

IRRIGAÇÃO DE PASTAGENS TROPICAIS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Irrigation tropical pastures: challenges and perspectives

Matheus Mendes Reis¹

Lenardo David Tuffi Santos²

Flávio Gonçalves Oliveira³

Márcia Vitória Santos⁴

Resumo: a criação de animais a pasto representa uma parte significativa do sistema produtivo de leite e carne em diversos países como Brasil, Paquistão, Nova Zelândia e Austrália. Nos últimos anos, é crescente o interesse pela intensificação desse sistema produtivo e a irrigação é uma das práticas utilizadas com intuito de aumentar a produção e qualidade das forrageiras, principalmente, nas épocas do ano quando a estacionalidade é a principal barreira produtiva. Nesse contexto, o presente trabalho reúne informações sobre a importância da irrigação de pastagens, principais métodos e sistemas de irrigação e resultados de pesquisa com forrageiras irrigadas. Além disso, ressalta a importância do conhecimento sobre a morfogenese e a ecofisiologia no manejo de pastagens irrigadas. As informações são apresentadas de forma interligada e crítica, favorecendo uma avaliação mais holística sobre a adoção, métodos e manejo da irrigação em pastagens, possibilitando o aperfeiçoamento e crescimento do conhecimento acerca da produção animal em pastagens irrigadas. Tais informações são fundamentais para assegurar o fornecimento de carne e leite, cuja demanda é crescente em todo o mundo. Entretanto, ressalta-se a necessidade de práticas sustentáveis de uso e reaproveitamento da água, recurso cada vez mais escasso em certas regiões do planeta.

Palavras-chave: Manejo de pastagens; Morfofisiologia; Produção animal; Sistemas de irrigação; Água; Fertirrigação.

1 Mestrado em Produção Animal (Nutrição e Alimentação Animal) pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

2 Doutorado e Pós-Doutorado em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

3 Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

4 Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

Autor para correspondência: Matheus Mendes Reis.

E-mail: matheussmendes@hotmail.com

Artigo recebido em: 11/02/2017.

Artigo aceito em: 13/05/2017.

Artigo publicado em: 27/06/2017.

Abstract: Livestock grazing is a significant part of the production of milk and beef system in different countries such as Brazil, Pakistan, New Zealand and Australia. In recent years, there is growing interest in the intensification of this production system and irrigation is a practice used in order to increase the production and quality of forage, especially in seasons where seasonality is the main production barrier. In this context, this work gathers information about the importance of pasture irrigation, the main methods and irrigation systems, research results with irrigated forage and emphasizes the importance of knowledge about the ecophysiology and morphogenesis in the management of pastures. The information is presented in an interconnected and critically favoring a more holistic assessment of the adoption methods and irrigation management in pastures. This will put the knowledge available in perspective and serve to highlight important aspects of advance, improvement and growth of knowledge about animal production on irrigated pastures. This information is critical to ensure the supply of beef and milk, whose demand is growing worldwide. However, it emphasizes the need for sustainable practices of use and reuse of water, an increasingly scarce resource in some regions of the planet.

Keywords: Irrigation systems; Livestock; Morphophysiology; Pasture management; Water. Fertigation.

INTRODUÇÃO

Um terço das terras agricultáveis no mundo são utilizadas na produção de alimentos para animais¹ e as pastagens representam uma parte significativa dessas áreas. A utilização de tecnologias para aumentar a produtividade em todo o setor pecuário será fundamental para atender à crescente demanda por produtos de origem animal. Porém, essas tecnologias devem minimizar o impacto do setor sobre o meio ambiente e os recursos naturais.

A irrigação se apresenta como uma prática promissora de intensificação da produção de carne e leite em regiões onde as chuvas são escassas ou de distribuição irregular. A disponibilidade de água, via irrigação, proporciona melhoria da distribuição de água ao longo do ano em quantidade adequada para as culturas destinadas à produção de volumosos, além de minimizar problemas com a estacionalidade da produção.²

Além da disponibilidade hídrica, a temperatura e a intensidade de luz são fatores que influenciam a criação de bovinos a pasto. As plantas de metabolismo fotossintético C_4 têm seu crescimento maximizado nas temperaturas de 30 a 35°C, com limite superior de 40 a 45°C e reduzem suas atividades metabólicas abaixo de 15°C.³

Essas plantas são mais eficientes na conversão de energia solar em biomassa, quando comparadas a plantas de metabolismo fotossintético C_3 .^{4,6} Esse aumento produtivo é justificado por fatores como a eficiência dessas plantas em interceptar radiação fotossinteticamente ativa e a ausência de fotorrespiração.^{4,6}

O uso eficiente da radiação disponível é maior quando as plantas não são cultivadas em condições de déficit hídrico e, ou, nutricional.⁷ No

entanto, pouco se sabe da influência da irrigação de importantes forrageiras sobre suas características morfofisiológicas.

