

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Jardel Henrique Kirchner

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA
PRODUÇÃO DE SORGO FORRAGEIRO**

Santa Maria, RS
2016

Jardel Henrique Kirchner

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE
SORGO FORRAGEIRO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Orientador: Prof. Dr. Adroaldo Dias Robaina

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Kirchner, Jardel Henrique
Influência de diferentes lâminas de irrigação na
produção de sorgo forrageiro / Jardel Henrique Kirchner.-
2016.
139 p.; 30cm

Orientador: Adroaldo Dias Robaina
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2016

1. Pastagens Cultivadas 2. Alimentação Animal 3.
Irrigação por Aspersão I. Robaina, Adroaldo Dias II.
Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Jardel Henrique Kirchner. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail: jardelkirchner@gmail.com

Jardel Henrique Kirchner

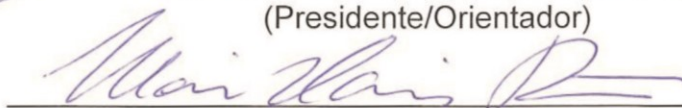
**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA
PRODUÇÃO DE SORGO FORRAGEIRO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Aprovado em 22 de fevereiro de 2016:



Adroaldo Dias Robaina, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Marcia Xavier Peiter, Dr^a. (UFSM)
(Coorientadora)



Ana Carla dos Santos Gomes, Dr^a. (IFFarroupilha)



João Fernando Zamberlan, Dr. (UNICRUZ)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

À minha família, em especial, aos meus pais Paulo Eduardo Kirchner e Elga
Elaine Schindler Kirchner

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, pela família maravilhosa e pela oportunidade concedida de realizar uma graduação e uma pós-graduação. Em minha vida, é à base de tudo, a direção para o sucesso. É o guia, o caminho e o pilar de sustentação para o alcance dos objetivos.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade e estrutura disponibilizada.

Ao professor orientador Adroaldo Dias Robaina pela oportunidade, ensinamentos, críticas, sugestões, disponibilidade, atenção, confiança, amizade, e paciência depositados.

À professora coorientadora Márcia Xavier Peiter pelos ensinamentos, contribuições, atenção, paciência, disponibilidade, críticas, confiança, carinho, e amizade.

Aos meus pais Paulo Eduardo Kirchner e Elga Elaine Schindler Kirchner pelo exemplo de vida, me ensinando o caminho correto da honestidade, sinceridade, educação, perseverança e humildade. Também por acreditarem no meu potencial e, muitas vezes, abdicarem de seus sonhos para proporcionar condições de realizar o meu. Pela força e incentivo em todos os momentos, confiança, amizade, amor, carinho e luta para a realização desta vitória.

Aos meus irmãos Gabriel Eduardo Kirchner e Isabel Luiza Kirchner pela amizade, carinho, incentivo, união e companheirismo.

Aos meus avós Armindo Edgar Schindler, Lory Elvira Kieslich Schindler, Hugo Kirchner e Silda Bruisma Kirchner pela base sólida de minha família, exemplos de vida.

À minha namorada, amiga e companheira Tayane Leão da Silva pelo apoio, companheirismo, paciência, compreensão, auxílio, ajuda e motivação em mim depositados.

Aos meus amigos por estarem sempre presente em todas as etapas da minha caminhada. Também pelos momentos de lazer, descontração e diversão, proporcionados nas horas vagas. Pelo companheirismo, amizade e confiança em mim depositados.

A todos os colegas do Laboratório de Hidráulica Agrícola e Engenharia de Irrigação da UFSM, em especial, Rogério, Wellington, Anderson, Ricardo, Luís, Marcos Vinícius, Leonita, Helena e Bruna, pela ajuda, amizade e coleguismo.

Ao amigo Sandro Madeira Cardinal pelo espaço concedido para a realização do trabalho, pela disponibilidade de estrutura, atenção, receptividade e amizade.

Aos amigos Cícero Nogueira, Geraldo Rodrigues, Laudenir Basso e Luís Francisco Alves Finamor (In Memoriam) pela amizade, disponibilidade e auxílio, proporcionando condições de realização do trabalho.

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

Muito Obrigado!

"A persistência é o menor caminho do êxito."

(Charles Chaplin)

RESUMO

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SORGO FORRAGEIRO

AUTOR: JARDEL HENRIQUE KIRCHNER
ORIENTADOR: ADROALDO DIAS ROBAINA

A disponibilidade de pastagem durante o decorrer de todo o ano é de suma importância para o desenvolvimento de qualquer espécie animal, bem como, a manutenção de sua qualidade. Durante o período de primavera-verão a qualidade das pastagens naturais decai devido à irregularidade das precipitações, tornando necessário o cultivo de pastagens cultivadas irrigadas. Assim, a irrigação em pastagens de primavera-verão cultivadas, torna-se uma técnica de grande suporte para que se atinja o objetivo de oferta de pastagem para os animais durante o período de irregularidade das precipitações. Nesse contexto, o sorgo forrageiro se caracteriza uma cultura propícia a ser implantada pela adaptação a esta época do ano e pela grande oferta de massa produzida, porém, necessitando de adequada disponibilidade hídrica para que o potencial máximo seja atingido. Desta maneira, o objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento e produção de pastagem de primavera-verão cultivada com sorgo forrageiro, sob diferentes lâminas de irrigação, sendo elas 0, 61, 65, 77, 100 e 136 % da Evapotranspiração de referência (ET_o) em um delineamento em blocos ao acaso, com o intuito de determinar a lâmina adequada para atingir o ponto de maior eficiência do uso da água, através da quantidade e qualidade de massa seca forrageira produzida nas condições edafoclimáticas de Santiago-RS, em quatro cortes realizados aos 50, 80, 110 e 140 dias após a semeadura (DAS). Avaliou-se: altura de plantas, altura de colmos, diâmetro de colmos, índice de área foliar, número de colmos por metro quadrado, massa seca produzida em cada um dos cortes, massa seca total e eficiência do uso da água. As diferentes lâminas de irrigação influenciaram em todas as avaliações realizadas para alguns dos DAS avaliados, tendo na lâmina de 100 % da ET_o os melhores resultados. Portanto, a irrigação por aspersão para a cultura do sorgo forrageiro é uma alternativa para o aumento da produção, tornando-se uma possibilidade para suprir períodos de carência alimentar do pasto nativo, proporcionando grande oferta de alimentos para os animais.

Palavras-chave: Pastagens Cultivadas. Alimentação Animal. Irrigação por Aspersão.

ABSTRACT

INFLUENCE OF IRRIGATION AT DIFFERENT FORAGE SORGHUM PRODUCTION

AUTHOR: JARDEL HENRIQUE KIRCHNER
ADVISER: ADROALDO DIAS ROBAINA

The availability of pasture during the course of the entire year is very important for the development of any animal species, as well as maintaining its quality. During the spring-summer period the quality of rangelands decays due to irregular rainfall, requiring the cultivation of irrigated cultivated pastures. Thus, irrigation in spring-summer cultivated pastures, it is a great support technique so that it reaches the pasture supply target for the animals during the fault period of rainfall. In this context, the sorghum is characterized a suitable culture to be implemented by adapting to this time of year and the massive supply produced, however, requiring adequate water availability so that the maximum potential is reached. Thus, the aim of this study was to evaluate the growth and spring-summer pasture production planted with sorghum, under different irrigation levels, these being 0, 61, 65, 77, 100 and 136% of the reference evapotranspiration (ET_o) in a block design at random, in order to determine the proper blade to reach the point of greatest efficiency of water use by the quantity and quality of forage dry matter produced at conditions of Santiago-RS in four cuts made at 50, 80, 110 and 140 days after sowing (DAS). We evaluated: plant height, stalk height, stalk diameter, leaf area index, number of stems per square meter, dry matter produced in each of the cuts, total dry mass and efficiency of water use. The different irrigation influenced in all evaluations performed for some of the DAS evaluated, with the depth of 100% of ET_o the best results. Therefore, the sprinkler irrigation for sorghum crop is an alternative to the increased production, making it a possibility to meet periods of food shortage of native pasture, providing large supply of food for the animals.

Keywords: Cultivated Pastures. Animal Feed. Sprinkler Irrigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Médias semanais da umidade relativa, temperatura máxima e temperatura mínima observadas durante o período do experimento. ...	40
Figura 2 – Coleta de amostras para a caracterização física do solo.	41
Figura 3 – Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).	45
Figura 4 – Semeadura do experimento com a cultura do sorgo forrageiro.	46
Figura 5 – Croqui da distribuição das parcelas e do sistema de irrigação na área experimental.	48
Figura 6 – Diagrama triangular utilizado para a classificação textural do solo.	50
Figura 7 – Coleta de matéria seca (MS) na cultura do sorgo forrageiro.	51
Figura 8 – Determinação da área foliar através de fotografia para análise no programa computacional Jimage.	52
Figura 9 – Determinação do diâmetro de colmos com a utilização de paquímetro digital.	53
Figura 10 – Determinação da altura de colmo através da utilização de régua graduada.	53
Figura 11 – Determinação da altura de plantas com a utilização de régua graduada.	54
Figura 12 – Separação e determinação das frações de folhas e de colmos e sua relação.	55
Figura 13 – Contagem do número de colmos existentes por metro quadrado.	56
Figura 14 – Precipitação total e efetiva acumuladas a cada sete dias, observadas durante o período de cultivo do sorgo forrageiro.	60
Figura 15 – Evapotranspiração de referência, precipitação efetiva e lâmina líquida de irrigação aplicada em intervalos semanais.	61
Figura 16 – Precipitação efetiva, lâmina líquida de irrigação e total de água aplicado.	62
Figura 17 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para a altura média de plantas nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.	64
Figura 18 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para a altura média de colmos nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.	69
Figura 19 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para o diâmetro médio de colmos nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.	73
Figura 20 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para o índice de área foliar nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.	77
Figura 21 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para o número de colmos/m ² nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.	82

Figura 22 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para a relação folha/colmo nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados	88
Figura 23 – Produção de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no primeiro corte do sorgo forrageiro aos 50 DAS.....	89
Figura 24 – Produção de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no segundo corte do sorgo forrageiro aos 80 DAS.....	90
Figura 25 – Produção de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no terceiro corte do sorgo forrageiro aos 110 DAS.....	91
Figura 26 – Produção de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no quarto corte do sorgo forrageiro aos 140 DAS.....	93
Figura 27 – Produção total de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no somatório dos quatro cortes realizados	94
Figura 28 – Eficiência no uso da água no sorgo forrageiro em relação ao total de água aplicada no somatório da precipitação efetiva e as diferentes lâminas de irrigação aplicadas.....	96
Figura 29 – Eficiência no uso da água da irrigação no sorgo forrageiro para as lâminas de irrigação aplicadas.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta, valores médios de três repetições.....	41
Tabela 2 – Valores da umidade volumétrica, nas diferentes camadas do solo no local do experimento, em função do potencial matricial de água no solo. Valores médios para três repetições.....	42
Tabela 3 – Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo.	42
Tabela 4 – Características químicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios de três repetições.....	43
Tabela 5 – Altura média de plantas (cm) de sorgo forrageiro ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados	63
Tabela 6 – Altura média de colmos de plantas de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados	67
Tabela 7 – Diâmetros médios de colmos de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados	71
Tabela 8 – Índice de área foliar (IAF) médio de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados	75
Tabela 9 – Número de colmos por metro quadrado de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.....	80
Tabela 10 – Relação folha/colmo de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados	86

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A	– Análise de variância da altura de plantas aos 50 DAS.....	115
Apêndice B	– Análise de variância da altura de plantas aos 65 DAS.....	115
Apêndice C	– Análise de variância da altura de plantas aos 72 DAS.....	116
Apêndice D	– Análise de variância da altura de plantas aos 80 DAS.....	116
Apêndice E	– Análise de variância da altura de plantas aos 94 DAS.....	116
Apêndice F	– Análise de variância da altura de plantas aos 102 DAS.....	117
Apêndice G	– Análise de variância da altura de plantas aos 110 DAS.....	117
Apêndice H	– Análise de variância da altura de plantas aos 124 DAS.....	117
Apêndice I	– Análise de variância da altura de plantas aos 132 DAS.....	118
Apêndice J	– Análise de variância da altura de plantas aos 140 DAS.....	118
Apêndice K	– Análise de variância da altura de colmos aos 50 DAS.....	118
Apêndice L	– Análise de variância da altura de colmos aos 65 DAS.....	119
Apêndice M	– Análise de variância da altura de colmos aos 72 DAS.....	119
Apêndice N	– Análise de variância da altura de colmos aos 80 DAS.....	119
Apêndice O	– Análise de variância da altura de colmos aos 94 DAS.....	120
Apêndice P	– Análise de variância da altura de colmos aos 102 DAS.....	120
Apêndice Q	– Análise de variância da altura de colmos aos 110 DAS.....	120
Apêndice R	– Análise de variância da altura de colmos aos 124 DAS.....	121
Apêndice S	– Análise de variância da altura de colmos aos 132 DAS.....	121
Apêndice T	– Análise de variância da altura de colmos aos 140 DAS.....	121
Apêndice U	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 50 DAS.....	122
Apêndice V	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 65 DAS.....	122
Apêndice W	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 72 DAS.....	122
Apêndice X	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 80 DAS.....	123
Apêndice Y	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 94 DAS.....	123
Apêndice Z	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 102 DAS.....	123
Apêndice AA	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 110 DAS.....	124
Apêndice AB	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 124 DAS.....	124
Apêndice AC	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 132 DAS.....	124
Apêndice AD	– Análise de variância do diâmetro de colmos aos 140 DAS.....	125
Apêndice AE	– Análise de variância do índice de área foliar aos 50 DAS.....	125
Apêndice AF	– Análise de variância do índice de área foliar aos 65 DAS.....	125
Apêndice AG	– Análise de variância do índice de área foliar aos 72 DAS.....	126
Apêndice AH	– Análise de variância do índice de área foliar aos 80 DAS.....	126
Apêndice AI	– Análise de variância do índice de área foliar aos 94 DAS.....	126
Apêndice AJ	– Análise de variância do índice de área foliar aos 102 DAS.....	127
Apêndice AK	– Análise de variância do índice de área foliar aos 110 DAS.....	127
Apêndice AL	– Análise de variância do índice de área foliar aos 124 DAS.....	127
Apêndice AM	– Análise de variância do índice de área foliar aos 132 DAS.....	128
Apêndice AN	– Análise de variância do índice de área foliar aos 140 DAS.....	128
Apêndice AO	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 50 DAS.....	128
Apêndice AP	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 65 DAS.....	129
Apêndice AQ	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 72 DAS.....	129
Apêndice AR	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 80 DAS.....	129
Apêndice AS	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 94 DAS.....	130
Apêndice AT	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 102 DAS.....	130
Apêndice AU	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 110 DAS.....	130

Apêndice AV	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 124 DAS	131
Apêndice AW	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 132 DAS	131
Apêndice AX	– Análise de variância do número de colmos/m ² aos 140 DAS	131
Apêndice AY	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 50 DAS.....	132
Apêndice AZ	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 65 DAS.....	132
Apêndice BA	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 72 DAS.....	132
Apêndice BB	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 80 DAS.....	133
Apêndice BC	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 94 DAS.....	133
Apêndice BD	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 102 DAS.....	133
Apêndice BE	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 110 DAS.....	134
Apêndice BF	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 124 DAS.....	134
Apêndice BG	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 132 DAS.....	134
Apêndice BH	– Análise de variância da relação folha/colmo aos 140 DAS.....	135
Apêndice BI	– Análise de variância e complementar da produção de massa seca do primeiro corte aos 50 DAS	135
Apêndice BJ	– Análise de variância e complementar da produção de massa seca do segundo corte aos 80 DAS	136
Apêndice BK	– Análise de variância e complementar da produção de massa seca do terceiro corte aos 110 DAS	136
Apêndice BL	– Análise de variância e complementar da produção de massa seca do quarto corte aos 140 DAS.....	137
Apêndice BM	– Análise de variância e complementar da produção de massa seca total ao longo dos quatro cortes realizados.....	138
Apêndice BN	– Análise de variância e complementar da eficiência no uso da água.....	138
Apêndice BO	– Análise de variância e complementar da eficiência no uso da água da irrigação	139

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1	PASTAGENS CULTIVADAS DE PRIMAVERA-VERÃO.....	27
2.2	A CULTURA DO SORGO FORRAGEIRO (<i>Sorghum bicolor</i>)	29
2.3	A ÁGUA NA PLANTA	31
2.4	DÉFICIT HÍDRICO.....	33
2.5	IRRIGAÇÃO EM PASTAGENS CULTIVADAS	35
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1	LOCALIZAÇÃO E DISTINÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	39
3.1.1	Histórico da área experimental	43
3.2	DADOS METEOROLÓGICOS.....	43
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	44
3.4	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	44
3.5	MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	48
3.6	VARIÁVEIS ANALISADAS	50
3.6.1	Produção de massa seca	50
3.6.2	Índice de área foliar	51
3.6.3	Diâmetro e altura de colmos	52
3.6.4	Altura de plantas	54
3.6.5	Relação folha/colmo	55
3.6.6	Número de colmos por metro quadrado	55
3.6.7	Eficiência do uso da água	56
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1	PRECIPITAÇÃO E IRRIGAÇÃO.....	59
4.2	VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO	62
4.2.1	Altura de plantas	63
4.2.2	Altura de colmos	67
4.2.3	Diâmetro de colmos	71
4.2.4	Índice de área foliar	75
4.2.5	Número de colmos por metro quadrado	80
4.2.6	Relação folha/colmo	85
4.2.7	Produção de massa seca	89
4.3	EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA	96
4.4	EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA IRRIGAÇÃO	97
5	CONCLUSÕES	101
6	REFERÊNCIAS	103
7	APÊNDICES.....	115

1 INTRODUÇÃO

A produção agropecuária é responsável por aproximadamente 23% do produto interno bruto (PIB) brasileiro, onde aproximadamente 30% foram advindos da pecuária no ano de 2014 (PORTAL PLANALTO, 2015), caracterizando assim, a importância da atividade para a economia do país. O Rio Grande do Sul é tradicionalmente produtor agropecuário, com 40,58% do PIB em 2013 advindo do agronegócio (FARSUL, 2015), onde, nas últimas décadas, o crescimento do PIB agropecuário do estado foi maior que o crescimento do PIB brasileiro, o que mostra a importância da agricultura no crescimento econômico.

