

PRODUÇÃO FORRAGEIRA E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DO CAPIM SUDÃO SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO¹

WELLINGTON MEZZOMO²; MARCIA XAVIER PEITER³; ADROALDO DIAS ROBAINA⁴; JARDEL HENRIQUE KIRCHNER⁵; ROGÉRIO RICALDE TORRES⁶ e BRUNA DALCIN PIMENTA⁷

¹ Trabalho retirado da tese intitulada: “Viabilidade técnica e econômica da produção de forragem do capim sudão irrigado por aspersão convencional”, do autor Wellington Mezzomo²

² Eng. Agrônomo, Mestre, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97195-000, wellingtonmezzomo@gmail.com.

³ Eng. Agrônoma, Doutora, Professora Associada do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97195-000, mpeiter@gmail.com.

⁴ Eng. Agrônomo, Doutor, Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Avenida Roraima, nº 1000, bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97195-000, diasrobaina@gmail.com.

⁵ Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rua Nelsi Ribas Fritsch, nº 1111, bairro Esperança, Ibirubá, RS, Brasil, CEP: 98200-000, jardel.kirchner@ibiruba.ifrs.edu.br

⁶ Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rua Eng. João Viterbo de Oliveira, nº 3061, Zona Rural, Vacaria, RS, Brasil, CEP: 95219-899, rogerio.torres@vacaria.ifrs.edu.br.

⁷ Eng. Agrônoma, Mestre, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rua Nelsi Ribas Fritsch, nº 1111, bairro Esperança, Ibirubá, RS, Brasil, CEP: 98200-000, bruna.pimenta@ibiruba.ifrs.edu.br.

1 RESUMO

As pastagens cultivadas são a forma mais prática e viável economicamente para alimentação bovina, entretanto, na região sul do Brasil no período de primavera-verão a qualidade e a disponibilidade forrageira decaem em razão da irregularidade pluvial, fazendo-se necessária a utilização da irrigação. O capim Sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf), cultivar BRS Estribo vem se destacando em relação as demais gramíneas de verão, porém o suprimento hídrico ótimo ainda é desconhecido, pois as pesquisas divergem sobre os resultados. O objetivo, foi avaliar a produtividade do capim Sudão sob diferentes lâminas e determinar a eficiência na utilização da água em dois anos de cultivo (2015/2016 e 2016/2017). Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Santa Maria, baixo o delineamento experimental em blocos ao acaso com cinco lâminas de água, 25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração de referência (ET_o) e tratamento testemunha sem irrigação, todos com quatro repetições. Houve diferença estatisticamente significativa para os distintos tratamentos, sendo determinado a máxima eficiência técnica para produção de massa seca e eficiência de utilização da água, no Ano 1 as lâminas de água foram 103,1% e 73,6% da ET_o respectivamente e no Ano 2 foram as lâminas com 120,8% e 95,6% da ET_o.

Keywords: evapotranspiração de referência, massa seca, BRS Estribo.

MEZZOMO, W.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; KIRCHNER, J. H.; TORRES, R. R.; PIMENTA, B. D.

FORAGE PRODUCTION AND EFFICIENCY IN THE UTILIZATION OF WATER IN SUDAN GRASS SUBMITTED TO DIFFERENT IRRIGATION DEPTHS

2 ABSTRACT

Cultivated pastures are the most practical and economically viable way to feed cattle, however, in southern Brazil, during spring-summer, forage quality and availability decline due to rainfall irregularity, irrigation is required. Sudan grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf), cultivar BRS Estribo has been outstanding in relation to the other summer grasses, however the optimal water supply is still unknown, as research diverges about the results. The objective was to evaluate the yield of Sudan grass under different depths and to determine the efficiency in the utilization of water, in two years of cultivation (2015/2016 and 2016/2017). The experiments were conducted at the Federal University of Santa Maria, under a randomized block design with five water depths, 25, 50, 75, 100 and 125% of reference evapotranspiration and control treatment without irrigation, all with four repetitions. There was a statistically significant difference for the different treatments, being determined the maximum efficiency technique for dry mass production and efficiency in the utilization of water, in Year 1 the water depths were 103.1% and 73.6% of ETo respectively, and in Year 2 depths were 120.8% and 95.6% of ETo.

Keywords: reference evapotranspiration, dry mass, BRS Estribo.

3 INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira destaca-se a nível mundial, pois o Brasil é o maior exportador de carne bovina (ABIEC, 2019), sendo quase a totalidade do rebanho alimentado a pasto. No país, existem cerca de 180 milhões de hectares de pastagens natural, nativa e cultivada, sendo que, a pastagem cultivada ocupa por volta de 110 milhões de hectares, justamente por ser a forma mais prática e rentável para a alimentação animal (KIRCHNER et al., 2019).

No ano de 2018, o total de área plantada com o capim Sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) cultivar BRS Estribo, totalizou cerca de 600 mil hectares, sendo a maior parte destinada a produção de carne (542 mil hectares). Possui uma vasta abrangência de uso, com destaque para o Rio Grande do Sul sendo utilizado em todas as regiões do estado, mas também apresenta

importância nos estados de Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e sul da Bahia (EMBRAPA, 2018).

Na região sul do Brasil, as alternativas de cultivo de forrageiras anuais de primavera-verão são limitadas, sendo as principais culturas utilizadas o sorgo, milho e o teosinto (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012). Entretanto, a cultura do capim Sudão vem ganhando espaço e mostrando-se como a melhor opção, pois possui uma série de vantagens quando comparada as demais.

A cultura destaca-se pela alta qualidade nutricional, elevada produção forrageira, possibilidade de semeadura precoce, longo ciclo de produção, rusticidade, no que se refere ao estresse hídrico e as condições nutricionais de solo. É adaptada a climas secos e quentes, tendo habilidade de recuperação após o pastejo ou corte, superior as demais gramíneas anuais

utilizadas (EMBRAPA, 2014; BIBI et al., 2010).