Este trabalho foi proposto com o objetivo de revisar a importância da irrigação no cultivo de forrageiras tropicais, abordando a influência desse manejo nos aspectos nutricionais, produtivos e morfofisiológicos dessas plantas, bem como ressaltando os pontos limitantes e as tendências futuras na adoção dessa prática em pastagens.

REVISÃO DA LITERATURA

Importância da irrigação de pastagens

A produção e a qualidade nutricional das forrageiras são afetadas pelos processos metabólicos das plantas em resposta à natureza dos recursos edafoclimáticos disponíveis.⁸ Isso justifica o fato das plantas forrageiras tropicais apresentarem acentuada estacionalidade, com a produção no inverno decrescendo bastante em relação à produção no verão.⁹ Além da produção, a qualidade da forragem ofertada também é afetada pelas alterações climáticas naturais, ao longo das estações do ano, estando a baixa precipitação correlacionada com a menor qualidade.¹⁰ A irrigação de pastagens tem sido usada para contornar esses problemas em áreas de produção de forragem em todo o mundo.¹¹⁻¹⁴

A irrigação possibilita aumentos de produção de forragem quando comparados com pastos em sequeiro, variando de cerca de 2,27%¹⁵ até 123%¹⁶. Essa amplitude em termos de produção é resultado das diferenças edafoclimáticas entre regiões e da resposta da espécie e, ou, cultivar de planta forrageira a não limitação do recurso água.

Quanto a qualidade das forragens, a irrigação promove o aumento da relação folha:colmo,³

da digestibilidade² e quedas na taxa de senescência foliar.¹⁶ A disponibilidade adequada de água no agroecossistema pastagens diminui a competição intraespecífica por esse recurso, o que possibilita maior perfilhamento, densidade de folhas e manutenção de órgãos ativos fisiologicamente.^{3,16}

A irrigação de pastagens frequentemente é introduzida com o intuito de se aumentar a produção de plantas forrageiras durante a época seca do ano.¹⁷ No entanto, a estacionalidade presente nesse período, normalmente, não é promovida exclusivamente pelo déficit hídrico. Em locais de maior latitude e altitude, onde ocorrem quedas mais acentuadas das temperaturas, durante o inverno, não se deve esperar que a irrigação seja capaz de equacionar totalmente o problema da estacionalidade de produção.¹⁸ Contudo, mesmo em locais onde a irrigação não possibilite aumento da produção de forragem na seca, é possível a utilização do sistema para melhorar a produção na época das águas ou reduzir os períodos de veranicos, durante a estação chuvosa, pois, nesse caso, o fator climático limitante ao desenvolvimento das plantas forrageiras se restringe a disponibilidade da água.¹⁷ Esse tipo de uso de tecnologia é utilizado, principalmente, em sistemas produtivos mais intensivos.

Assim, ao se pensar na intensificação da produção a pasto, a pesquisa tem buscado o uso racional de tecnologias relacionadas com o manejo do solo, do ambiente, da planta e do animal, e dentre essas tecnologias, destaca-se o uso da irrigação.¹⁹ No entanto, para o manejo adequado da irrigação é preciso saber como, quanto e quando irrigar. Para tanto, a determinação da evapotranspiração é de fundamental importância, pois estabelece o consumo de água da planta e, por consequência, a lâmina de água a ser aplicada pelo sistema, evitando-se assim, o consumo desnecessário de energia elétrica e de água, a lixiviação de nutrientes e a maior compactação do solo.²⁰

Dentre os benefícios, promovidos pela ir-

rigação de pastagens, é possível citar o aumento da taxa de lotação²¹ e a diminuição da senescência foliar.¹⁶ Entretanto, para potencialização desse sistema, faz-se necessário o adequado suprimento de nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras, garantindo elevada taxa de perfilhamento ou rebrotação.

