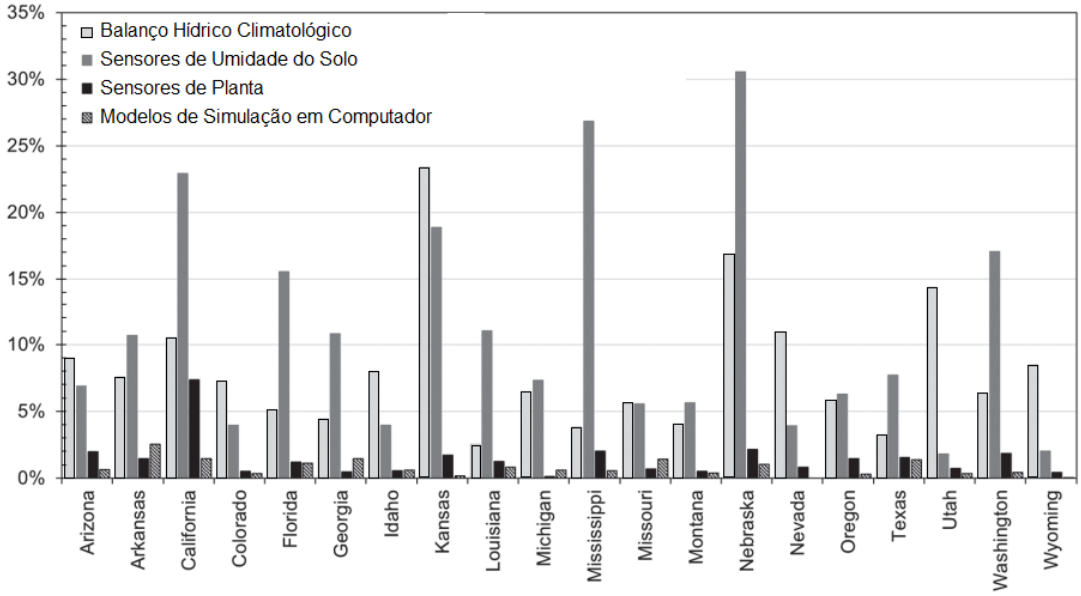

Figura 3 . Metodologias utilizadas no manejo da irrigação nos EUA (TAGHVAEIAN et al., 2020).

Um fator chave que desempenhou um papel importante no sucesso de Nebraska no manejo da irrigação foi a implementação da *Rede de Manejo de Água*

na Agricultura AWMN (https://water.unl.edu/category/nawmn). Essa rede é a maior e o mais duradouro programa de gerenciamento de irrigação nos EUA, contando com mais de 1.600 parceiros ativos (produtores, consultores agrícolas, agências estaduais de água e irrigação distritos), impactando mais de 1,3 milhão de ha de terras irrigadas e reduzindo a retirada média de água de irrigação em 55 mm anualmente (Irmak et al., 2010).

Nos últimos 15 anos, destaca-se no Brasil o surgimento de empresas de consultorias focadas na prestação de serviços em manejo de irrigação. Essas empresas atuam basicamente no manejo da irrigação por pivô central, com base em métodos climatológicos de balanço hídrico da água no solo, estações meteorológicas automatizadas e coeficientes de cultura integrados em softwares nacionais de gerenciamento da irrigação com base nessas informações.

Em níveis nacional e mundial, observa-se o surgimento de diversas plataformas públicas e privadas de manejo da irrigação, gratuitas e pagas, que estão competindo com essas empresas nacionais. KanSched é um software gratuito e fácil de usar para estabelecer o manejo da irrigação (www.bae.ksu.edu/mobileirrigationlab). KanSched tem várias versões para atender às necessidades e plataformas dos usuários, incluindo Excel (KanSched1), autônomo (KanSched2), versões baseadas na web (KanSched3) e de aplicativo móvel (KanSched4, disponível em breve) (ROGERS, 2012).

O aplicativo baseado na web WISE desenvolvido na Colorado State University (http://wise.colostate.edu/) pode ser usado para programar irrigações em campos individuais (ANDALES et al., 2014). Outro exemplo é o aplicativo baseado na web CropManage que está disponível na Califórnia (https://cropmanage.ucanr.edu); este aplicativo iniciou-se com aplicações em culturas de ciclo curto (hortaliças) e se expandiu para culturas perenes (forrageiras e pomares).

