PRISCILA LOIRE DA SILVA

EFEITO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL SOBRE EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM PASTAGEM

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Rio Paranaíba

T
S586e
2018

Silva, Priscila Loire da, 1993-
Efeito de lâminas de irrigação subsuperficial sobre extração de nutrientes e produtividade da água em pastagem / Priscila Loire da Silva. – Rio Paranaíba, MG, 2018.
vii, 32f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Luis César Dias Drumond.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Irrigação. 2. Nutrientes. 3. Pastagem. I. Universidade Federal de Viçosa. Campus UFV - Rio Paranaíba. Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal (Campus CRP). II. Título.

631.7

PRISCILA LOIRE DA SILVA

EFEITO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL SOBRE EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM PASTAGEM

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2018.

Fernanda Santiago Chaves

Alberto Carvalho Filho
(Coorientador)

Luís César Dias Drumond
(Orientador)

A Deus

Aos meus pais e irmãos

Aos meus amigos e familiares,

E a todos que acreditaram na minha capacidade.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo direcionamento na vida, por seu cuidado e proteção.

À meus pais pelo exemplo, dedicação, incentivo e confiança.

Àos meus irmãos pelo carinho e apoio.

A meu grande companheiro Fábio Henrique, que esteve comigo durante todo esse tempo, obrigada pelo carinho, a paciência e por sua capacidade de me trazer paz na correria de cada semestre.

A todos os meus familiares que acreditaram em mim e me apoiaram nessa luta.

Ao professor Dr. Luís César Dias Drumond, pelos ensinamentos, incentivo, amizade, orientação, apoio, confiança e oportunidade .

À Empresa Naandanjain por ter doado o equipamento de irrigação utilizado no experimento.

Agradecimento a Gecal que doou o calcário e ao grupo Sekita que transportou.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, pela oportunidade de realização do mestrado.

A todos os professores e técnicos pelo incentivo, ensinamentos e auxílio na condução do trabalho.

As grandes amigas e companheiras da república Paracêtamal e república Casa Branca, que estiveram comigo ao longo desse tempo, obrigada pela amizade e apoio sempre.

Aos colegas, Mariana, Daiane e Marcelo pelo companheirismo e ajuda na condução do experimento.

A todos meus amigos dedico este trabalho e todo meu carinho.

À todos que de alguma forma, contribuíram para essa conquista.

Meus Sinceros Agradecimentos!

BIOGRAFIA

Priscila Loire da Silva, filha de Sandra Aparecida Silva e Antônio Alves de Souza, nasceu em Uberaba-MG no dia 21 de junho de 1993.

Em 2011 iniciou no curso de agronomia pela Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba. Em 2013 ingressou no Gepfor – Grupo de estudo e pesquisa em plantas forrageiras, onde desenvolve pesquisas até o presente momento. Ainda neste ano foi monitora de zoologia geral pela Universidade Federal de Viçosa. Entre 2014 e 2015 foi monitora de anatomia vegetal e sementes. Em fevereiro de 2016 concluiu o Curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa onde, no mesmo ano, iniciou o mestrado em Produção Vegetal.

Submeteu-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2018.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.”
Provérbios 16:3

SUMÁRIO

RESUMO vi
ABSTRACT vii
1 - INTRODUÇÃO GERAL 1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 2
2.1 - Uso da água e a irrigação no Brasil 2
2.2 - Irrigação deficitária na produtividade da água 3
2.3 - Irrigação por gotejamento subsuperficial 4
2.4 – Pastagem 5
2.5 - Irrigação de pastagem 6
2.6 - Absorção de nutrientes em função da disponibilidade hídrica 6
4 – REFERÊNCIAS 8
CAPÍTULO I –PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM FUNÇÃO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL
RESUMO 12
1 – INTRODUÇÃO 12
2 – OBJETIVOS 14
3 -MATERIAL E MÉTODOS 14
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO 17
5 – CONCLUSÕES 20
6 – REFERÊNCIAS 20
CAPÍTULO II – EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL
RESUMO 22
1 – INTRODUÇÃO 22
2 – OBJETIVOS 23
3 -MATERIAL E MÉTODOS 23
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO 26
5 - CONCLUSÕES 29
6 – REFERÊNCIAS 30
CONCLUSÕES GERAIS.....32

RESUMO

SILVA, Priscila Loire, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, fevereiro de 2018. **Efeito de lâminas de irrigação subsuperficial sobre extração de nutrientes e produtividade da água em pastagem.** Orientador: Luís Cesár Dias Drumond. Coorientadores: Alberto Carvalho Filho e Vinícius Ribeiro Faria.

O risco eminente de escassez hídrica que cresce de maneira alarmante em várias regiões do mundo tem fomentado a adoção de métodos de irrigação mais eficientes, assim como, mudanças estratégicas no manejo da irrigação. Dentre essas tecnologias destacam-se o gotejamento subsuperficial e a irrigação deficitária. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produtividade, produtividade da água, teor e extração de nutrientes em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, submetida a cinco potenciais de água no solo; 0, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração potencial da cultura (ETc). O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba, MG, localizado nas coordenadas 19º 12’ 43” S e 46º 07’ 56” W. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, onde as médias foram comparadas por regressão e pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Os resultados demonstram que o déficit hídrico reduziu até 54% da produtividade, mas aumentou 27% da eficiência no uso da água. A produtividade da lâmina 75% ETc foi semelhante a irrigação plena, podendo esta, ser uma alternativa para locais que apresentem restrições hídricas. Por outro lado, as lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial não influenciaram o teor de NPK, no entanto, reduziram a quantidade de nutriente extraído. Existem fortes correlações entre a extração de N, P e K na parte aérea das plantas e produção de matéria seca.

ABSTRACT

SILVA, Priscila Loire, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, February, 2018. **Effect of subsuperficial irrigation slides on nutrient extraction and water productivity on pasture**. Adviser: Luís Cesár Dias Drumond. Co-advisers: Alberto Carvalho Filho and Vinícius Ribeiro Faria.

The imminent risk of growing water scarcity in many regions of the world has encouraged the adoption of more efficient irrigation methods as well as strategic changes in irrigation management. Among these technologies are subsurface drip irrigation and deficit irrigation. The objective of this work was to evaluate the productivity, water productivity, nutrient content and extraction in Brachiaria brizantha cv. Marandu, submitted to five soil water potentials;0, 50, 75, 100 and 125% of potential crop evapotranspiration (ETc). The work was conducted at the experimental area of the Federal University of Viçosa - Rio Paranaíba Campus, MG, located at coordinates 19º 12 '43 "S and 46º 07' 56" W. A completely randomized design with four replicates was used, where averages were compared by regression and by the Tukey test, at 5% probability. The results demonstrate that water deficit reduced up to 54% of productivity, but increased 27% of water use efficiency. The productivity of the 75% ETc blade was similar to full irrigation, and this could be an alternative for sites with water restrictions. On the other hand, sub-surface irrigation slides did not influence the NPK content, however, they reduced the amount of nutrient extracted. There are strong correlations between the extraction of N, P and K in the aerial part of the plants and dry matter production.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A escassez de água já é realidade para mais de 760 milhões de pessoas no mundo, sendo a agricultura um dos setores mais afetados com os adventos climáticos. Para piorar esse cenário, estima-se que a água disponível para agricultura irrigada reduzira em 40% até 2050 (FAO, 2013).

Diante contexto, tornam-se indispensáveis métodos de irrigação, assim como, técnicas que objetivem reduzir a quantidade de água aplicada sem grandes prejuízos a planta, com destaque para gotejamento subsuperficial e a irrigação deficitária. Esse método baseia-se na aplicação de água e nutrientes diretamente na zona radicular, reduzindo assim, as perdas por evaporação direta de água no solo, uma vez que o sistema é enterrado.

A técnica de irrigação deficitária ou sub-irrigação, por sua vez, objetiva reduzir a quantidade de água aplicada sem perda considerável da produtividade. Assim, se o objetivo final do agricultor for a máxima produção, será necessário suprir 100% das necessidades hídricas das culturas. Porém, se o objetivo for obter a máxima eficiência do uso da água, a irrigação deficitária pode ser adotada (Martins et al., 2012). Isso significa irrigar deliberadamente abaixo do nível de máxima produção, que corresponda à máxima eficiência econômica (Pereira et al., 2002).

