

Desempenho produtivo de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 sob diferentes condições de manejo da irrigação

Performance of Cynodon spp. cv. Tifton 85 under different conditions of irrigation management

Marcos Antônio Corrêa Matos Amaral¹

¹ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil

Contato: marcosamaral@usp.br

Palavras-Chave

fator de depleção
manejo da irrigação
forrageira
pastagem

RESUMO

A utilização de pastagens irrigadas é uma forma de reduzir os custos de produção com suplementação animal. Contudo, é necessário que se faça manejo adequado da irrigação. O presente trabalho teve como objetivo determinar o fator de depleção (p) para *Cynodon* spp. cv. Tifton 85. O experimento foi conduzido em ambiente protegido em área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). Foi avaliado o efeito de cinco níveis de depleção de água no solo (p1 = 0 - 0,05; p2 = 0,20; p3 = 0,40; p4 = 0,60; p5 = 0,80), correspondendo a 95%-100% (testemunha), 80%, 60%, 40% e 20% da água disponível no solo no momento das irrigações. Foram avaliados: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), produtividade da água (PDA) e número de perfilhos. Não foi encontrada diferença significativa nos tratamentos de depleção para a produção de MSPA e número de perfilhos, contudo, houve influência na produção de MSR e na PDA indicando que no período em que o experimento foi realizado (inverno), fatores de depleção mais baixos (p = 0,2) podem ser utilizados sem que haja comprometimento na quantidade e qualidade da forragem produzida.

Key-word

depletion factor
irrigation management
forage
pasture

ABSTRACTS

The use of irrigated pastures is one way to reduce production costs with animal supplementation. However, proper management of irrigation is necessary. The objective of this work was to determine the depletion factor (p) for Cynodon spp. cv. Tifton 85. The experiment was carried out in a greenhouse environment, in the experimental area of the Department of Biosystems Engineering, at the 'Luiz de Queiroz' College of Agriculture (ESALQ/USP). It was tested the effect of five levels of soil water depletion (p1 = 0 - 0.05, p2 = 0.20, p3 = 0.40, p4 = 0.60, p5 = 0.80), respectively corresponding to 95%-100% (control), 80%, 60%, 40% and 20% of the soil water availability at the moment of irrigations. The parameters evaluated at the experiment were: dry matter weight of the aerial part (MSPA), dry matter weight of roots (MSR), water productivity (PDA), and plant tillering. No significant differences for the studied variables were found among the treatments, except for the MSR and PDA, indicating that, during the experiment period (winter), lower depletion factors (p=0,2) can be used without compromising the forage production and quality.

Informações do artigo

Recebido: 28 janeiro, 2019
Aceito: 24 junho, 2019
Publicado: 30 agosto, 2019

Introdução

A produção de forragem depende de fatores ligados ao clima, ao solo, à planta e ao animal, além das interações entre eles. Dentre os fatores climáticos que influenciam o desenvolvimento vegetal, pode-se citar a disponibilidade hídrica, a luminosidade, o fotoperíodo e a temperatura (KUNRATH et al., 2018).

A prática da irrigação oferece ao pecuarista a possibilidade de redução de custos de produção e tempo de trabalho para alimentar o rebanho, quando comparado com outros tipos de suplementação no outono-inverno, tais como silagens e fenos que necessitam de máquinas para preparo, armazenagem e fornecimento aos animais (SERRANO et al., 2019; VOGELER et al., 2019). Pode proporcionar maior retorno líquido na produção animal quando comparado a sistemas que precisam usar grãos e forragens cortadas, por empregar menor área para a produção animal, possibilitar o uso da água de baixa qualidade, propiciar boa cobertura de solo e prolongar o período de pastejo durante a estação seca (LANGWORTHY et al., 2019)

O uso da irrigação torna-se imprescindível para reduzir a deficiência na produção de forragem devido ao déficit hídrico que ocorre no período de seca e durante os veranicos na estação chuvosa, sendo uma ferramenta importante no combate a sazonalidade produtiva de forragem nas regiões Centro-Sul do Brasil (GOMES et al., 2015). No entanto, esta prática ainda é insuficiente (SANCHES et al., 2015).

Os Cynodons têm se destacado por apresentarem excelentes resultados produtivos com a irrigação, atenuando a sazonalidade com bons resultados nutricionais, especialmente o capim Tifton 85 (GOMES et al., 2015; SANCHES et al., 2015, 2016, 2017).

Para um manejo adequado da irrigação deve-se definir corretamente a quantidade de água e o momento de aplicá-la, que estão relacionados ao conhecimento da água facilmente disponível (AFD), que é a parte da capacidade água disponível do solo (CAD) que proporciona à cultura um desenvolvimento adequado e sem redução em sua taxa máxima de evapotranspiração. A AFD é uma fração da CAD (BERNARDO et al, 2006; FERREIRA, et al., 2017).