Embora a cultivar seja considerada tolerante ao déficit hídrico, deve-se tomar cuidado com períodos de estiagens prolongadas, pois a falta de água necessária para suprir a demanda da evapotranspiração da cultura (ETc), poderá comprometer a produção forrageira. O estresse hídrico causa redução na produtividade do sistema agropecuário, de forma proporcional à sua duração e intensidade (RAY et al., 2015; VIVAN et al., 2015).

Os sistemas radiculares são estruturas fundamentais para assimilação de água e nutrientes do solo, desempenhando importante papel na resistência ao déficit hídrico (SANTOS e CARLESSO, 1998). As folhas são responsáveis pela produção de fotoassimilados importantes para o desenvolvimento radicular, e ainda controlam o uso da água pela cultura através das células estomáticas, sendo o primeiro órgão da planta a refletir os sinais do estresse hídrico.

Assim, a irrigação destaca-se como uma das principais técnicas responsáveis por melhorar a qualidade e aumentar a produção forrageira. O desenvolvimento da pecuária brasileira nas últimas décadas deve-se principalmente a contribuição da irrigação para com o agronegócio, tornando-se uma estratégia respeitável para o incremento na produção (BERTOSSI et al., 2013). Diante da reconhecida importância da irrigação no processo produtivo, é necessária a avaliação do manejo da irrigação e seus benefícios em relação a produção, tornando-se fundamental a determinação da eficiência de utilização da água (EUA).

Deve-se quantificar o volume de produção levando em consideração a quantidade total de água aplicada ao longo do ciclo da cultura, visando a utilização racional dos sistemas de irrigação e possibilitando a análise econômica da atividade por meio da determinação da

eficiência de utilização da água (MONTEIRO et al., 2008). Embora, a importância da cultivar BRS Estribo, seja evidente para o sistema agropecuário de diversas regiões brasileiras, na literatura são escassas e contraditórias as informações relativas à resposta da cultura quando irrigada e sua eficiência de utilização da água.

Diante da necessidade de informações sobre o comportamento da cultura em relação ao consumo hídrico e sua respectiva produtividade, assim, como da análise da eficiência de utilização da água. O objetivo do presente estudo foi avaliar a produção forrageira do capim Sudão sob diferentes lâminas de irrigação suplementar e determinar a produtividade da água para cada tratamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados nos anos agrícolas de 2015/2016 (Ano 1) e 2016/2017 (Ano 2) na área experimental do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, cujas coordenadas geográficas são: 29°42'55.22" de latitude sul, 53°44'22.60" de longitude oeste e altitude de 119 metros. O clima predominante na região, segundo a escala de Koopen (WOLLMANN & GALVANI, 2012) é caracterizado como subtropical úmido (Cfa).

O solo foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico típico (STRECK et al., 2008). Obtiveram-se as características físico-hídricas do solo conforme EMBRAPA (2011), representadas pela capacidade de retenção total de água no solo, a qual foi de 83,3 mm até os 50 cm de profundidade.

Os dados meteorológicos foram monitorados por meio da estação meteorológica "RS - Santa Maria" afiliada ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, situada aproximadamente a 2.000

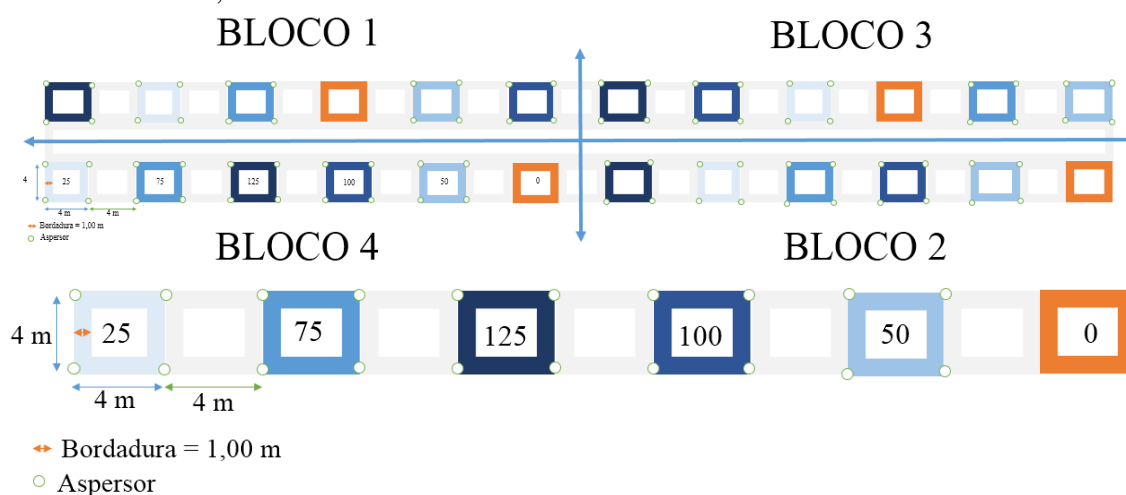
metros da área experimental, cujas coordenadas geográficas são: 29°43'29.41" de latitude sul e 53°43'13.78" de longitude oeste. Com essas informações foi determinada a evapotranspiração de referência (ET_o) diária pelo método de Penman-Monteith/FAO (ALLEN et al., 2006).

Foi utilizado um sistema de irrigação do tipo aspersão convencional, com espaçamento entre linhas de aspersores de 4 m x 4 m e elevação de 1,5 m. As lâminas de água foram controladas através do tempo de abertura das linhas de irrigação, com objetivo de obter cinco diferentes lâminas de água: 25, 50, 75, 100 e 125% da ET_o. A intensidade de aplicação (I_a) foi calibrada por meio do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), a fim de se avaliar a real intensidade de água aplicada na área experimental, assim como a qualidade de aplicação (Uniformidade) que foi de 88%, com I_a = 12,2 mm h⁻¹. Assim, a I_a foi inferior a velocidade de infiltração básica do solo (VIB) que foi de

15 mm h⁻¹, determinada pela metodologia dos anéis concêntricos. O manejo da irrigação foi efetivado com base na ET_o, com turno de rega fixo de sete dias, sempre que a precipitação pluviométrica efetiva não atendeu a demanda hídrica da cultura. A determinação da precipitação efetiva, foi calculada por meio do coeficiente de escoamento superficial, metodologia proposta por Millar (1978), sendo essa de 70%, o que significa que 30% da precipitação foi perdida por escoamento superficial.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, constituído de 24 unidades experimentais (UE), com quatro blocos (repetições) e com seis tratamentos por bloco, incluindo a testemunha. As parcelas tinham dimensões de 4 m x 4 m, sendo considerado 1 m de bordadura dentro de cada parcela. Entre os tratamentos foram deixados espaços livres de 4 m, para que não houvesse interferência na aplicação de água entre as distintas lâminas, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Croqui representando as quatro repetições, com detalhamento de um bloco experimental com as distintas lâminas de água aplicadas: 25, 50, 75, 100 e 125% da ET_o, mais o tratamento testemunha.