O nível de máxima eficiência econômica deve levar em consideração o valor agregado da cultura, assim como, a disponibilidade ou valor do recurso hídrico, podendo variar para cada região, cultura, propriedade ou até mesmo de acordo com o método de irrigação adotado, por essa razão é indispensável seu estudo caso a caso.

Acredita-se que a irrigação deficitária pode afetar de forma pouco significativa os componentes produtivos de pastagem, mantendo o retorno econômico da cultura irrigada. Além disso, embora inúmeros trabalhos evidenciem que o adequado fornecimento de nutrientes minerais para plantas alivia o estresse hídrico, pouco se sabe como a irrigação deficitária afeta a absorção e extração de nutrientes e se o método de irrigação aplicado pode exercer alguma influência nesse sentido.

Assim sendo, objetivou-se com esse trabalho responder a tais questionamentos e refletir sobre o consumo atual de água na agricultura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Uso da água e a irrigação no Brasil

O crescimento insustentável, caminhos de desenvolvimento insustentáveis e governança as falha afetaram a qualidade e a disponibilidade de água, comprometendo sua capacidade de gerar benefícios econômicos. A demanda por água doce está crescendo. A menos que o equilíbrio entre demanda e suprimentos finitos seja restaurado, o mundo enfrentará cada vez mais o déficit hídrico (WWDR, 2015).

Representando apenas 21% de toda a área agrícola do planeta, as lavouras irrigadas são responsáveis por mais de 40% de toda a produção de alimentos no mundo (FAO, 2016). Ainda, Segundo a agência Nacional de Águas (ANA, 2015), a irrigação responde por 75% do consumo de água no Brasil. Em contrapartida, a agricultura é um dos setores mais importantes da economia nacional, sendo responsável por cerca de 25% do PIB brasileiro (MI, 2013).

Atualmente a área irrigada no Brasil corresponde a 5,6 milhões de hectares com incremento de aproximadamente 45 % nos últimos 16 anos (ABIMAQ, 2017). Esse valor representa cerca de 21% do potencial nacional, que corresponde a 29,564 milhões de hectares (ANA, 2013). Além disso, segundo Christofidis (2013), somos o 9° país em área irrigada. Se o país utilizasse 100% do seu potencial de área irrigável, pularia para a sétima posição no ranking mundial, ficando atrás apenas de Índia, China, Estados-Unidos, Rússia, Paquistão e Iran (Christofidis, 2013).

De acordo com Almeida e Benassi (2015), a escassez de água atingia, quase que exclusivamente, a região nordeste do Brasil. No entanto, em 2013/2014 ocorreu escassez na região sudeste, com baixo nível dos reservatórios de água e queda dos volumes pluviométricos. Consequentemente, foi registrado uma das maiores quedas de safra de grãos dos últimos 20 anos. Dessa forma, a melhoria de práticas de irrigação, bem como outras práticas agrícolas e a gestão eficiente dos recursos hídricos constituem o desafio deste século.

2.2 Irrigação deficitária na produtividade da água

A melhoria da eficiência da irrigação deve atender a uma análise holística das fases pelas quais se passa o processo. A aproximação holística, tão necessária para entender a agricultura irrigada, é incorporada através da consideração de todos os fatores que podem influenciar na forma como a água é usada, sejam eles técnicos, econômicos, políticos, sociais ou ambientais. A análise pode ser posteriormente refinada pela ponderação do impacto de cada fator que influencia no uso da água em uma dada situação (Burton et al., 1999).

Nesse contexto a irrigação deficitária é uma alternativa para maximizar a eficiência no uso da água e garantir a produção em épocas ou locais com baixa disponibilidade hídrica. Consiste na aplicação de lâminas inferiores às necessárias para satisfazer às necessidades hídricas da cultura, afetando assim, a evapotranspiração e a produtividade da cultura, entretanto, a redução da produtividade deve ser mínima ao ponto de manter o retorno econômico da cultura irrigada (Kang et al., 2000).

Os impactos da irrigação deficitária sobre a produtividade e suas relações com os resultados econômicos podem ou não ser negativos, dependendo do manejo da irrigação adotado, o desempenho do sistema e os custos de produção (Lorite et al., 2007). Segundo English e Navaid (1996), os benefícios potenciais da irrigação com déficit são atribuíveis a três fatores: aumento da eficiência da irrigação, redução dos custos com condução e bombeamento e redução de riscos associados aos impactos ambientais.

Inúmeros trabalhos ilustram que a irrigação deficitária pode aumentar a eficiência no uso da água e permitindo a redução do consumo de água na agricultura. Sharma et al. (2014) avaliando o efeito da irrigação deficitária por gotejamento subsuperficial no cultivo de meloeiro, verificou que o mesmo apresentou economia de até 40 % no consumo de água.

Mendonça (2017), estudando o efeito da irrigação deficitária por gotejamento subsuperficial na cultura do tomareiro Grape, sugere uso da irrigação deficitária com 75 % da capacidade de campo (CAD). Este tratamento se destacou devido à produtividade, número de frutos, comprimento do fruto, sólidos solúveis e massa seca da parte aérea serem similares aos resultados do tratamento com 100 % da CAD, além de resultar na aplicação de 36 % de sua lâmina de água.

2.3 Irrigação por gotejamento subsuperficial

Os vários métodos de irrigação são aplicados de forma desigual no Brasil. Isto ocorre pelo fato dos sistemas de irrigação dependerem, dentre outros fatores, do nível tecnológico compatível e acessível economicamente do produtor, assim como, da disponibilidade local de água (ANA, 2015). Todavia, frente ao iminente aumento do consumo hídrico para uma disponibilidade de água cada vez menor, tornam-se indispensáveis investimentos em sistemas de irrigação mais eficientes e eficazes na produção agrícola.

Só em 2010, dos 2.700 km³ de água retirada para irrigação, 1.500 km³ foram efetivamente utilizados, resultando em uma eficiência global dos sistemas de irrigação de 56% (FAO, 2014). Diante desse cenário, novos métodos de irrigação estão ganhando espaço no mercado, dentre eles destaca-se o gotejamento subsuperficial.

Com origem em Israel, em consequência da grande escassez dos recursos hídricos naquela região (Manfrinato, 1985), este método ganhou destaque por reduzir a quantidade de água aplicada, possibilidade de aplicação de nutrientes diretamente na zona radicular, diminuição na incidência de doenças e pelo não ataque de roedores as fitas gotejadoras, já que o sistema é enterrado. O gotejamento subsuperficial, quando instalado, projetado e administrado de maneira correta pode apresentar eficiência maior que 95% (Júnior, 2015). A profundidade da tubulação varia de acordo com o tipo de cultivo e as características do solo (Haguenauer, 2016).

Segundo Oliveira et al. (2016), embora o gotejamento subsuperficial seja o sistema que apresentou maior custo de aquisição em relação aos sistemas de microaspersão, mangueira de irrigação microperfurada e aspersão, apresentou maior viabilidade econômica no cultivo de brócolis, pois resultou em melhor produtividade e receita líquida, além do menor consumo de água ao longo do ciclo da cultura.

Ferreira et al. (2004)comparando a irrigação por microaspersão e o gotejamento subsuperficial na produtividade potencial da pupunheira, observaram que o sistema de gotejamento subsuperficial proporcionou uma maior produtividade de palmito em relação ao sistema de microaspersão.

2.4 Pastagem

Uma característica importante da pecuária brasileira é ter a maior parte de seu rebanho criado a pasto (Ferraz e Felício, 2010). Pesquisas demonstram que esta é a forma de alimentação animal menos onerosa e que requer menor mão de obra por unidade animal. Além disso, o Brasil possui condições climáticas extremamente favoráveis ao cultivo das forrageiras (Drumond e Aguiar, 2005).

Dentre as pastagens empregadas na alimentação dos bovinos, destaca-se as gramíneas do gênero *Brachiaria*, que segundo Silva et al. (2012), são os capins mais cultivados devido ao bom rendimento de matéria seca, adaptabilidade a solos de baixa fertilidade e ao clima.

Disponibilidade hídrica, temperatura e intensidade de luz são fatores que influenciam o cultivo das pastagens. Uma vez que, as plantas de metabolismo fotossintético C4 têm seu crescimento maximizado nas temperaturas de 30 a 35ºC, com limite superior de 40 a 45ºC e reduzem suas atividades metabólicas abaixo de 15ºC (Balieiro et al., 2007). Essas plantas são mais eficientes na conversão de energia solar em biomassa em comparação as C3, em função de sua maior eficiência em interceptar radiação fotossinteticamente ativa e a ausência de fotorrespiração (Covshoff e Hibberd, 2012).