Uma das alternativas para o melhor aproveitamento do sistema de irrigação é a fertirrigação. O emprego dessa técnica tem possibilitado a otimização do uso de fertilizantes em diferentes culturas irrigadas, tanto em aspectos relacionados à produtividade quanto à qualidade dos produtos obtidos.²² Essa prática, além de ser muito eficiente para as plantas, pois o nutriente é fornecido juntamente com a água, apresenta outras vantagens, entre as quais a melhor distribuição do fertilizante no campo e a possibilidade de maior parcelamento das adubações, aumentando a absorção de nutrientes pelas plantas.²³

A fertirrigação aumenta a eficiência do uso de fertilizantes, possibilitando reduzir as doses recomendadas para aplicação convencional entre 20 e 30%²⁴, além de diminuir as perdas de nutrientes voláteis e com mobilidade no solo. Assim, a fertirrigação apresenta como vantagens a redução de custos com mão de obra e máquinas, maior eficiência no uso de fertilizantes, além de possibilitar a flexibilização da época de aplicação, podendo ser fracionada conforme a necessidade da cultura.²⁰

Esses autores ressaltam que o sucesso da fertirrigação depende da uniformidade de distribuição de água às plantas, do cálculo correto de variáveis como taxa de injeção, quantidade de produto a ser injetado, dose do produto a ser aplicado na área, concentração do produto na água de irrigação, entre outros. Entre os nutrientes aplicados por esse método, os fertilizantes potássicos merecem especial atenção. Apesar de apresentar boa solubilidade, o K^+ apresenta suscetibilidade a perdas por processos erosivos em áreas irrigadas, principalmente em

solos com baixa CTC.²² Outro aspecto importante é quanto à utilização da irrigação por superfície na fertirrigação, pois, ainda, não há diretrizes adequadas para o correto dimensionamento e manejo, tendo em vista que esse sistema de irrigação apresenta baixa uniformidade e eficiência.²⁵

Cunha *et al.* (2012),²⁶ ao avaliarem os efeitos da fertirrigação sobre a *Urochloa brizantha*, cv. Xaraés (capim-xaraés), verificaram que a fertirrigação proporciona maior produtividade de massa seca em relação à adubação convencional, apenas nas maiores doses de adubação. Entretanto, os autores recomendam a utilização da fertirrigação não só em função dos ganhos produtivos, mas também pelas questões operacionais de campo, pela possibilidade de economia de fertilizantes e melhor aproveitamento pelas plantas, por evitar a movimentação de máquinas, e por possibilitar a incorporação de nutrientes voláteis.

A fertirrigação pode ser utilizada na disponibilização final de águas residuárias, pois apresenta elevada variabilidade composicional, destacando-se a presença de nutrientes importantes para a agricultura, como o nitrogênio, fósforo, potássio, alguns micronutrientes, além de matéria orgânica.²⁷ No entanto, o sódio e outros poluentes podem ser fatores limitantes para esse aproveitamento.²⁸

A aplicação, via fertirrigação, de percolato de resíduo sólido urbano (RSU) promove aumento na produtividade de matéria seca, nos teores de proteína bruta e tendência de aumento nas concentrações de N, K, Na, Ca, Mg, Mn, Cd, Pb e Fe na parte aérea do *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 (capim-tifton 85). A concentração de micronutrientes nas folhas foi considerada normal para capins, enquanto a de metais pesados foi considerada negligenciável.²⁸

Na irrigação de pastagens para intensificação da produção de leite e de carne bovina, além de

preocupações com o sistema de irrigação, é importante o uso de forrageiras com alta capacidade de produção de massa seca, destacando-se as cultivares dos gêneros *Pennisetum*, *Cynodon*, *Megathyrus* e *Urochloa*, pelo elevado potencial produtivo e pela sua qualidade.²⁹ Além dos ganhos produtivos e qualitativos que a irrigação possibilita as plantas forrageiras, o aumento da umidade do ar na área pode influenciar no bem estar animal, porém são escassos na literatura científica trabalhos que analisam os efeitos da irrigação na ambiência animal.

Sistemas de irrigação são usados para aumentar a produtividade das culturas, porém, em alguns casos, a seleção do sistema de irrigação é feita sob incerteza.³⁰ Os custos com investimento, operação e manutenção e a eficiência de irrigação são parâmetros fundamentais na escolha de métodos de irrigação³¹ que devem ser conhecidos e analisados para a determinação do projeto a ser implantado.