O fator de depleção (p) é a porcentagem da água disponível no solo que pode ser consumida antes das irrigações, sem prejuízos ao desenvolvimento e à produção das plantas. Esse fator representa a fração da capacidade de água disponível (CAD) que a planta pode consumir antes das irrigações sem que ocorram prejuízos ao desenvolvimento e produção das culturas (DOORENBOS e KASSAM, 1979). O valor do fator de depleção está entre 0 e 1, e depende basicamente do tipo de cultura e das condições climáticas.

A produtividade da água é um conceito que visa quantificar o retorno da unidade de água na produção de uma cultura (unidade de produto por unidade de água). A produtividade da água pode ser melhorada se for possível obter a mesma quantidade de cultura com menos água, ou aumentar a produtividade da cultura aplicando a mesma quantidade de água (JESUS et al., 2017).

No campo, este parâmetro foi originalmente representado em termos de kg. m^{-3} , relacionado, portanto, à "eficiência" com que uma cultura usa água para gerar seu produto final.

Vários fatores afetam a produtividade da água, como baixa fertilidade do solo (MASIKATI et al., 2014), manejo de irrigação (MARTIN et al., 2012) e tipos de sistemas de irrigação (JESUS et al., 2017). O grande desafio é aumentar a produtividade das culturas usando menos água possível.

Alguns autores como Al-Yahyai et al. (2005), verificaram que o efeito de diferentes níveis de depleção de água no solo influenciara a produção dos frutos maduros e a massa seca de frutos de carambola. Lima (2013), verificou também, que o estresse temporário (depleção) afeta negativamente os parâmetros qualitativos e quantitativos de produção de hastes de rosas.

São muitos os trabalhos que demonstram o crescimento produtivo da pastagem quando submetidas a irrigação, contudo, são escassos os trabalhos referentes a elaboração dos coeficientes para dimensionamento do manejo da irrigação em pastagens. Para tanto, o objetivo deste trabalho foi determinar o fator de depleção (p) para *Cynodon spp. cv. Tifton 85*.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida em estufa localizada na área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), no município de Piracicaba, SP, situada nas coordenadas geográficas 22° 42' S e 47° 38' W, a uma altitude de 546 m. Segundo Alvares et al. (2013), a classificação de Köppen define o clima da região como sendo do tipo Cwa, tropical úmido com temperaturas superiores a 22°C no mês mais quente e inferiores a 18 °C no mês mais frio. O período de realização do experimento ocorreu ente 05 de julho a 06 de setembro de 2013.

Os elementos meteorológicos foram monitorados no interior da estufa, visando à estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) pelo método de Penman-Monteith conforme proposto por Allen et al. (1998) (Equação 1).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_2 + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (\text{Eq.1})$$

em que:

ET_0 – evapotranspiração de referência, mm dia^{-1} ;

R_n – radiação líquida na superfície da cultura, $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$;

G – densidade do fluxo de calor do solo, $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (considerado 0,5 $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ para as condições do experimento);

T_2 – temperatura do ar a 2m de altura, °C;

u_2 – velocidade do vento a 2m de altura, m s^{-1} (considerado 2 m s^{-1} , para condições de estufa);

e_s – pressão de vapor de saturação, kPa;

e_a – pressão atual de vapor, kPa;

$e_s - e_a$ – déficit de pressão de vapor de saturação, kPa;

Δ – declividade da curva de pressão de vapor de saturação x temperatura, $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$; e

γ – constante psicrométrica, $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ (0,063 $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$).

O monitoramento meteorológico foi obtido com sensores, instalados a 2 m de altura, de radiação global modelo CM3 Kipp & Zonen®, temperatura e umidade relativa do ar – termohigrômetro modelo HMP45C da Vaisala®, com os dados coletados a cada minuto e média a cada dez minutos. Para coleta e armazenamento dos dados, utilizou-se um sistema automático de aquisição de dados (CR23X, Campbell Scientific®).

O experimento foi conduzido sob o delineamento estatístico de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 3, com cinco tratamentos, três avaliações (cortes da parte aérea e amostragens de raízes) e quatro repetições, totalizando 60 unidades experimentais.

Os tratamentos foram aplicados às unidades experimentais a partir do corte de nivelamento, que ocorreu após o período inicial de estabelecimento das plantas. Foram avaliados os efeitos de cinco níveis de depleção de água no solo ($p_1 = 0 - 0,05$; $p_2 = 0,20$; $p_3 = 0,40$; $p_4 = 0,60$; $p_5 = 0,80$), que definem o momento de irrigação a partir da percentagem de água disponível no solo, respectivamente, em 95% - 100% (testemunha), 80%, 60%, 40% e 20% da água disponível.