A produção agropecuária no Rio Grande do Sul reflete de maneira direta na pecuária, uma vez que, a grande maioria dos alimentos fornecidos aos animais é ofertada através de pastagem. Para aperfeiçoar a produção da pecuária no sistema produtivo, pode-se utilizar a introdução de gramíneas selecionadas e melhoradas no fornecimento de alimentação aos animais na forma de pastejo, a fim de aumentar a produção. As forragens cultivadas são utilizadas como opção para minimizar a carência alimentar dos animais em pastejo, em épocas que ocorrem menor produção de massa verde e menor teor nutricional devido, principalmente, as adversidades climáticas. No estado são utilizadas diversas espécies forrageiras tropicais, dentre as quais se destaca o Sorgo Forrageiro.

A baixa produtividade das pastagens é uma das principais causas da pequena competitividade e lucratividade da pecuária, em relação a outras explorações econômicas do ramo agrícola no país. A reversão deste quadro passa por um processo de revisão dos conceitos sobre pastagens e a necessidade de intensificação planejada de seu uso, visando o aumento da massa forrageira em qualidade e quantidade disponíveis para o rebanho animal durante o ano todo.

O aumento da produtividade da pecuária no estado do Rio Grande do Sul é uma exigência para tornar o sistema mais produtivo e competitivo com as exigências atuais apresentadas pelo mercado consumidor, uma vez que, apresenta rendimentos muito baixos, devido à deficiência na alimentação, seja ela em quantidade ou qualidade (ANUALPEC, 2000). As pastagens cultivadas desempenham papel essencial para o sistema de produção de carne ou leite por caracterizarem uma forma prática e econômica na alimentação dos animais.

Durante o período de primavera-verão, a base para a alimentação bovina é o campo nativo no estado do Rio Grande do Sul, porém, ele apresenta baixa qualidade de forragem (ALVES FILHO, 1995), sendo insuficiente para manter as necessidades nutricionais dos animais em pastejo, o que limita o desenvolvimento do animal e acaba retardando o período de abate (NRC, 1996). Assim, a utilização de pastagens cultivadas de primavera-verão caracteriza-se como uma excelente alternativa no fornecimento de forragem com melhor qualidade nutritiva para os animais, pois maximiza o potencial de ganho de peso e aumenta a eficiência do sistema produtivo, pelo elevado ganho diário de peso animal (RESTLE et al., 1996; MUEHLMANN et al., 1997).

Para a obtenção de uma pastagem de qualidade é imprescindível à produção de uma elevada quantidade de massa verde e seca, associadas com satisfatórios teores de proteína bruta, aspectos essenciais na escolha da espécie forrageira a ser implantada (MARANHÃO et al., 2009). A produção de massa afeta de forma significativa a capacidade de suporte da pastagem e está diretamente influenciada pela adequada demanda hídrica requerida pela cultura, o que torna a irrigação suplementar uma alternativa de suporte para a produção de pastagens cultivadas durante o período de primavera-verão. A irregularidade ou escassez na distribuição das chuvas ocasiona altas taxas de variação de rendimento e produção de pastagens cultivadas no estado. O déficit hídrico provocado pela falta de água causa perturbações fisiológicas, acarretando em altos níveis de estresses, o que afeta seu desempenho produtivo.

Nesse contexto, a cultura do Sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) apresenta grande potencial forrageiro pela sua adaptabilidade ao clima de primavera-verão do Rio Grande do Sul, onde, através do fornecimento hídrico adequado, possibilita alimento de qualidade nutritiva e produção elevada de massa verde e seca, atendendo às necessidades nutritivas dos animais e possibilitando a engorda em um período curto de tempo. A irrigação está cada vez mais presente nos sistemas agrícolas e tem se caracterizado como uma técnica de segurança para a obtenção de elevada produtividade de massa forrageira de pastagens. Para isso, o sistema de irrigação implantado deve possibilitar uma lâmina uniforme sobre a cultura e na quantidade ideal requerida pela espécie vegetal.

Desta maneira, a irrigação de pastagens cultivadas de primavera-verão no estado do Rio Grande do Sul vem se tornando ferramenta de suma importância para

a pecuária gaúcha, possibilitando a engorda e abate dos animais em período mais curto de tempo, através da disponibilidade de alimentos de qualidade durante todo o ano, tendo a cultura do sorgo forrageiro como uma excelente alternativa de utilização. No entanto, estudos visando à correta utilização do sistema de irrigação por aspersão convencional e fornecimento de adequada disponibilidade hídrica à cultura do sorgo forrageiro para a região de Santiago/RS são escassos na literatura.

Assim, é necessário o estudo e estabelecimento da lâmina de irrigação adequada para que a cultura do sorgo forrageiro atinja o seu máximo potencial produtivo para a região do estudo, visando evitar desperdícios de água e possibilitando a máxima eficiência na relação cultura/lâmina, vindo a contribuir para o desenvolvimento do setor produtivo da região e servindo de suporte a pesquisadores, técnicos e produtores, que pretendem investir ou que já investiram na tecnologia de irrigação de pastagens.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação suplementar sobre a produção forrageira e demais parâmetros produtivos do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), e, a eficiência no uso da água total e da irrigação na região centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul, no município de Santiago.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão de literatura tem o objetivo de proporcionar o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento do trabalho proposto, proporcionando o conhecimento a cerca dos assuntos pertinentes em relação ao tema. Desta maneira, este capítulo fará uma abordagem descritiva em relação ao uso de pastagens cultivadas de primavera-verão, a importância da água para o desenvolvimento das pastagens, a irrigação de pastagens cultivadas, aspectos gerais e a importância da cultura do sorgo forrageiro, com o intuito de apresentar a situação atual do tema em relação à pesquisa e as considerações existentes.

2.1 PASTAGENS CULTIVADAS DE PRIMAVERA-VERÃO

A adoção de pastagens cultivadas de estação quente, dentro de um sistema de produção, é uma opção que visa manter altas produções de matéria seca, para atender o desempenho dos animais a baixo custo. O Brasil, em virtude de suas dimensões continentais, possui regiões muito diferenciadas quanto aos fatores climáticos, permitindo que as pastagens nelas cultivadas estejam sujeitas a variações de temperatura, radiação solar, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar, vento etc. (CARVALHO et al., 1999).

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com cerca de 200 milhões de cabeças, onde destes, 88% é mantido exclusivamente em pasto (ESTANISLAU & CANÇADO JR., 2000). O país possui alto potencial de produção forrageira por estar localizado em região tropical do globo, em que as condições climáticas como temperaturas elevadas e fotoperíodo longo durante o período de primavera-verão, proporcionam o rápido desenvolvimento de pastagens cultivadas, possibilitando alimento de qualidade para os animais em pastejo (PRADO et al., 2002).

A pecuária brasileira movimenta cerca de 55 bilhões de reais por ano e emprega 20 milhões de pessoas, nas suas mais variadas atividades ao longo de toda a cadeia produtiva. O custo de produção de carne bovina do país é considerado baixo, quando comparado aos demais países produtores de carne no mundo, devido à forma de alimentação dos animais que é em pastejo. Países produtores de carne bovina e com destaque na produção a nível mundial como Estados Unidos, Austrália

e países europeus, possuem um custo muito elevado por criarem os animais em confinamento e a alimentação ser fornecida na forma de grãos e/ou resíduos aos animais (CARVALHO et al., 2009).

As pastagens cultivadas representam a forma mais prática e viável de alimentação de animais, em detrimento do custo considerado baixo e pela facilidade de implantação e manejo da mesma (CUNHA et al., 2007). No país, é de vital importância o estudo de espécies forrageiras na implementação de pastagens cultivadas de primavera-verão, uma vez que, grande parte da carne e do leite produzidos advém de rebanhos mantidos a pasto durante todo o ano, além do baixo custo de produção das pastagens, quando comparada aos concentrados (FERNANDES et al., 2008).

Para a obtenção de uma pastagem de qualidade é imprescindível à produção de uma elevada quantidade de massa verde e seca, associadas com satisfatórios teores de proteína bruta, aspectos essenciais na escolha da espécie forrageira a ser implantada (MARANHÃO et al., 2009). A produção de massa da pastagem cultivada afeta de forma significativa a capacidade de suporte da pastagem e está diretamente influenciada pela adequada demanda hídrica requerida pela cultura, o que torna a irrigação suplementar uma alternativa inovadora e de suporte para a produção de pastagens cultivadas durante o período de primavera-verão.

De acordo com Aita (1995) e Restle et al. (2001), em valores médios, as pastagens cultivadas de primavera-verão geram alimento de melhor qualidade, proporcionando excelentes índices produtivos do rebanho. O manejo com que as pastagens cultivadas são submetidas, bem como fatores edafoclimáticos e estágio de desenvolvimento das plantas, influenciam na produção e na qualidade da pastagem.

O período de primavera-verão, embora seja o de maior produção para as pastagens nativas do Rio Grande do Sul, é insuficiente para manter um alto nível alimentar para os rebanhos. Dessa maneira, a adição de pastagens cultivadas dentro de um sistema de produção, mostra-se como uma alternativa necessária, a fim de fornecer qualidade de forragem aos animais em pastejo (MORAES & MARASCHIN, 1988).

2.2 A CULTURA DO SORGO FORRAGEIRO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

O incremento da cultura do sorgo forrageiro vem ganhando destaque a nível nacional e estadual nos últimos anos pela importância na cadeia produtiva da pecuária de corte, através da sua facilidade de implantação e manejo e de suas excelentes qualidades nutricionais (RODRIGUES et al., 2002). O sorgo forrageiro foi introduzido no país por escravos e, apesar de ser considerada uma cultura antiga, foi somente no final do século XIX que apresentou importância econômica a nível mundial (LIRA et al., 1988).

Vários fatores exercem influência na produção do rebanho bovino brasileiro, quando mantido a campo. Dentre os inúmeros fatores relevantes ao sucesso da pastagem, destaca-se a quantidade de forragem disponível na pastagem, o consumo de matéria seca da forrageira pastejada e o valor nutricional da forragem, que são características dependentes, em grande parte, do manejo da forrageira (DA SILVA & PEDREIRA, 1997).

Nesse contexto de oferta de pastagem, várias culturas apresentam características propícias no que tange as qualidades de forragem no estado do Rio Grande do Sul, porém, o sorgo forrageiro se destaca por apresentar grande resistência a períodos de déficit hídrico (RIBAS & MACHADO, 2010). A cultura do Sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) apresenta grande potencial forrageiro pela sua adaptabilidade ao clima de primavera-verão do Rio Grande do Sul, onde através do fornecimento hídrico adequado, possibilita alimento de qualidade nutritiva e produção elevada de massa verde e seca, atendendo às necessidades nutritivas dos animais e possibilitando a engorda em um período curto de tempo.

A cultura vem se destacando no contexto da agropecuária brasileira pela sua excelente produtividade e por seus componentes energéticos, com elevada digestibilidade e adaptação a ambientes quentes e secos. A planta é utilizada para silagem ou corte verde, para pastejo, e os grãos, em rações animais e para o consumo humano (BUSO, et al., 2011). Assim, o sorgo para corte/pastejo apresenta-se como fonte de alimento de alta qualidade para bovinos no período de primavera-verão, em sucessão às pastagens de inverno (RAUPP, 2000).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), tem sua origem na parte central da África e parte da Ásia, e vem se tornando uma excelente alternativa de alimentação

animal em regiões de baixa disponibilidade hídrica, devido as suas propriedades nutricionais, com estruturas ricas em proteínas e elevado volume de massa verde. Além de apresentar elevada tolerância à seca e a alta temperatura e, quando irrigado, apresentar rápido desenvolvimento foliar e incremento de produção (CARVALHO et al., 2000).

O uso do sorgo forrageiro, dentre as pastagens cultivadas de primavera verão, constitui-se em uma das principais alternativas para o fornecimento de uma alimentação adequada e com teores balanceados para a produção animal no estado do Rio Grande do Sul, por apresentar elevado potencial de produção e resistência ao déficit hídrico (NEUMANN et al., 2008).

A cultura possui elevado valor agrônômico e nutritivo em termos de qualidade forrageira, alcançando elevadas produções, sendo inclusive, comparado com o milho. No entanto, em termos de exigências e produção, o sorgo aparece como uma alternativa interessante, pois se adapta a períodos de deficiência hídrica, devido a sua capacidade de recuperar-se e produzir após um período de estiagem, produzindo mais matéria seca em áreas de solo menos fértil, quando comparado ao milho (RODRIGUES et al., 2002).

O sorgo possui características fisiológicas que o permitem guardar reservas e diminuir o ritmo de crescimento da planta, através da diminuição das atividades metabólicas durante períodos em que está sob efeito de estresse hídrico, caracterizando-se como uma das culturas mais tolerantes a períodos de déficit hídrico. E, após o término de um período de estresse hídrico, apresenta elevado crescimento em curto espaço de tempo, quando a demanda hídrica é novamente reestabelecida, possuindo assim elevado potencial produtivo quando irrigada. (AMARAL et al., 2003).

Além disso, o sorgo forrageiro apresenta elevada eficiência na utilização da água, pois necessita de menos água para produzir matéria seca, em relação a outros cereais como o milho e o trigo. Enquanto o milho e o trigo necessitam cerca de 370 e 500 litros, respectivamente, para produzir 1 kg de matéria seca, o sorgo forrageiro necessita de 330 litros para atingir a mesma produção (MAGALHÃES & DURÃES, 2003).

Fatores ambientais como água, luz e temperatura, exercem grande influência sobre o crescimento da cultura do sorgo forrageiro, que apesar da maior resistência à seca em relação a outros cereais, necessita de adequado fornecimento hídrico

durante seu período de desenvolvimento, sendo o florescimento o de maior demanda hídrica (MAGALHÃES et al., 2000).

2.3 A ÁGUA NA PLANTA

A água é caracterizada como um dos principais fatores para o desenvolvimento adequado das culturas durante o ciclo de produção, pois atua no transporte de solutos e gases, como reagente no metabolismo, na turgescência celular, no metabolismo estomático e na expansão celular das plantas (PEITER & CARLESSO, 1996). É um dos componentes essenciais para que o desenvolvimento das pastagens cultivadas seja alcançado e atinja níveis elevados de produção de massa. Caso ocorra irregularidade do regime pluviométrico durante o ciclo, o desenvolvimento das plantas é prejudicado, tornando a água o principal fator limitante na produção (DRUMOND, 2003).

A molécula de água é a grande controladora da vegetação presente na superfície da terra, através da sua disponibilidade para o desenvolvimento das plantas, seja ela através da ocorrência de precipitação pluviométrica ou na forma de irrigação. Cerca de 80 a 90% do peso de uma planta herbácea e aproximadamente 50% das espécies lenhosas estão representados pela água. Além disso, é o grande solvente responsável pela penetração de gases, minerais e outras substâncias nas células. Também é o reagente em muitos processos fisiológicos, incluindo a fotossíntese e a hidrólise do amido em açúcar. Além do seu papel na turgescência da célula e, conseqüentemente, no crescimento do vegetal (SILVA & FREITAS, 1998).

A água retida nos tecidos da planta é dependente do balanço entre a absorção de água do solo pelas raízes e a perda por transpiração. Disponibilidade de água no solo e outros fatores que reduzam a absorção e o transporte de água podem induzir uma deficiência hídrica nos tecidos e, conseqüentemente, perdas de produtividade (KRAMER, 1983). A entrada de água nas plantas ocorre principalmente por meio das raízes, no solo, através da diferença de potencial por meio da absorção. As plantas absorvem água em toda a sua superfície, mas a maior parte do suprimento de água vem do solo (PAIVA & OLIVEIRA, 2006).

De acordo com Pereira (2006), a água exerce inúmeras funções fisiológicas e metabólicas nos vegetais, onde podem ser destacadas as seguintes: atuar como

reagente e como produto em atividades fotossintéticas, produção de energia química após a ativação da clorofila pela luz, meio de transporte de solutos e gases, divisão e crescimento celular, participa dos processos de abertura e fechamento dos estômatos, afeta a viscosidade e turgescência das plantas, atua na atividade de enzimas, é o produto final da atividade respiratória, atua como regulante térmico nas plantas e afeta a translocação de assimilados.

Em condições de baixa disponibilidade de água no solo, vários processos metabólicos das plantas podem ser influenciados, como o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração, levando ao declínio da taxa de crescimento (SILVA et al., 2002; GOMES et al., 2004; PORTES et al., 2006). Todas as espécies vegetais podem apresentar tolerância ao déficit hídrico, porém, o estresse causado pela adversidade acarreta em redução no crescimento, perda de produtividade, podendo inclusive, levar a morte, dependendo da intensidade e do estágio fenológico ao qual às plantas estão submetidas (CAMBRAIA, 2005).

A água é um dos fatores mais abundantes entre todos os requeridos pelas plantas para o seu crescimento e desenvolvimento, porém, ao mesmo tempo, com frequência, é o fator mais limitante. A alternativa para o correto suprimento hídrico torna a prática de irrigação das culturas um recurso-chave que caracteriza a importância da água para a produtividade agrícola. Assim, a disponibilidade de água caracteriza o principal fator para uma produtividade satisfatória e lucrativa, levando a ocorrência de diferenças marcantes entre os ambientes, de acordo com o gradiente de precipitação ocorrido e o complemento do necessário através da irrigação (KERBAURY, 2009).

Para Moraes et al. (2003), o principal atributo da água para a planta está no fato da hidratação do protoplasma, pois no caso de ocorrência de deficiência hídrica, a atividade fotossintética da planta decai paralelamente a diminuição do volume de água presente nas células. O estresse provocado pela deficiência hídrica influencia de maneira direta na produtividade, no crescimento das plantas, podendo também ser determinado pelo processo de assimilação de CO² (TATAGIBA, 2009).

Além da essencialidade ao crescimento e desenvolvimento das plantas, a água tem função crucial no estabelecimento e manutenção da turgescência celular. Segundo Petry (1991), o fato de manter o turgor das plantas através do adequado suprimento de água aos tecidos das plantas é essencial para os processos de

crescimento vegetal, expansão e divisão celular e fotossíntese, permitindo também, a possibilidade de adiar a desidratação dos tecidos, podendo as reservas serem usadas em períodos posteriores ao ciclo. Uma vez que o início do primórdio foliar já está desencadeado, o tamanho final do mesmo é determinado pelo índice de duração da divisão e expansão celular, sendo esta, influenciada diretamente pelo volume de água disponível às plantas. Portanto, períodos de déficit hídrico nas culturas ocasionam redução de seus potenciais produtivos.