Métodos e sistemas de irrigação de pastagens

Classificam-se os métodos de irrigação em não pressurizados (por superfície) e pressurizados. Nos métodos não pressurizados, a água é conduzida por gravidade diretamente sobre a superfície do solo. Esse método necessita de sistematização da área e limita-se à diferença de nível de até 2%, de acordo com o sistema a ser adotado, se em sulco, faixa ou inundação.³² Esses autores classificam os métodos pressurizados, em que a água é conduzida em tubulações sob pressão, em aspersão e localizada. A aspersão portátil e semiportátil, aspersão fixo permanente, aspersão em malha, canhão hidráulico, autopropelido, pivô central e sistema linear estão dentro do método por aspersão. Já os sistemas de gotejamento e microaspersão enquadram-se como irrigação localizada.

O método de irrigação mais usado em pas-

tagens no Brasil é a aspersão e os sistemas mais utilizados são aspersão fixo permanente e pivô central.²⁰

O sistema de irrigação por aspersão fixo permanente ou semifixa foi desenvolvido na década de 1990 e demanda baixa pressão para funcionamento. É um dos tipos de irrigação do sistema de aspersão convencional em que as linhas principais, secundárias e laterais são em quantidades suficientes para irrigar toda a área. Apesar disso, a irrigação é feita com o funcionamento de determinado número de aspersores por vez, de acordo com o turno de rega.³²

Desenvolvido na década de 1940, o sistema de irrigação por aspersão pivô-central, fundamentalmente, é constituído de uma tubulação metálica que se apoia em várias torres triangulares, em que são instalados os aspersores, promovendo irrigação uniforme em uma área de superfície circular. Essa tubulação recebe água de uma adutora subterrânea, que vai até o dispositivo central, de onde o sistema se move continuamente por dispositivos elétricos ou hidráulicos instalados nas torres.³²

Alguns pesquisadores,^{17,32} ao analisarem os sistemas de irrigação por pivô central e aspersão semifixa, afirmam que o pivô central apresenta como vantagem a economia de mão de obra, pois o sistema retorna ao ponto inicial, após completar uma aplicação. Além disso, esse sistema oferece boa uniformidade de aplicação de água às pastagens, quando bem dimensionado e manejado. Como desvantagens, o pivô central proporciona certa dificuldade para mudança de área, possibilidade de surgimento de escoamento superficial na extremidade do pivô, perda de cerca de 20% da área, aproximadamente em função da adaptação ao formato do terreno, e em áreas com declividade superiores a 20% é recomendado a utilização de outro sistema de irrigação.

Em relação à irrigação por aspersão semifixa, esses mesmos autores apontam como vantagens a facilidade de ajuste a diversos tipos de topografias, baixo custo de implantação, baixo consumo de

energia elétrica e facilidade de operação e manutenção e, como desvantagens, as limitações de automação, a exigência de abertura de grande número de valetas e a necessidade de se proteger os tubos que elevam os aspersores acima do nível do solo a fim de evitar o contato dos animais.

A irrigação em malha é outro sistema que está sendo bastante utilizado em pastagens.^{32,33} As vantagens desse sistema de irrigação são a adaptação a diferentes tipos de terreno, o baixo custo de implantação e menor consumo de energia, quando comparado a outros sistemas, além da facilidade de operação e manutenção. Como desvantagens, esses autores citam a limitação de automação e a exigência de um grande número de abertura de valetas.³² Apesar de ser muito utilizado na irrigação de pastagens, poucas são as pesquisas existentes sobre esse sistema.³⁴

A aspersão por canhão hidráulico é outro sistema que se adapta muito bem à irrigação de pastagens, capineiras e canaviais.³² De acordo com Drumond e Aguiar³⁵ (2005), existem dois tipos de canhão hidráulico de médio e longo alcance. Os aspersores de médio alcance possuem um raio de 30 a 60 m e demandam uma pressão de serviço entre 4 e 9 bar, sendo usualmente utilizados para irrigação de capineiras, pastagens, cereais, cana-de-açúcar e pomares. Os aspersores de longo alcance possuem um raio de alcance entre 40 e 80 m e trabalham com uma pressão de serviço entre 5 e 10 bar, sendo utilizados em sistemas autopropelido. Esse sistema é considerado como o de maior consumo de energia por unidade de área irrigada, pois demanda uma elevada pressão de serviço, por esse motivo não vem sendo utilizado para irrigação de pastagem.³⁵

Apesar da série de vantagens e desvantagens apresentadas pelos autores acima, o que de forma geral tem direcionado a escolha de um ou outro sistema de irrigação a ser implantado é a sua viabilidade financeira e a sua operacionalidade de funcionamento. Entretanto, o gasto com água e

energia tem se tornado a principal preocupação de técnicos e produtores quanto à implantação de sistemas de irrigação, que devem avançar quanto à economia de recursos e sustentabilidade dos projetos.