As unidades experimentais foram compostas por vasos com capacidade de 8,5 litros de dimensões 24 x 22,5 x 19 cm (largura x altura x base), que foram preenchidos com a camada de 0-20 cm do solo, classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, franco-arenoso (EMBRAPA, 2018).

A curva de retenção de umidade do solo utilizado no experimento foi construída simulando uma condição real de irrigação e evaporação em casa de vegetação. Para isso, utilizaram-se três vasos com capacidade para 8,5 L, com orifícios na parte inferior e contendo uma camada de 3,0 cm de brita, recoberta com manta geotêxtil Bidim®.

Esses vasos foram preenchidos visando a padronização da massa e volume de solo colocado, com o intuito de obter uma densidade conhecida e homogênea entre as unidades experimentais.

Os vasos foram saturados, a superfície foi coberta com filme plástico para evitar perdas por evaporação e dispostos sobre bancadas de 1,0 m de altura para drenar livremente.

Após a drenagem natural do solo, determinou-se a capacidade máxima de retenção por meio de pesagens em intervalos de 12 horas (KIEHL, 1979), até os vasos atingirem o peso constante e o excesso de água ser drenado, o procedimento foi repetido para a certificação dos valores. Posteriormente, com o auxílio de um anel volumétrico, foram retiradas amostras indeformadas do solo a uma profundidade de 15 cm no vaso para determinação da curva de retenção.

Os dados de umidade foram relacionados com a tensão média (Figura 1), sendo ajustada a equação de van Genuchten (Equação 2), para estimativa das umidades em função dos tratamentos de depleção.

$$\theta(\psi_m) = 0,097 + \frac{0,45 - 0,097}{[1 + (\psi_m)^2]^{0,35}} \quad (\text{Eq.2})$$

em que:
 θ (ψ_m) – relação funcional entre o teor de água no solo (θ), em base volume, e o potencial matricial (ψ_m em m)

Com base nos valores calculados foi possível estimar a tensão e umidade do solo para cada tratamento, conforme descrito na Tabela 1.

A análise granulométrica do solo mostrou valores para areia, silte e argila de, respectivamente, 31; 790; e 179 g kg⁻¹. Os resultados das análises químicas são apresentados na Tabela 2.

Figura 1 - Curva de retenção da água no solo utilizado no experimento

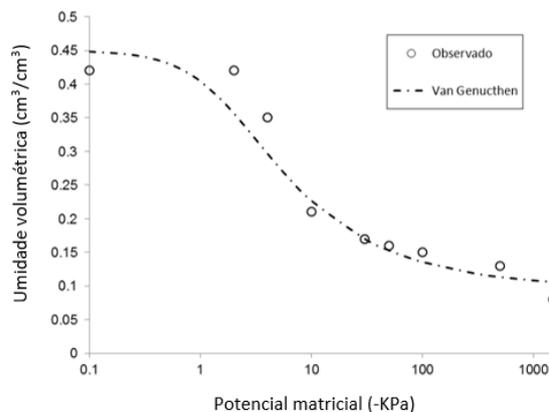


Tabela 1 - Estimativa dos valores de tensão e umidade para os tratamentos de depleção de água no solo

Tratamentos % CAD	Tensão (kPa)	Umidade (cm ³ cm ⁻³)
100	0,1	0,44
80	1,5	0,37
60	3	0,32
40	6	0,26
20	250	0,12
PMP*	1500	0,08*

* valor observado, CAD - capacidade de água disponível, PMP – ponto de murcha permanente.

Tabela 2 - Resultados das análises químicas do solo

Ca	Mg	Al	H + Al	K	SB	CTC	V
----- cmolc dm ⁻³ -----							%
20	8	0	16,8	1,2	29,2	46	64
pH	M.O.	P	S	Cu	Zn	Fe	
CaCl ₂	mg kg ⁻¹	Resina	SO ₄ ²⁻	----- mg dm ⁻³ -----			
5,4	7	27	11	0,6	2,0	32	

O solo foi corrigido de acordo com as recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997). Para elevação da saturação por bases foi utilizado calcário dolomítico.

O nitrogênio, o fósforo e o potássio foram corrigidos com ureia, superfosfato simples (fundação) e cloreto de potássio, respectivamente. Os micronutrientes foram aplicados via foliar.

A determinação dos tratamentos com os fatores de depleção foi feita a partir da determinação da capacidade de vaso, conforme a metodologia proposta por Casaroli e van Lier (2008).