A produtividade e a perenidade das pastagens provêm, entre outros fatores, da capacidade de reconstituição e manutenção da área foliar após a desfolhação, que afeta a estrutura do dossel, determinando sua velocidade de crescimento, acúmulo de forragem, composição química e persistência (Zanini et al., 2012).

Assim, para garantia da boa disponibilidade de forragem ao longo dos anos, pesquisas apontam a necessidade da reposição de nutrientes no solo, principalmente fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes, associada à calagem e gessagem periódicas, permitindo a manutenção da produtividade e evitando a degradação das pastagens (Montagner, 2014). Além disso, é indispensável o manejo de lotação animal de acordo com a oferta de forragem, assim como, a adoção de técnicas que visem o máximo desempenho produtivo das pastagens.

2.5 Irrigação de pastagem

Apesar de muitos avanços científicos e tecnológicos, a produtividade média das pastagens brasileiras ainda é incipiente, com lotações médias inferiores a 1 unidade animal (UA) ha^{-1}, indicando necessidade de intensificação da produtividade (Alencar et al., 2009). Em contrapartida, pesquisas demonstram que com manejo correto aliado a fertilização e irrigação, é possível alcançar o máximo potencial produtivo das pastagens.

Entre os benefícios da irrigação no sistema de produção a pasto, destacam-se o aumento da capacidade de produção da propriedade, sem a necessidade de aumento de área, a possibilidade da venda de bois gordos o ano inteiro, redução do custo de produção da arroba, aceleração do ciclo de produção e abate, além da possibilidade de produção animal totalmente a pasto (Yassu et al.,1998).

Um bom sistema de irrigação deve aplicar água no solo uniforme, até determinada profundidade, propiciando a umidade necessária ao desenvolvimento normal das espécies vegetais (Drumond, 2013). Ainda, segundo o autor, dentre os métodos mais utilizados em pastagens, destacam-se os sistemas pressurizados, principalmente os sistemas por aspersão. Sendo o pivô central e aspersão em malha automatizada os sistemas mais usados.

Vale ressaltar que não foi encontrado na literatura nacional trabalhos com irrigação subsuperficial em pastagens. Evidenciando, a necessidade de pesquisas que indiquem a viabilidade desse tipo de irrigação no sistema de produção a pasto, assim como, qual o manejo correto, limitações e vantagens.

2.6 Absorção de nutrientes em função da disponibilidade hídrica

Klar (1988) afirma que a fertilidade do solo, promove uma maior eficiência de uso da água pelas culturas, sendo o nitrogênio um dos nutrientes que promove expressiva variação na eficiência do uso da água pelas culturas. Ainda, segundo Lopes (1989), quando o rendimento de uma cultura aumenta com a adubação, a eficiência do uso da água pela cultura também aumenta. Resta saber sobre como a irrigação com déficit afeta a absorção e acumulação desses nutrientes.

É evidente que o movimento de nutrientes do solo em direção à raiz depende da presença de água (Silva et al., 2017). De acordo com Paes (2016) a diminuição da quantidade de água no solo reduz o movimento dos nutrientes transportados tanto em fluxo de massa como difusão. Isso porque, o fechamento estomático reduz o fluxo transpiratório e o fluxo em massa. Afetando assim, diretamente a absorção de NPK pelas plantas.

Aquino et al. (2012), avaliando o efeito da irrigação na cultura do algodoeiro, verificaram que os tratamentos que recebiam irrigação apresentavam maior conteúdo foliar de P atribuindo, à irrigação, o aumento da eficiência de absorção deste nutriente.

Cruscio et al. (2003) estudando a exportação, absorção e eficiência de utilização dos nutrientes em arroz, utilizando 0.5, 1.0, 1.5 e 1.95 do valor referência Kc (coeficiente cultural), verificaram que a maior extração de nutrientes ocorreu na maior lâmina, devido em grande parte à maior produção de matéria seca, já que os teores dos nutrientes foram semelhantes aos obtidos nos demais tratamentos. Além disso, lâmina de água recomendada, proporcionou maior eficiência de utilização para todos os nutrientes analisados, mostrando que a reposição de água, de acordo com os valores de Kc promove uma maior eficiência de utilização de nutrientes pela cultura do arroz e que excesso de água é prejudicial nesse caso, já que a maior lâmina, apresentou baixa eficiência de utilização de nutrientes.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013. 432p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA),2015 **Relatório de conjuntura dos recursos hídricos no Brasil.** Disponível em:< http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura dosrecursoshidricos/ conjuntura_informe_2015.pdf>. Acesso em setembro de 2017.

ALENCAR, C.A.B.; CUNHA, F.F; MARTINS, C.E.; CÓSER, A.C.; ROCHA, W.S.D.; ARAÚJO, R.A.S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo**. Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 98-108, 2009.

ALMEIDA, D.L.; BENASSI, R.F. Crise hídrica e de energia elétrica entre 2014-2015 na região Sudeste. **Revista Hipótese**, Itapetininga, v.1, n.2, p.65-76, 2015.

AQUINO, L. A. de.; Aquino, R. F. B. A.; SILVA, T. C.; SANTOS, D. F. dos; BERGER, P. G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.355-361, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS (ABIMAQ). **Atualização da área irrigada no Brasil**. Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação, 2017.

BALIEIRO, N. G.; FERREIRA, J. J.; FERREIRA, M. B. D.; FREIRE, F. M.; VIANA, M. C. M; Resende, M. Características agronômicas 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.

BURTON, M.A.; KIVUMBI, D.; EL-ASKARI, K. Opportunities and constraints to improving irrigation water management: Foci for research. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.40, n.1, p.37-44, 1999.

CHRISTOFIDIS, D., 2013. Água, Irrigação e Agropecuária Sustentável. **Revista de Política Agrícola** : Ano XXII – No 1 – Jan./Fev./Mar., 2013.

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.

CRUSCIOL, C. A. C. U.; ARF, O. U.; SORATTO, R. P. U.; ANDREOTTI, M. U., RODRIGUES, R. A. F. U. **Absorção, exportação e eficiência de utilização de nutrientes pela cultura do arroz de terras altas em função de lâminas de água aplicadas por aspersão** . Maringá, v. 25, n. 1, p. 97-102, 2003

DRUMOND, L. C. D. **Produção Sustentável de leite em Pasto Irrigado**.2013. Disponível em : http://docplayer.com.br/7835969-Gappi-gestao-e-assessoria-em-pastagem-e-pecuaria-intensiva-proposta-de-trabalho.html. Acesso em: Setembro de 2017.

DRUMOND, L. C. D.; AGUIAR, A. P. A. **Irrigação de pastagem**. Uberaba, MG: ed. L.C.D. DRUMOND, 2005. 210 p.

ENGLISH, M.; NAVAID, S. **Perspectives on deficit irrigation. Agricultural Water Management**, v.32, p.1-14, 1996.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical Year book 2013**. Disponível em: http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications>. Acesso em: 16 mar. 2017.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2014. AQUASTAT website. FAO´s global information system on water and agriculture. Dispinível em: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/didyouknow/index3.stm. Acesso em setembro de 2017.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2016. AQUASTAT website. FAO´s global information system on water and agriculture. Disponível em: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm >. Acesso em setembro de 2017.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. de. Production systems - An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FERREIRA, E.J.S.; VANZELA, L. S.; SANTOS, R. A. dos; GOMES, D. R.; HERNANDEZ, F. B. T. Estimativa da produtividade potencial da cultura da pupunha

(*Bactris Gasipaes* HBK) irrigada no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2004.

HAGUENAUER, G. M. **Tecnologias de Irrigação e o Uso Eficiente da Água: O Caso do Gotejamento Subsuperficial**. 100 f. Programa de Planejamento Energético, 2016. (Dissertação de mestrado)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

JÚNIOR, H. M. S. **Avaliação de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial, no noroeste paulista.** 2015. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Botucatu - Sp, 2015.

KANG, S.; SHI, W.; ZHANG, J. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. **Field Crops Research**, v.67, p.207–214, 2000.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ª ed., Nobel. 1988.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. Traduzido e adaptado do original: Soil fertility manual. Potash Phosphate Institute. ANDA/POTAFOS, 153p., 1989.