Diante disso, é crescente o desenvolvimento de tecnologias que buscam tornar os sistemas de irrigação mais eficientes quanto ao consumo de água e energia. Quimigação, fertirrigação, gotejamento sub-superficial, *Feedback control* e *Partial root zone drying* são exemplos dessas tecnologias que otimizam os sistemas de irrigação, diminuindo o consumo de água e energia sem impactar a produtividade.³⁶

Resultados de pesquisa com forrageiras tropicais irrigadas

A irrigação é uma alternativa que possibilita o aumento da produtividade de espécies e, ou, cultivares de plantas forrageiras (Tabela 1). Porém, apenas o fornecimento de água às plantas forrageiras não garante a sustentabilidade econômica^{3,37} e ecológica do projeto.

Tabela 1 - Materiais utilizados no estudo

| Planta Forrageira | Local/Clima segundo Köppen | Sistema de irrigação usado | MS | F/C | PB | FDA | FDN | Autores |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| <i>Cynodon</i> spp. cv. Tifton 85 | Brasil/Aw | Aspersão semifixa | 15,44 | 42,31 | 27,29 | -2,77 | - | Balieiro Neto ³ et al. 2007 |
| <i>M. maximum</i> cv. Guiné | | | 31,40 | - | - | - | - | |
| <i>M. maximum</i> cv. Colômbio | | | 19,59 | - | - | - | - | |
| <i>M. maximum</i> cv. Mombaça | Brasil/Aw | Aspersão convencional | 52,23 | - | - | - | - | Souza ⁴⁵ et al. 2005 |
| <i>M. maximum</i> cv. Tanzânia | | | 21,73 | - | - | - | - | |
| <i>M. maximum</i> cv. Centauro | | | 24,74 | - | - | - | - | |
| <i>M. maximum</i> cv. Mombaça | Brasil/Aw | | 68,71 | - | - | - | 6,87 | Palieraqui ³⁸ et al. 2006 |
| <i>P. purpureum</i> cv. Napier | | | 16,81 | - | - | - | -2,33 | |
| <i>P. purpureum</i> cv. Napier | Brasil/Cwa | Aspersão com tubulação removível | 17,96 | -9,77 | -7,66 | 5,06 | 3,44 | Lopes ¹⁰ et al. 2005 |
| <i>P. purpureum</i> cv. Napier | Brasil/Aw | Aspersão em malha | 18,52 | 2,83 | - | - | -3,55 | Ribeiro ² et al. 2009 |
| <i>M. maximum</i> cv. Mombaça | | | 35,49 | 2,42 | - | - | 1,79 | |
| <i>Cynodon</i> spp. cv. Tifton 85 | | | 5,68 | - | 1,45 | 8,99 | - | |
| <i>M. maximum</i> cv. Tanzânia | Brasil/Cw | Microaspersão | 2,27 | - | -8,55 | 7,33 | - | Santos ¹⁵ et al. 2008 |
| <i>U. brizhanta</i> cv. Marandu | | | 16,95 | - | 0 | 6,72 | - | |

Continuação da Tabela 1

| Planta Forrageira | Local/ Clima segundo Köppen | Sistema de irrigação usado | MS | F/C | PB | FDA | FDN | Autores |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------|-----|----|-----|-----|---|
| Diversas* | Nova Zelândia/ Cfb | Superficial | 123 a 85 | - | - | - | - | Goh e Bruce, ¹⁶ 2005 |
| <i>Elymus sibiricus</i> L. | China/ BSk | - | 73,75 | - | - | - | - | Li ⁴⁶ <i>et al.</i> 2011 |
| ² Diversas** | Estados Unidos/ BSk | Aspersão convencional | 1229 a 175 | - | - | - | - | Robins, ¹² 2010 |
| ² Diversas*** | Estados Unidos | - | 806 a 0 | - | - | - | - | Porensky ¹¹ <i>et al.</i> 2014 |