O controle da umidade foi feito por meio da pesagem de um vaso por tratamento, calculando-se a lâmina d'água a aplicar a partir da diferença entre o armazenamento máximo (CAD) e o armazenamento atual (ARMa) (Equação 3).

$$I = \text{CAD} - \text{ARMa} \quad (\text{Eq.3})$$

em que:

I – irrigação necessária, L/vaso;

CAD – capacidade de água disponível no vaso, L/vaso;

ARMa – armazenamento atual, L/vaso.

Foram feitas amostragens para avaliações destrutivas ao final de um ciclo de 21 dias, amostrando-se as plantas de quatro unidades experimentais por tratamento (20 unidades por amostragem).

Nas demais unidades, foram feitos os cortes das plantas a uma altura de 5,0 cm da superfície do solo, a fim de simular os ciclos de manejo em um sistema de pastejo rotacionado.

Foram avaliados: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), produtividade da água (PDA) e perfilhamento.

A PDA foi determinada pela razão entre a MSPA produzida em cada corte, pela quantidade de água utilizada nos respectivos períodos, seguindo orientações de Pieterse et al. (1997). O denominador da equação 4 representa a lâmina total de água em litros, utilizada pela forragem, para cada período de crescimento.

$$PDA = \frac{MSPA}{L} \quad (\text{Eq.4})$$

em que:

PDA - Produtividade da água (kg MSPA m⁻³);

MSPA - matéria seca produzida no período (kg MSPA recipiente⁻¹);

L - volume de água aplicado no período de produção (m³ recipiente⁻¹).

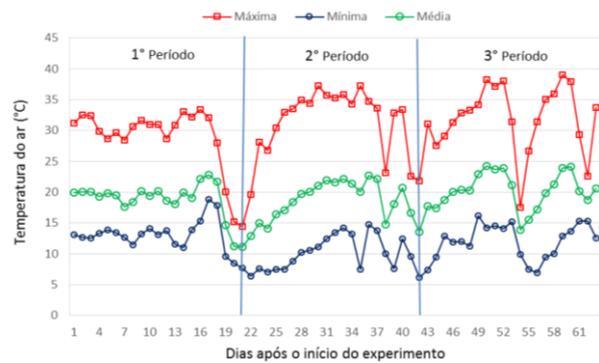
Na avaliação do perfilhamento foi utilizada a técnica dos perfis marcados com fio de arame colorido e foi conduzida do início ao término do experimento (DAVIES, 1981). Após cada corte, todos os perfis existentes no vaso foram marcados com anéis de uma única cor. Posteriormente, a cada sete dias, os perfis emergidos eram marcados com anéis de uma cor diferente, correspondente ao dia da avaliação. Foram marcados perfis da base e laterais (ou aéreos) indistintamente. No momento do corte todos os anéis foram retirados e separados pela cor correspondente a data de marcação, posteriormente estes eram somados para registro do número total, ao final de cada período de crescimento.

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, por meio do software ASSISTAT, versão 7.6 beta (SILVA e AZEVEDO, 2002). Foi feita a análise de regressão polinomial, observando-se os resultados do teste F a 5% e 1% da análise de variância e do teste t de Student.

Resultados e Discussões

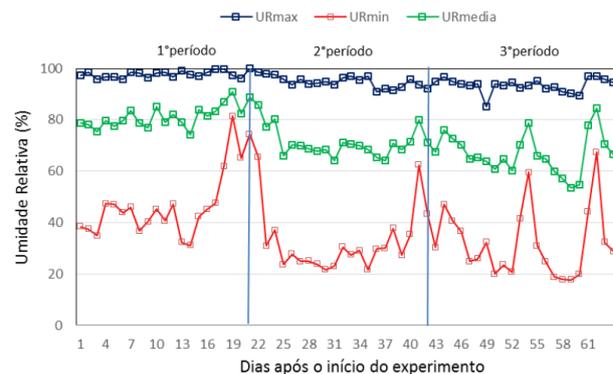
As temperaturas máximas e mínimas observadas em cada período de corte foram 33,4; 37,2 e 39°C (máximas) e 7,6; 6,18 e 6,9 °C (mínimas) para 1°, 2° e 3° cortes, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 - Temperatura máxima, média e mínima do ar registrados no período experimental para o 1°, 2° e 3° intervalos de corte aos 21, 42 e 63 dias respectivamente



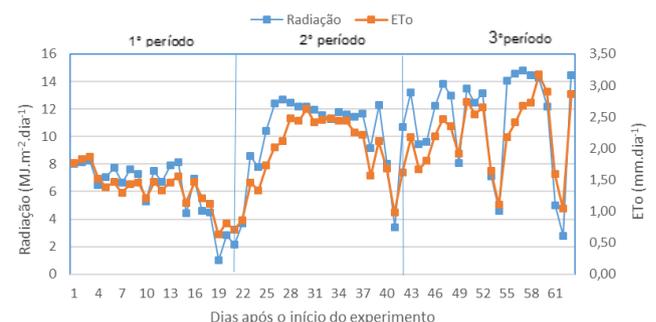
Os valores máximos de umidade relativa do ar também foram observados para o primeiro, segundo e terceiro cortes; com máxima de 100% para o 1° período de crescimento e mínima de 85% para o 3° período de crescimento (Figura 3).