Uma ferramenta estratégica para o aumento da eficiência do uso da água em gramados é o melhoramento genético das plantas. Ao se incorporar no material genético as características mais propícias ao uso eficiente da água, basta o produtor ter acesso a essa nova variedade de grama que a transferência de conhecimento é automática, pois ela encontra-se encapsulada no material genético das plantas. Em função desta particularidade, o melhoramento genético de gramados apresenta um alto potencial mercadológico, sendo que diversas empresas nacionais e multinacionais atuam neste segmento de negócio, visando a obtenção de gramados mais resistente à seca e mais eficientes no uso da água de irrigação e chuvas.

O ritmo de crescimento dos gramados em função da época do ano, do nível de adubação, da altura da grama, assim como, da resistência estomática à transpiração das plantas é bastante variável em função do tipo de grama. O maior desafio dos métodos de manejo via balanço hídrico no solo é a necessidade de se efetuar ajustes no tradicional valor do coeficiente de cultura de gramados (Kc = 1), em função dos tipos de gramas que se está irrigando: *Esmeralda, Santo Agostinho, Esmeralda Imperial, São Carlos, Bermudas Tifway, Bermudas Tifdwarf; Bermudas Celebration, Zeon Zoysia, Geo Zoysia, etc.*

Observa-se mais recentemente um movimento destas empresas de consultoria em manejo da irrigação em incorporarem em seus protocolos técnicos, a instalação de sensores de umidade do solo nas áreas irrigada, para aferirem os

coeficientes de cultivos utilizados em seus balanços hídricos, por exigência de uma maior precisão no manejo da irrigação por parte de seus clientes mais técnicos, que em alguns momentos não estão confiando plenamente no método de balanço hídrico climatológico adotado, em função do uso de valores de Kc que não foram calibrados em suas condições de solo, clima e variedade de grama plantada, resultando em uma qualidade de gramado inferior ao desejado.

Para se calibrar esses valores de Kc no campo, deve-se utilizar sensores de umidade no solo, para checar a consistência do balanço hídrico com base em valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) das estações meteorológicas. Destacam-se entre os sensores de umidade do solo, os tensiômetros, as sondas TDR e a sondas de capacitância FDR. Os tensiômetros são os equipamentos mais sensíveis e confiáveis na faixa úmida do solo, entre potenciais mátricos de -1 a -10 kPa, sendo mais indicados para a irrigação plena em áreas de irrigação por gotejamento. Por outro lado, as sondas TDR e FDR indicam com precisão potenciais mátricos no solo mais baixos, entre -10 a -100 kPa, quando calibradas adequadamente em laboratório para o solo em que serão instaladas, sendo indicados para a irrigação plena e por déficit em sistemas de aspersão do tipo pivô central, autopropelido, convencional e no monitoramento de áreas de sequeiro.

A indústria nacional de sensores de umidade do solo tem feito progressos significativos, nos últimos 15 anos, disponibilizando equipamentos de qualidade a preços competitivos (www.tensiometro.com.br). Algumas destas empresas disponibilizam *know-how* e *know-why* mais avançados em termos de calibração de sensores capacitivos (Figura 4), laboratórios para determinação de curvas de retenção de água no solo e sistemas automáticos de aquisição de dados integrados em plataformas "*cloud*", de modo tal, a suprirem a demanda por serviços mais especializados em agricultura digital - IoT (*Internet of Things*).