MS = Matéria seca; F/C = Folha por colmo; PB = Proteína Bruta; FDA = Fibra de Detergente Acido; FDN = Fibra de Detergente Neutro. ¹ Relação percentual da diferença do cultivo irrigado em relação ao cultivo em sequeiro. ² Relação percentual da diferença entre o cultivo com maior lamina de irrigação e menor. * *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., *Testuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Bromus stamineus*, *Phleum pratense*, *Phalaris aquatica*, *Trifolium pratense*, *Trifolium ambiguum*, *Medicago sativa*, *Hedysarum coronarium*, *Cichorium intybus*, *Plantago lanceolata*, *Sanguisorba minor*, *Achillea millefolium*. ** *Andropogon gerardii* Vitman *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths, *Buchloë dactyloides* (Nutt.) Engelm., *Sorghastrum nutans* (L.) Nash, *Schizachyrium scoparium* (Michx.) Nash, *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. e *switchgrass*. *** *Andropogon hallii*, *Bothriochloa ischaemum*, *Calamovilfa longifolia*, *Panicum virgatum*, *Sorghastrum nutans*.

Quanto ao valor nutritivo das plantas forrageiras, o capim *Cynodon* spp.cv. Tifton 85 (capim-tifton 85) pode apresentar ganhos variados de proteína bruta (PB) quando irrigados. Outros capins como *Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier (capim-elefante) e *Megathyrus maximum* cv. Tanzânia (capim-tanzânia) apresentam perdas de PB, já a *Urochloa brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) não obteve alteração (Tabela 1).

Os aumentos da fibra de detergente neutro (FDN) e fibra de detergente ácido (FDA), presentes em forrageiras importantes, podem representar uma diminuição na digestibilidade da matéria seca, isso pode estar associado ao aumento da altura da forrageira e à maior taxa de crescimento promovidos pela irrigação, o que, necessariamente, aumenta a formação de tecidos de sustentação na planta³⁸. Porém, nem sempre essa diminuição na digestibilidade ocorre como observado para o *Cynodon* spp.cv. Tifton 85 e *P. purperum* (Tabela 1).

Juntamente com os fatores de ambiente (temperatura, luz, CO₂, água, nutrientes etc.), o ma-

nejo é fator determinante das características morfofisiológicas da pastagem,³⁹ porém conhecimentos científicos sobre a influência da irrigação na morfogênese e ecofisiologia de plantas forrageiras são escassos na literatura.

A morfogênese é definida por Lemaire e Chapman³⁹ (1996) como a dinâmica de geração e expansão de órgãos vegetais no tempo e no espaço, sobre o rendimento de massa seca do dossel. Já o estudo da ecofisiologia, é tratado por Lambers⁴⁰ *et al.* (1998) como a busca por entender como o desenvolvimento das plantas é afetado pela sua interação com o meio ambiente.

O estresse hídrico afeta a fotossíntese das forrageiras, pois para diminuir as perdas de água por transpiração, as plantas fecham seus estômatos o que acarreta em um decréscimo no teor de CO₂ nos espaços intercelulares, diminuindo, assim, sua assimilação pelos cloroplastos. O estresse hídrico, também, afeta os processos fotoquímicos, como formação de ATP e NADPH, e bioquímicos como a redução na eficiência da ribulose-bisfosfato carbo-

xilase oxigenase e outras enzimas do metabolismo fotossintético.⁴¹

As características morfogênicas das plantas, também, são influenciadas pelo déficit hídrico. A diminuição da área foliar e da relação entre parte aérea e sistema radicular e o aumento da abscisão foliar e da translocação de reservas para formação de sementes,⁴² são exemplos de respostas das plantas ao déficit hídrico.

A irrigação não influencia a taxa de aparecimento foliar, mas aumenta as taxas de alongamento e de senescência foliares do capim-elefante 'Napier'.⁴³ A redução da lâmina de irrigação, aplicada no *Andropogon gayanus*, promove decréscimos nas taxas de alongamento, aparecimento, comprimento final e no número de folhas vivas por perfilho, enquanto, a taxa de senescência aumenta.¹⁴ Já as características morfogênicas do capim-marandu não são afetadas, quando irrigado.⁴⁴

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A irrigação é uma importante prática no cultivo de plantas forrageiras, principalmente, em regiões onde a disponibilidade hídrica é escassa ou irregular e as temperaturas, durante o ano, e o fotoperíodo, são elevadas. Porém, é fundamental, antes da instalação de um sistema de irrigação, considerar todas as variáveis que influenciam os custos e rendimentos, verificando sempre se o aumento de produção e qualidade da forragem compensa os custos de irrigar.