Figura 3 - Umidade máxima, média e mínima do ar registrados no período experimental para o 1°, 2° e 3° intervalos de corte aos 21, 42 e 63 dias, respectivamente



Os maiores valores foram observados nos meses de agosto e setembro de 2013, durante 2° e 3° períodos de crescimento. As maiores estimativas de ET₀ ocorreram nos períodos de maior radiação, com valor de 3,17 mm dia⁻¹, que ocorreu no 59° dia do experimento, para uma radiação de 14,27 MJ m⁻² dia⁻¹ e temperatura máxima de 39°C. O valor mínimo da ET₀ de 0,63mm dia⁻¹ ocorreu no 19° dia do experimento, com radiação de 1,03 MJ m⁻² dia⁻¹ e temperatura máxima de 20° C, denotando grande influência da radiação na evapotranspiração de referência (Figura 4).

Figura 4 - Radiação solar global e evapotranspiração de referência do período experimental.



Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos de depleção sobre a produção de MSPA. No entanto, houve uma diferenciação entre os cortes ($p < 0,01$) ocorrendo um acréscimo de produção ao longo do tempo, apresentando médias de 7,98; 11,98 e 22,05 gramas para o 1º, 2º e 3º cortes, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Teste de médias das variáveis estudadas em função dos cortes.

Corte	MSPA (g vaso ⁻¹)	MSR (g vaso ⁻¹)	PDA kg MS m ⁻³	Nº de Perfilhos
1º	7,98 c	11,66 c	3,04 b	72,0 c
2º	11,98 b	18,91 b	3,47 b	113,6 b
3º	22,05 a	26,59 a	4,10 a	219,9 a

Letras minúsculas comparam efeito entre os cortes, ($p < 0,01$)

Foi observada diferença estatística das variáveis entre os três cortes, com um aumento progressivo das médias ao longo do tempo.

Tal resposta refletiu o período de mudança de estação que compreendeu a execução do experimento (inverno), no qual houve a predominância de valores baixos de radiação e temperatura no primeiro período de avaliação, porém com aumentos sucessivos dos valores de temperatura e radiação nos dois períodos de avaliação subsequentes.

Segundo Amaral et al. (2015), na ocorrência de limitações devido a algum dos fatores que determinam a diminuição na oferta de carbono (temperatura, água, nitrogênio e luz), a alocação de assimilados passa a ser direcionada às estruturas de reserva da planta (raízes e colmos).

Portanto, infere-se que as plantas forrageiras tropicais que têm maior disponibilidade de água e nitrogênio durante o período de estacionalidade por temperatura e luz podem ter maior capacidade de desenvolvimento no início da estação de primavera, em relação às plantas que não têm boa disponibilidade desses fatores de produção.

Tonato (2003) encontrou o valor de 16,7°C como o valor da temperatura basal para a cultivar Tifton 85, o que comparada com outras gramíneas tropicais, tende a ser uma temperatura basal baixa, uma vez que, segundo observado por Silva et al. (2012), a cultivar Tifton 85 é considerada menos sazonal e mais tolerante a baixas temperaturas.

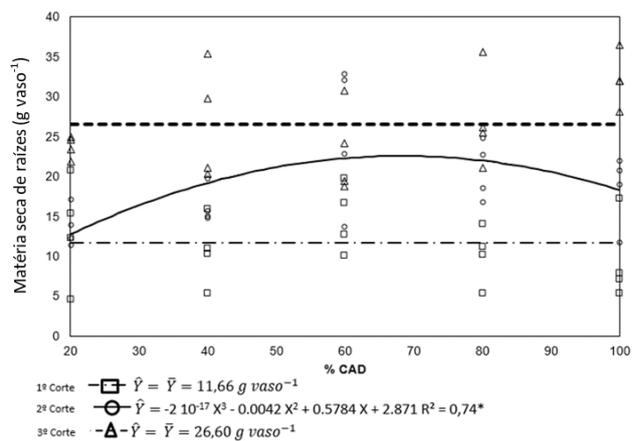
Para a produção de matéria seca de raízes (Figura 5), não foi encontrado um modelo polinomial significativo para o primeiro e o terceiro cortes, que apresentaram médias gerais de 11,66 e 20,60 g.vaso⁻¹, respectivamente.