LORITE I J.; MATEOS L.; ORGAZ F.; FERERES E. Assessing deficit irrigation strategies at the level of an irrigation district. **Agricultural Water Management**, v.91, p.51–60, 2007.

MANFRINATO, H. A. A irrigação por gotejamento: influencia sobre as relações solo-água. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n.22, p. 21-25, 1985.

MARTINS, 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, Botucatu**, p.192 - 205, Edição especial, 2012.

MENDONÇA, T. G. **Irrigação subsuperficial deficitária no cultivo de tomateiro em casa de vegetação.** 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Agricultura e Ambiente.Universidade Federal de SÃo Carlos, Araras - Sp, 2017.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (MI), 2013. **Agricultura irrigada impulsiona ganhos de produtividade nas cinco regiões do país**. Portal Brasil, abril de 2013. Disponível em:<http://www.brasil.gov.br/economia-eemprego/ 2013/04/agricultura-irrigada-impulsiona-ganhos-de-produtividade-nas-cincoregioes- do-pais>. Acesso em setembro de 2017.

MONTAGNER, D. B. **Manejo de pastos de Brachiaria brizantha.** 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-corte/busca-de-noticias/-/noticia/2386025/artigo-manejo-de-pastos-de-brachiaria-brizantha>. Acesso em setembro de 2017.

OLIVEIRA, F. C.; GEISENHOFF, L.O.; ALMEIDA, A.C.S.; LIMA JUNIOR, J.; LAVANHOLI, R. Economic feasibility of irrigation systems in broccoli crop. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.3, p.460-468, 2016.

PAES, J. L. de A. **Crescimento e acúmulo do fósforo em milho, em resposta à adubação localizada do nutriente e à disponibilidade de água.** 2016. 59 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

PEREIRA, L.S.; OWEIS, T.; ZAIRI, A. Irrigation management under Waters carcity. **Agricultural Water Management**, v.57; p.175-206, 2002.

SHARMA, S.P.; LESKOVAR, D.I.; CROSBY, K.M.; VOLDER, A.; IBRAHIM, A.M.H. Root growth, yield, and fruit quality responses of *reticulatus* and *inodorus melons* (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v.136, p.75-85, 2014.

SILVA, T. C.; PERAZZO, A. F.; MACEDO, C. H. O.; BATISTA, E. D.; PINHO, R. M. A.; BEZERRA, H. F. C.; SANTOS, E. M. Morfogênese e estrutura de Brachiaria decumbens em resposta ao corte e adubação nitrogenada. Archivos de zootecnia, **Córdoba**, v. 61, n. 233, p. 91-102, 2012.

SILVA, T. R.; CAZETTA, J. O.; CARLIN, S. D.; TELLES, B. R. Drought-induced alterations in the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium, and the relation with drought tolerance in sugar cane. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 41, n. 2, p. 117-127, 2017.

WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT (WWDR), 2015. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Água Para Um Mundo Sustentável - **Sumário Executivo**. UN-Water: Colombella, Perugia, Itália, 2015.

YASSU, F.; PITOMBO, L.H.; FRANCO, M. Reportagem de capa: Irrigação. **Revista DBO RURAL**. São Paulo, n.218, p.50-64,d ez. 1998.

ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; SBRISSIA, A. F. Frequencies and intensities of defoliation in Aruana guineagrass swards: Morphogenetic and structural characteristics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 41, 1848- 1857, 2012.

CAPITULO I- PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM FUNÇÃO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL

Resumo

Aumentar a produção de alimentos com uma disponibilidade hídrica cada vez menor constitui o principal desafio deste século. Cabe a pesquisa propor alternativas economicamente viáveis para contornar o problema. Para isso é necessário que se conheça a produtividade da água para cada cultura, levando-se em consideração a disponibilidade do recurso hídrico. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produtividade da água em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, submetida a cinco potenciais de água no solo 0, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração potencial da cultura (ETc). O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba, MG, localizado nas coordenadas 19º 12' 43" S e 46º 07' 56" W com altitude média de 1128. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado e as medias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade para análise de variância não-paramétrica e comparações múltiplas, visando comparar os efeitos da utilização de amostrais. Os resultados demonstram que o déficit hídrico reduziu até 54% da produtividade, mas aumentou 27% da eficiência no uso da água. A produtividade da lâmina 75% ETc foi semelhante a irrigação plena, podendo esta, ser uma alternativa para locais que apresentem restrições hídricas. A maior produtividade da água de irrigação foi obtida na irrigação deficitária.

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos projetos de irrigação objetiva o máximo desempenho agronômico da cultura, porém, diante do cenário de insuficiência hídrica que cresce de maneira preocupante em várias regiões do mundo, tornam-se indispensáveis mudanças estratégicas nas técnicas de irrigação, assim como, no manejo da água para obtenção de um consumo eficiente e economicamente viável.

Isso porque em muitos casos, a quantidade de água aplicada para alcançar a máxima lucratividade é menor do que a necessária para atender totalmente a evapotranspiração da cultura. Assim, pode-se aplicar o déficit controlado, para reduzir os

custos com a irrigação e ao mesmo tempo obter uma maior produtividade econômica da água (English e Nuss, 1982).

No Brasil, assim como em outros países, a maior demanda por água é da agricultura, especialmente na irrigação. Segundo a agência Nacional de Águas (ANA, 2015), a irrigação responde por 75% do consumo de água no Brasil. Em contrapartida a agricultura foi responsável por cerca de 25% do PIB brasileiro (MI, 2013). Apesar do grande consumo de água, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos. Já que representando apenas 21% de toda a área agrícola do planeta, as lavouras irrigadas são responsáveis por mais de 40% de toda a produção de alimentos no mundo (FAO, 2016). Assim sendo, desafio do mundo atual é consumir menos recursos hídricos e ao mesmo tempo conseguir manter ou aumentar a produtividade dos cultivos.

Nesse cenário surgem métodos de irrigação mais eficientes, assim como, mudanças no manejo da irrigação. Destacando-se o gotejamento subsupercial e a irrigação deficitária. Esse método de irrigação ganhou espaço no mercado, principalmente, por reduzir a quantidade de água aplicada em função da queda da evaporação direta de água no solo e a possibilidade de aplicação de adubos diretamente na zona radicular. No que tange ao manejo, uma estratégia comumente utilizada para aumentar a eficiência no uso da água é a irrigação deficitária, essa técnica consiste na aplicação de lâminas inferiores às necessárias para satisfazer às necessidades hídricas da cultura, afetando assim, a evapotranspiração e a produtividade, entretanto, a redução da produtividade deve ser mínima ao ponto de manter o retorno econômico da cultura irrigada (Kang et al., 2000).

Acredita-se que a combinação irrigação eficiente e manejo hábil possam aumentar a produtividade da água, proporcionando a obtenção de produções satisfatórias mesmo com a utilização de uma menor quantidade hídrica. Além disso, é escasso na literatura nacional, trabalhos que ilustrem a viabilidade desse método de irrigação no sistema de irrigação a pasto. A fim de responder a tais questionamentos e propor alternativas viáveis de gerenciamento de recursos hídricos essa pesquisa se justifica.

2 OBJETIVOS

Avaliar o efeito do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial em associação a irrigação com déficit hídrico na produtividade da água e produção de forragens.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba, MG, localizado nas coordenadas 19º 12' 43" S e 46º 07' 56" W com altitude média de 1128 m. O solo da região é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado, textura argilosa, fase cerrado e relevo plano (EMBRAPA, 2006).

Devido às dificuldades de casualização que ocorrem na maior parte dos estudos com sistemas de irrigação, foi montado um estudo observacional constituído por 5 tratamentos, sendo uma espécie de forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e cinco lâminas de água; 0, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração potencial da cultura (ETc), com quatro repetições, totalizando 20 unidades amostrais. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A área experimental foi de 238 m^2, sendo cada unidade experimental correspondente a de 47,74 m^2. Consistiu em um sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial automatizado, marca NaanDanJain, modelo Top Drip, enterrado a uma profundidade de 0,2 m (Figura 1). O espaçamento entre as linhas de tubos gotejadoras foi de 1 m e o espaçamento entre os gotejadores de 0,3 m, formando uma faixa contínua molhada. A vazão dos tubos foi de 1,6 L h^{-1}.

Figura 1: Área do experimento

Os dados climáticos foram obtidos, diariamente, por meio de uma estação meteorológica localizada a 50 m da área experimental. As irrigações foram determinadas pelas seguintes equações:

$$ETc = (Kc \cdot ETo) \qquad \text{Eq. 1}$$

Sendo:
ETc: Evapotranspiração da cultura,
Kc: Coeficiente de cultivo,
ETo: Evapotranspiração de referência.