No campo científico, é importante o conhecimento da influência da irrigação sob a morfogênese e ecofisiologia das principais plantas forrageiras destinadas a alimentação animal, principalmente, nas regiões semiáridas e áridas em vistas a fomentar práticas mais apropriadas de manejo das

pastagens e do pastejo, potencializando a produção pecuária nessas regiões.

Água e energia são dois elementos chave para a sobrevivência e seu consumo atual é alarmante. Sendo assim, o uso de tecnologias que promovam maior eficiência no uso da água e menor consumo de energia devem ser adotadas na escolha de sistemas de irrigação de pastagens. Fertirrigação, *Partial root zone drying* e *Feedback control* são exemplos dessas tecnologias.

REFERÊNCIAS

1. FAO. *FAO Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.
2. RIBEIRO, E. G. *et al.* Influência da irrigação, nas épocas seca e chuvosa, na produção e composição química dos capins napier e mombaça em sistema de lotação intermitente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 38, n. 8, p. 1432-1442, 2009.
3. BALIEIRO NETO, G. *et al.* Características agrônômicas e viabilidade do tifton 85 (*Cynodon* spp) irrigado num sistema de produção de leite. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 235-242, 2007.
4. ZHU, X. G.; LONG, S. P.; ORT, D. R. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? *Current Opinion in Biotechnology*, v. 19, n. 2, p. 153-159, abr, 2008.

5. WANG, C. *et al.* Systematic comparison of C3 and C4 plants based on metabolic network analysis. *BMC Systems Biology*, v. 6, suppl 2, :S9, dez, 2012.
6. COVSHOFF, S.; HIBBERD, J. M. Integrating C4 photosynthesis into C3 crops to increase yield potential. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 23, n. 2, p. 209-214, abr, 2012.
7. KUNZ, J. H. *et al.* Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, nov, 2007.
8. SEYDACK, A. H. *et al.* Climate and vegetation in a semi-arid savanna: Development of a climate-vegetation response model linking plant metabolic performance to climate and the effects on forage availability for large herbivores. *Koedoe*, Pretoria, v. 54, n. 1, p. 1-12, jan, 2012.
9. MEIRELLES, P. R. L. *et al.* Germoplasma do gênero *Paspalum* com potencial para produção de forragem. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1587-1595, nov, 2013.
10. LOPES, R. S. *et al.* Efeito da irrigação e adubação na disponibilidade e composição bromatológica da massa seca de lâminas foliares de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 20-29, 2005.
11. PORENSKY, L. M. *et al.* Grasses for biofuels: A low water-use alternative for cold desert agriculture? *Biomass and Bioenergy*, v. 30, n. 10, p. 133-142, jul, 2014.
12. ROBINS, J. G. Cool-season grasses produce more total biomass across the growing season than do warm-season grasses when managed with an applied irrigation gradient. *Biomass and Bioenergy*, v. 34, n. 4, p. 500-505, abr, 2010.
13. UL-ALLAHA, S. *et al.* Fertilizer and irrigation effects on forage protein and energy production under semi-arid conditions of Pakistan. *Field Crops Research*, v. 159, p. 62-69, mar, 2014.
14. MAGALHÃES, J. A. *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-andropogon sob irrigação e adubação. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2427-2436, set-out, 2013.
15. SANTOS, N. L.; SILVA, M. W. R.; CHAVES, M. A. Efeito da irrigação suplementar sobre a produção dos capins tifton 85, tanzânia e marandu no período de verão no sudoeste baiano. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 9, n. 4, p. 911-922, out-dez, 2008.
16. GOH, K. M.; BRUCE, G. E. Comparison of biomass production and biological nitrogen fixation of multi-species pastures (mixed herb leys) with perennial ryegrass-white clover pasture with and without irrigation in Canterbury, New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 110, n. 3-4 p. 230-240, nov, 2005.
17. VOLTOLINI, T. V. *et al.* Pastos e manejo do pastejo em áreas irrigadas. In: VOLTOLINI, T. V. (Ed.). *Produção de caprinos e ovinos no Semiárido*. Petrolina: EMBRAPA, 2011. p. 265-297.