2.4 DÉFICIT HÍDRICO

A ocorrência de períodos de irregularidade das precipitações é um fenômeno frequente e característico no Brasil, com intensidade e efeitos variáveis no espaço e no tempo. A localização geográfica do território brasileiro é propícia à ocorrência de déficit hídrico, pois já ocorreu no passado e ocorrerá no futuro (MENESES et al.,2006).

A frequência e a intensidade da ocorrência de déficit hídrico são considerados os fatores mais importantes a limitação da produção mundial. De acordo com Ortolani & Camargo (1987), a limitação da produção causada pelo déficit hídrico é responsável por 60 a 70 % da variabilidade final da produção das culturas, tornando o planejamento da agricultura irrigada e o conhecimento das condições meteorológicas do local, fatores essenciais para o alcance de elevadas produtividades.

A deficiência hídrica é considerada a principal causa de queda na produtividade agrícola em clima tropical. Contudo, como existe uma grande variabilidade na adaptação à seca entre as distintas espécies e dentro da espécie, deve-se avaliar o comportamento de diferentes materiais genéticos, em diferentes condições, para a recomendação de cultivo (BLUM, 1997).

A ocorrência de déficit hídrico em plantas cultivadas afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas em todo o mundo. A ocorrência de períodos de irregularidade das precipitações causam transtornos à população há milhares de anos. Desde os antigos povos sumérios, o homem tem procurado uma alternativa mais efetiva do aproveitamento da água para superar os efeitos do déficit hídrico às plantas. O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas,

podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR & SINCLAIR, 1996).

De acordo com Castro e Farias (2005), o desenvolvimento de culturas agrícolas sob ocorrência de variabilidade na disponibilidade hídrica durante o ciclo de desenvolvimento das culturas, independe do ciclo, da cultivar, da época de semeadura da cultura e do local de condução do experimento.

As consequências da falta de água no metabolismo das plantas desencadeia uma ampla variedade de respostas, como alterações na expressão gênica, no metabolismo celular e diminuição nas taxas de crescimento e produtividade. Essas consequências, muitas vezes irreversíveis para a planta, são causadas pela influência da falta de água sobre processos fisiológicos e bioquímicos da planta, em decorrência da redução do potencial hídrico das folhas, fechamento estomático, diminuição das trocas gasosas, causando a inibição da fotossíntese, respiração e absorção de íons (HONG-BO et al., 2008). Além disso, a deficiência hídrica também diminui a absorção de nutrientes pela raiz e transporte para a parte aérea, devido à restrição da taxa de transpiração, o que altera o transporte ativo e a permeabilidade das membranas (KRAMER & BOYER, 1995).

O déficit hídrico no solo, afeta quase todos os processos fisiológicos. Várias revisões bibliográficas fornecem informações detalhadas sobre os seus efeitos em processos fisiológicos específicos (HSIAO, 1973; BEGG & TURNER, 1976; FISCHER & TURNER, 1978). Essas revisões abordam diferentes aspectos das alterações fisiológicas nas plantas em resposta a déficits hídricos no solo (WILSON & EASTIN, 1982; KRIEG, 1983; PEACOCK & WILSON, 1984).

Para uma produção forrageira de acordo com as expectativas estabelecidas, diversos fatores exercem elevada influência, tais como, baixa ocorrência de precipitações, baixa capacidade de armazenamento de água no solo, presença de fotoperíodos indutivos e a ocorrência de baixas temperaturas (SILVEIRA, 2015).

O estresse hídrico é um desvio significativo das condições ótimas para o adequado desenvolvimento das plantas, o que origina mudanças e respostas a todos os níveis do organismo. Estas respostas são inicialmente reversíveis, podendo tornar-se permanentes devido ao grau de estresse submetido. Mesmo se o acontecimento causador de estresse for temporário, a vitalidade da planta diminui com o prolongar do estresse. Quando a capacidade da planta para se ajustar é

atingida, o que era até aí um dano latente, passa a doença crônica ou dano irreversível (LARCHER, 1995).

Mingardo (2005) salienta que a ocorrência de deficiência hídrica em pastagens cultivadas, é um grande limitante para o desenvolvimento adequado das pastagens, limitando o crescimento das mesmas, sobretudo, quando submetida a longos períodos de estiagem e temperaturas elevadas. Dessa maneira, através da irrigação das pastagens cultivadas, é possível eliminar o efeito da água sobre a produção, garantindo que este fator não seja limitante no adequado desenvolvimento das culturas, passando a depender somente de outros fatores climáticos, tais como, temperatura, radiação solar e luminosidade (ÁLVARES et al., 2001).

2.5 IRRIGAÇÃO EM PASTAGENS CULTIVADAS

A irrigação em pastagens cultivadas é uma técnica que vem sendo implantada e difundida no Brasil, onde seu grande objetivo é proporcionar uma umidade adequada no solo, de fácil disponibilidade às plantas, para que elas tenham condições de um maior desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, elevada produção de massa (PINHEIRO, 2002). A irrigação está cada vez mais presente nos sistemas agrícolas e tem se caracterizado como uma técnica de segurança para a obtenção de elevada produtividade de massa forrageira de pastagens. Para isso, o sistema de irrigação implantado deve possibilitar uma lâmina uniforme sobre a cultura e na quantidade ideal requerida pela espécie vegetal (DRUMOND & AGUIAR, 2005).

No estado do Rio Grande do Sul, a disponibilidade de água as plantas é o principal fator responsável pela oscilação freqüente do rendimento das culturas (MATZENUER et al., 1995). A irregularidade das precipitações em determinadas regiões constitui-se como um grande empecilho para o desenvolvimento das culturas. A ocorrência de irregularidade das chuvas normalmente acontece no período de primavera-verão, prejudicando o desenvolvimento das pastagens nativas e tornando necessário o uso de pastagens cultivadas irrigadas.

A produção agropecuária é a base da economia no estado do Rio Grande do Sul, tornando a produtividade alcançada o principal fator para a saúde financeira do estado. A variabilidade climática provocada por fenômenos climáticos como o El

Niño e La Niña trazem diversos impactos para esse setor, pois em anos de El Niño a precipitação pluvial tende a ser superior ao normal. Já em anos de La Niña tende a ser inferior. Esses impactos são fatores determinantes na variabilidade observada nos rendimentos das culturas (BERLATO et al., 2005).

Desta maneira, a irrigação suplementar de pastagens cultivadas de primavera-verão tem se caracterizado como uma técnica de grandes resultados no estado, devido à possibilidade de oferta de alimento de qualidade durante todo o ano (DRUMOND, 2003). A irrigação suplementar durante os “veranicos” tem como objetivo estabilizar e intensificar a produção de forragem no período de irregularidade das precipitações, desde que a temperatura e a luminosidade não sejam fatores limitantes (XAVIER et al., 2001).

A evapotranspiração na pastagem, geralmente, excede a precipitação pluvial. Sendo assim, a distribuição de água em pastagens, por meio de irrigação suplementar, é a garantia para se produzir como planejado, sem que a falta de chuvas altere os índices de produtividade e de rentabilidade previamente estabelecidos (CUNHA et al., 2008).

Diversos autores já constataram efeitos significativos da irrigação sobre a produtividade de forrageiras tropicais estabelecendo a viabilidade e importância da técnica para o adequado desenvolvimento animal (DOURATO NETO et al., 2002; SOUZA, 2003; GARGANTINI et al., 2005). O uso da irrigação em pastagens cultivadas de verão como alternativa para suprir a deficiência hídrica provocada por períodos de déficit hídrico e veranicos, tem se caracterizado como alternativa eficiente para a produção, uma vez que possibilita incremento e oferta de massa forrageira de elevada qualidade nutritiva para o animal. A falta de água impõe limitações à taxa de expansão de folhas, ao número de folhas por perfilho e ao número de perfilhos (CORSI et al., 1998).

Desta maneira, a irrigação predomina como uma das tecnologias mais eficazes contra o déficit hídrico e para o aumento da produtividade e maximização da produção agrícola, desde que bem manejada. Assim, Alves Júnior (2006), salienta que o manejo da irrigação é caracterizado pela definição da quantidade ideal de água que a planta está necessitando, bem como a definição do momento exato de aplicação. Caso esses dois fundamentos básicos do manejo da irrigação não sejam atendidos, o irrigante estará realizando um uso ineficiente da água, seja pelo excesso ou pela restrição da necessidade hídrica da cultura (SILVA, 1998).

O manejo da irrigação consiste na aplicação de água no momento correto e na quantidade necessária pela cultura para aquele momento. O manejo da irrigação deve ser calibrado aos sistemas de irrigação de forma a se obter elevadas eficiências. Após a instalação do sistema de irrigação, deve-se realizar o manejo inicial de irrigação que é normalmente baseado em turnos de rega calculados com base em valores da evapotranspiração e da lâmina real necessária (COELHO et al., 2005).

Assim, em regiões tropicais, a ocorrência de temperaturas elevadas combinadas com altas intensidades luminosas, favorecem o aumento da evapotranspiração das pastagens, o que pode ocasionar períodos de déficit hídricos estacionais e, caso não ocorra irrigação suplementar para cobrir esses períodos, ocorrerá alterações no desenvolvimento das plantas, tendo um efeito mais severo em pastagens em relação às demais culturas, pois o volume de massa verde é a principal necessidade nessa atividade econômica (MACHADO et al., 1983; SUTCLIFFE, 1980).

A pastagem é formada por uma população de plantas, sendo esta, constituída de diversas hastes iniciadas em gemas contidas nos fitômeros da haste primária no início do desenvolvimento da planta. Para o correto desenvolvimento e acúmulo de massa em uma planta forrageira, é necessário o aumento no número de fitômeros e o desenvolvimento de cada um através da expansão foliar, do alongamento e engrossamento dos nós e entrenós, cujo potencial genético somente será alcançado com o adequado suprimento hídrico (NABINGER, 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo serão expostos os materiais, os métodos e as técnicas utilizadas no decorrer do trabalho, caracterizando também, os dados necessários para o entendimento do mesmo, através de informações a respeito da localização do experimento, caracterização da área experimental, planejamento, implantação e condução do experimento, manejo das irrigações, além disso, os referenciais utilizados para realização das atividades experimentais, coleta, análise e interpretação de dados.

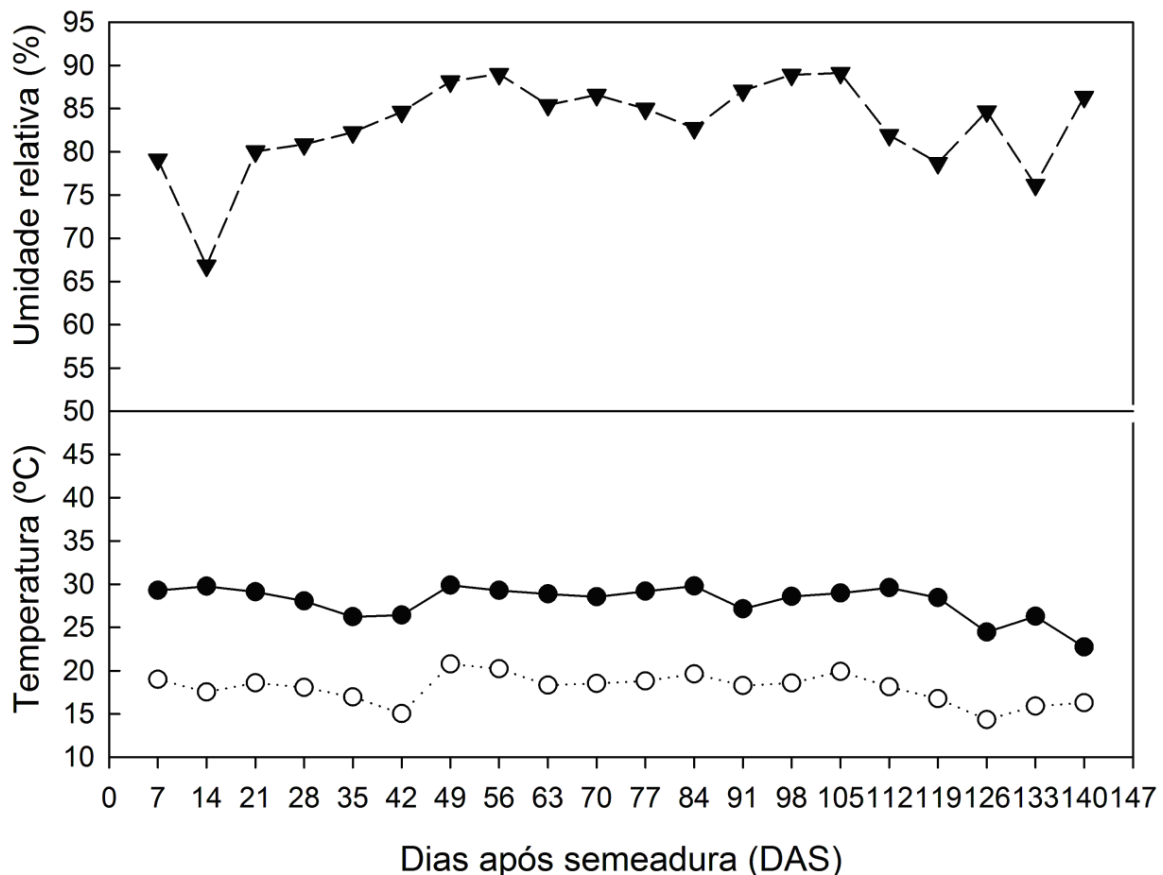
3.1 LOCALIZAÇÃO E DISTINÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2014/2015 na Fazenda Liberdade, de propriedade da Sr^a. Tânia de Bem Madeira, localizada no distrito Tupantuba, município de Santiago, Rio Grande do Sul, Brasil, cujas coordenadas geográficas são, aproximadamente, 29° 09' 50" S, 54° 51' 32" O e altitude de 439 metros.

O clima predominante na região, segundo a escala de Koopen (MORENO, 1961), é caracterizado como subtropical úmido (Cfa) apresenta temperaturas médias de 17,9 °C durante o ano. A média de precipitações ocorridas, durante os anos, é de 1769 mm. Porém, a distribuição das precipitações durante o período de verão normalmente é irregular, causando períodos de estresse hídrico para as culturas, pois a demanda evaporativa da atmosfera é elevada no período, e, as precipitações normalmente não são suficientes para suprir as necessidades das culturas. Além disso, a variabilidade espacial das precipitações durante o período de verão para a região de Santiago é elevada, onde a ocorrência e a intensidade das mesmas são muito variadas de um local para outro (NIED et al., 2005).

No decorrer do experimento, houve grande variação das temperaturas mínimas, máximas e médias diárias. A temperatura média na abrangência dos meses de Novembro a Abril do ano agrícola de 2014/2015 ocorrida foi de 22,6°C, a média das mínimas foi de 22,4°C e das máximas de 22,7°C. A umidade relativa do ar apresentou média geral de 82,3%. As temperaturas máximas e mínimas acumuladas em um intervalo de 7 dias e a umidade relativa do ar durante o mesmo intervalo de dias estão representados na Figura 1.

Figura 1 – Médias semanais da umidade relativa, temperatura máxima e temperatura mínima observadas durante o período do experimento.



O solo utilizado para a realização do experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico. São solos profundos a muito profundos e com presença de um gradiente textural no perfil, com ocorrência de um horizonte B mais argiloso que o horizonte A (STRECK et al., 2008). Este solo possui características apropriadas para o desenvolvimento da agropecuária, pois são solos porosos ou muito porosos, friáveis, bem estruturados e que apresentam condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade. Apresentam limitações de ordem química em profundidade, e, em condições naturais, os teores de fósforo são baixos, e a limitação ao uso desta classe de solo é a susceptibilidade à erosão.

Para a determinação das características físico-hídricas foram coletadas amostras de solo em diferentes profundidades (0 - 20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80, 80 - 100 e 100 - 120 cm em relação ao nível do solo). Para a coleta, foi considerado o ponto médio de cada profundidade como local de representatividade e o número de repetições utilizado foi de 3 por profundidade (Figura 2).

Figura 2 – Coleta de amostras para a caracterização física do solo.



Fonte: arquivo pessoal.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Física dos Solos da Universidade Federal de Santa Maria, onde foram realizadas as seguintes análises: densidade do solo e de partícula, curva característica de água no solo e condutividade hidráulica. A densidade de partícula foi determinada através do método do balão volumétrico proposto por Gubiani et al. (2006), e as demais variáveis foram encontradas através de metodologia proposta por Embrapa (1997).

A caracterização físico-hídrica do solo do local de implantação do experimento está representada nas Tabelas 1 e 2, respectivamente:

Tabela 1 – Características físicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta, valores médios de três repetições.

Prof da amostra	Distribuição granulométrica (%)			Classe textural	Densidade (g.cm ⁻³)	
	Areia	Silte	Argila		Solo	Partícula
0-20	55,27	18,48	26,23	Franco argilo arenoso	1,64	2,6
20-40	48,96	17,08	33,94	Franco argilo arenoso	1,43	2,6
40-60	43,53	15,45	41,00	Argiloso	1,26	2,63
60-80	42,59	15,41	41,98	Argiloso	1,19	2,62
80-100	40,81	15,18	43,99	Argiloso	1,25	2,63
100-120	40,86	15,57	44,56	Argiloso	1,27	2,63
Média	45,34	16,20	38,62		1,34	2,62
DP	5,71	1,31	7,16		0,16	0,01
CV	12,59	8,09	18,54		12,48	0,56

A umidade volumétrica do solo foi determinada em diferentes potenciais, sendo eles 1, 6, 10 e 100 kPa nas profundidades de 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 80, 80 – 100 e 100 – 120, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Valores da umidade volumétrica, nas diferentes camadas do solo no local do experimento, em função do potencial matricial de água no solo. Valores médios para três repetições.

Prof da amostra (cm)	Umidade volumétrica (m ³ .m ⁻³)				
	0 kPa	1 kPa	6 kPa	10 kPa	100 kPa
0-20	0,437	0,367	0,308	0,297	0,255
20-40	0,475	0,386	0,322	0,306	0,237
40-60	0,550	0,434	0,327	0,306	0,236
60-80	0,555	0,458	0,344	0,315	0,238
80-100	0,585	0,471	0,384	0,355	0,269
100-120	0,562	0,448	0,376	0,357	0,296
Média	0,507	0,427	0,344	0,323	0,255
DP	0,057	0,041	0,030	0,026	0,023
CV	10,94	9,76	8,87	8,19	9,35

A porosidade total, a macroporosidade e a microporosidade do solo nas diferentes profundidades analisadas ao longo do perfil estão representadas na Tabela 3:

Tabela 3 – Macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo.