As irrigações foram aplicadas de acordo com a evapotranspiração acumulada da cultura (*ETc ac).*

$$ETc\ ac = (ET\ diária) \qquad \text{Eq. 2}$$

As irrigações foram aplicadas quando a evapotranspiração acumulada da cultura (*ETc ac*) atingia valores de até 15 mm.

Onde:
ETc diária determinada para cada tratamento como segue:
T1: Testemunha Eq. 3
T2: Déficit hídrico moderado: *ETc diária= (ETc) 0,50* Eq. 4
T3: Déficit hídrico leve: *ETc diária= (ETc) 0,75* Eq. 5
T4: Irrigação completa: *ETc diária= (ETc) 1* Eq.6
T5: Irrigação Adicional: *ETc diária= (ETc) 1,25* Eq. 7

Geralmente, a irrigação localizada molha apenas de um terço a dois terços da área, portanto, necessita de correção devido à localização que consiste em multiplicar a ETc por um coeficiente de ajuste específico KL (Keller, 1978).

$$ETc = (Kc \cdot ETo) \cdot KL \qquad \text{Eq. 8}$$

Sendo:

KL: Coeficiente de localização.

Para o gotejo enterrado foi adotado um KL igual a 1, seguindo o modelo proposto por Fereres (1981) que adotada esse valor em sistemas de irrigação que proporcionam mais que 65% de área molhada.

A semeadura da forrageira foi feita a lanço em março de 2017, com aproximadamente 15 kg ha^{-1}**.** Devido ao inverno extremamente rigoroso ocorrido nessa época, o período de estabelecimento da cultura foi de 180 dias. No período de 15 de setembro de 2017 a 20 de novembro do mesmo ano, as plantas receberam irrigação conforme recomendação para cada tratamento As irrigações foram realizadas dependendo da ocorrência de chuvas. As lâminas de irrigação e a precipitação estão apresentadas na (Tabela 1).

Tabela 1: Precipitação e volume total de água utilizado para cada tratamento ao longo dos ciclos

Volume Hídrico Total (mm)						
		T1	T2	T3	T4	T5
Ciclo 1	Precipitação	47	47	47	47	47
	Irrigação	0	36,91	55,37	73,88	92,28
	Total	47	83,91	102,38	120,83	139,38
Ciclo 2	Precipitação	92,8	92,8	92,8	92,8	92,8
	Irrigação	0	35,5	53,2	71	88,7
	Total	92,8	128,3	146	163,8	181,5

A pastagem foi manejada simulando-se um pastejo intensivo em lotação rotacionada, seguindo metas de altura de pré-pastejo 25-30 cm e pós pastejo 12cm. Com períodos de descanso variando de 25 a 30 dias. O período compreendido entre pré e pós pastejo foi denominado ciclo. A Matéria Seca (MS), estimada em kg por hectare (kg MS

ha^{-1}), foi avaliada a partir do corte em moldura quadrada de 0,25 m² (0,5 X 0,5 m), e com altura de 12 cm. A biomassa vegetal coletada foi pesada no campo, com o objetivo de se determinar a massa verde ou fresca. Posteriormente, foi retirada uma amostra de 100 g do material fresco para determinação da matéria seca da forragem, através da secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72 horas. Com o valor obtido na área da moldura, foi estimada a matéria seca por hectare por extrapolação simples.

Para cálculo da produtividade da água adotou-se o modelo descrito por (PEREIRA et al., 2009), onde a produtividade da água *(WP)* foi definida como a razão entre a produção atingida pela cultura (massa seca) e a quantidade de água utilizada, como segue:

$$WP = Ya/TWU \qquad \text{Eq. 9}$$

Em que:

WP: Prodtividade da água, kg m^3.

Ya: Produção de silagem atingida pela cultura, kg ha^{-1}.

TWU: Total de água utilizado para atingir *Ya*, incluindo a precipitação pluvial, m³.

Esse estudo também pode ser feito levando-se em consideração somente a água utilizada na irrigação. Nesse sentido, temos a produtividade da água da irrigação *WP irri*. Esta leva em consideração apenas a irrigação utilizada apara atingir tal produção.

$$WP\ Irri = Ya/IWU \qquad \text{Eq. 10}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocorrência de chuvas concentradas restabeleceu o armazenamento de água no solo em todo sistema radicular da planta, o que minimizou o efeito dos tratamentos.

A produtividade do capim *Brachiaria brizantha* variou em função do manejo de irrigação por gotejo subsuperficial (Tabela 3). Sendo que os tratamentos 4 e 5 apresentaram desempenhos superiores aos tratamentos 1 e 2 que apresentaram as menores médias. Esse fato é decorrente da deficiência hídrica que causa redução de vários processos fisiológicos e bioquímicos na planta, como fotossíntese, alongamento das células e fixação biológica de N_2 (Hsaio, 1973).

Tabela 3: Médias de produtividade (ton ha^{-1}), produtividade da água (*WP)* e produtividade da água de irrigação (*WP irri*) (kg/m³) de *Brachiaria brizantha* sob diferentes manejos de irrigação

Tratamento	Produtividade	WP	WP Irri
Testemunha	1.17 c	20,44 a	_
(ETc) 0,5	1.33 c	13,15 b	36,92 a
(ETc) 0,75	1.74 bc	13,42 b	32,06 ab
(ETc) 1	2.41 ab	15,82 ab	33,4 ab
(ETc) 1,25	2.53 a	14,97 b	27,26 b
F	12,93**	5,83*	36,88**
Média	1839,88	15,58	25,93
CV (%)	18,60	15,71	18,93

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.
* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.
ns - F não significativo a 10% de probabilidade.

Estes resultados corroboram aos encontrados por Ismail e Almarshadi (2013) que trabalhando com irrigação subsuperficial deficitária no cultivo de alfafa , obteve economia no uso da água correspondente, entretanto houve redução da produtividade com a diminuição das lâminas de irrigação.

Já Gargantini et al. (2005) avaliaram as respostas produtivas do capim mombaça submetido a crescentes lâminas de irrigação, observaram maior produção de forragem com o uso de lâminas de irrigação que variavam entre 73% a 114% da ETo. No entanto, a melhor resposta a reposição de água, na maioria dos ciclos, limitou-se a valores próximos de 100% da ETo.

É importante destacar que quando se compara a lâmina recomendada, tratamento 4, em relação ao tratamento 3, é possível verificar que são estatisticamente iguais, embora este possibilite a economia de 25% da quantidade de água, o que sugere sua utilização em condições de déficit hídrico, já que a redução da produtividade não foi significativa para as condições testadas, mantendo assim, o retorno econômico da cultura irrigada. Estes resultados podem ser explicados pelo melhor aproveitamento da chuva no tratamento 3. Possivelmente a irrigação subsuperficial também contribuiu para o observado, pois reduziu a perda de água por evaporação direta no solo e, consequentemente, permitiu o uso da menor lâmina de água sem redução significativa da produtividade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Mendonça (2017), que estudando os efeitos da irrigação subsuperficial deficitária na cultura do tomateiro, concluiu que a

produtividade da irrigação plena foi semelhante ao tratamento com 75 % capacidade de água disponível.

Os resultados demonstraram que a maior produtividade da água (WP) foi observada no tratamento1, com 20,44 kg/m³ para produção de matéria seca. Estes valores diferem estatisticamente do tratamento 2,3 e 5 que foram menos eficientes na utilização de água. Este fato pode estar associado ao melhor aproveitamento das chuvas ocorridas. Assim, nos tratamentos que permaneceram durante o ciclo da cultura com um conteúdo de umidade do solo elevado, a precipitação efetiva pode ter sido inferior em relação à testemunha, causando um menor aproveitamento da precipitação.

Vale salientar que nem sempre a máxima eficiência no uso da água corresponde ao maior retorno econômico da cultura. Além disso, a alta precipitação ocorrida minimizou o efeito testemunha. Por isso, não é recomendado dispensar a irrigação. já que o tratamento testemunha não apresentou o melhor desempenho econômico.

Martins et al. (2012), estudando a eficiência no uso da água para produção de silagem de milho, verificaram que a maior produtividade da água foi observada para o tratamento com reposição de 50% de ETc, enquanto que a WP na irrigação plena foi estatisticamente igual ao tratamento com reposição de 75% de ETc.