18. ALENCAR, C. A. B. *et al.* Produção de capins cultivados sob pastejo em diferentes lâminas de irrigação e estações anuais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 680-686, nov-dez, 2009.
19. ANDRADE, A. S. *et al.* Crescimento e composição bromatológica de Tifton 85 e Vaquero em pastagens fertirrigadas. *Global Science and Technology*, Rio Verde, v. 5, n. 2, p. 56-68, maio-ago, 2012.
20. ALENCAR, C. A. B. *et al.* Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 38, suppl., p. 98-108, 2009.
21. RIBEIRO, E. G. *et al.* Influência da irrigação durante as épocas seca e chuvosa na taxa de lotação, no consumo e no desempenho de novilhos em pastagens de capim-elefante e capim-mombaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, n. 9, p.1546-1554, 2008.
22. SOUSA, G. G. *et al.* Adubação potássica aplicada por fertirrigação e pelo método convencional na cultura do amendoim. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1055-1060, out, 2013.
23. DUENHAS, L. H. *et al.* Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranja valência sob fertirrigação e adubação convencional. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 154-160, jan-abr, 2005.
24. TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 153-160, abr, 2007.
25. ABBASI, F. *et al.* Evaluation of fertigation in different soils and furrow irrigation regimes. *Irrigation and Drainage*, v. 61, n. 4, p. 533-441, 2012.
26. CUNHA, F. F. *et al.* Produtividade da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em diferentes manejos e doses de adubação, períodos de descanso e épocas do ano. *Idesia*, Chile, v. 30, n. 1, p. 75-82, jan-abr, 2012.
27. LO MONACO, P. A. *et al.* Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. *Irriga*, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 348-364, 2009.
28. MATOS, A. T. *et al.* Produtividade e composição química do capim-tifton 85 submetido a diferentes taxas de aplicação do percolato de resíduo sólido urbano. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 188-200, jan-fev, 2013.
29. ALENCAR, C. A. B. *et al.* Altura de capins e cobertura do solo sob adubação nitrogenada, irrigação e pastejo nas estações do ano. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, vol. 32, n. 1, p. 21-27, 2010.

30. DUENHAS, L. H.; SAAD, J. C. C. Economic viability and selection of irrigation systems using simulation and stochastic dominance. *Irriga*, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 422-430, 2009.
31. HAMILTON, F.; SCHRUNK, J. Sprinkler vs. gravity irrigation as a basis for choice of the best system. *Agricultural Engineering*, v. 34, n. 4, p. 246-250, 1953.
32. BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de Irrigação*. 8. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2009.
33. DRUMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T. *Irrigação por aspersão em malha*. 1. ed. Uberaba: Imprensa Universitária, 2001.
34. DRUMOND, L. C. D. *et al.* Produção de matéria seca em pastagem de Tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suíno. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 426-433, maio-ago, 2006.
35. DRUMOND, L. C. D.; AGUIAR, A. P. A. Principais Sistemas de Irrigação de Pastagem. In: *Irrigação de pastagem*. Uberaba: L. C. D. DRUMOND, p. 67-94. 2005.
36. HEDLEY, C. B. Water: advanced irrigation technologies. In: NEAL, K. V. A. (Ed.). *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, Davis: Elsevier, 2014. p. 378-406.
37. AZEVEDO, L. P.; SAAD, J. C. C. Irrigação de pastagens via pivô central, na bovinocultura de corte. *Irriga*, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 492-503, 2009.
38. PALIERAQUI, J. G. B. *et al.* Influência da irrigação sobre a disponibilidade, a composição química, a digestibilidade e o consumo dos capins mombaça e napier. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2381-2387, 2006.
39. LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Ed.). *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International, 1996. p. 3-36.
40. LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. *Plant Physiological Ecology*. 1. ed. New York: Springer, 1998.
41. TEZARA, W. *et al.* Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. *Nature*, v. 401, n. 6756, p. 914-917, out, 1999.
42. TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
43. ANDRADE, A. C. *et al.* Características morfológicas e estruturais do capim-elefante 'napier' adubado e irrigado. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 1, p. 150-159, jan-fev, 2005.
44. ARAÚJO, R. A. S. *et al.* Morfogênese e crescimento do capim-marandu consorciado com coco-anão sob irrigação e intervalos de desfolha. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 856-864, nov-dez, 2011.
45. SOUZA, E. M. *et al.* Efeitos da irrigação

e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1146-1155, 2005.

46. LI, Z., ZHANG, W.; GONG, Y. The yield and water use efficiency to first cutting date of Siberian Wildrye in North China. *Agricultural Sciences in China*, v. 10, n. 11, p. 1716–1722, nov, 2011.