Prof da amostra (cm)	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade total
0-20	12,94	24,98	37,92
20-40	15,33	30,47	45,80
40-60	22,47	29,76	52,22
60-80	21,29	33,45	54,74
80-100	20,22	32,45	52,66
100-120	18,70	33,16	51,86
Média	18,49	30,71	49,20
DP	3,67	3,17	6,28
CV	19,87	10,33	12,77

Para a determinação das características químicas do solo, foi realizada a coleta de amostras de solo de 0 – 10 cm de profundidade, em 12 diferentes pontos do local de implantação do experimento, separando a área em pequenas glebas e coletando amostras simples que, depois de misturadas, comporam a amostra

completa para a realização da análise conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004). As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises Químicas dos Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), para posterior interpretação e recomendação de fertilizantes para adubação em um sistema de semeadura direta já consolidada. As características químicas do solo da área experimental estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Características químicas do solo Latossolo Vermelho distrófico típico, unidade de mapeamento Cruz Alta – Valores médios de três repetições.

Prof. (cm)	PH	M.O.	Teor Trocável g/100 g de Solo							Saturação		Argila	
	H ₂ O (1:1)	%	CTC	K molc. dm ⁻³	Ca cmolc. dm ⁻³	Mg cmolc. dm ⁻³	Al	P mg ₃ dm ⁻³	H ⁺ Al	SMP	Al%	V%	%
0-10	5,2	2,8	7,6	0,6	5,2	1,7	0,1	18,9	3,5	6,2	1,3	68,3	44

3.1.1 Histórico da área experimental

A área experimental localizada na Fazenda Liberdade é disponibilizada anualmente pelo gestor da propriedade, o Sr. Sandro Madeira Cardinal, ao grupo de pesquisa Engenharia de Irrigação da Universidade Federal de Santa Maria com o intuito de desenvolvimento de atividades de pesquisa relacionadas a hidráulica e irrigação em diversas culturas.

Com aproximadamente 1 ha, a área é utilizada pelo grupo para as pesquisas a cerca de 10 anos, sendo que, durante este período, foram realizados diversos experimentos, com culturas de relevância e importância para a agropecuária brasileira como soja, feijão, milho, etc. O sistema de cultivo da área é o sistema de semeadura direta sobre resíduos culturais já consolidado, sendo realizada a rotação de culturas no período inverno/ primavera.

3.2 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos utilizados durante o desenvolvimento do trabalho foram coletados através do uso de uma estação meteorológica automática da Davis

modelo Vantage Pro da Davis Instruments, com sensores automáticos enviando informações em intervalos de 15 minutos para uma central, estando a estação localizada na propriedade, a uma distância de aproximadamente 200 metros do experimento.

As variáveis monitoradas diariamente foram precipitação pluviométrica (mm), temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar (w.m^{-2}), fotoperíodo (horas) e velocidade do vento, informações estas, necessárias para a determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith/FAO (ALLEN, et al., 2006).

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi um monofatorial, constituído de um delineamento em blocos ao acaso, com quatro blocos, sendo utilizadas seis diferentes lâminas de irrigação suplementar já ajustadas pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), sendo elas (0%, 61%, 65%, 77%, 100% e 136% da evapotranspiração de referência), totalizando vinte e quatro tratamentos.

A área experimental demarcada para o experimento continha uma área de 7000 m², medindo 100 x 70 m, dividida em 72 unidades experimentais com dimensões de 12 x 4,50 m, com 12 linhas de semeadura espaçadas de 0,36 m, sendo que para este experimento, foram utilizadas 24 parcelas.

3.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Para o preparo da área experimental foi utilizado o método de controle químico, através da dessecação das plantas existentes no local, que foi realizado 45 dias antes da data prevista para a semeadura do sorgo forrageiro, com o intuito de eliminar na totalidade as plantas de cobertura e invasoras existentes no local. Para isso, foram utilizados dois herbicidas com grupo de atuação distintos, o Glifosato na dosagem comercial de 2,5 l.ha⁻¹ (1200 g.l de ingrediente ativo- i.a.) e 2,4-D na dosagem de 1,5 l.ha⁻¹ (1005 g.l de ingrediente ativo- i.a.). Ambos foram diluídos em água e aplicados com um pulverizador de arraste acoplado ao trator, com capacidade de 2000 litros de calda.

Após a dessecação da área experimental, foi observado e respeitado o período de reentrada de pessoas no local recomendado pelos fabricantes dos herbicidas utilizados, e após, foi realizada a montagem do sistema de irrigação. Posterior a isso, foi realizado o teste de uniformidade de Christiansen (CUC), o qual demonstra a uniformidade e capacidade de aplicação de água do sistema de irrigação utilizado. Através desta atividade, foi estabelecida a diferenciação das lâminas de irrigação pretendidas (Figura 3).

Figura 3 – Determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).



Fonte: arquivo pessoal.

A semeadura do sorgo forrageiro foi realizada no dia 18 de novembro de 2014 com aproximadamente 15 sementes por metro linear, visando uma população final de 330 mil plantas.ha⁻¹ (Figura 4). Foi considerado como data de emergência das plântulas, o momento em que mais de 50% das plântulas haviam rompido a linha de solo, fato este, que ocorreu em 25 de novembro de 2014. Para a realização da semeadura do sorgo forrageiro foi utilizada uma semeadora mecânica, composta por 12 linhas de semeadura, espaçadas em 0,36 m entre linhas. A cultivar de sorgo forrageiro utilizada foi a Nutribem elite, da Atlântica Sementes (Figura 4).

Figura 4 – Semeadura do experimento com a cultura do sorgo forrageiro.



Fonte: arquivo pessoal.

As sementes utilizadas foram previamente tratadas com o inseticida Cropstar (Imidacloprido (150 g.l) de ingrediente ativo) + Tiodicarbe (450 g.l) de ingrediente ativo) na dosagem de 0,5 litros para 50 kg de sementes e com o fungicida Captan (Captana (200 g.l) de ingrediente ativo) na dosagem de 187 ml de produto comercial para 50 kg de sementes, com o intuito de proteção de doenças e controle de pragas na fase inicial do ciclo da cultura.

A adubação de base foi realizada conjuntamente a sementeira da cultura do sorgo forrageiro através de uma sementeira-adubadora, de acordo com a interpretação da análise química do solo, sendo depositada na linha de sementeira, abaixo e ao lado das sementes. Foram aplicados 250 kg.ha^{-1} de adubo com formulação comercial de 5- 20- 20 de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), respectivamente. A fertilização nitrogenada (N) ou adubação de cobertura foi realizada de maneira fracionada, baseada no teor de matéria orgânica do solo, onde foram aplicados 150 kg.ha^{-1} de uréia em cada uma das aplicações. As aplicações foram realizadas no momento de início do perfilhamento da cultura aos 25 dias após a emergência (DAE) e na sequência, em cada um dos cortes realizados, ou seja, aos 50, 80 e 110 DAS.

Após a sementeira e emergência da cultura, aos 15 DAS, foi realizado o raleio das plantas, visando adequar a população de plantas com a recomendação do

fabricante das sementes. Para a realização desta atividade, utilizou-se uma régua graduada colocada ao lado das linhas de cultivo, buscando deixar as plantas o mais equidistantes possível.

Os tratamentos culturais referentes a aplicações de fungicidas, inseticidas e herbicidas foram realizados de maneira homogênea para todos os tratamentos, abrangendo a totalidade da área experimental, de maneira preventiva, ou quando começavam a serem evidenciados danos referentes a aspectos fitopatológicos, insetos-praga ou plantas invasoras, com o objetivo de manter o experimento sem a interferência dos mesmos. Para a realização das aplicações necessárias durante o decorrer do experimento foi utilizado um pulverizador costal manual, com capacidade de 20 litros de calda. Durante a condução do experimento foram necessárias quatro aplicações de inseticida, duas de fungicida e uma de herbicida.

A aplicação de herbicida foi realizada aos 14 DAS para o controle das plantas invasoras que emergiram juntamente com a cultura do sorgo forrageiro. Foi utilizado o herbicida Atrazina (Atrazina) na dosagem de 2 l.ha^{-1} (0,5 kg.l), com volume de calda de aplicação de 200 l.ha^{-1} .

As aplicações de inseticidas foram realizadas para evitar danos de lagartas e demais pragas, em quatro aplicações aos 30, 65, 95 e 120 DAS. Para isso, foi utilizado o inseticida Vexter (Clorpirifós) na dosagem de 0,6 l.ha (480 g.l de ingrediente ativo) e volume de calda de 150 l.ha^{-1} .

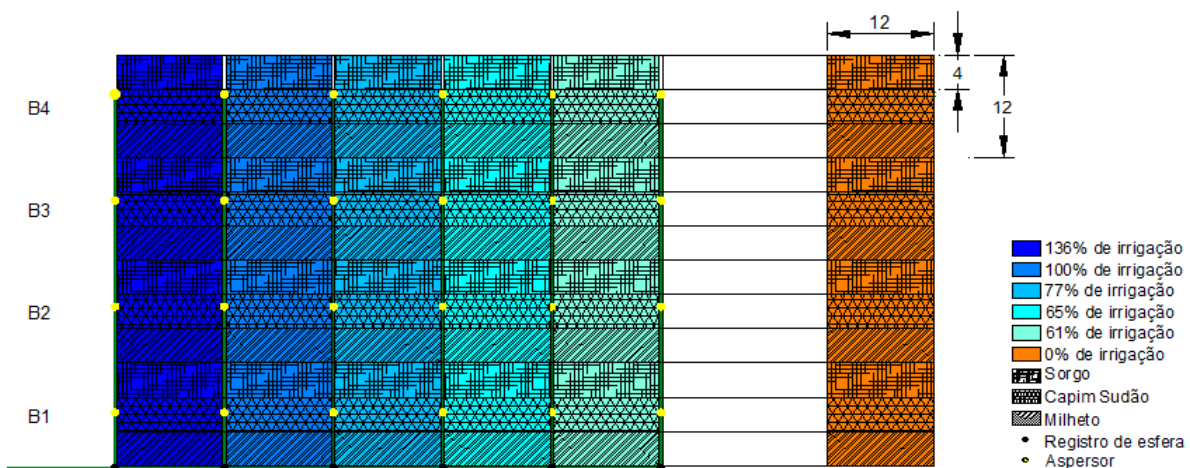
O controle de aspectos fitopatológicos foi realizado através do controle químico aos 30 DAS de maneira preventiva, e, no momento em que foi possível visualizar o início de algum dano. Para isso, foi aplicado o fungicida Constant (Tebuconazol) na dosagem de 1 l.ha^{-1} (200 g.l de i.a) para ambas aplicações.

As avaliações de produtividade foram realizadas através de quatro cortes, conforme a recomendação indicada pela empresa fabricante das sementes utilizadas. O primeiro corte foi realizado em um intervalo maior de dias em relação aos demais, devido à cultura do sorgo forrageiro apresentar toxidez aos animais nos estágios iniciais de desenvolvimento, não sendo recomendado o corte ou pastejo. Assim, os cortes foram realizados 50, 80, 110 e 140 DAS.

3.5 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Foi utilizado um sistema de irrigação do tipo aspersão convencional constituído por uma linha principal medindo 60 metros e seis linhas laterais fixas medindo 48 metros, com todos os canos do sistema de PVC. Os espaçamentos das linhas laterais foram de 12 m, interligadas com engate rápido. Os aspersores foram conectados a essas linhas com espaçamento de 12 m e elevação de 1,5 m em relação ao solo. Os aspersores utilizados foram da marca NAANDAINJAIN, modelo 427 ½”, giro completo, e possuem diferentes bocais para cada linha lateral sendo eles: 4,0 mm x 3,5 mm; 3,2 mm x 3,0 mm e 2,8 mm com o objetivo de formar seis diferentes lâminas de irrigação conforme Figura 5.

Figura 5 – Croqui da distribuição das parcelas e do sistema de irrigação na área experimental.



Variando os diâmetros dos bocais dos aspersores que constituem o sistema de irrigação, foram obtidas 6 diferentes lâminas de aplicação. Adotou-se a lâmina intermediária como 100% da ETo, obtendo-se após o teste de uniformidade de Christiansen (CUC) lâminas ajustadas e calibradas de 0 (tratamento testemunha), 61, 65, 77, 100 e 136 % da evapotranspiração de referência (ETo).

Para monitorar a umidade do solo foram utilizados sensores de TDR. As medidas foram feitas no início da irrigação e ao término da mesma. A calibração foi feita no local, a fim de obter maior confiabilidade dos valores de umidade do solo.

O manejo da irrigação foi realizado com base na evapotranspiração de referência, com turno de rega fixo de sete dias, quando a precipitação pluviométrica não supriu a demanda evapotranspirativa da cultura.

Para a determinação da Evapotranspiração de referencia (ET_o), foi utilizada a equação de Penman-Monteith/FAO (ALLEN, et al., 2006).

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \cdot u_2)} \quad (1)$$

Onde:

ET_o = evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹);

R_n = radiação líquida na superfície da planta (MJ.m⁻².dia⁻¹);

G = densidade de fluxo de calor no solo (MJ.m⁻².dia⁻¹);

T = temperatura média do ar a 2,0 m de altura (°C);

u₂ = velocidade do vento a 2,0 m de altura (m.s⁻¹);

e_s = pressão de saturação do vapor (kPa);

e_a = pressão atual de vapor (kPa);

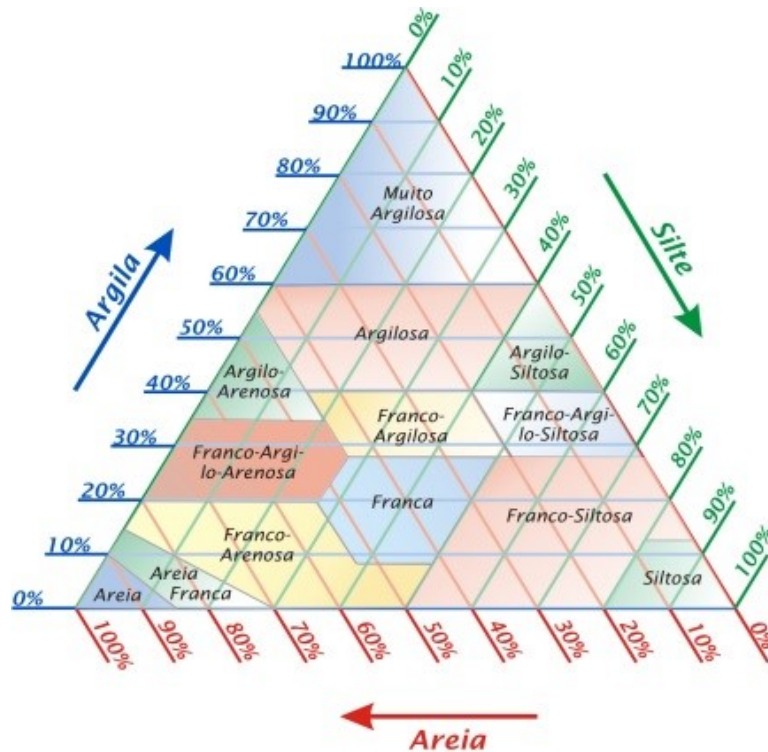
Δ = declividade da curva de pressão de saturação de vapor (kPa.°C⁻¹);

γ = constante psicrométrica (kPa.°C⁻¹);

0.408 = fator de conversão para o termo (R_n-G), de MJ.m⁻².dia⁻¹ para mm.dia⁻¹.

A determinação da precipitação efetiva foi calculada através do coeficiente de escoamento superficial “C”, metodologia proposta por Millar (1978), que utiliza como parâmetros necessários para o cálculo as seguintes variáveis: classe textural do solo, declividade da área (%) e a cobertura vegetal. Para a determinação da classe textural foi utilizada a metodologia do triângulo textural (Figura 6).

Figura 6 – Diagrama triangular utilizado para a classificação textural do solo.



Fonte: FALKER- <http://www.falker.com>.

Os valores para entrada no triângulo são obtidos através da determinação da estimativa dos percentuais das frações de areia, silte e argila presentes no solo (RAIJ, 1991).

A precipitação efetiva foi calculada com a soma dos valores de precipitação efetiva referentes a cada sete dias, sendo utilizados todos os dados do período de desenvolvimento da cultura.

3.6 VARIÁVEIS ANALISADAS

Durante o ciclo de desenvolvimento do sorgo forrageiro foram realizadas as seguintes avaliações:

3.6.1 Produção de massa seca

Foram realizadas quatro avaliações de produtividade de massa seca (MS) através de cortes realizados aos 50, 80, 110 e 140 dias após a semeadura (DAS), respectivamente. Foram coletadas três amostras de 0,5 metro linear por parcela,

totalizando 72 amostras por corte. O corte foi realizado 15 cm de altura em relação ao solo, com auxílio de foice conforme Figura 7.

Figura 7 – Coleta de matéria seca (MS) na cultura do sorgo forrageiro.



Fonte: arquivo pessoal.

As amostras foram levadas ao laboratório, onde foram separadas manualmente, e avaliadas individualmente em três frações da amostra: folha (lâmina foliar), colmo (bainha da folha + colmo) e material morto. Todas as amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas e verificadas sua massa em balança de precisão. A partir disto, foi calculada a participação percentual e a massa de cada componente, em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS.