A cultivar de capim Sudão utilizada foi a BRS Estribo, semeado no Ano 1 em 24 de novembro de 2015 e no Ano 2 em 29 de novembro de 2016, em sistema de plantio direto. A densidade de semeadura foi de 25

sementes por metro linear, espaçadas em 0,36 m entre linhas.

A adubação de base e a semeadura foram realizadas concomitantemente em linha, a expectativa de rendimento de

forragem foi de 20.000 kg ha⁻¹ de massa seca, conforme recomendação do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2016). Foram aplicados 850 kg ha⁻¹ de formulado comercial 5-20-20 de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O), respectivamente.

A complementação da fertilização nitrogenada foi realizada de modo fracionado em cobertura, sendo a primeira

aplicação no início do perfilhamento aos 25 dias após a semeadura (DAS). E as seguintes, após cada corte realizado, sendo aos 50 e 80 DAS respectivamente. Para a determinação da quantidade de ureia (44% de N) a ser aplicada, considerou-se o teor de matéria orgânica exposto na análise química do solo apresentando na Tabela 1, sendo aplicado 160 kg ha⁻¹ de ureia em cada época, totalizando 480 kg ha⁻¹ ao longo do ciclo da cultura.

Tabela 1. Análise química do solo.

Prof. (cm)	pH	M.O	Areia	Silte	Argila	Saturação	
	H ₂ O (1:1)	m v ⁻¹ %			Al	V %	
0-10	6,2	2,3	38	42	20	0	77,3
Teor Trocável g 100 g ⁻¹ de Solo							
CTC pH7	Ca	Mg	Al	H + Al	K	P- Mehlich	SMP
	cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³			
10,9	5,6	2,5	0	2,5	144	11,8	6,5

As aplicações de inseticidas, fungicidas e herbicidas foram realizadas de forma homogênea em toda área experimental, sendo de forma preventiva ou quando observou-se os primeiros sintomas. Em ambos os anos, as aplicações de herbicidas foram realizadas 25 dias antes da semeadura, utilizando dois herbicidas com diferentes grupos de ação, sendo eles, o Glifosato na dosagem comercial de 2,5 l ha⁻¹ (1200 g l⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.)) e o 2,4-D na dosagem de 1,5 l ha⁻¹ (1005 g l⁻¹ de i. a.).

O controle de doenças fúngicas foram realizados de maneira preventiva aos 30 DAS em ambos os anos, sendo necessária mais uma aplicação aos 95 DAS no Ano 1 e aos 65 DAS no Ano 2. O fungicida utilizado foi o Tebuconazol na dosagem de 1 l ha⁻¹ (200 g l⁻¹ de i. a.). O controle de pragas foi realizado por meio de inseticida Clorpirifós na dosagem de 0,6 l ha⁻¹ (480 g l⁻¹ de i. a.) com 150 l ha⁻¹ de volume de calda, com três aplicações em

ambos os anos, aos 30, 65 e 95 DAS, sendo a principal praga as lagartas do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

A avaliação da produção forrageira foi realizada por meio da coleta de três amostras de 0,5 m linear de plantas por parcela, à 0,15 m de altura de resíduo em relação ao solo, totalizando 72 amostras em cada uma das épocas dos cortes de uniformização (50, 80 e 110 DAS). Após as coletas, as amostras foram levadas ao laboratório para a determinação da massa seca, sendo as plantas separadas em duas frações (folha e colmo) antes do processo de secagem até peso constante, em estufa com circulação forçada de ar à 65° C. Posteriormente, a massa seca foi determinada em balança de precisão e expressa em unidades de kg ha⁻¹ de cada fração e da amostra final.

Para determinação da eficiência de utilização da água foi empregada a metodologia utilizada por Oliveira et al. (2011), a qual consiste em relacionar o

volume total de água aplicada (precipitação efetiva + lâmina de água) com a produção total de massa seca.

Os resultados foram avaliados estatisticamente por meio da análise de variância pelo software R-Studio pacote Exp des (FERREIRA et al., 2014) ao nível de 5% de probabilidade de erro. Foram feitos testes de homogeneidade de variâncias e de normalidade dos resíduos,

apresentando p-valor de 0,03 e 0,002 respectivamente, para o Ano 1; no Ano 2 o p-valor para homogeneidade de variâncias foi de 0,042 e 0,01 para a normalidade dos resíduos. Assim, considerou-se que os conjuntos de dados de ambos os anos apresentaram-se homogêneos e normais. Quando observados efeitos significativos de tratamentos, os resultados foram submetidos à análise de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos anos agrícolas de 2015/2016 (Ano 1) e 2016/2017 (Ano 2), foram observadas precipitações efetivas

superiores ao normal climatológica da região, a qual apresenta a média de 386,8 mm, com precipitações de 458,04 mm no Ano 1 e de 593,18 mm no Ano 2 (Tabela 2).

Tabela 2. Precipitação efetiva, lâmina de irrigação e lâmina total de acordo com os diferentes tratamentos utilizados nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017.