Contudo houve um modelo de ajuste polinomial quadrático para o segundo corte, na probabilidade de 5%, apresentando máxima MSR de 22 g. vaso⁻¹ para o nível de depleção de 68,9 % da CAD.

Não foi observado efeito entre os tratamentos de depleção e número de perfilhos. Contudo houve variação significativa ($p < 0,01$) entre os cortes, com resultado da progressão da oferta de radiação ao longo dos meses de realização do experimento.

Houve um aumento do número de perfilhos do 1º para o 3º corte, com médias gerais aumentando de 72 para 219,9 perfilhos.

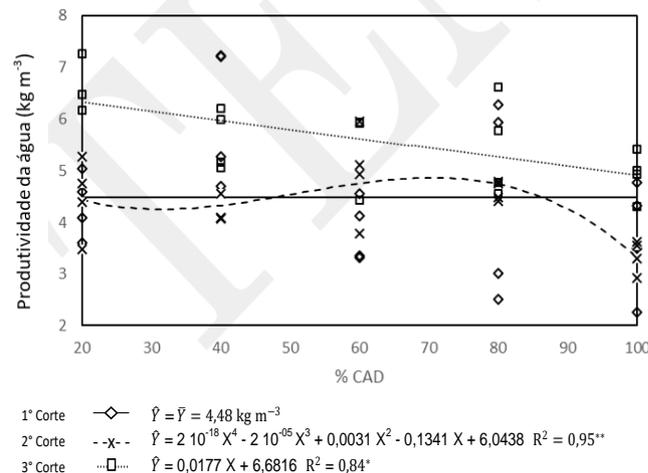
Figura 5- Produção de matéria seca de raízes em função de diferentes níveis de depleção de água no solo.



O aumento do número de perfilhos entre os cortes pode ser atribuído ao aumento da radiação recebida pela planta entre os períodos de crescimento (ARAÚJO et al., 2015).

A PDA apresentou resposta decrescente com o aumento da CAD, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Produtividade da água em função de diferentes níveis de depleção de água no solo



Não foi encontrado um modelo polinomial significativo para o primeiro corte, que apresentou média geral de 4,48 kg m⁻³. Esta ausência de resposta a irrigação pode ser atribuída a baixa temperatura, que segundo Wingler et al. (2016) e Pezzopane et al. (2017), é um fator limitante na produção de massa verde, ocasionando falta de respostas à adubação e à irrigação na produção e composição da planta forrageira.

No segundo corte, o modelo cúbico apresentou o melhor ajuste. O maior valor de PDA foi de 4,99 kg m⁻³ para o fator de depleção de 72,5% da CAD, e o menor valor foi de 4,26 kg m⁻³ para o nível de 30,1% da CAD.

O terceiro corte apresentou resposta linear e decrescente de PDA com o aumento da CAD, com máximo valor de PDA de 6,32 kg m⁻³ para o tratamento de 20% da CAD e mínimo de 4,99 kg m⁻³, para 100% da CAD. Cunha et al. (2008) estudaram o efeito de turnos de rega de 1, 4 e 7 dias, e lâminas de irrigação para restabelecer 50%, 75% e 100% da disponibilidade total de água no solo, constataram que maiores valores de PDA são

encontrados em menores níveis de irrigação apenas nos últimos cortes, verificando-se uma relação diretamente proporcional entre a PDA e o fator turno de rega.

Tian et al. (2017), verificaram que a irrigação deficitária aumentou a produção de forragem de *Medicago sativa* L. e *Agropyron cristatum* na maioria dos estádios de crescimento.

A irrigação por déficit ou mesmo ausência de irrigação tiveram o maior potencial para aumentar a produção de ambas as espécies de forragem e, conseqüentemente, a produtividade da água em todos os estágios de crescimento. O que demonstrou que o déficit de irrigação pode ser uma técnica eficaz de gerenciamento de água e aumentar a qualidade da forragem em regiões áridas.

Ressalta-se que os valores de PDA devem ser considerados em conjunto com a produtividade obtida. A produtividade da água aumenta com menores quantidades aplicadas, porém, uma alta PDA pode vir associada a uma menor produtividade, o que pode não ser interessante do ponto de econômico.

Por exemplo, pode ser necessária uma maior área de pastagem devido à sua menor capacidade de suporte, o que implica em maior custo da terra. Portanto, é importante que sejam feitos estudos sobre produtividade da água associados à eficiência econômica de produção de forragem.

Cavalcante et al. (2016), ao observar a produtividade da água e a eficiência do uso de nitrogênio para o capim Tanzânia, verificou que manejo convencional só foi interessante no caso da produção de forragem em situação de ausência de nitrogênio, não diferindo do manejo intensivo para a eficiência de uso de água. A eficiência de uso de água para a produção de leite foi maior no intensivo. A maior eficiência do uso de nitrogênio para produzir forragem foi no moderado, enquanto a maior eficiência de nitrogênio para a produção de leite foi no intensivo. O manejo intensivo é vantajoso para eficiência de uso de água e nitrogênio para a produção de forragem e de leite de cabra.