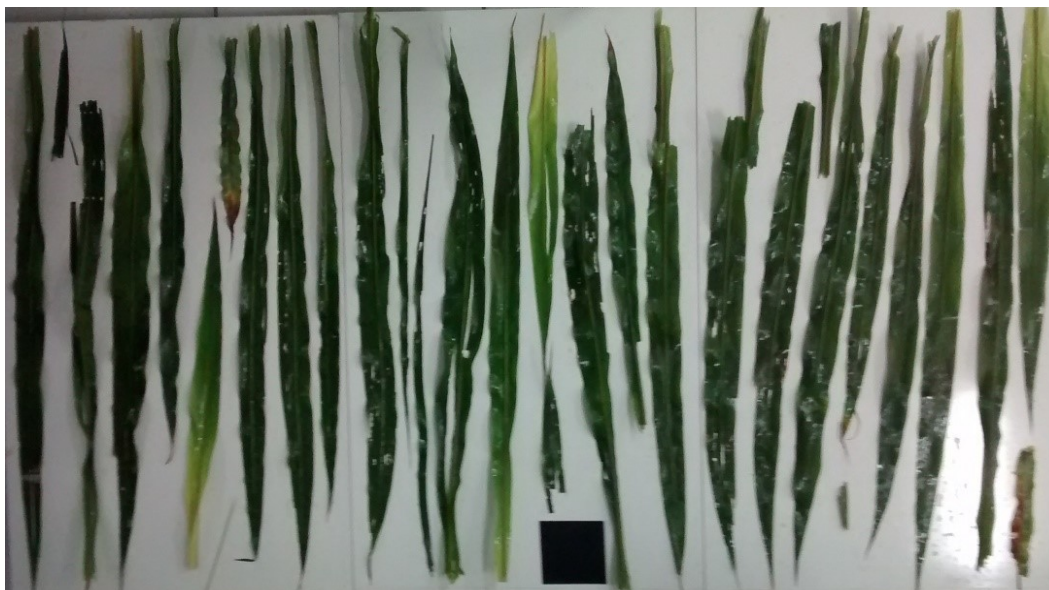
3.6.2 Índice de área foliar

Foram coletadas amostras semanais de 0,5 metro linear por parcela, onde a coleta foi realizada rente ao solo, tendo início a partir dos 50 DAS (primeiro corte), totalizando 24 amostras por coleta semanal.

A análise foi realizada através do programa computacional Jimagem, onde o mesmo analisa fotografias das folhas existentes na amostra, sendo que para a realização das fotografias, as folhas eram estendidas sobre um fundo de coloração

branca, onde era colocado um objeto quadrado de área conhecida e realizada as fotografias. O programa computacional Jimage através do contraste existe entre as folhas e o fundo branco e o conhecimento da proporção de área do objeto conhecido, determinava a área foliar da amostra (Figura 8).

Figura 8 – Determinação da área foliar através de fotografia para análise no programa computacional Jimage.



Fonte: arquivo pessoal.

Como o espaçamento entre linhas foi de 0,36 metros lineares e as coletas foram realizadas em 0,5 metros lineares, a amostra representa $0,18 \text{ m}^2$, sendo possível a obtenção do Índice de Área Foliar (IAF) existente em um metro quadrado.

3.6.3 Diâmetro e altura de colmos

A avaliação do diâmetro de colmos foi realizada conjuntamente às avaliações de área foliar, sendo realizada em intervalos semanais, tendo início a partir de 30 DAS. Para isso, foi utilizado um paquímetro, onde foram medidos os diâmetros de colmo de três plantas aleatórias da amostra, composta de 0,5 metro linear. As medidas foram realizadas nos dois sentidos do colmo das plantas, devido ao formato oval, onde o ponto de medida levado em consideração no momento da análise foi na altura de inserção da primeira folha (Figura 9).

Figura 9 – Determinação do diâmetro de colmos com a utilização de paquímetro digital.



Fonte: arquivo pessoal.

A altura de colmo foi realizada conjuntamente a avaliação de área foliar, sendo realizada em intervalos semanais, tendo início a partir dos 30 DAS. Para a sua determinação, foi utilizada uma trena métrica graduada em metro, centímetro e milímetro, onde foi obtida a distância vertical entre a superfície do solo e o ponto de inserção da lígula da última folha conforme (Figura 10).

Figura 10 – Determinação da altura de colmo através da utilização de régua graduada.



Fonte: arquivo pessoal.

Para a determinação da altura de colmos foram realizadas avaliações em três plantas aleatórias da amostra composta de 0,5 metro linear para cada uma das

datas de avaliações, ou seja, cada um dos dias após a semeadura (DAS) onde houveram coletas.

3.6.4 Altura de plantas

A altura de plantas foi realizada conjuntamente a avaliação de área foliar, realizada em intervalos semanais, tendo início a partir dos 30 DAS. Para a sua determinação foi utilizada uma trena métrica graduada em metro, centímetro e milímetro, onde foi obtida a distância vertical entre a superfície do solo e o final da última folha visível (Figura 11).

Figura 11 – Determinação da altura de plantas com a utilização de régua graduada.



Fonte: arquivo pessoal.

Para a determinação da altura de plantas foram realizadas avaliações em três plantas aleatórias da amostra composta de 0,5 metro linear para cada uma das datas de avaliações, ou seja, cada um dos dias após a semeadura (DAS) onde houveram coletas.

3.6.5 Relação folha/colmo

A relação existente entre folhas e colmos foi realizada conjuntamente a avaliação de área foliar, também determinada em intervalos semanais, tendo início a partir dos 30 DAS (Figura 12).

Figura 12 – Separação e determinação das frações de folhas e de colmos e sua relação.



Fonte: arquivo pessoal.

Para a sua determinação, foi realizada a relação existente entre a massa seca de folhas e a de colmos para cada uma das avaliações de área foliar realizadas.

3.6.6 Número de colmos por metro quadrado

O número de colmos por metro quadrado foi realizado semanalmente através da contagem do número de colmos existentes em uma amostra de 0,5 metro linear, conforme (Figura 13).

Figura 13 – Contagem do número de colmos existentes por metro quadrado.



Fonte: arquivo pessoal.

Logo após, o resultado obtido foi extrapolado para metro quadrado a cada semana para cada um dos DAS avaliados.

3.6.7 Eficiência do uso da água

Foi realizada através da estimativa da quantidade de água aplicada em cada uma das seis lâminas de irrigação utilizadas e sua relação com a massa seca produzida, determinando assim, qual a lâmina que proporcionou o uso mais eficiente da água em função da produção de massa seca de forragem ao longo dos quatro cortes de uniformização realizados.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos referentes à altura de planta, altura de colmo, diâmetro de colmo, número de colmos por metro quadrado, índice de área foliar, e relação folha/colmo foram avaliados estatisticamente por meio da análise da variância – ANOVA e, posteriormente, os efeitos individuais dos tratamentos foram avaliados através da estimativa da diferença mínima significativa (DMS), realizada pelo teste de Tukey a 5% de significância e que é calculada através da seguinte expressão:

(2)

$$\Delta = q \frac{\sqrt{Q.M.Res.}}{\sqrt{J}}$$

Onde:

q: é a amplitude total studentizada (Tabela de Student).

QMRes: é o quadrado médio do erro.

r: é o número de repetições.

Obs: O valor de q depende do número de tratamentos e do número de graus de liberdade do resíduo. Também, em um teste de comparação de médias, é necessária a determinação de um nível de significância α para o teste. Para as análises deste trabalho, foi utilizado o nível de 5% de significância.

Os dados obtidos referentes à produção de massa seca ao longo dos dias após a semeadura (DAS) foram avaliados estatisticamente através da análise de variância-ANOVA e, posteriormente, os efeitos individuais dos tratamentos foram avaliados através da análise de regressão, considerando os testes estatísticos ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Para a análise estatística utilizou-se o software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 1998) e para a elaboração das imagens gráficas foi utilizado o software SIGMAPLOT 11.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo será realizada a abordagem descritiva e ilustrativa dos resultados encontrados durante o desenvolvimento da pesquisa, e, concomitantemente, serão apresentados e discutidos aspectos relevantes aos temas estudados, através de análise de trabalhos já realizados na área. Inicialmente, será realizada a demonstração dos dados referentes à precipitação total, precipitação efetiva e irrigação, ocorridas e aplicadas durante o período de estudo. Logo após, serão demonstrados os resultados referentes à influência das diferentes lâminas de irrigação sobre a produção de massa seca, parâmetros relacionados ao crescimento e desenvolvimento e a eficiência do uso da água na cultura do sorgo forrageiro. Os quadros da análise de variância dos parâmetros estudados e as respectivas análises complementares serão apresentadas nos apêndices.

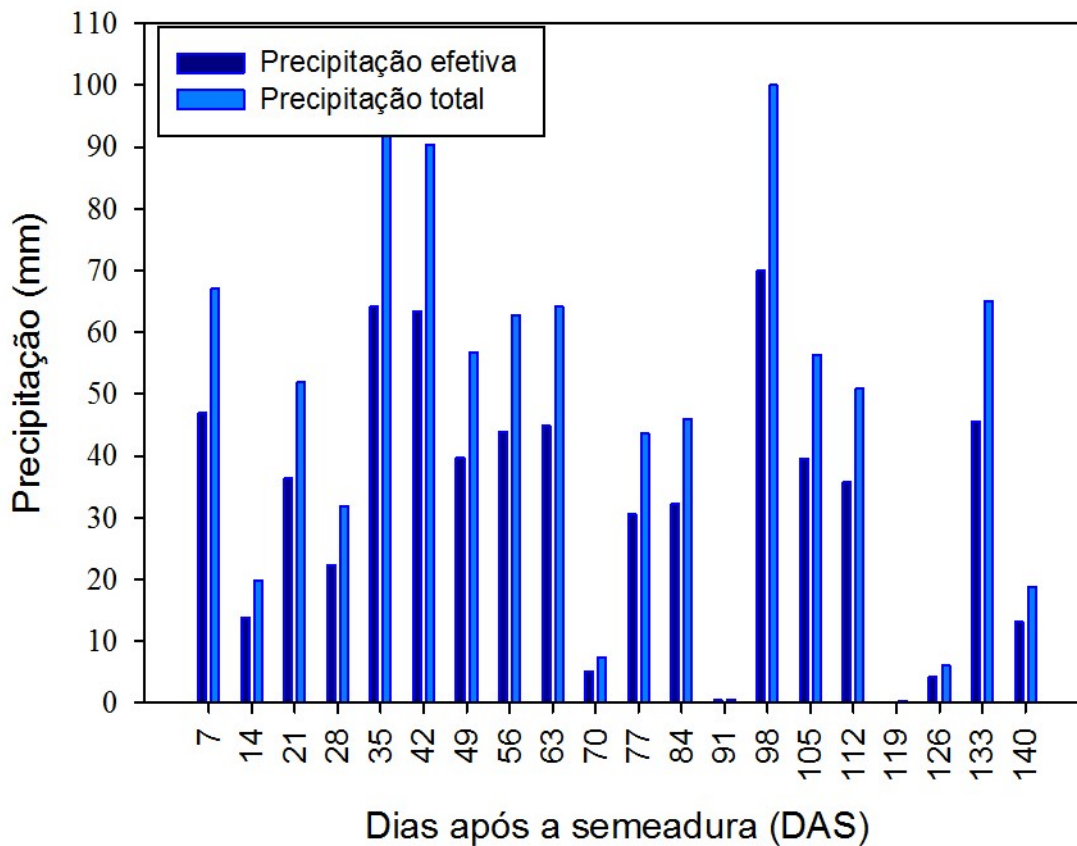
4.1 PRECIPITAÇÃO E IRRIGAÇÃO

Durante os 140 dias de condução do experimento, o somatório da precipitação total ocorrida coletada na estação meteorológica localizada na Fazenda Liberdade foi de 931 mm. Porém, de acordo com Millar (1978) parte da precipitação total ocorrida é perdida, por não infiltrar no solo, e, conseqüentemente, não ficar disponível para as plantas, denominando-se de precipitação perdida por escoamento superficial. Ainda segundo o referido autor, a fração da precipitação perdida pode ser estimada de acordo com o tipo de solo, declividade do terreno e a condição de cultivo. Para o local de realização do estudo, a fração da precipitação perdida por escoamento superficial utilizada é 30 % do total precipitado. Desta maneira, a fração da precipitação infiltrada no solo, e que é disponível às plantas para o seu desenvolvimento, é denominada de precipitação efetiva, e durante a condução do estudo esta foi de 652 mm. Na Figura 14 estão representadas a precipitação total e a precipitação efetiva em intervalos semanais.

De acordo com Von Pinho et al., (2007) a demanda hídrica necessária para a obtenção de boas produtividades na cultura do sorgo é de 380 a 600 mm, variando de acordo com as condições climáticas locais. Portanto, a precipitação efetiva de 652 mm ocorrida seria suficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura. Porém, Aguiar et al., (2007) ressaltam que para produtividades elevadas da cultura

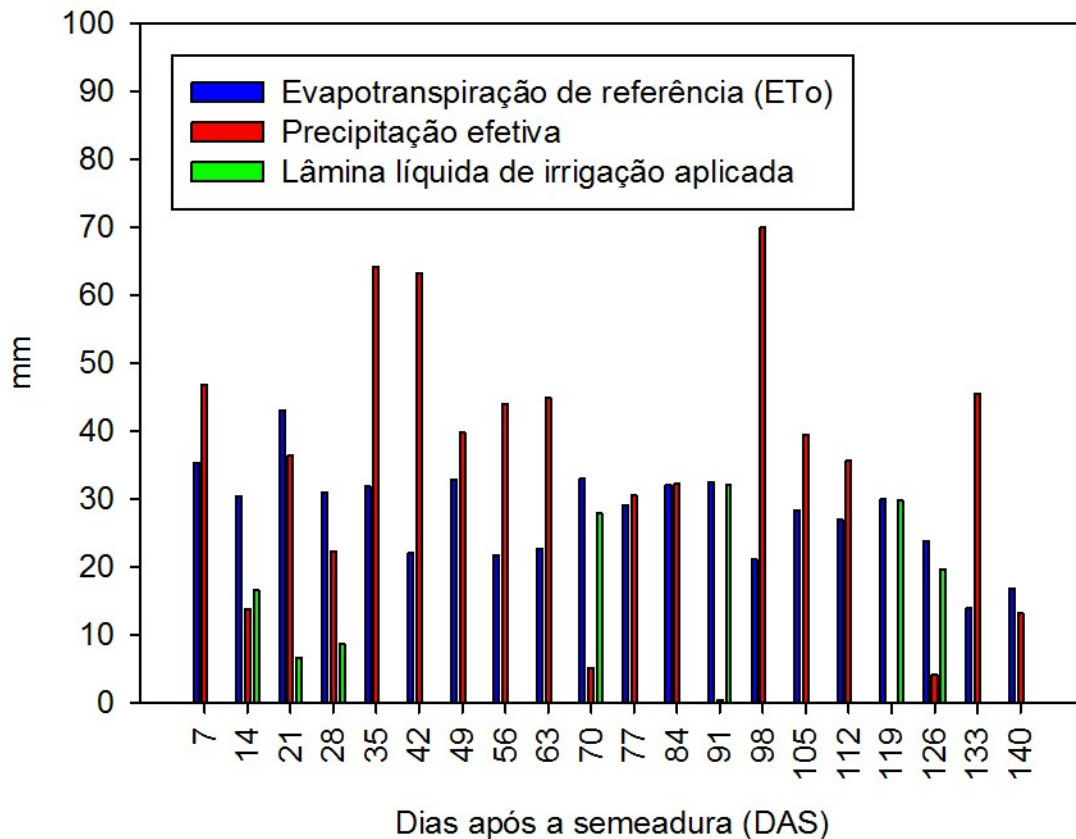
do sorgo, é necessário precipitações acima de 900 mm. Assim, a precipitação efetiva não alcançou os 900 mm indicados como essenciais pelos autores, e, devido ao fato das precipitações ocorridas serem muito variáveis, com períodos de elevada precipitação em curto espaço de tempo, e outros momentos, sem a ocorrência de precipitações, houveram períodos de déficit hídrico.

Figura 14 – Precipitação total e efetiva acumuladas a cada sete dias, observadas durante o período de cultivo do sorgo forrageiro.



Taiz e Zeiger (2006) salientam que entre os diversos fatores atenuantes para o adequado crescimento e desenvolvimento das plantas, um dos principais é a ocorrência de déficit hídrico. Desta maneira, para suprir os períodos onde a precipitação efetiva ocorrida não foi suficiente para suprir a evapotranspiração, tornou-se necessária à complementação hídrica para a cultura, que foi realizada na forma de irrigação suplementar, através da irrigação por aspersão convencional. Na Figura 15 estão representados a evapotranspiração de referência, a precipitação efetiva e as lâminas líquidas de irrigação aplicadas em intervalos semanais.

Figura 15 – Evapotranspiração de referência, precipitação efetiva e lâmina líquida de irrigação aplicada em intervalos semanais.

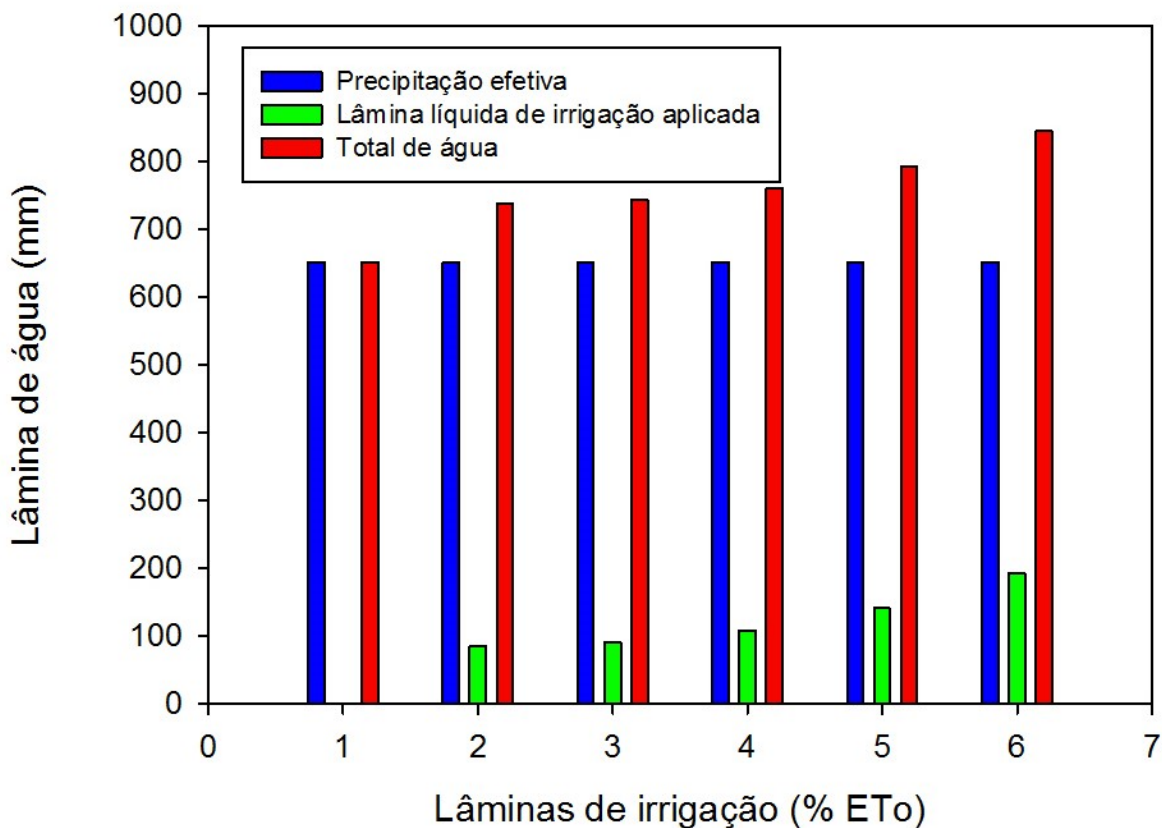


Na Figura 16, estão representadas a precipitação efetiva, a lâmina líquida de irrigação e o total de água aplicada em cada uma das lâminas de irrigação utilizadas. As lâminas de irrigação estão representadas no eixo X através de números de 1 a 6, onde cada número representa uma lâmina de irrigação utilizada sendo elas na ordem crescente 0, 61, 65, 77, 100 e 136 %, da ETo, onde o número 1 representa a lâmina não irrigada e os demais números representam as demais lâminas em ordem crescente.