ANO AGRÍCOLA 2015/2016 (1)			
Tratamento (% ETo)	Precipitação Efetiva (mm)	Lâmina de Irrigação (mm)	Lâmina Total (mm)
125	458,04	146,82	604,86
100		117,46	575,50
75		88,09	546,13
50		58,73	516,77
25		29,36	487,40
0		0,00	458,04
ANO AGRÍCOLA 2016/2017 (2)			
125	593,18	161,87	755,05
100		92,50	685,68
75		69,37	662,55
50		46,25	639,43
25		23,12	616,30
0		0,00	593,18

Porém, como houve distribuição irregular da precipitação ao longo do período experimental, apresentando períodos de excesso e outros de déficit hídrico, foi necessária a irrigação para suprir de maneira adequada a demanda hídrica da cultura, quando a precipitação

pluviométrica não supriu a demanda evapotranspirativa.

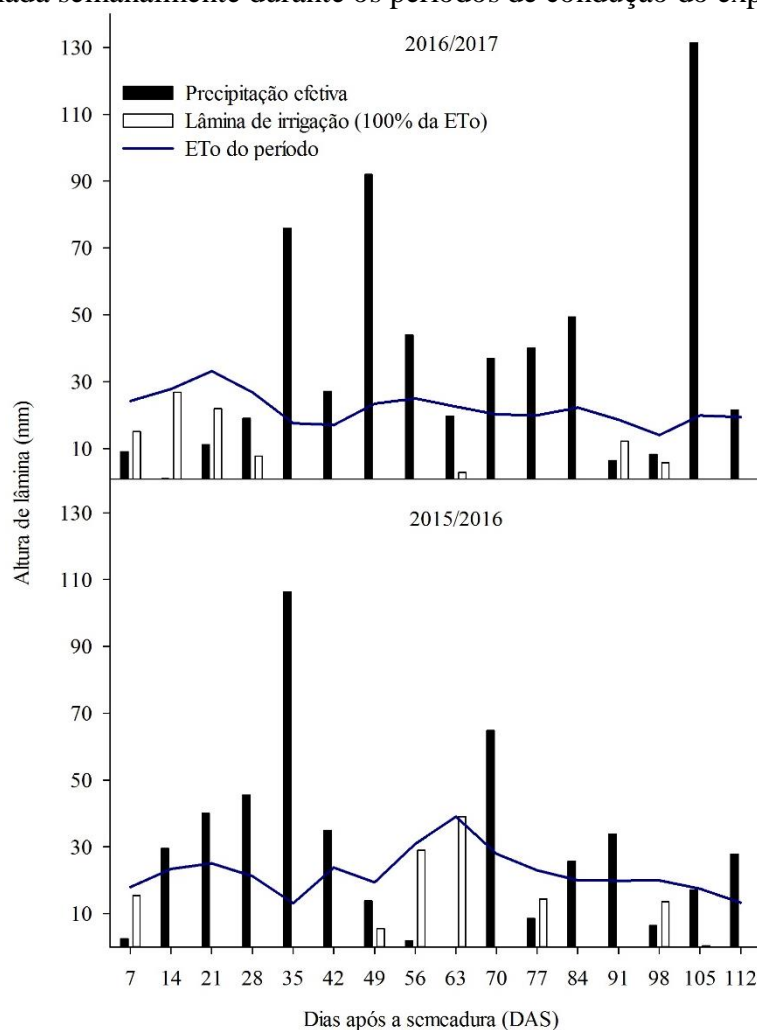
É importante ressaltar que os períodos de excesso hídrico induzem a redução do aprofundamento do sistema radicular e conseqüentemente, o comprimento do mesmo, tornando-o

superficial. Isso diminui a capacidade de absorção de água, apresentando sintomas de estresse hídrico de forma mais rápida em períodos de estiagem (TAIZ e ZEIGER, 2017). Houve encharcamento do solo no Ano 1 aos 35 DAS e no Ano 2 aos 49 DAS e 105 DAS.

No Ano 1 foram aplicados 117,46 mm de água no tratamento com a lâmina de

irrigação com 100% da ETo, sendo está fracionada em sete aplicações. No Ano 2, foram aplicados 92,5 mm no mesmo tratamento, sendo também fracionado em sete aplicações de acordo com a distribuição pluviométrica e a necessidade hídrica da cultura em cada época de cultivo, como mostra a Figura 2.

Figura 2. Evapotranspiração de referência (ETo), precipitação efetiva e lâmina de irrigação acumulada semanalmente durante os períodos de condução do experimento.



Observa-se que em ambos os anos agrícolas a distribuição pluviométrica foi irregular, ocorrendo períodos de excesso e outros de estresse hídrico em várias semanas, causando redução do potencial produtivo da cultura.

No Ano 2, é importante ressaltar o estresse hídrico ocorrido no período entre a semeadura e o primeiro corte, onde se fez necessária quatro irrigações consecutivas para atender à demanda hídrica da cultura. No Ano 1 a distribuição pluviométrica excedeu a demanda da evapotranspiração

durante quase todo o período do primeiro corte, sendo necessária apenas uma irrigação. Diante dessa condição, o tratamento testemunha (não irrigado) no segundo ano sofreu estresse hídrico, desde o início do estabelecimento da cultura, sendo esse período importante na definição do potencial forrageiro, refletindo na diminuição do perfilhamento e na produção de massa seca ao longo de todo o ciclo.

Reis et al. (2017) salientam que, o estresse hídrico causado no período inicial de estabelecimento da cultura e início do perfilhamento, afetam severamente a produtividade forrageira ao longo de todo o ciclo. Ocorre a diminuição do potencial produtivo pois o metabolismo fotossintético é afetado, causando restrições fisiológicas que limitarão a produção, sendo necessário o uso da irrigação a fim de garantir a qualidade forrageira e os altos índices de

produtividade (KIRCHNER et al., 2017; KOETZ et al., 2017).

As culturas forrageiras sob períodos de deficit hídrico, sofrem diminuição na disponibilidade de nutrientes absorvidos pelas plantas, pois a rota fundamental para absorção de nutrientes ocorre pelo fluxo de massa na solução do solo. Assim, o deficit hídrico compromete a translocação e a absorção de nutrientes para os pontos de crescimento, restringindo a produção (PREMAZZI; MONTEIRO e CORRENTE, 2003; TAIZ e ZEIGER, 2004).

O rendimento de massa seca nos dois anos agrícolas proporcionaram significância estatística ao nível de 5% de probabilidade de erro, em função dos diferentes tratamentos de irrigação testados, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a variável Massa Seca ao 5% de probabilidade de erro, com a significância dos coeficientes de regressão.