Quando se compara a produtividade da água da irrigação (*WP irri*) o tratamento 2 obteve as maior média, com 36,92 kg/m³ para produção de matéria seca em comparação ao tratamento 5 que obteve 27,26 kg/m³. Estes valores indicam que os tratamentos com déficit hídrico podem ser mais eficientes na utilização de água de irrigação.

Esses resultados corroboram aos encontrados por Zwirtes et al. (2015), que avaliando os efeitos dos diversos manejos de irrigação deficitária com gotejamento superficial e a produtividade da água na cultura do sorgo, concluiram que a irrigação deficitária resultou em redução linear na altura, no índice de área foliar, assim como, no rendimento de grãos, entretanto, aumentou a produtividade da água irrigada.

O estudo da irrigação deficitária é essencial para a redução do uso da água na agricultura, podendo ser indicado para áreas onde a escassez de água afeta a produção agrícola. Por isso, o nível de máxima eficiência econômica deve levar em consideração o valor agregado da cultura, assim como, a disponibilidade ou valor do recurso hídrico. Para isso, é necessário um detalhamento dos custos de produção e seu estudo caso a caso para cada situação, cultura e propriedade.

5 CONCLUSÃO

A irrigação subsuperficial deficitária teve produtividade semelhante à irrigação plena quando utilizado 75 % da ETc.

A maior eficiência no uso da água é encontrada nos tratamentos com déficit hídrico.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2015. **Relatório de conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Disponível em:< http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos recursoshidricos/ conjuntura_informe_2015.pdf>. Acesso em setembro de 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p. , 2006.

ENGLISH, M. J.; NUSS, G.S. Desingning for déficit irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Division.** ASCE, New York, v.108, n.2, p.91-106. 1992.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2016. AQUASTAT website. FAO´s global information system on water and agriculture. Disponível em: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm >. Acesso em setembro de 2017.

FERERES, E. Papel de La fisiologia vegetal em La microirrigación. Recomendaciones para El manejo mejorado. **Ponencia em IV Seminario Latonoamericano de Microirrigación**. Barquisimeto, Venezuela, 1981.

GARGANTINI, P. E.; HERNANDEZ, F. B. T.; VANZELA, L. S.; LIMA, R. C. Irrigação e adubação nitrogenada em capim Mombaça na região Oeste do estado de São Paulo. In: Congresso nacional de irrigação e drenagem, 15.; simpósio internacional de uso das águas subterrâneas na agricultura irrigada, 2005, Teresina. **Anais**... Teresina: ABID: Embrapa meio Norte 2005.

HSAIO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.519-570, 1973.

ISMAIL, S. M.; ALMARSHADI, M.H. Maximizing productivity and water use efficiency of alfalfa under precise subsurface drip irrigation in arid regions. **Irrigation and Drainage,** Nova Jersey, v.62, p.57–66, 2013.

KANG, S.; SHI, W.; ZHANG, J. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. **Field Crops Research**, v.67, p.207–214, 2000.

KELLER, J. Trickle irrigation. **Em Soil Conservation Service National Engineering Handbook**. Colorado, p.129, 1978. p.192 - 205, 2012

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (MI), 2013. **Agricultura irrigada impulsiona ganhos de produtividade nas cinco regiões do país.** Portal Brasil, abril de 2013. Disponível em:<http://www.brasil.gov.br/economia-eemprego/ 2013/04/agricultura-irrigada-impulsiona-ganhos-de-produtividade-nas-cincoregioes- do-pais>. Acesso em Outubro de 2017.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges. **Springer**, Dordrecht, p.382, 2009.

MARTINS, 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, Botucatu**, p.192 - 205, Edição especial. 2012.

MENDONÇA, T. G. **Irrigação subsuperficial deficitária no cultivo de tomateiro em casa de vegetação.** 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Agricultura e Ambiente. Universidade Federal de SÃo Carlos, Araras - Sp, 2017.

ZWIRTES, A.L.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; KUNZ, J.; REIMANN, G.K. Desempenho produtivo e retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.4, p.676-688, 2015.

CAPITULO II- QUANTIFICAÇÃO DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL

RESUMO

Embora inúmeros trabalhos evidenciem que o adequado fornecimento de nutrientes minerais para plantas alivia o estresse hídrico, pouco se sabe como a seca afeta a extração de nutrientes. Assim, o objetivo neste estudo foi determinar o teor e a extração de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea da planta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, submetida a cinco potenciais de água no solo; 0, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração potencial da cultura (ETc). O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba, MG. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e as médias foram comparadas por regressão e pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. As lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial não influenciaram o teor de N, P e K, no entanto, reduziram a quantidade de nutriente extraído. Existem fortes correlações entre a extração desses nutrientes na parte aérea das plantas e produção de matéria seca.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento do aquecimento global, mudanças no clima e risco de eventos extremos, como secas prolongadas, deverão aumentar nos próximos anos (IPCC, 2014). Diante desse contexto, novas estratégias para gestão eficiente dos recursos hídricos vêm sendo difundidas, como o surgimento de métodos de irrigação mais eficientes e as mudanças estratégicas no manejo da irrigação. Dentre essas tecnologias destaca-se o gotejamento subsuperficial e a irrigação deficitária.

Segundo Padrón et al. (2014), irrigação deficitária refere-se à redução da aplicação de água com o mínimo impacto possível sobre a produção. Já o gotejamento subsuperficial é um método que tem por finalidade reduzir a quantidade de água aplicada e a possibilidade de aplicação de adubos via fertirrigação diretamente no sistema radicular da planta. Portanto, essa combinação se bem manejada constitui uma excelente alternativa com vista à luz da escassez de recursos hídricos.

Assim, ainda que tal combinação seja eficiente ao ponto de permitir a redução da quantidade de água necessária para o alcance de produtividades satisfatórias, não se deve deixar de levar em consideração a importância da água no transporte e absorção de nutrientes, uma vez que, o movimento de nutrientes do solo em direção à raiz depende da presença de água (Silva et al., 2017).

Segundo Paes (2016), a diminuição da quantidade de água no solo reduz o movimento dos nutrientes transportados tanto em fluxo de massa como difusão. Isso porque, o fechamento estomático reduz o fluxo transpiratório e o fluxo em massa, afetando assim, diretamente a absorção de NPK pelas plantas.

Acredita-se que a aplicação de água diretamente no sistema radicular pode minimizar os efeitos do déficit no que tange a absorção de nutrientes. Porém, só uma análise criteriosa do teor de nutrientes vegetal poderá explicar até que ponto o déficit hídrico controlado pode comprometer a extração e eficiência de utilização de nutrientes. Além disso, é necessário indicar a viabilidade desse tipo de manejo e seus efeitos práticos no manejo da adubação.

Diante da importância do acúmulo de nutrientes para a garantia da produção e, de ser escasso na literatura nacional trabalhos que ilustram essa relação no gotejamento subsuperficial, essa pesquisa se justifica.

2 OBJETIVOS

Quantificar os nutrientes na parte aérea do capim Marandu em função das lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial e verificar a relação entre nutriente extraído e produtividade alcançada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba, MG, localizado nas coordenadas 19º 12’ 43” S e 46º 07’ 56” W com altitude média de 1128 m. O solo da região é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado, textura argilosa, fase cerrado e relevo plano (EMBRAPA, 2006).

Para análise estatística dos dados foi montado um estudo observacional constituído por cinco tratamentos, sendo uma espécie de forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e cinco lâminas de água; 0, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração potencial da cultura (ETc), com quatro repetições, totalizando 20 unidades amostrais. Os dados foram submetidos aos testes de Barttlet e Jarque-Bera para avaliação das condições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, respectivamente. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, as médias foram comparadas por análise de regressão e pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O experimento possui cerca de 238 m^2 e consiste em um sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial automatizado, marca NaanDanJain, modelo Top Drip, enterrado a uma profundidade de 0,2 m (Figura 1). O espaçamento entre as linhas de tubos gotejadoras foi de 1 m e o espaçamento entre os gotejadores de 0,3 m, formando uma faixa contínua molhada. A vazão dos tubos foi de 1,6 L h^{-1}.

Os dados climáticos foram obtidos, diariamente, por meio de uma estação meteorológica localizada a 50 m da área experimental. As irrigações foram determinadas pelas seguintes equações:

$$ETc = (Kc \cdot ETo) \qquad \text{Eq. 1}$$

Sendo:

ET: Evapotranspiração da cultura,

Kc: Coeficiente de cultivo ,

ETo: Evapotranspiração de referência.