Foram necessárias sete irrigações suplementares, três em semanas consecutivas no intervalo compreendido entre a semeadura e o primeiro corte, uma entre o primeiro e o segundo corte, uma entre o segundo e o terceiro corte e duas em semanas consecutivas entre o terceiro e o quarto corte. Apesar de o estudo ter sido realizado em um ano com precipitações acima da média para o período, e de algumas irrigações terem sido realizadas de maneira intercalada com as precipitações, houve influência da irrigação sobre a maioria dos parâmetros

avaliados na cultura do sorgo forrageiro, e os resultados encontrados serão apresentados e discutidos a seguir, nos próximos itens.

Figura 16 – Precipitação efetiva, lâmina líquida de irrigação e total de água aplicado.



4.2 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

Neste item será realizada a descrição das variáveis de crescimento e desenvolvimento avaliadas durante o decorrer do experimento, tais como, altura de plantas, altura de colmos, diâmetro de colmo, índice de área foliar, número de colmos, relação folha/colmo e produtividade de massa seca, apresentando os resultados encontrados para cada uma das variáveis ao longo dos dias após a semeadura avaliados. As avaliações foram realizadas a partir da data do primeiro corte da cultura, ou seja, aos 50 DAS, e após, em intervalos semanais aos 65, 72, 80, 94, 102, 110, 124, 132 e 140 DAS. Cabe salientar que na primeira semana após cada corte, ou seja, aos 57, 87 e 117 DAS, as plantas estavam começando a sua rebrota devido aos cortes de uniformização, e não foram realizadas avaliações.

4.2.1 Altura de plantas

A variação da altura de plantas com a lâmina de irrigação aplicada nas datas de avaliação está representada na Tabela 5, através das médias encontradas nos diferentes tratamentos ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Tabela 5 – Altura média de plantas (cm) de sorgo forrageiro ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

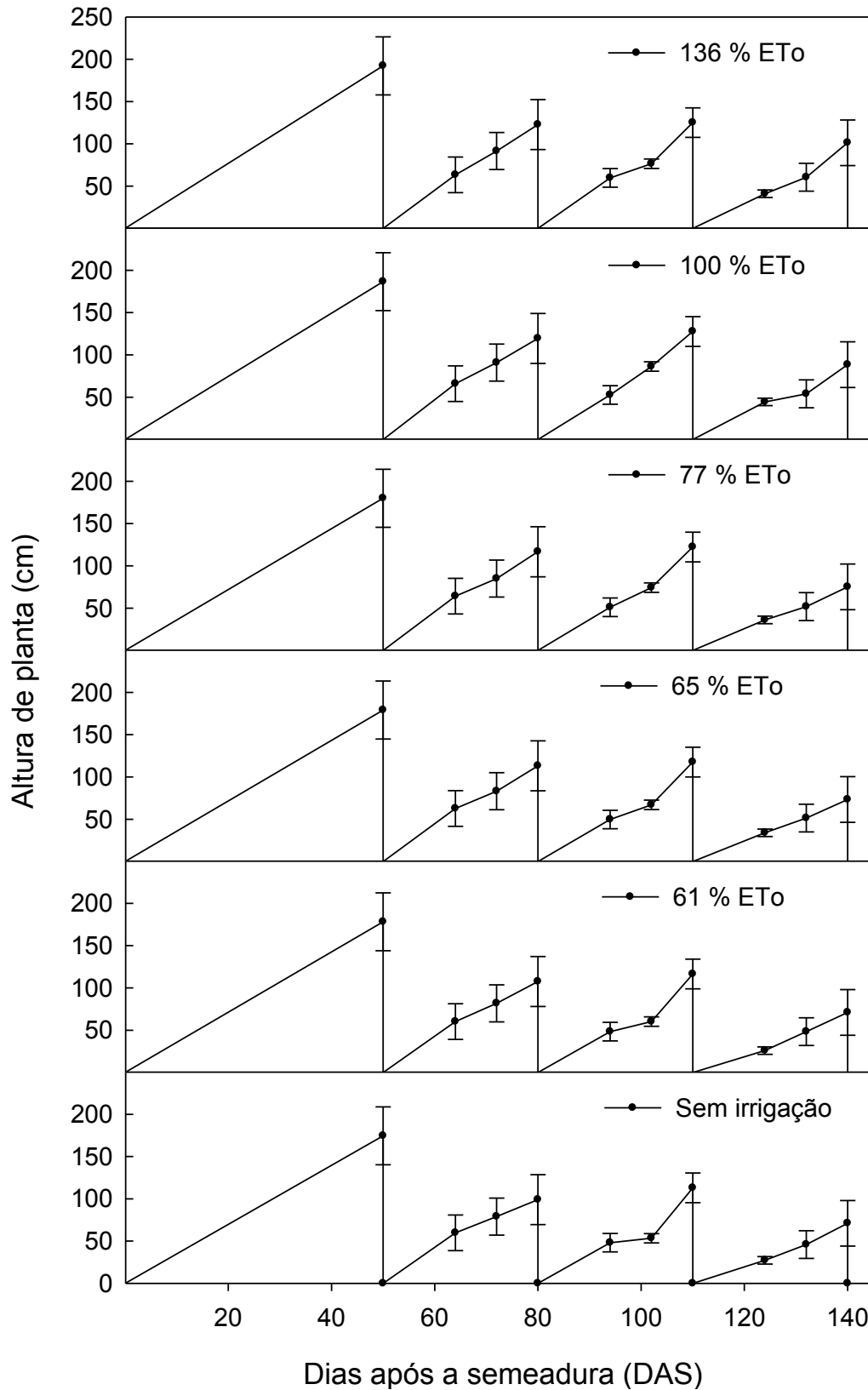
Lâminas de irrigação (%Eto)	Dias após semeadura (DAS)									
	50	65	72	80	94*	102*	110	124*	132	140*
136	192,2	63,3	91,4	122,8	59,7	76,5	125,0	40,9	60,4	101,2
100	186,7	65,0	90,9	119,5	52,7	86,3	127,7	44,4	53,9	88,5
77	179,9	64,1	84,9	116,7	51,0	74,2	122,4	36,0	51,8	75,1
65	179,2	62,7	83,1	113,2	49,6	67,1	117,6	33,0	51,4	73,3
61	178,2	60,2	81,7	107,6	48,3	60,3	116,4	25,9	48,3	71,0
0	174,6	59,7	78,0	98,0	48,1	53,4	112,9	27,3	45,8	71,0
Média	181,8	62,5	85,0	112,9	51,5	69,3	120,3	34,5	51,9	80,02
DP	6,44	2,13	5,28	9,01	4,34	11,8	5,63	7,34	5,03	12,27
CV	3,54	3,40	6,20	7,97	8,42	17,0	4,67	21,2	9,69	15,33
DMS	34,2	21,0	21,8	29,5	10,9	5,57	17,55	4,45	16,4	27,00

* Houve Diferença mínima significativa (DMS).

A altura de plantas apresentou efeito estatístico significativo para as lâminas de irrigação analisadas para algumas das datas de avaliação. De uma maneira geral, comparando-se os valores de altura de plantas para os diferentes tratamentos, observa-se aumento na altura em função do aumento da lâmina de irrigação. A ANOVA e o DMS para altura de plantas estão apresentados nos Apêndice A, B, C, D, E, F, G, H, I e J.

A Figura 17 mostra a exposição gráfica dos intervalos de significância ao longo dos DAS avaliados. A expressão da significância estatística está representada na forma de diferença mínima significativa (DMS), para cada data de avaliação. Pode-se ressaltar que houve DMS significativo para alguns dos DAS analisados.

Figura 17 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para a altura média de plantas nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.



Foram observados efeitos estatísticos significativos através da extrapolação das médias dos tratamentos em relação à diferença mínima significativa (DMS) para a altura de plantas de sorgo forrageiro em função de diferentes lâminas de irrigação. Os resultados foram significativos para algumas das datas de avaliação realizadas, sendo elas aos 94, 102, 124 e 140 DAS. Salienta-se que os cortes de uniformização da cultura foram realizados aos 50, 80, 110 e 140 DAS, ocorrendo decréscimo da altura de plantas após cada um dos cortes.

Aos 94 DAS à DMS encontrada foi de 10,98 cm e a amplitude de variação de médias foi de 11,6 cm. O comportamento encontrado foi de aumento de altura de planta conforme o aumento da lâmina de irrigação. A maior média foi encontrada na lâmina de 136 % da ETo com 59,71 cm e a menor média na lâmina não irrigada, com altura média de 48,11 cm. Aos 102 DAS à DMS encontrada foi de 5,57 cm, sendo a amplitude de variação das médias dos tratamentos maior que a DMS. A maior média de altura de plantas foi encontrada na lâmina de 100 % da ETo com 86,26 cm, e, a menor média, na lâmina não irrigada com altura média de 53,36 cm.

Para a avaliação realizada aos 124 DAS, a DMS encontrada foi de 4,45 cm. A maior amplitude de variação de médias foi de 18,53 cm, sendo obtida através da diferença entre a maior média de altura encontrada que foi na lâmina de 100 % da ETo com 44,42 cm e a menor, obtida na lâmina de 61 % da ETo com 25,89 cm. Na sequência das avaliações, também foi observado efeito significativo para os 140 DAS, onde a DMS encontrada foi de 27,0 cm. O maior valor médio de altura de plantas foi encontrado na lâmina de 136 % da ETo, com altura média de 101,20 cm e o menor na lâmina não irrigada com 71,0 cm, caracterizando uma amplitude de variação de 30,2 cm.

Para as demais avaliações, aos 50, 65, 72, 80, 110 e 132 DAS, não foram observados efeitos estatísticos significativos, ou seja, as diferenças mínimas significativas (DMS) encontradas para cada um dos DAS, não foram extrapoladas pela variação de médias dos tratamentos. Porém, apesar de não ocorrer significância estatística, salienta-se que o comportamento das médias dos tratamentos foi o mesmo dos DAS que apresentaram significância estatística, onde conforme o aumento da lâmina de irrigação aplicada, ocorreu uma proporcional tendência linear de aumento na altura de plantas.

Amaral et al., (2003), em trabalho realizado sobre o comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condição controlada,

concluíram que os efeitos ocasionados pelo déficit hídrico indicam a perda da turgescência celular. Assim, o déficit hídrico acarreta em transformações no mecanismo de funcionamento das plantas, tais como fechamento dos estômatos, redução da assimilação de CO₂ e inibição do processo de fotossíntese, tanto em relação ao transporte de elétrons, como nos eventos de atividade enzimática da planta (LARCHER, 1986; TAIZ & ZEIGER, 1998).

Em trabalho realizado em quatro municípios do Rio Grande do Norte, Santos et al., (2007), constataram uma altura média de plantas de 220 cm para o sorgo forrageiro BRS Ponta Negra, cultivado em condições de sequeiro, sem a realização de cortes de uniformização. Assim, os valores encontrados pelos autores, vão ao encontro dos obtidos no presente trabalho aos 50 DAS, ou seja, momento do primeiro corte da cultura, com resultados um pouco inferiores em relação aos de Santos et al. (2007) onde a altura de plantas obtida variou de 174 cm na lâmina não irrigada a 192 cm na lâmina de 136 % da ETo. Isso demonstra que, com o adequado fornecimento hídrico, os valores de altura de plantas podem alcançar mais de 180 cm em um curto intervalo de dias após a semeadura, pois os autores citados encontraram 220 cm ao final do ciclo da cultura. Já Vale & Azevedo (2013), em trabalho realizado com irrigação de sorgo forrageiro, obtiveram altura de planta média aos 45 dias após a emergência (DAE) de 172 cm, aos 60 DAE de 198,1 cm, e aos 75 DAE de 220,8 cm.

Corroboram também para os resultados obtidos no trabalho realizado por Guedes et al. (2007), que em avaliação de linhagens de sorgo granífero quanto a tolerância a seca em pós florescimento obteve média de altura de plantas de 138,14 cm no não irrigado e de 142,26 cm no irrigado, sendo os resultados obtidos inferiores aos encontrados no presente trabalho, em que aos 50 dias após a semeadura, ou seja, estágio vegetativo da cultura, foram encontradas alturas médias de 186,6 cm na lâmina de 100 % da ETo e de 174,5 cm na lâmina não irrigada.

Por outro lado, Tanaka (2010) em trabalho sobre o desenvolvimento de plantas de sorgo de dupla aptidão submetidas a diferentes níveis de lençol freático, não encontrou diferença estatística significativa para a variável altura de plantas em diferentes níveis de lençol freático, onde, as maiores alturas de plantas, foram obtidas na altura de lençol de 59 cm com média de 133,8 cm de altura de plantas, seguida pela de 45 cm de lençol freático com média de 130,55 cm, sendo a avaliação realizada aos 90 dias após a semeadura. Porém, o autor mencionado

obteve um comportamento de aumento de altura de plantas conforme o aumento do lençol freático até determinado ponto, onde o excesso de água foi prejudicial, fato este, que também ocorreu no presente trabalho para algumas das datas de avaliação estudadas. Aos 80 DAS, mesmo após ter sido realizado um corte aos 50 DAS, a altura de plantas variou de 122,7 cm na lâmina de 136 % da ETo a 98,98 cm na lâmina não irrigada, estando os valores, próximos aos obtidos por Tanaka (2010).

4.2.2 Altura de colmos

Quanto à altura de colmo, os resultados encontrados para a influência de diferentes lâminas de irrigação na cultura do sorgo forrageiro para os DAS avaliados, obtiveram significância estatística para algumas das datas de avaliação. A ANOVA e o DMS para altura de plantas estão apresentados nos Apêndice K, L, M, N, O, P, Q, R, S e T.

A variação da altura de colmo conforme a lâmina de irrigação aplicada durante as datas de avaliação realizadas está representada na Tabela 6, através da exposição das médias encontradas nos diferentes tratamentos ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Tabela 6 – Altura média de colmos de plantas de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Lâminas de irrigação (%Eto)	Dias após semeadura (DAS)									
	50	65	72	80	94	102*	110*	124*	132*	140
136	99,4	27,9	34,3	36,0	17,3	20,0	55,5	20,1	23,6	42,3
100	88,3	30,2	30,9	40,6	16,3	19,9	60,6	20,7	22,0	43,7
77	83,0	18,6	28,8	35,6	15,7	19,0	49,9	16,0	19,4	39,9
65	82,3	22,6	26,7	35,6	14,5	16,0	45,3	13,1	16,1	37,3
61	82,0	20,5	25,4	32,5	13,8	15,5	44,1	11,4	13,8	35,0
0	81,4	19,9	24,6	31,1	13,8	13,2	43,8	9,2	11,2	30,7
Média	86,07	23,2	28,4	35,2	15,2	17,2	49,8	15,0	17,6	48,1
DP	7,00	4,71	3,68	3,29	1,43	2,78	6,90	4,68	4,82	4,84
CV	8,12	20,2	12,9	9,34	9,40	16,1	13,8	31,0	27,2	12,6
DMS	19,13	10,9	11,0	10,4	7,45	4,71	8,66	1,42	3,97	17,7

* Houve Diferença mínima significativa (DMS).

De uma maneira geral, comparando-se os valores de altura de colmos para os diferentes tratamentos, observa-se aumento na altura em função do aumento da lâmina de irrigação.

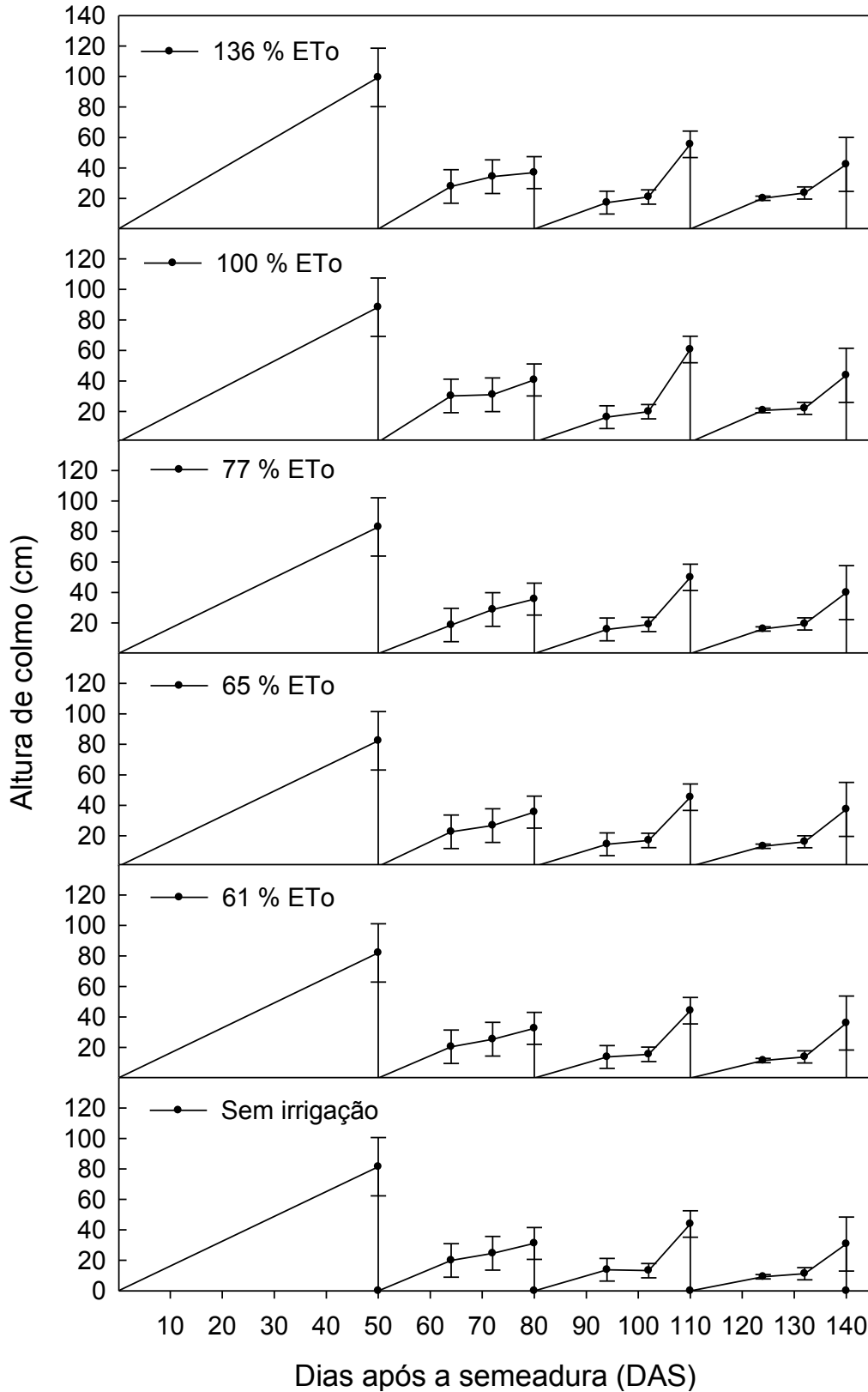
Na Figura 18, está representada a exposição gráfica dos intervalos de significância ao longo dos DAS avaliados. A expressão da significância estatística está representada na forma de diferença mínima significativa (DMS), para cada uma das datas de avaliações realizadas. Ressalta-se que houve DMS significativo para alguns dos DAS analisados.