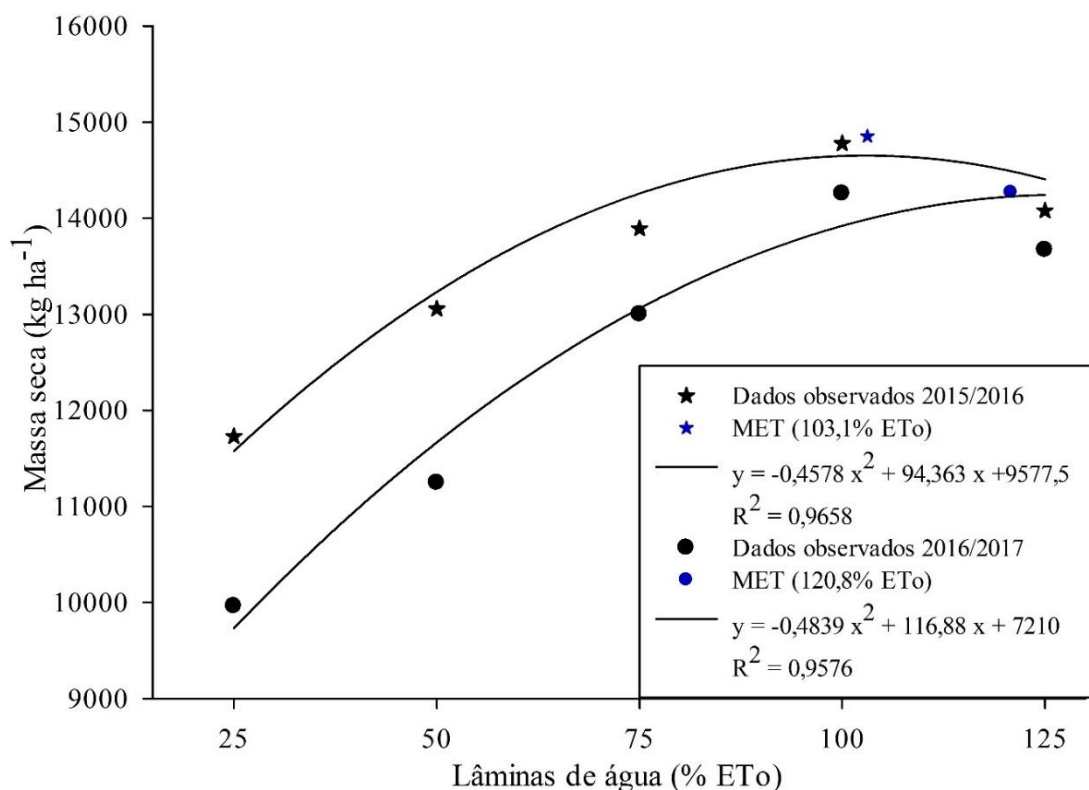
2015/2016 (Ano 1)				
FV	GL	SQ	Qm	Pr > Fc
Bloco	3,00	3758796,90	1252932,30	0,0003
Lâmina	4,00	21829372,70	5457343,20	0,0000
Erro	12,00	1074470,50	89539,30	
Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	Tc	P-valor
a	9577,50	320,89	29,85	0,0000
b	94,36	9,78	9,65	0,0000
c	-0,46	0,06	-7,16	0,0000
Média	13507,08			
CV (%)	2,22			
2016/2017 (Ano 2)				
FV	GL	SQ	Qm	Pr > Fc
Bloco	3,00	1633105,98	544368,66	0,0534
Lâmina	4,00	51237492,18	12809373,05	0,0000
Erro	12,00	1919942,40	159995,20	
Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	Tc	P-valor
a	7210,00	428,95	16,62	0,0000
b	116,88	13,07	8,90	0,0000
c	-0,48	0,09	-5,81	0,0001
Média	12436,33			
CV (%)	3,22			

O $Pr > Fc$ demonstra que no Ano 1 houve significância estatística ao nível de 5% para a utilização de blocos, apresentando o valor de 0,0003, enquanto que no Ano 2 não foi observado significância estatística para a utilização de blocos, provavelmente pela padronização da fertilidade e das condições físico-hídricas do solo, em função do primeiro ano de cultivo. Para a variável lâmina de irrigação, houve significância estatística ao

nível de 5% em ambos os anos, evidenciando que o uso da irrigação gera distintas produções de acordo com o aporte hídrico utilizado, mesmo sob as diferentes condições climáticas apresentadas entre os anos.

É possível observar na Figura 3 a produtividade forrageira no somatório dos três cortes de uniformização realizados para cada tratamento testado, assim como os pontos de máxima eficiência técnica.

Figura 3. Rendimento total de massa seca (MS) e a máxima eficiência técnica no somatório dos três cortes sob diferentes lâminas de água nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017.



Os tratamentos sem irrigação foram considerados como testemunhas adicionais, devido a variação na produtividade forrageira em detrimento ao regime pluvial de cada ano, apresentando rendimentos de 10.605,8 kg ha⁻¹ de MS no Ano 1 e 8.439,5 kg ha⁻¹ de MS no Ano 2. Essa diferença de 2.166,3 kg ha⁻¹ de MS, representa 20,5% do rendimento em relação ao Ano 1, devido à irregularidade do regime pluviométrico.

Pelos resultados observados na Figura 3 os maiores rendimentos de massa seca para todos os tratamentos foram obtidos no Ano 1. Nesse ano, o tratamento com a lâmina de irrigação com 100% da ETo apresentou uma produtividade de 14.777,9 kg ha⁻¹ de MS, com a máxima eficiência técnica na lâmina de água com 103,1% da ETo com rendimento de 14.851,9 kg ha⁻¹ de MS.

A produtividade no Ano 2 sob o tratamento com a lâmina de água com 100%

da ETo foi de 14.256,9 kg ha⁻¹ de MS, representando uma variação de apenas 3,6% entre os anos, sob mesmo tratamento. A máxima eficiência técnica encontrada foi na lâmina de água com 120,8% da ETo, com rendimento de 14.267,7 kg ha⁻¹ de MS. Isso representa uma diferença de 4% entre os anos, provavelmente pelos maiores valores de fotoperíodo, temperatura e radiação solar no Ano 1.