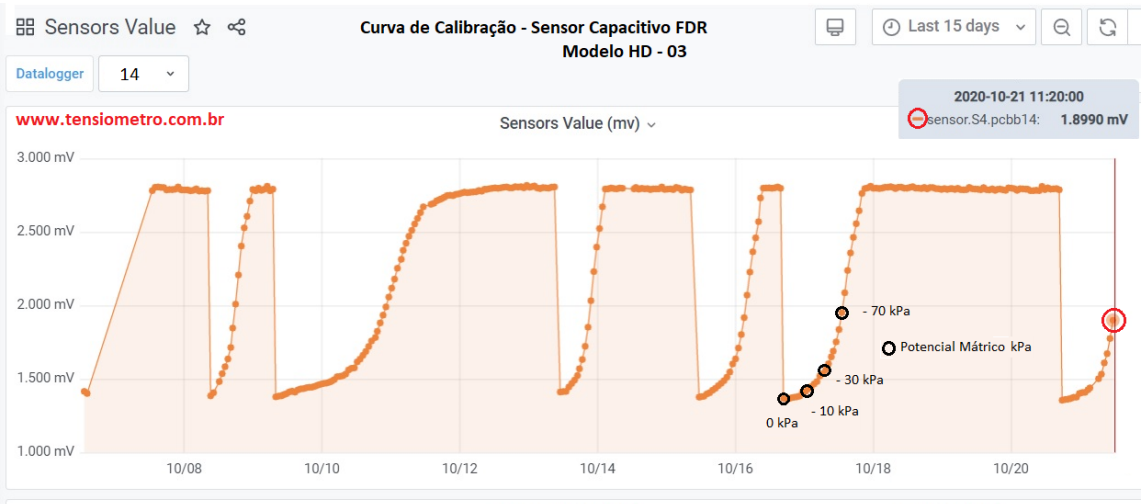

Figura 4. Curva de calibração de sensor capacitivo tipo FDR, em função do sinal de saída (volts) e do potencial mátrico da água no solo via IoT / LORA (Cortesia: Empresa Hidrodinâmica Irrigação).

Recentemente, um trabalho de pesquisa conduzido em Nebraska (SHARMA; IRMAK; KUKAL, 2021), analisou nove sensores de umidade do solo (sondas TDR e FDR),

mostrando que a adequação dos sensores pode diferir quando diferentes métricas são empregadas. Os resultados apresentados enfatizam a necessidade de calibração e de avaliação desses sensores de umidade do solo, com base em critérios práticos e orientados para a aplicação de manejo da irrigação. A classificação da eficácia dos sensores e a incerteza associadas ao seu uso, permitiram identificar os melhores sensores para o manejo da irrigação.

Nos últimos 2 anos, a maioria das empresas de consultoria em manejo da irrigação no Brasil, incorporaram ferramentas de sensoriamento remoto, para monitoramento destas áreas irrigadas, de modo a identificar com base em imagens de satélites, problemas de uniformidade de irrigação em equipamentos pivô central (padrões circulares) e alterações abruptas nos índices vegetativos do dossel das plantas, de modo remoto, em grandes áreas e em tempo real (inteligência artificial). Essas imagens aéreas podem ser usadas na orientação da instalação de sensores de umidade dentro da área irrigada, identificando pontos estratégicos no terreno para uma amostragem mais representativamente do valor médio de umidade do solo na área gramada.

A integração de diferentes métodos de manejo da irrigação, tende a resultar em estimativas mais precisas do consumo hídrico de gramados. A programação da irrigação baseada em diferentes estratégias é mais assertiva na quantidade de água e no momento mais oportuno sem comprometer a qualidade do gramado. Segundo pesquisa realizada nos EUA (2019/2020), a integração dos métodos de manejo da irrigação em gramas da espécie *Zoysia japonica* resultou em economia de água de 66% a 81% em comparação com uma programação tradicional de irrigação baseda em uma única metodologia (DYER et al., 2022).

Considerações finais

Os engenheiros agrônomos e agrícolas que trabalham com projetos e manejo da irrigação de gramados são qualificados de forma única para integrar as informações de clima, solo, água, fisiologia da planta e mais importante, identificar as interações desses fatores com sistemas de irrigação, maquinários e outros sistemas integrados. Além disso, a agricultura irrigada moderna usa tecnologias avançadas em rápida expansão, incluindo sistemas de controle automatizados e sensores avançados com base em aplicativos e armazenamento de dados na "nuvem" (cloud).

Esses profissionais podem usar seus conhecimentos de engenharia para sintetizar conhecimentos e habilidades de várias disciplinas (agricultura, computação, elétrica, eletrônica e economia), desenvolvendo tecnologias e programas educacionais para apoiar a adoção de práticas avançadas apropriadas na irrigação de gramados. É imperativo que aumentemos os esforços para treinar e equipar essa geração de engenheiros de irrigação, de modo tal que eles possam transmitir esses conhecimentos aos agricultores irrigantes de gramados e aos usuários residenciais, visando o manejo de precisão na irrigação, de modo a atingir os objetivos esperados para cada tipo de gramado implantado.