Foram observados efeitos estatísticos significativos através da extrapolação das médias dos tratamentos em relação à diferença mínima significativa (DMS) para a altura de colmos de sorgo forrageiro em função de diferentes lâminas de irrigação. Os resultados foram significativos para algumas das datas de avaliação realizadas, sendo elas aos 102, 110, 124 e 132 dias após a semeadura.

Aos 102 DAS, a amplitude de variação entre as médias dos tratamentos das diferentes lâminas de irrigação aplicadas extrapolou a DMS para a data de avaliação. A maior média de altura de colmo foi encontrada na lâmina de 136 % da ETo com 20,98 cm e menor média na lâmina não irrigada com 13,24 cm. A DMS encontrada para a avaliação foi de 4,71 cm, caracterizando assim, diferença estatística entre os tratamentos. Na próxima data de avaliação, aos 110 DAS, os resultados foram semelhantes aos anteriores. Houve diferença estatística significativa, com DMS de 8,66 cm e amplitude de variação de médias de 16,78 cm. Porém, a maior média de colmo foi encontrada na lâmina de 100 % da ETo, com média de 60,61 cm, na sequência vindo a lâmina de 136 % na sequência com média de 55,53 cm e, a menor média na lâmina não irrigada com 43,83 cm.

Na sequência das avaliações, os resultados também apresentaram efeito significativo para a variável analisada aos 124 DAS. A maior média de altura de colmo foi obtida na lâmina 100 % da ETo, com média de 20,66 cm, sendo que após a lâmina de 136 % apresentou média de 20,14 cm, e a menor, na lâmina não irrigada com 9,20 cm. A significância ficou caracterizada devido à amplitude de variação das médias ser maior que a DMS encontrada que foi de 8,66 cm. A última data de avaliação que apresentou resultados estatísticos significativos foi aos 132 DAS com DMS de 3,97 cm, e amplitude de variação de médias de 12,42 cm. A maior foi obtida na lâmina de 136 % da ETo com 23,62 cm, seguida pela lâmina 100 % com 22,01 cm e a menor média, foi obtida na lâmina não irrigada com 11,21 cm.

Figura 18 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para a altura média de colmos nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.



Para as demais avaliações, aos 50, 65, 72, 80, 94 e 140 DAS, não foram observados efeitos estatísticos significativos, ou seja, as diferenças mínimas significativas (DMS) encontradas para cada um dos DAS, não foram extrapoladas pela variação de médias dos tratamentos. Porém, apesar de não ocorrer significância estatística, salienta-se que o comportamento das médias dos tratamentos foi o mesmo dos DAS que apresentaram significância estatística, onde conforme o aumento da lâmina de irrigação aplicada ocorreu uma proporcional tendência linear de aumento na altura de plantas.

Desta maneira, os resultados encontrados para a variação da altura de colmo das plantas de sorgo forrageiro sob diferentes lâminas de irrigação seguiram a mesma tendência nos DAS avaliados, em que o incremento da irrigação resultou em alturas de colmo maiores para quase todos os DAS avaliados, pois em algumas das avaliações, a lâmina de 136 % da ETo ocasionou menor altura em relação a lâmina de 100%, caracterizando que, em alguns momentos, o excesso hídrico pode ocasionar menor altura de colmo das plantas. No geral, pode-se afirmar que a água é um dos fatores responsáveis pelo desenvolvimento do colmo, e, conseqüentemente, da planta. Isso vai ao encontro do que diz Halim et al., (1989), que afirma que o déficit hídrico causa atraso na maturidade da planta, bem como, redução no crescimento e atraso no desenvolvimento do caule.

Em trabalho realizado por Aquino (2005), em avaliação do crescimento e de mecanismos de tolerância à salinidade em plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas, os resultados obtidos apresentaram efeito da irrigação sobre a altura de colmos, onde o autor menciona que a irrigação exerce influência sobre o parâmetro avaliado.

Os resultados obtidos com a variação da altura do colmo nas diferentes lâminas de irrigação também estão de acordo com os obtidos por Araújo et al., (2011), que em trabalho realizado sobre a morfogênese e crescimento do Capim Marandú irrigado, obtiveram maior altura de colmo e efeito significativo em relação ao não irrigado.

O aumento da altura de colmo conforme a irrigação aplicada também é fato conhecido em outras culturas. Libório (2011), em trabalho realizado com a cultura da cana-de-açúcar em função de lâminas de irrigação, obteve diferença estatística significativa para a variável altura de colmo. Onde os efeitos foram significativos, obtendo uma função quadrática, em que o aumento da lâmina de irrigação

proporcionou maior altura de colmos até um determinado ponto, e começou a ser evidenciado decréscimo da altura devido, provavelmente, a ocorrência de excesso hídrico, indo ao encontro do que foi encontrado em alguns dos DAS do presente trabalho.

4.2.3 Diâmetro de colmos

Quanto ao diâmetro de colmos, os resultados encontrados para a influência de diferentes lâminas de irrigação na cultura do sorgo forrageiro para os DAS avaliados, obtiveram significância estatística para todas as datas de avaliação. A ANOVA e o DMS para altura de plantas estão apresentados nos Apêndice U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC e AD.

A variação do diâmetro de colmo conforme a lâmina de irrigação aplicada durante as datas de avaliação realizadas está representada na Tabela 7 através da exposição das médias encontradas nos diferentes tratamentos ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Tabela 7 – Diâmetros médios de colmos de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Lâminas de irrigação (%Eto)	Dias após semeadura (DAS)									
	50*	65*	72*	80*	94*	102*	110*	124*	132*	140*
136	1,56	0,80	0,91	1,06	0,76	0,97	1,02	0,65	0,76	0,91
100	1,93	0,72	0,97	1,03	0,81	0,94	0,98	0,57	0,69	0,82
77	1,44	0,66	0,83	0,86	0,63	0,82	0,86	0,52	0,63	0,73
65	1,38	0,60	0,73	0,73	0,56	0,71	0,77	0,45	0,56	0,63
61	1,43	0,55	0,65	0,66	0,49	0,61	0,69	0,41	0,51	0,59
0	1,35	0,47	0,63	0,60	0,44	0,55	0,62	0,34	0,41	0,54
Média	1,52	0,63	0,79	0,82	0,62	0,77	0,82	0,49	0,59	0,70
DP	0,22	0,12	0,14	0,19	0,15	0,17	0,16	0,11	0,13	0,14
CV	14,2	18,7	17,7	23,3	23,9	22,5	19,3	22,9	21,3	20,30
DMS	0,34	0,06	0,06	0,10	0,18	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04

* Houve Diferença mínima significativa (DMS).

Na Figura 19, está representada a exposição gráfica dos intervalos de significância estatística ao longo dos DAS avaliados. A expressão da significância

estatística está representada na forma de diferença mínima significativa (DMS), para cada uma das datas de avaliações realizadas. No eixo das abcissas estão representados os dias após a semeadura (DAS) e no eixo das ordenadas o respectivo diâmetro médio de colmo. As diferentes lâminas de irrigação estão representadas em divisões horizontais.

Houve diferença mínima significativa para todas as datas de avaliação (DAS) realizadas, ou seja, a amplitude de variação das médias das diferentes lâminas de irrigação extrapolou as DMS calculadas para cada DAS, demonstrando assim, a influência das diferentes lâminas de irrigação sobre o diâmetro de colmos do sorgo forrageiro, onde as lâminas de irrigação de 100 % e 136 % acarretaram em maiores diâmetros de colmo em relação às demais lâminas para todas as datas avaliadas.

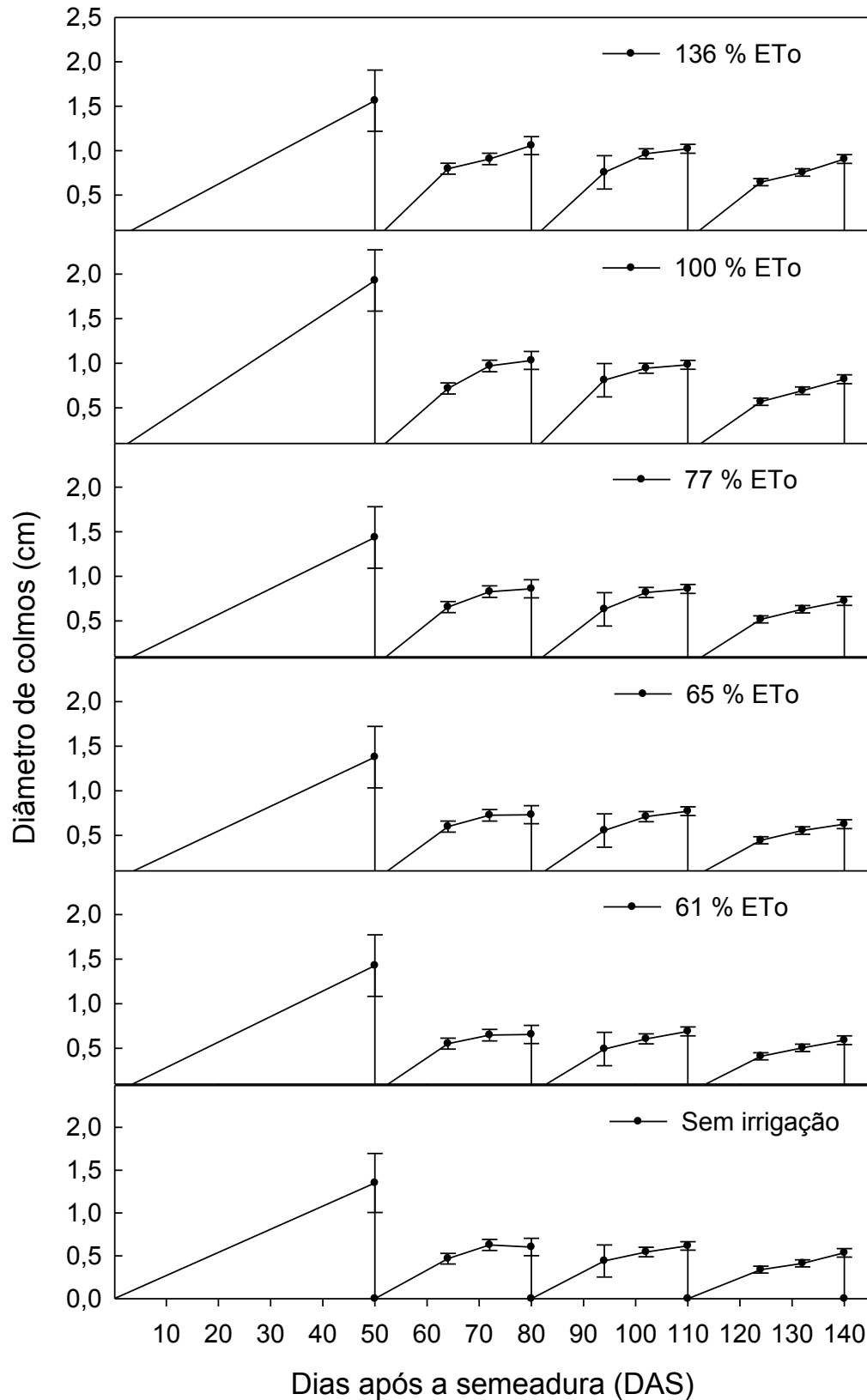
A lâmina de 100 % da ETo apresentou as maiores médias para os 50, 72 e 94 DAS e a lâmina de 136 % para os 65, 80, 102, 110, 124, 132 e 140 DAS, caracterizando que, de uma maneira geral, o aumento linear da lâmina de irrigação proporcionou aumento no diâmetro médio de colmos.

O diâmetro médio de colmos da lâmina de 100 % da ETo variou de 0,57 cm aos 124 DAS a 1,93 aos 50 DAS, enquanto que na lâmina de 136 % da ETo variou de 0,65 cm aos 124 DAS a 1,56 cm aos 50 DAS. As menores médias de diâmetro de colmo foram encontradas na lâmina não irrigada para todas as avaliações, variando de 0,34 cm aos 124 DAS a 1,35 cm aos 50 DAS.

Observa-se que os maiores diâmetros médios de colmos foram encontrados aos 50 DAS, sendo estes resultados atribuídos ao fato de que ainda não havia sido realizado corte de uniformização na cultura, e, após o corte, ocorre um estímulo de perfilhamento na planta, o que combinado com adequado fornecimento hídrico e condições climáticas favoráveis, acarreta em aumento no número de colmos/m² e conseqüentemente, diminuição do diâmetro de colmo. Também, pelo fato de o intervalo de dias ser maior em relação às demais avaliações.

Outro aspecto importante a ser observado é o fato de que após a realização de cada um dos cortes de uniformização, há um aumento no diâmetro médio de colmo em cada avaliação realizada até o próximo corte, onde há declínio e início da próxima rebrota da cultura.

Figura 19 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para o diâmetro médio de colmos nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.



Os resultados encontrados com variação do diâmetro de colmo em função das diferentes lâminas de irrigação, também estão de acordo com os resultados obtidos por Nascimento (2008), que avaliando o crescimento de plantas de sorgo sob diferentes disponibilidades de água no solo, obteve resultados de diâmetro de colmos reduzido de 17,0 mm (maior disponibilidade de água no solo, ou seja, capacidade de campo) para 12,9 mm (menor disponibilidade de água no solo, 40 % da capacidade de campo), caracterizando assim um decréscimo de 24 % em avaliação realizada aos 30 DAS, sendo que no presente trabalho o diâmetro aos 50 DAS variou de 1,93 cm na lâmina de 100 % da ETo a 1,35 na lâmina não irrigada, acarretando um acréscimo de 30 %.

Outro estudo que contribui para os resultados encontrados foi realizado por Queiroz (2014), que, avaliando o balanço energético da produção de sorgo sacarino em cultivo irrigado e de sequeiro, obteve incremento de 9,6 % de diâmetro no tratamento irrigado em relação ao não irrigado para o genótipo BRS 506 e de 14 % para o genótipo EJ7281. No presente trabalho o maior incremento de diâmetro de colmo foi obtido aos 124 DAS onde o efeito das irrigações realizadas ocasionou um aumento de 47,6 % de diâmetro de colmo na lâmina de 136 % da ETo, onde a mesma apresentou diâmetro de colmo de 0,65 cm, enquanto que na lâmina não irrigada o diâmetro foi de 0,34 cm.

Também foi encontrada diferença de diâmetro de colmos por Moreira (2011), que trabalhando com sorgo sacarino obteve diâmetros de colmos de 8,3; 14,0; 16,1 e 19,1 mm para os níveis de 20, 40, 60 e 80% da capacidade de campo aos 30 DAS, demonstrando que o aumento da lâmina de irrigação, proporcionou aumento do diâmetro de colmos, assim como em todos os DAS avaliados no presente, estando os valores encontrados por Moreira próximos aos obtidos aos 50 DAS, onde foi encontrado o maior diâmetro de colmo, sendo ele de 1,93 cm na lâmina de 100 %, enquanto Moreira encontrou 1,91 cm.

Corroboram nos resultados encontrados, trabalhos realizados com outras culturas, tais como, trabalho realizado por Saraiva & König (2013), que, trabalhando com produtividade do capim-elefante-roxo irrigado com efluente doméstico tratado no semiárido potiguar e suas utilidades, obtiveram diferenças significativas na variação do diâmetro de colmo sob irrigação contínua e alternada, onde o maior diâmetro de colmo foi encontrado no tratamento sob irrigação contínua, variando de 1,5 a 2,3 cm.

4.2.4 Índice de área foliar

Quanto ao índice de área foliar, os resultados encontrados para a influência de diferentes lâminas de irrigação na cultura do sorgo forrageiro para os DAS avaliados, obtiveram significância estatística para algumas das datas de avaliação.

A ANOVA e o DMS para os índices de área foliar estão apresentados nos Apêndice AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK, AL, AM E AN.

A variação do índice de área foliar (IAF) conforme a lâmina de irrigação aplicada durante as datas de avaliação realizadas está representada na Tabela 8, através da exposição das médias encontradas nos diferentes tratamentos ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Tabela 8 – Índice de área foliar (IAF) médio de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Lâminas de irrigação (%Eto)	Dias após semeadura (DAS)									
	50*	65	72	80*	94*	102*	110*	124*	132*	140*
136	4,02	2,26	4,05	4,37	2,03	3,64	4,47	0,79	1,83	3,69
100	4,24	2,45	4,35	4,71	2,02	4,11	4,68	1,20	1,91	3,43
77	3,89	2,32	3,90	4,30	1,82	3,41	4,22	0,57	1,31	1,86
65	3,16	2,11	3,70	4,05	1,58	3,27	3,61	0,48	1,12	1,69
61	3,09	2,01	3,29	3,76	1,32	3,00	3,16	0,34	0,94	1,57
0	2,76	2,00	3,50	3,28	1,19	2,50	2,77	0,30	0,74	1,32
Média	3,53	2,19	3,75	4,08	1,66	3,32	3,82	0,61	1,31	2,26
DP	0,60	0,18	0,41	0,50	0,36	0,55	0,76	0,34	0,48	1,03
CV	17,0	8,2	10,8	12,3	21,4	16,5	19,9	54,9	36,3	45,3
DMS	0,78	0,97	1,73	0,91	0,35	0,73	1,16	0,37	0,29	1,35

* Houve Diferença mínima significativa (DMS).