Observa-se uma variação entre as testemunhas e os tratamentos de mesmo experimento em relação ao rendimento de massa seca de 3.473,3 kg ha⁻¹ para o Ano 1, e 5.231,2 kg ha⁻¹ no Ano 2, correspondendo a uma variação na produtividade entre o irrigado (100% da ETo) e o não irrigado de 24,7% e 38,3% respectivamente.

Embora o Ano 2 tenha apresentado menor rendimento total em todos os tratamentos em relação ao Ano 1, a amplitude de variação entre o tratamento

não irrigado e o tratamento com a lâmina de irrigação com 100% da ETo foi maior, possivelmente em função do déficit hídrico sofrido nos primeiros 50 dias de desenvolvimento da cultura.

O período inicial de estabelecimento (crescimento e perfilhamento) do capim Sudão, no Ano 1 foi favorecido pelo suprimento hídrico adequado em todos os tratamentos, inclusive no tratamento testemunha, quando comparado ao Ano 2. Naquele ano, foi necessária apenas uma irrigação de 14 mm até os 50 DAS para atender a demanda hídrica total das plantas, enquanto que, no Ano 2, foi necessário quatro irrigações, totalizando 72 mm para suprir a demanda hídrica do mesmo período.

Nos dois anos de estudo, observou-se incremento não proporcional (comportamento quadrático) no rendimento de massa seca. Porém, à medida que as lâminas de água aumentaram até o tratamento com 100% da ETo, a produtividade também aumentou, ocorrendo a diminuição no rendimento de massa seca no tratamento com 125% da ETo em ambos os anos. Isso se deve ao excesso hídrico ocasionado por esse tratamento durante todo o ciclo da cultura, que também ocasiona perdas de água e de energia, aumentando o custo de produção e o impacto ambiental.

A aplicação excessiva de água via irrigação de pastagens é o principal problema para Alencar et al. (2009), pois resulta em prejuízos ambientais, desperdício de água, causando a lixiviação de nutrientes e a compactação do solo. Assim, pode-se supor que o excesso hídrico prejudica a produção forrageira da cultura do capim Sudão, assim como o déficit hídrico. Portanto, o ajuste da lâmina de irrigação é fundamental para que seja possível atingir produtividades próximas ao potencial produtivo de forma sustentável.

Torres et al. (2019), observaram resultados que vão ao encontro dos obtidos

no presente estudo, onde a produtividade total de massa seca para a cultura do milho no tratamento que proporcionou o maior rendimento (100% da ETo), apresentou uma amplitude de variação entre os anos agrícolas de 5,8% o que representa 714,97 kg de MS ha⁻¹. Essa diferença foi atribuída às condições climáticas e ao elevado volume de chuvas, acarretando na variação do potencial produtivo entre os anos agrícolas. O comportamento produtivo da cultura também apresentou-se quadrático, apresentando decréscimo na produtividade forrageira com lâminas de água superiores a 100% da ETc.

Estudando a resposta da irrigação em pastagem, Kirchner et al. (2019), também observaram comportamento quadrático na cultura do sorgo forrageiro quando submetido aos mesmos regimes hídricos, com uma produtividade de 8.909 kg de MS ha⁻¹ no tratamento não irrigado e de 13.134 kg de MS ha⁻¹ no tratamento com a lâmina de irrigação com 100% da ETo, representando um incremento de rendimento muito próximo do observado no presente estudo, sendo este de 32,2% quando irrigado. Apresentando decréscimo na produtividade no tratamento com 125% da ETo devido ao excesso hídrico ocasionado pela irrigação. Os autores ainda contribuem afirmando que o incremento na produção forrageira quando irrigada é inquestionável e de fundamental importância para otimização da produção agropecuária.

Aguiar et al. (2005), também corroboram com o presente estudo, pois trabalhando com a cultura do capim Tanzânia observaram resultados de produtividade de massa seca para o tratamento com irrigação plena de 6.877 kg ha⁻¹ de MS. Para o tratamento sem irrigação, o rendimento foi de 4.985 kg ha⁻¹ de MS, representando um incremento no rendimento quando irrigado de 28,6%, sendo esse valor intermediário aos

observados no presente estudo que foram de 24,7% e 38,3% respectivamente.

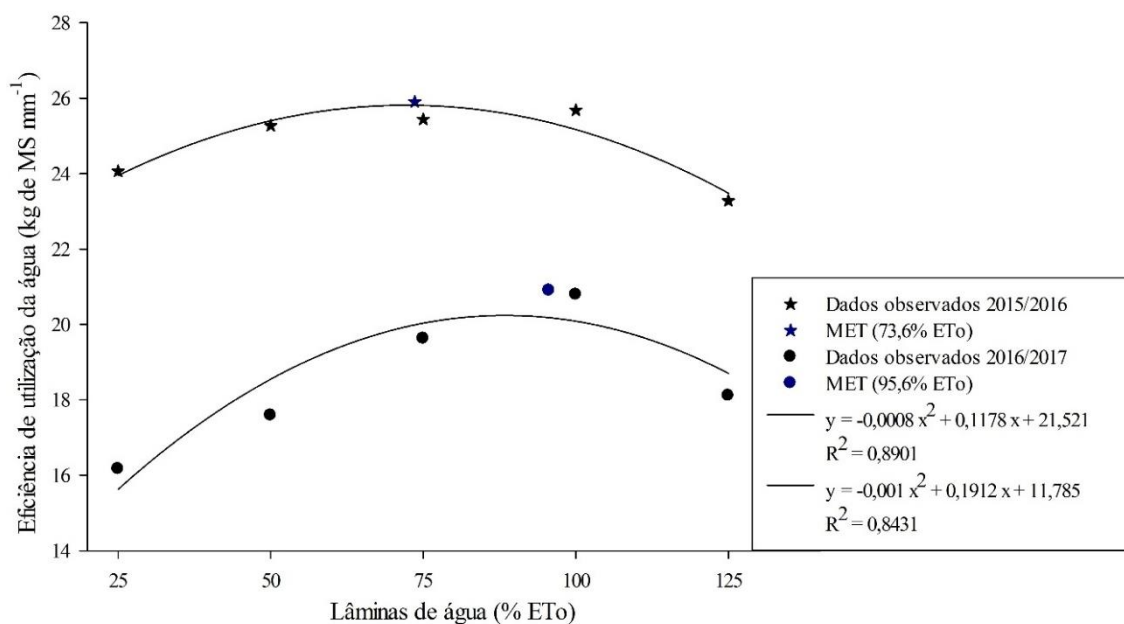
Diante dos resultados do presente estudo e dos encontrados na literatura, fica clara a importância do correto manejo da irrigação de acordo com a necessidade hídrica da cultura. Perante os distintos tratamentos avaliados, é possível observar que em ambos os anos houve incremento de produtividade à medida que a demanda hídrica da cultura foi sendo suprida e apresentando decréscimo com quantidades excessivas de água.