O manejo eficiente da água de irrigação em parques, jardins e gramados desportivos, é importante para promover a sustentabilidade das paisagens verdes

das grandes cidades, as quais proporcionam uma melhor qualidade de vida às pessoas que vivem e trabalham na zona urbana.

Referências

ALLEN, R. G. et al. A Review of Landscape Water Requirements Using a Multicomponent Landscape Coefficient. Transactions of the ASABE, v. 63, n. 6, p. 2039–2058, 2020.

ANDALES, A. A., BAUDER, T. A., & ARABI, M. A mobile irrigation water management system using a collaborative GIS and weather station networks. In Practical applications of agricultural system models to optimize the use of limited water (pp. 53-84). Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA. 2014.

BASSOI, L.H. Irrigação com déficit. In. PAOLINELLI, A.; NETO, D. D.; MANTOVANI, E. C. Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: técnica e cultura. Piracicaba: ESALQ - USP, 2021. 598 p.: (Cátedra Luiz de Queiroz) .

COELHO, R.D. A revolução azul no contexto da agricultura irrigada. *In.* PAOLINELLI, A.; NETO, D. D.; MANTOVANI, E. C. Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: técnica e cultura. Piracicaba: ESALQ - USP, 2021. 598 p.(Cátedra Luiz de Queiroz).

DYER, D.; BREMER, D.; PATRIGNANI, A.; FRY, J.; LAVIS, C. Integrating canopy dynamics, soil moisture, and soil physical properties to improve irrigation scheduling in turfgrass systems. Doctoral dissertation, 2022.

GIACOIA NETO; J. Irrigação para gramados e paisagismo no Brasil. In: PAOLINELLI, A.; NETO, D. D.; MANTOVANI, E. C. Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: técnica e cultura. Piracicaba: ESALQ - USP, 2021. 598 p.:(Cátedra Luiz de Queiroz).

IRMAK, S., REES, J. M., ZOUBEK, G. L., VAN DEWALLE, B. S., RATHJE, W. R., DEBUHR, R., CHRISTIANSEN, A. P. Nebraska agricultural water management demonstration network (NAWMDN): Integrating research and extension/outreach. Appl. Eng. Agric., 26(4), 599-613. 2010.

MILESI, C., S. W. RUNNING, C. D. ELVIDGE, J. B. DIETZ, B. T. TUTTLE, R. R. NEMANI. Mapping and modeling the biogeochemical cycling of turf grasses in the United States. Environmental Mgmt. 36(3): 426-438, 2005.

ROGERS, D. H. Introducing the web-based version of KANSCHED: An ET-based irrigation scheduling tool. Proc. 24th Annual Central Plains Irrigation Conf. Colby, KS: Central Plains Irrigation Association. 2012.

SAAD, J.C.C Subsídios para o dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional In: PAOLINELLI, A.; NETO, D. D.; MANTOVANI, E. C. Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: técnica e cultura. Piracicaba: ESALQ - USP, 2021. 598 p.:(Cátedra Luiz de Queiroz).

SHARMA, K.; IRMAK, S.; KUKAL, M. S. Propagation of soil moisture sensing uncertainty into estimation of total soil water, evapotranspiration and irrigation decision-making. Agricultural Water Management, v. 243, p. 106454, jan. 2021.

TAGHVAEIAN, S.; ANDALES, A. A.; ALLEN, L. N.; KISEKKA, I.; O'SHAUGHNESSY, S. A.; PORTER, D. O.; SUI, R.; IRMAK, S.; FULTON, A.; AGUILAR, J.. Irrigation scheduling for agriculture in the United States: The progress made and the path forward. Transactions of the ASABE, v. 63(5), p. 1603-1618, 2020.

TAPPARO, S. A.; COELHO, R. D.; COSTA, J. O.; CHAVES, S. W. P. Growth and establishment of irrigated lawns under fixed management conditions. Scientia Horticulturae, v. 256, p. 108580, 2019.