A semeadura da forrageira foi feita a lanço em março de 2017, com aproximadamente 15 kg ha^{-1}**.** Devido ao inverno severo ocorrido nesse período, o tempo de estabelecimento da cultura foi de aproximadamente 180 dias. No período de 15 de setembro de 2017 a 20 de novembro ocorreu o manejo de irrigação, já a análise dos tecidos vegetais, perdurou até dezembro do mesmo ano. As irrigações foram realizadas dependendo da ocorrência de chuvas. As lâminas de irrigação e a precipitação são apresentadas na (Tabela 1).

Tabela 1: Precipitação e volume total de água utilizado para cada tratamento ao longo dos ciclos

	Precipitação(mm)	Volume Hídrico Total (mm)				
		0	50	75	100	125
Ciclo 1	47	47	83	102	120	139
Ciclo 2	92	92	128	146	163	181

A adubação foi realizada com base na análise química do solo, realizada nos meses que antecediam o início do experimento (Tabela 2). Uma calagem foi feita com base nessa análise, visando à correção de acidez e elevar a saturação por bases a 70%. Os demais nutrientes foram aplicados a lanço mensalmente de acordo com a necessidade da cultura (tabela 3).

Tabela 2: Resultados da análise química de solo na profundidade de 0 – 20 cm

P	**M.0**	**pH**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Al**	**H+AL**	**SB**	**CTC**	**V**
mg/dm^3	g/dm^3					$cmol_c/dm^3$				%
17	41	4,8	0,14	2,5	0,7	0,05	9	3,35	6,6	27,1

Tabela 3: Adubação química realizada no experimento kg ha^{-1}

Aplicação	**Uréia**	**Fosfato monoamônico**	**Cloreto de Potássio**	**Sulfato de amônio**
Mensal	125	21	73	18
Anual	1500	250	880	220

Para a avaliação da produtividade, a pastagem foi manejada simulando-se um pastejo intensivo em lotação rotacionada, seguindo metas de altura de pré-pastejo 25-30 cm e pós pastejo 12 cm. Com períodos de descanso variando de 25 a 30 dias. O período compreendido entre pré e pós pastejo foi denominado ciclo. A Matéria Seca (MS), estimada em kg por hectare (kg MS ha^{-1}), foi avaliada a partir do corte em moldura quadrada de 0,25 m² (0,5 X 0,5 m), e com altura de 12 cm. A biomassa vegetal coletada foi pesada no campo, com o objetivo de se determinar a massa verde ou fresca. Em seguida, foi retirada uma amostra de 100 g do material fresco para determinação da matéria seca da forragem, através da secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C por 72 horas. Com o valor obtido na área da moldura, foi estimada a matéria seca por hectare por extrapolação simples.

As análises químicas dos tecidos vegetais foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFV/CRP, conforme as metodologias descritas por Silva (2009). Para a determinação do N foi realizada a digestão sulfúrica, seguido pela destilação de Kjeldahl. Os demais nutrientes foram submetidos à digestão nitro-perclórica e analisados por espectrofotometria (P), fotometria de chama (K). Posteriormente os dados foram submetidos à análise de outliers, orientada pelo método dos resíduos padronizados. Os resultados com valores discrepantes associados a fatores não explicáveis foram eliminados.

O conteúdo de NPK extraído foi calculado pela seguinte equação:

$$n_{extr} = 0{,}001 \times MS \times Cn \qquad \text{Eq. 2}$$

Em que:
n_{extr} = Conteúdo do nutriente extraído, kg ha^{-1}.
MS = Produção de massa seca,kg ha^{-1}.
Cn = Concentração do nutriente, g kg^{-1}.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocorrência de chuvas concentradas restabeleceu o armazenamento de água no solo em todo sistema radicular da planta, o que minimizou o efeito dos tratamentos.

Tabela 4. Médias do teor (g kg^{-1}) de nitrogênio, fósforo e potássio de *Brachiaria brizantha* em função das lâminas de irrigação durante o período avaliado, equações de regressão e coeficientes de determinação

	Lâminas (%) Etc					Média	Equações de regressão	R^2	CV
	0	50	75	100	125				
Teor N	26,7 a	23,6 a	24,1 a	25,4 a	26,8 a	25,3	$\hat{Y}$= 25,38	ns	6,54
Teor P	1,3 a	1,4 a	1,2 a	1,2 a	1,1 a	1,2	$\hat{Y}$= 1,25	ns	17,3
Teor K	21,3 a	22,1 a	22,1 a	20,8 a	21,7 a	21,6	$\hat{Y}$= 21,66	ns	14,2

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.
* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.
ns - F não significativo a 10% de probabilidade.

O teor de nitrogênio, fósforo e potássio do capim *Brachiaria brizantha*, não variou em função do manejo de irrigação por gotejo subsuperficial (Tabela 4). Acredita-se que a aplicação de água diretamente no sistema radicular possa ter minimizado os efeitos do

déficit no que tange a extração de nutrientes. Entretanto, também é possível que a irrigação de fato não exerça influência direta nesse sentido.

Esses resultados se assemelham aos encontrados por Rezende et al. (2006) que avaliando a influência de diferentes adubos e do manejo de irrigação sobre o crescimento, florescimento e teores foliares de NPK em alpínia, concluiu que a irrigação não exerceu influência sobre os teores foliares de NPK, nas diferentes épocas do ano.

Os conteúdos nutricionais apresentados corroboram aos descritos por Aguiar (2011) para o gênero *Brachiaria brizantha* cv Marandu, com extração de 18, 1.9 e 21 kg/t de MS da parte aérea para N, P e K, respectivamente.

Tabela 5. Médias de extração (kg ha^{-1}) de nitrogênio, fósforo e potássio e produtividade *Brachiaria brizantha* (ton ha^{-1}) em função das lâminas de irrigação durante o período avaliado, equações de regressão e coeficientes de determinação

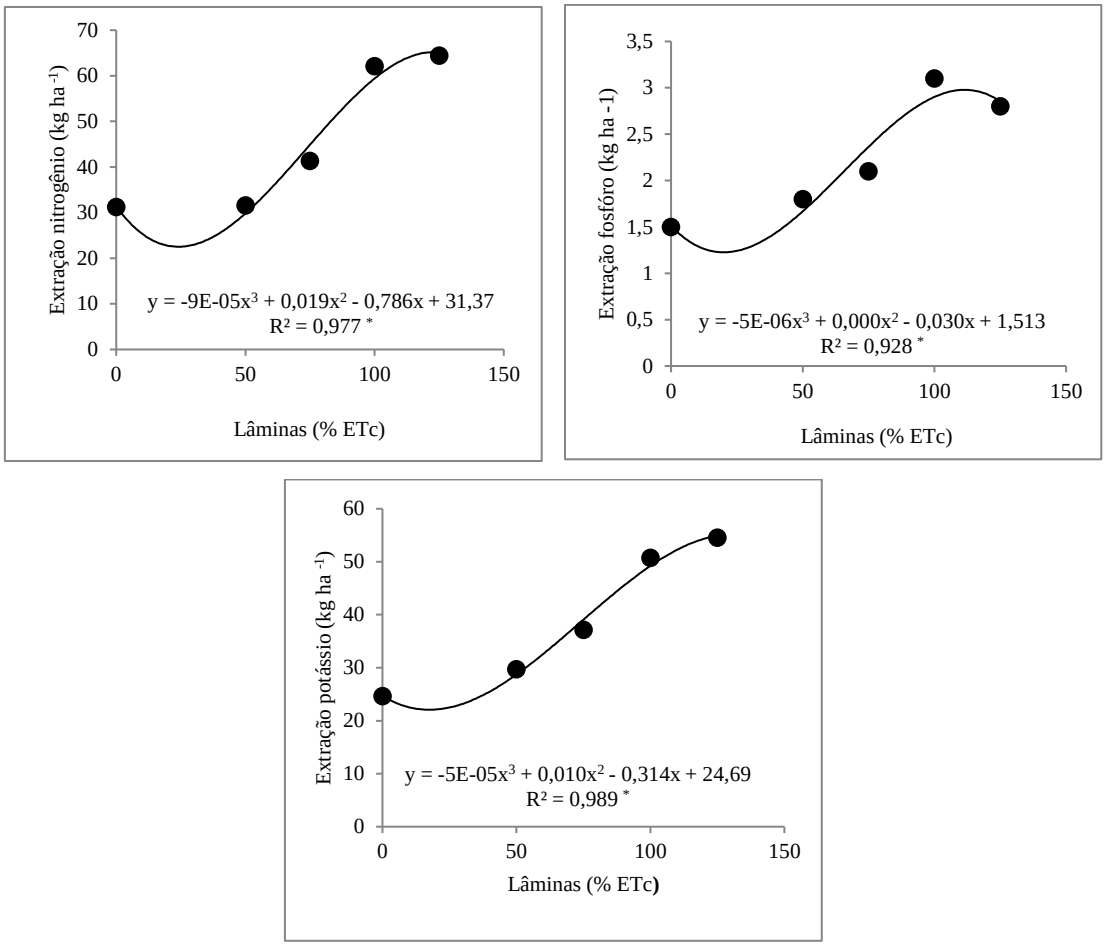
	Lâminas (%) Etc					Média	Equações de regressão	R^2	CV
	0	50	75	100	125				
$_n$Extr N	31,2 b	31,6 b	41,3 ab	62,1 a	64,4 a	46,1	$\hat{Y}$ =63,44-51,28X+21,88X^2-2,31x^3	0,98*	25,4
$_n$Extr P	1,5 b	1,8 ab	2,1 ab	3,1 a	2,8 a	2,2	$\hat{Y}$ =2,45-1,47X+0,70X^2-0,79x^3	0,92*	25,2
$_n$Extr K	24,6 b	29,7 b	37,1 ab	50,7 a	54,5 a	39,3	$\hat{Y}$ =34,01-17,51X+9,43X^2-1,02x^3	0,99*	20,3
Produtividade	1,1 c	1,3 c	1,7 bc	2,4 ab	2,5 a	1,8	$\hat{Y}$ =1897,93-1257,65X+609,62X^2-66,46x^3	0,99*	18,6