Além dos aspectos produtivos é fundamental o conhecimento da eficiência

de utilização da água (EUA) na agricultura irrigada, pois através dessa é possível determinar qual tratamento proporciona o maior aproveitamento da água pela planta, e também é possível determinar a viabilidade econômica da atividade.

A eficiência de utilização da água apresentou resultados que comprovam a importância da irrigação no cultivo de pastagens, pois o acréscimo das lâminas de água até certo ponto proporcionaram maior conversão de massa seca por altura de lâmina de água aplicada, como mostra a Figura 4.

Figura 4. Eficiência de utilização da água em relação ao somatório total de água aplicado, entre a precipitação efetiva e as lâminas de água testadas, com os pontos de máxima eficiência técnica.



Para a determinação da eficiência de utilização da água (EUA), foram somados os rendimentos de massa seca ao longo de todo o ciclo da cultura, sendo relacionado com o volume total de água aplicado (irrigação + precipitação efetiva). Observa-se que, ambos os experimentos apresentaram mesmo comportamento, sendo esse quadrático, com aceitáveis coeficientes de determinação e funções de produção próximas, demonstrando que o

suprimento hídrico adequado propiciou maior conversão da água em massa seca.

Tal fato é explicado por Taiz e Ziger (2017), quem afirmam que culturas nas quais são colhidas as partes aéreas em fase vegetativa, a fertilização e a irrigação causam maior alocação de recursos para o colmo, folhas e estruturas reprodutivas do que para as raízes, e esse desvio no padrão de alocação frequentemente resulta em maiores produtividades.

Os tratamentos testemunhas apresentaram valores de eficiência de utilização da água de 23,2 kg mm⁻¹ no Ano 1 e de 14,3 kg mm⁻¹ no Ano 2. Essa diferença provavelmente adveio em função do deficit hídrico, ocorrido da sementeira até o primeiro corte no Ano 2, sendo a eficiência de utilização da água severamente afetada, apresentando uma variação entre os anos de 8,9 kg de MS mm⁻¹, o que representa uma diferença de 38,6%.

Os pontos de máxima eficiência técnica para utilização da água, foram determinadas para a lâmina de água com 73,6% da ETo no Ano 1, com 25,9 kg de MS mm⁻¹ e para o Ano 2 na lâmina de água com 95,6% da ETo, com 20,9 kg de MS mm⁻¹, representando uma diferença de 19,3% entre os anos estudados.

As EUA observadas no tratamento com a lâmina de irrigação com 100% da ETo no Ano 1 foi de 25,7 kg de MS mm⁻¹, enquanto que, no ano seguinte, a produtividade foi de 20,8 kg de MS mm⁻¹, apresentando uma diferença de 4,9 kg de MS mm⁻¹, correspondendo a uma variação entre os anos de 19,1%. Essa variação é atribuída às condições climáticas mais favoráveis no Ano 1 e a menor precipitação pluviométrica ocorrida, em relação ao Ano 2, propiciando melhores condições para o desenvolvimento da cultura, pelo fato de não ter ocorrido um excesso hídrico tão elevado quanto no ano posterior.

Trentin, et al. (2016), também trabalhando com a cultura do capim Sudão, cultivar BRS Estribo, obtiveram resultados próximos dos observados no presente estudo, onde a eficiência de utilização da água foi de 18 kg de MS mm⁻¹ para o tratamento com a lâmina de irrigação com 50% da ETP, apresentando uma produtividade de massa seca de 11.032 kg ha⁻¹, com o suprimento de água ao longo do ciclo da cultura de 613,1 mm.

Os resultados observados estão de acordo com os obtidos por Parizi et al. (2009), que trabalhando com a cultura do

milho com quatro diferentes lâminas de água 60%, 80%, 100% e 120% da ETo, encontraram os maiores valores de EUA de 3,41 kg m⁻³ ha⁻¹ e 3,46 kg m⁻³ ha⁻¹ nos tratamentos com 80% e 100% da ETo, apresentando comportamento quadrático, ou seja, lâminas superiores a 100% diminuíram a EUA.

Estudando a eficiência de utilização da água na cultura do sorgo forrageiro irrigado, sob mesmos tratamentos, Kirchner et al. (2019) também observaram resultados que reforçam os encontrados no presente estudo, pois a equação ajustada foi de segundo grau, com a maior EUA observada em campo no tratamento com 100% da ETo e a menor no tratamento testemunha, com uma amplitude de variação entre as distintas lâminas de água de 25%, apresentando 15,01 a 19,81 kg de MS mm⁻¹.

6 CONCLUSÃO

A produção forrageira do capim Sudão foi influenciada tanto pelo deficit quanto pelo excesso hídrico, a lâmina de água com 100% da ETo apresenta produção estável ao longo dos anos, sendo os pontos de máxima eficiência técnica determinado nas lâminas com 103,1% da ETo no Ano 1 e 120,8% da ETo no Ano 2.

As lâminas de água influenciam diretamente a produtividade da água, quando o suprimento hídrico é ótimo a eficiência de utilização da água é máximo, produzindo maior quantidade de massa seca por milímetro de água aplicada.