Lamb et al. (2018) verificaram que o capim Napier não competia economicamente contra os sistemas tradicionais de cultivo irrigado. Dependendo dos preços tradicionais das safras e dos preços das ações de alimentação de bioenergia, o capim Napier poderia oferecer oportunidades econômicas em ambientes de produção não irrigados, bordas de zona de proteção ripária ou áreas marginais de produção não cultivadas.

Do ponto de vista prático, fatores de depleção mais altos podem ser utilizados sem que haja comprometimento da quantidade e da qualidade da forragem produzida.

Uma vez que a pastagem é capaz de tolerar a redução da frequência da irrigação, ocorre maior flexibilidade para manejo da irrigação, o que pode garantir ao produtor economia dentro do manejo das pastagens. Além disso, pode facilitar a prática da fertirrigação.

Conclusão

Houve efeito significativo dos níveis de depleção de água no solo para as variáveis MSR e PDA, e não foi observado efeito significativo dos níveis de depleção sobre a produção de MSPA e número de perfilhos. Dessa forma, a critério de manejo da irrigação, poderemos adotar o fator de disponibilidade de 0,2 sem que haja comprometimento da produção da forragem.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Pecuária Sudeste pela concessão dos recursos financeiros para a realização da pesquisa.

Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56)

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, n.6, p.711–728, 2013.

AL-YAHYAI, R.; DAVIES, F.S.; BRUCE SAFFER, B.; JONATHAN CRANE, J. Effect of soil water depletion on growth, yeild, and fruit quality of carambola in gravelly loam, soil. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, Tallahassee, v.118, p.237-241, 2005.

ARAÚJO, D. L. C.; OLIVEIRA, M. E.; LOPES, J. B.; ALVES, A. A.; RODRIGUES, M. M.; MOURA, R. L.; SANTOS, M. S. Morphogenetic characteristics and demographic patterns of tillers on andropogon grass under different forage allowances. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 3303–3314, 2015.

AMARAL, M.A.C.M.; MENDONÇA, F.C.; MAEDA, E.Y.; CHRISTOFOLETTI, L.F.; SANCHES, A.C.; COELHO, R.D. Desempenho produtivo de *Panicum maximum* cv. Mombaça para diferentes manejos de irrigação. In: III Inovagri International Meeting, 2015, Fortaleza. **Anais do III Inovagri International Meeting - 2015**. Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI. p. 2839.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