Médias seguidas de mesma letra linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.
* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.
ns - F não significativo a 10% de probabilidade.

A menor biomassa de plantas mantidas sob déficit hídrico, em comparação com plantas com irrigação plena (Tabela 5), é decorrente do estresse hídrico que causou redução na velocidade dos processos fisiológicos e consequentemente, reduziu o crescimento da planta.

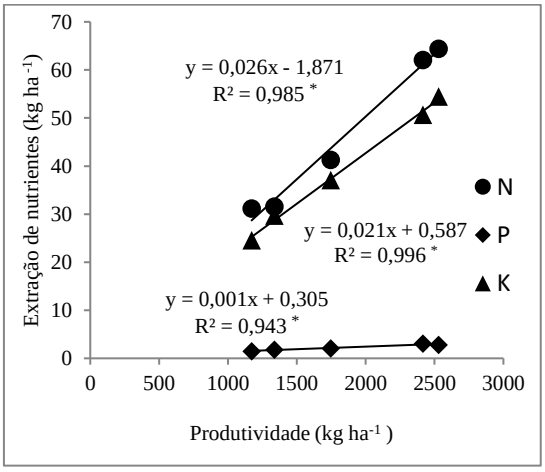
A extração de nitrogênio, em função das lâminas de irrigação, ajustou-se ao modelo cúbico de regressão (Figura 1), sendo que as lâminas 100 e 125% de ETc resultaram no máximo acumulo de N, em contrapartida as lâminas 0 e 50% de ETc apresentaram redução de metade do N extraído. Esse fato pode ser justificado pela relação linear entre o nutriente extraído e produtividade alcançada (Figura 2). Diferentemente do esperado, a principal conseqüência do aumento da extração de nutrientes foi a produção,

já que os teores de N, P e K não foram influenciados pelo manejo de irrigação. Nesse sentido, a irrigação passa a exercer efeito secundário, contribuindo com o aumento da eficiência de absorção.



* significativo a nível de 0,05

Figura 1: Correlação entre as lâminas de irrigação e a extração de NPK.



* significativo a nível de 0,05

Figura 2: Correlação entre a produtividade e o acúmulo total de NPK.

A extração de potássio também ajustou-se ao modelo cúbico de regressão, sendo que as lâminas 100 e 125% de ETc obtiveram a máxima extração de K, que se manteve crescente no tratamento com água adicional (Figura 1). Já a testemunha apresentou redução pela metade desse nutriente em decorrência de sua menor produção, já que as plantas mais produtivas ,conseqüentemente, extraem mais nutrientes. Do mesmo modo, a extração de fósforo, ajustou-se ao modelo cúbico de regressão, sendo que a lâmina 100% de ETc resultou na máxima extração de P, que reduziu-se pela metade em relação a testemunha.

Estes resultados corroboram aos descritor por Silva et al. (2017), que avaliando diferentes manejos de irrigação deficitária na cultura da cana-de-açúcar e sua relação com a transpiração, teor e acúmulo de N, P e K na parte aérea da planta, concluiu que existem fortes correlações positivas entre acumulação de N, P e K na planta e a produção de matéria seca, enquanto existem apenas coeficientes intermediários de correlações entre a transpiração da planta e a absorção de nutrientes em plantas submetidas ao déficit hídrico.

Resultados semelhantes foram encontrados por Crusciol et al. (2003), que estudando a exportação, absorção e eficiência de utilização dos nutrientes em arroz,utilizando: 0.5, 1.0, 1.5 e 1.95 do valor referencia Kc (coeficiente cultural), verificaram que a maior extração de nutrientes ocorreu na maior lâmina, devido em grande parte à maior produção de matéria seca, já que os teores dos nutrientes foram semelhantes aos obtidos nos demais tratamentos. Também foi verificado que a lâmina de água recomendada proporcionou maior eficiência de utilização para todos os nutrientes analisados, em contrapartida, a maior lâmina, apresentou baixa eficiência de utilização de nutrientes.

Assim, pode-se concluir que a disponibilidade hídrica afeta a produção e, conseqüentemente, a eficiência nutricional, já que a natureza é um ciclo, onde todas as partes devem andar em equilíbrio.

5 CONCLUSÃO

As lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial não influenciaram o teor de NPK do capim Marandu, nas condições em que o trabalho foi realizado.

A extração de NPK cresce com o aumento das lâminas de irrigação, já a testemunha apresentou redução pela metade para todos os nutrientes analisados.

Existem fortes correlações entre a extração de NPK na parte aérea das plantas e produção de matéria seca.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. P. A. **Correção e adubação do solo da pastagem**. Uberaba-MG: A. P. A. AGUIAR, 244 p, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C. U.; ARF, O. U.; SORATTO, R. P. U.; ANDREOTTI, M. U.; RODRIGUES, R. A. F. U. **Absorção, exportação e eficiência de utilização de nutrientes pela cultura do arroz de terras altas em função de lâminas de água aplicadas por aspersão** . Maringá, v. 25, n. 1, p. 97-102, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p., 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

PADRÓN, R.A.R.; RAMÍREZ, L.R.; SWAROWSKY, A.; DABOÍN, J.R. **Efecto del riego deficitario y diferentes frecuencias en la producción del cultivo de pimentón. Interciencia**, Caracas, v.39, n.8, p.591-596, ago. 2014.

PAES, J. L. A. **Crescimento e acúmulo do fósforo em milho, em resposta à adubação localizada do nutriente e à disponibilidade de água.** 2016. 59 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

REZENDE, M. E. Crescimento, florescimento e teores foliares de npk em alpínia: influência da adubação e irrigação. **Revista Ceres**, Campos dos Goytacazes, v. 53, n. 310, p.627-633, 2006.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasilia: Embrapa, p. 627, 2009.

SILVA, T. R.; CAZETTA, J. O.; CARLIN, S. D.; TELLES, B. R. Drought-induced alterations in the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium, and the relation with drought tolerance in sugar cane. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 41, n. 2, p. 117-127, 2017.

CONCLUSÕES GERAIS

O déficit hídrico reduziu até 54% da produtividade, mas aumentou 27% da eficiência no uso da água.

A produtividade da lâmina 75% ETc foi estatisticamente igual a irrigação plena, podendo esta, ser uma alternativa para locais que apresentem restrições hídricas.

As lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial não influenciaram o teor de nitrogênio, fósforo e potássio em *Brachiaria brizantha*.

Existem fortes correlações entre a extração de N, P e K na parte aérea das plantas e produção de matéria seca.