A cultura do capim Sudão apresentou alta eficiência no aproveitamento de água, sendo uma alternativa para a diversificação da produção forrageira e para sustentabilidade da atividade pecuária onde o recurso hídrico é escasso.

7 AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria. Ao Conselho

Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC), Exportações 2019. Disponível em: <<http://abiec.com.br/exportacoes/>>. Acesso em: 30 de mar. 2020.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, J. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, p. 298, 2006. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56). Disponível em: <<http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>>. Acesso em: 30 de mar. 2020.

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**, Viçosa, v. 38, n. esp., p. 98-108, 2009.

AGUIAR, A. P. A.; DRUMOND, L. C. D.; FELIPINI, T. M.; PONTES, P.O.; SILVA, A. M. Características de crescimento de pastagens irrigadas e não irrigadas em ambiente de cerrado. **FAZU em revista**, Uberaba, v. 4, n. 2, p. 22-26, 2005. Disponível em: <<https://www.fazu.br/ojs/index.php/fazuemrevista/article/view/134/128>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

BERTOSSI, A. P.; MILEN, L. C.; HOTT, M. O.; RODRIGUES, R. R.; REIS, E. F. Avaliação de um sistema de irrigação por aspersão em malha em pastagem. **Nucleus**, Ituverava, v. 10, n. 1, p. 125-134, 2013.

BIBI, A.; SADAQAT, A.; AKRAM, H. M.; KHAN, T. M.; USMAN, B. F. Physiological and agronomic responses of sudangrass to water stress. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 48, n. 3, p. 369-379, 2010.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, p. 376, 2016.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Estruturação do mercado de sementes de forrageiras, Capim-sudão BRS Estribo: recomendações de manejo e oportunidades na cadeia produtiva da ovinocultura. **Revista Do Produtor**, Bagé, v. 6, n. 7, p. 1-22, 2014. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/988352/1/revistamarco2014.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**, 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, p. 225, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104933/1/Manual-de-Mtodos-de-Anilise-de-Solo.pdf>>. Acesso em: 30 de mar. 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivar de capim-sudão – BRS-Estribo**, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/905/cultivar-de-capim-sudao---brs-estribo>>. Acesso em: 11 de mai. 2020.

FERREIRA, E., CAVALCANTI, P. E NOGUEIRA, D. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Applied Mathematics**, Wuhan, v. 5, n. 19, p. 2952-2958, 2014.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 542, 2012. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1010247/1/LV2012forrageirasparaintegracaoFontaneli.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

KIRCHNER, J. H.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; MEZZOMO, W.; TORRES, R. R.; GIRARDI, L. B.; PIMENTA, B. D.; ROSSO, R. B.; PEREIRA, A. C.; LOREGIAN, M. V. Variation of leaf area index of the forage sorghum under different irrigation depths in dynamic of cuts. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 12, n. 2, p. 111-124, 2017.

KIRCHNER, J. H.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; MEZZOMO, W.; BEN, L. H. B.; PIMENTA, B. D.; PEREIRA, A. C. Funções de produção e eficiência no uso da água em sorgo forrageiro irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 2, p. 1-9 (e5646), 2019.

KOETZ, M.; BÄR, C. S. L. E. L.; PACHECO, A. B.; CASTRO, W. J. R.; CRISOSTOMO, W. L.; SILVA, E. M. B. Produção e eficiência no uso da água do capim paiguás sob tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 1, p. 1223-1232, 2017.

MILLAR, A. A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, LTDA, p. 276, 1978.

MONTEIRO, R. O. C.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. Eficiência do uso da água e nitrogênio na produção de melão. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 367-377, 2008.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES NETO, D. E.; ROCHA, A. T.; CARVALHO, L. A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 617-625, 2011.

- PARIZI, A. R. C.; ROBAINA, A. D.; GOMES, A. C. S.; SOARES, F. C.; RAMAO, C.; CALEGARO, I.; PEITER, M. X. Efeito de diferentes estratégias de irrigação sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 254- 269, 2009.
- PREMAZZI, L. M.; MONTEIRO, F. A.; CORRENTE, J. E. Tillering of Tifton 85 bermudagrass in response to nitrogen rates and time of application after cutting. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 565-571, 2003.
- RAY, D. K.; GERBER, L. S.; MACDONALD, G. K.; WEST, P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability. **Nature Communications**, Londres, n. 6, v. 5989, p. 1-9, 2015. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/ncomms6989>>. Acesso em: 30 de mar. de 2020
- REIS, M. M.; SANTOS, L. D. T.; OLIVEIRA, F. G.; SANTOS, M. V. Irrigação de pastagens tropicais: desafios e perspectivas. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 19, n. 1, p. 178-190, 2017.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 Ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, p. 222, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 888, 2017.
- TORRES, R. R.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; BEM, L. H. B.; MEZZOMO, W.; KIRCHNER, J. H.; PEREIRA, T. S.; BUSKE, T. C.; VIVAN, G. A.; GIRARDI, L. B. Economic of the irrigated production of forage millet. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 623-638, 2019.
- TRENTIN, G.; SILVEIRA, M. C. T.; MALCORRA, M. P.; FAGUNDES, B. F.; SOUZA, A. L. F. Produção de matéria verde e seca de capim-Sudão BRS Estribo submetido a diferentes disponibilidades hídricas. *In*: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 26, Santa Maria. **Cinquenta anos de zootecnia no Brasil: anais**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2016. p. 1-3. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/pecuaria-sul/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1048539/producao-de-materia-verde-e-seca-de-capim-sudao-brs-estribo-submetido-a-diferentes-disponibilidades-hidricas>>. Acesso em: 30 de mar. 2020.
- VIVAN, G. A.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZI, A. R. C.; BARBOZA, F. S.; SOARES, F. C. Rendimento e rentabilidade das culturas da soja, milho e feijão cultivados sob condições de sequeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 2943-2950, 2015.

WOLLMANN, C.A.; GALVANI, E. Caracterização climática regional do Rio Grande do Sul: dos estudos estáticos ao entendimento da gênese. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 11, n. 8, p. 87-103, 2012.