- CASAROLI, D.; JONG VAN LIER, Q. Critérios para a determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 59-66, 2008.
- CAVALCANTE, A.C.R.; SANTOS, P.M.; JÚNIOR, J.A.A.C.; CÂNDIDO, M.J.D.; LEMOS N.L.S. Efficiency of water use and nitrogen for goat milk production in irrigated pasture to different management. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.68, n.5, p.1374-1380, 2016.
- CUNHA, F.F.; SOARES, A.A.; SEDIYAMA, G.C.; MANTOVANI, E.C.; PEREIRA, O.G. Efeito de diferentes níveis de irrigação e turnos de rega na eficiência de uso da água pelo capim-tanzânia. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 449-457 out./dez. 2008
- DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: HODGSON, J.; BAKER, R.D.; DAVIES, A.; LAIDLAW, A.S.; LEAVER, J.D. **Sward measurement handbook**. Maidenhead: British Grassland Society, 1981. p. 179-208.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979.193 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl., Brasília, DF: Embrapa, 2018. 590p.
- FERREIRA, M.I., CONCEIÇÃO, N., MALHEIRO, A.C., SILVESTRE, J.M. AND SILVA, R.M. Water stress indicators and stress functions to calculate soil water depletion in deficit irrigated grapevine and kiwi. **Acta Horti**. n.1150, p.119-126, 2017.
- GOMES, E.P.; RICKLI, M.E.; CECATO, U.; VIEIRA, C.V.; SAPIA, J.G.; SANCHES, A.C. Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.4, p. 317-323, 2015.
- JESUS, F. L. F.; NASCIMENTO, J. G.; COELHO, R. D.; DUARTE, S.N.; MENDONÇA, F. C. Water use in irrigated agriculture: an approach to water productivity in drip and sprinkler systems. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, p. 1677-1684, 2017.
- KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia - Relação Solo-Planta** – São Paulo: Ceres, 1979. 273p.
- KUNRATH, T.R.; LEMAIRE, G.; SADRAS, V. O.; GASTAL, F. Water use efficiency in perennial forage species: Interactions between nitrogen nutrition and water deficit. **Field Crops Research**, v. 222, p.1-11, 2018.
- LAMB, M. C.; ANDERSON, W. F.; STRICKLAND, T. C.; COFFIN, A. W.; SORENSEN, R. B.; KNOLL, J. E.; PISANI O. Economic Competitiveness of Napier Grass in Irrigated and Non-irrigated Georgia Coastal Plain Cropping Systems. **BioEnergy Research**. v. 11, p.574-582, 2018.
- LANGWORTHY, A. D.; RAWNSLEY, R.P.; FREEMAN, M. J.; CORKREY, R.; PEMBLETON, K. G.; HARRISON, M.T.; LANE, P. A.; HENRY, D. A. Effect of stubble height and irrigation management on the growth, botanical composition and persistence of perennial ryegrass, tall fescue and chicory swards in cool-temperate Tasmania. **Crop and Pasture Science**. v.70, p.169-182, 2019.
- LIMA, C. J. G. **Manejo da fertirrigação no cultivo de roseiras em ambiente protegido**. 2013. 168 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- MARTIN, J. D.; CARLESSO, R.; AIRES, N. P.; GATTO, J. C.; DUBOU, V.; FRIES, H. M.; SCHEIBLER, R. B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga**, Edição Especial, p. 192 – 205, 2012.
- MASIKATI, P., MANSCHADI, A, VAN ROOYEN, A., HARGREAVES, J. Maize mucuna rotation: An alternative technology to improve water productivity in smallholder farming systems. **Agricultural Systems**, v. 123, p.62-70, 2014.
- PEZZOPANE, J. R.; SANTOS, P. M.; EVANGELISTA, S. R.; BOSI, C.; CAVALCANTE, A. C.; BETTIOL, G. M.; MIRANDA GOMIDE, C. A.; PELLEGRINO, G. Q. *Panicum maximum* cv. Tanzânia: climate trends and regional pasture production in Brazil. **Grass Forage Sci**, v. 72, p. 104-117, 2017.
- PIETERSE, P.A.; RETHMAN, N.F.G.; VAN BOCH, J. Production, water use efficiency and quality of four cultivars of *Panicum maximum* Jacq. at different levels of nitrogen fertilization. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 31, n. 2, p. 117-123, 1997.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- SANCHES, A.C.; GOMES, E.P.; RICKLI, M.E.; FASOLIN, J.P., SOARES, M.R.C., GOES, R.H.T.B.D. Produtividade e valor nutritivo do capim Tifton 85 irrigado e sobressemeado com aveia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.2, p. 126-133, 2015.

SANCHES, A.C.; GOMES, E.P., RICKLI, M.E., FRISKE, E. Produtividade, composição botânica e valor nutricional do tifton 85 nas diferentes estações do ano sob irrigação. **Irriga**. v.1, n.1, p. 221–232, 2016.

SANCHES, A.C.; GOMES, E.P.; RICKLI, M.E.; FRISKE, E.; FASOLIN, J.P. Productivity and nutritive value of Tifton 85 in summer, with and without irrigation under different nitrogen doses. **Engenharia Agrícola**, Jabotical. v.37, n.2. p. 246-256, 2017.

SERRANO, J.; SHAHIDIAN, S.; MARQUES DA SILVA, J. Evaluation of Normalized Difference Water Index as a Tool for Monitoring Pasture Seasonal and Inter-Annual Variability in a Mediterranean Agro-Silvo-Pastoral System. **Water**. v.11, n. 1: 62, 2019.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, E. A. da; SILVA, W. J. da; BARRETO, A. C., OLIVEIRA JUNIOR, A. B.; PAES, J. M. V., RUAS, J. R. M.; QUEIROZ, D. S. Dry matter yield, thermal sum and base temperatures in irrigated tropical forage plants. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 41, n. 3, p. 574-582, 2012

TIAN, Y.; LIU, Y.; JIN, J. Effect of Irrigation Schemes on Forage Yield, Water Use Efficiency, and Nutrients in Artificial Grassland under Arid Conditions. **Sustainability**. v.9, n.11, p. 2035-2045, 2017.

TONATO, F. **Determinação de parâmetros produtivos e qualitativos de *Cynodon* spp. em função de variáveis climáticas**. 2003. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VOGELER, I.; THOMAS, S.; van der WEERDEN, T. Effect of irrigation management on pasture yield and nitrogen losses. **Agricultural Water Management**. v. 216, p.60-69, 2019.

WINGLER, A., HENNESSY, D. Limitation of grassland productivity by low temperature and seasonality of growth. **Frontiers in Plant Science**. v.7, n. 1130, p. 1-6, 2016