Na Figura 20, está representada a exposição gráfica dos intervalos de significância estatística ao longo dos DAS avaliados. A expressão da significância estatística está representada na forma de diferença mínima significativa (DMS), para cada uma das datas de avaliações realizadas. No eixo das abcissas estão representados os dias após a semeadura (DAS) e no eixo das ordenadas os respectivos índices encontrados. As diferentes lâminas de irrigação estão representadas em divisões horizontais.

Foram encontradas diferenças estatísticas significativas para a grande maioria dos DAS avaliados, onde a diferença mínima significativa (DMS) extrapolou a amplitude de variação de médias dos tratamentos para cada um dos DAS avaliados. Foram encontradas significância estatística aos 50, 80, 94, 102, 110, 124, 132 e 140 DAS.

A primeira data de avaliação com efeito significativo foi aos 50 DAS, momento onde foi realizado o primeiro corte de uniformização da cultura. A variação do índice de área foliar (IAF) entre as lâminas de irrigação para os 50 DAS, superou a diferença mínima significativa (DMS) para a data, que foi de 0,77. A maior média de IAF foi obtida na lâmina de 100 % da ETo com 4,24 e a menor, na lâmina não irrigada com 2,76, caracterizando uma amplitude de variação de 1,49.

Aos 80 DAS, momento do segundo corte de uniformização da cultura, também houve efeito estatístico significativo, com amplitude de variação do IAF maior que a DMS que foi de 0,90. A maior amplitude de variação foi encontrada entre a lâmina de irrigação de 100 % da ETo que caracterizou o maior IAF com 4,70 e a lâmina não irrigada que caracterizou o menor IAF com 3,28.

Aos 94 DAS, assim como na avaliação anterior, os resultados de IAF encontrados também apresentaram efeito significativo, onde o maior IAF foi encontrado na lâmina de 136 % da ETo com 2,03, seguidos pela lâmina de 100 % com IAF de 2,02 e o menor valor foi obtido na lâmina não irrigada com IAF de 1,18. Dessa maneira, a maior amplitude de variação de IAF foi de 0,85, estando acima da DMS encontrada que para a avaliação foi de 0,35. Aos 102 DAS os índices de área foliar variaram de 3,63 na lâmina 136 % da ETo, até, 2,49 na lâmina não irrigada. A variação ocorrida foi de 1,14, o que acarretou em representatividade estatística, uma vez que, a DMS encontrada para a avaliação foi de 0,72.

Na avaliação seguinte, realizada aos 110 DAS, momento de realização do terceiro corte de uniformização, os resultados encontrados seguiram no sentido das avaliações anteriores, com variação dos IAF para cada lâmina de irrigação apresentando diferença estatística significativa.

A DMS encontrada para a avaliação foi de 1,15 e a amplitude de variação foi de 1,69, caracterizando diferença estatística significativa. O maior IAF foi encontrado na lâmina de irrigação de 100 % da ETo com 4,68 e o menor na lâmina não irrigada com 2,77.

Aos 124 DAS, o maior IAF foi encontrado na lâmina de 100 % da ETo com 1,02 e o menor na lâmina não irrigada com 0,29. A amplitude de variação entre o maior e o menor índice foi de 0,73 e a diferença mínima significativa foi de 0,36, o que acarretou em significância dos IAF para as diferentes lâminas de irrigação. Aos 132 DAS também foi encontrada diferença estatística significativa, onde a DMS encontrada foi de 0,29 e a amplitude de variação foi de 1,16. O maior IAF foi encontrado na lâmina de irrigação de 100 % da ETo com 1,90 e o menor na lâmina não irrigada com 0,74.

No momento de realização do último corte da cultura, ou seja, aos 140 DAS, também foi encontrada diferença estatística significativa, onde a DMS obtido foi de 1,35 e a amplitude de variação de IAF de 2,36. O maior IAF foi encontrado na lâmina de 136 % da ETo com 3,69 e o menor na lâmina não irrigada com 1,32.

Para as demais avaliações, aos 64 e 72 DAS, não foram observados efeitos estatísticos significativos, ou seja, as diferenças mínimas significativas (DMS) encontradas para cada um dos DAS, não foram extrapoladas pela variação de médias dos tratamentos. Porém, apesar de não ocorrer significância estatística, salienta-se que o comportamento das médias dos tratamentos foi o mesmo dos DAS que apresentaram significância estatística, onde conforme o aumento da lâmina de irrigação aplicada, ocorreu uma proporcional tendência linear de aumento no índice de área foliar (IAF).

Através dos resultados encontrados no estudo, é possível afirmar que, durante o período de desenvolvimento e com manejo de cortes de uniformização, a água exerce função essencial no desenvolvimento do sorgo forrageiro, fato este, caracterizado através da diferença encontrada no índice de área foliar para as distintas lâminas de irrigação ao longo dos DAS avaliados. A determinação da magnitude dos efeitos causados pela ocorrência de déficit hídrico sobre a expressão do índice de área foliar se dá através da avaliação do crescimento, produção e relação entre a taxa de expansão e o potencial hídrico foliar durante o estresse, e da recuperação após a chuva ou irrigação (LUDLOW & NG, 1976).

Assim, foi possível observar que em todos os DAS avaliados, as lâminas de 100 ou 136 % apresentaram o maior IAF, e o menor foi observado quase que na totalidade das avaliações na lâmina não irrigada. Também foi possível observar que conforme o aumento da lâmina de irrigação aplicada houve um incremento no IAF, caracterizando assim o efeito significativo das diferentes lâminas de irrigação sobre o IAF.

Cabe salientar que o comportamento dos índices de área foliar seguiu uma tendência de aumento até a realização de cada um dos quatro cortes de uniformização realizados aos 50, 80, 110 e 140 DAS, onde com a realização dos cortes, as plantas recomeçavam novamente o desenvolvimento de novas folhas, acarretando em menores índices em relação à avaliação anterior.

Os resultados encontrados vão ao encontro dos obtidos por Viana et al., (2005), que trabalhando com a produção de biomassa e índice de área foliar em gramíneas forrageiras em sistemas irrigado e de sequeiro, durante a estação seca obtiveram incremento no índice de área foliar de 25 % no sistema irrigado em relação ao não irrigado para as espécies forrageiras estudadas, sendo elas, o capim Tanzânia, Marandú e Pioneiro, onde os índices variaram de 1,52 a 4,16, estando os valores coerentes com os obtidos no presente trabalho onde os índices de área foliar encontrados variaram de 0,30 na lâmina não irrigada aos 124 DAS a 4,71 na lâmina 100 % da ETo aos 80 DAS, onde, mesmo com a realização dos cortes da cultura, os IAF's encontrados seguiram sempre a tendência linear de aumento conforme o incremento da lâmina de irrigação, caracterizando assim a importância da água no desenvolvimento das espécies forrageiras.

Outro trabalho que corrobora para os resultados obtidos é o de Zwirtes (2013), que em trabalho sobre as características morfofisiológicas e produtividade de plantas de sorgo submetidas à irrigação deficitária, obteve incremento de 15 % no IAF no tratamento 100 % da ETc com índice de área foliar de 7,96 cm em relação ao tratamento de 25 % da ETc com 6,04 cm, aos 60 dias após a emergência, demonstrando assim, que a variação da lâmina de irrigação, proporciona variação do IAF, com aumento do índice conforme o incremento na lâmina de irrigação. Assim como os resultados encontrados por Zwirtes (2013), os obtidos no presente trabalho tiveram incremento no IAF com o aumento do nível de irrigação, porém, devido aos cortes de uniformização realizados, os IAF's máximos obtidos ficaram

aquém dos encontrados pelo autor citado, onde os maiores índices foram encontrados aos 80 DAS com 4,71 na lâmina 100% da ETo.

Em contrapartida, os resultados obtidos por Cunha (2004), que trabalhando com a relação ente o comportamento espectral, índice de área foliar e produção de matéria seca em capim tanzânia submetido a diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogênio, não obteve resultados significativos para o índice de área foliar para as lâminas de irrigação de 0, 30, 70, 100 e 150 % da capacidade de campo, atribuindo esses resultados a ocorrência da elevada precipitação durante o desenvolvimento do experimento.

4.2.5 Número de colmos por metro quadrado

O número de colmos por metro quadrado é de suma importância para a produção forrageira, uma vez que, influencia de maneira direta na produção da cultura do sorgo forrageiro, através da variação da quantidade e qualidade de pasto produzido.

A variação do número de colmos por metro quadrado conforme a lâmina de irrigação aplicada durante as datas de avaliação realizadas está representada na Tabela 9 através da exposição das médias encontradas nos diferentes tratamentos ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Tabela 9 – Número de colmos por metro quadrado de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Lâminas de irrigação (%Eto)	Dias após semeadura (DAS)									
	50*	65*	72	80*	94	102*	110*	124*	132	140*
136	61	200	183	195	156	202	311	126	145	158
100	50	230	200	195	148	212	329	133	155	162
77	40	180	166	181	130	186	300	116	119	131
65	37	170	165	168	119	170	276	98	104	133
61	34	155	159	154	118	159	255	94	94	116
0	29	122	156	137	101	141	250	80	93	94
Média	42	176	171	172	129	178	287	108	118	132
DP	11	37	16	23	20	26	31	20	26	25
CV	27	21	9,6	13,6	16	14,9	11,0	18,8	22,4	19,2
DMS	12	16	49	48	57	19	36	23	63	36

* Houve Diferença mínima significativa (DMS).

Os resultados encontrados para a influência de diferentes lâminas de irrigação na cultura do sorgo forrageiro para os DAS avaliados obtiveram significância estatística para algumas das datas de avaliação. A ANOVA e o DMS para altura o número de colmos/m² estão apresentados nos Apêndices AO, AP, AQ, AR, AS, AT, AU, AV, AW e AX.

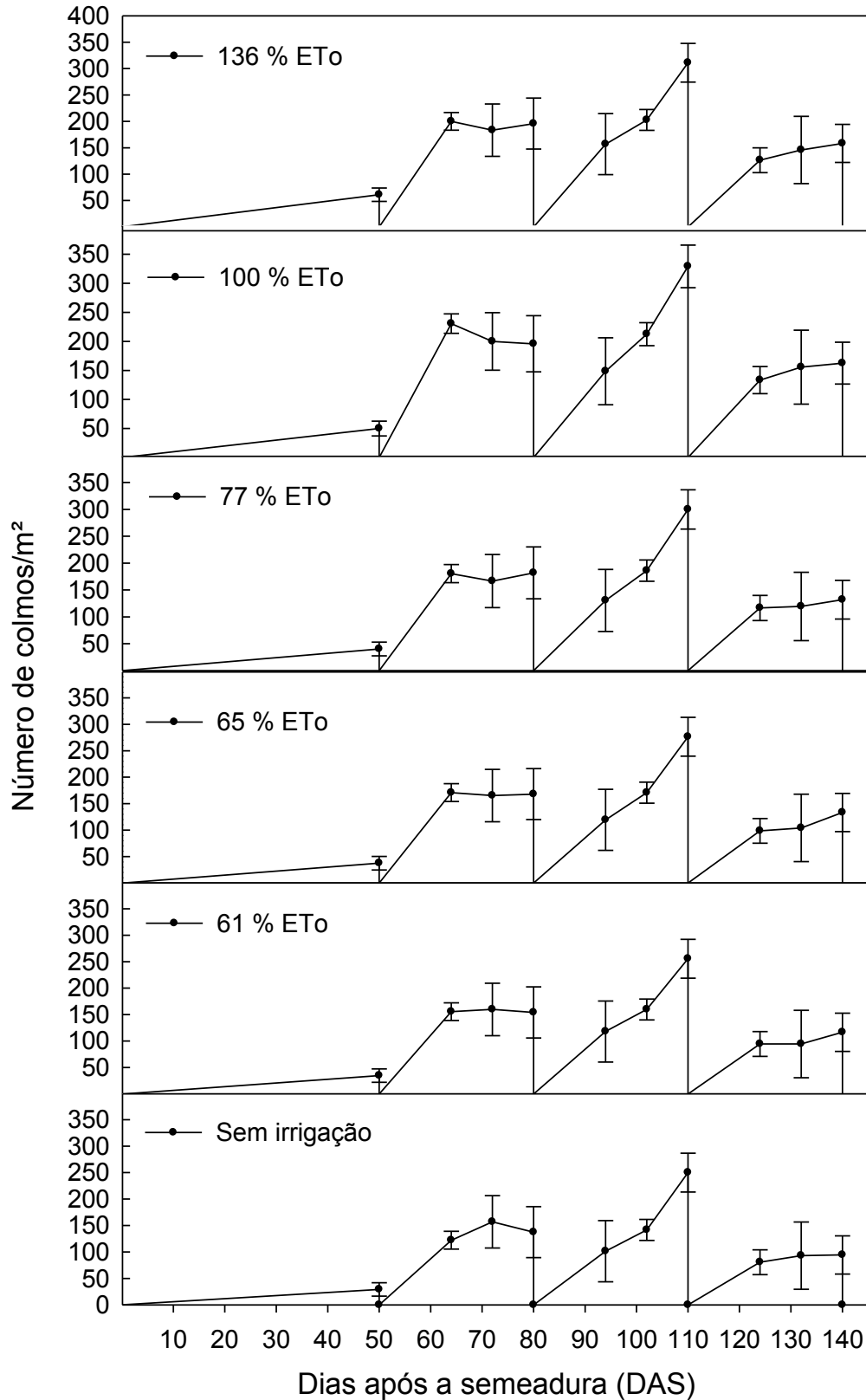
Na Figura 21, está representada a exposição gráfica dos intervalos de significância estatística ao longo dos DAS avaliados. A expressão da significância estatística está representada na forma de diferença mínima significativa (DMS), para cada uma das datas de avaliações realizadas. No eixo das abcissas estão representados os dias após a semeadura (DAS) e no eixo das ordenadas os respectivos números de colmos por metro quadrado. As diferentes lâminas de irrigação estão representadas em divisões horizontais.

Foram encontradas diferenças estatísticas significativas para a grande maioria dos DAS avaliados, onde a diferença mínima significativa (DMS) extrapolou a amplitude de variação de médias dos tratamentos para cada um dos DAS avaliados. Apresentaram significância estatística os 50, 65, 80, 102, 110, 124, e 140 DAS.

Dentre os DAS onde foram encontradas diferenças estatísticas significativas, ou seja, os DAS onde a amplitude de variação de médias das lâminas de irrigação extrapolou a diferença mínima significativa (DMS) calculada, houve grande variação de médias (tabela 9). As médias seguiram uma tendência de aumento no número de colmos conforme o incremento da lâmina de irrigação aplicada, tendo na lâmina de 100 % da ETo as maiores médias na grande maioria das datas de avaliação, caracterizando assim que o excesso de água pode causar uma diminuição no número de colmos.

A lâmina de 100 % da ETo obteve maiores médias de número de colmos/m² quase que na totalidade das avaliações que apresentaram efeito estatístico significativo, sendo elas aos 65, 72, 80, 102, 110, 124, 132 e 140 DAS onde as médias variaram conforme o estágio em que as plantas se encontravam em função dos cortes de uniformização realizados. As médias de colmos/m² da lâmina de 100 % da ETo variaram de 133,3 aos 124 DAS a 329,2 aos 110 DAS. Apenas aos 94 DAS a maior média de colmos/m² foi encontrada na lâmina de irrigação de 136 % da ETo com 156,8.

Figura 21 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para o número de colmos/m² nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.



As menores médias de colmos/m² foram obtidas na lâmina não irrigada em todas as avaliações realizadas, caracterizando a importância da água sob o aumento do número de colmos/m² e o quanto a ocorrência de déficit hídrico prejudica o desenvolvimento adequado das plantas. As médias da lâmina não irrigada para as datas que apresentaram efeito estatístico significativo variaram de 80,6 aos 124 DAS a 250,0 aos 110 DAS.

Não foram observados efeitos estatísticos significativos nas avaliações realizadas aos 72, 94 e 132 DAS, uma vez que, a amplitude de variação entre as médias dos distintos tratamentos de lâminas de irrigação não extrapolou a diferença mínima significativa calculada para cada uma das datas de avaliação. Aos 72 DAS a maior média de número de colmos/m² foi obtida na lâmina de irrigação de 100 % da ET com 200,00 e a menor na lâmina não irrigada com 156,90 e a DMS encontrada foi de 49,49. Aos 94 DAS a maior média foi obtida na lâmina de 100 % da ETo com 156,9 e a menor na lâmina não irrigada com 101,4, tendo uma DMS de 57,70. Aos 132 a maior média foi obtida na lâmina de 100 % da ETo com 155,6 e a menor na lâmina não irrigada com 63,67, onde a DMS foi de 63,67. Assim, apesar da não significância estatística o comportamento das médias seguiu a mesma tendência dos DAS que apresentaram efeito estatístico significativo, onde o aumento da lâmina de irrigação ocasionou maior número de colmos/m².

Desta maneira, através dos resultados obtidos ao longo dos DAS avaliados, é possível afirmar que há grande variação no número de colmos por metro quadrado conforme a lâmina de irrigação aplicada, caracterizando assim, a importância da água na emissão de colmos pela planta e, conseqüentemente na produção de massa seca. Langer (1963) salienta que o perfilhamento em espécies forrageiras é afetado por diversos fatores entre eles o genótipo, o balanço hormonal, florescimento, luz, temperatura, fotoperíodo, água e cortes.

É possível observar na Tabela 9 e na Figura 20 que as menores médias de colmos/m² para todas as lâminas de irrigação foram obtidas aos 50 DAS. Isto ocorreu devido ao fato que ainda não havia sido realizado corte de uniformização na cultura, pois após o corte, ocorre um estímulo de perfilhamento na planta, o que combinado com adequado fornecimento hídrico e condições climáticas favoráveis, acarreta em aumento no número de colmos/m². Este fato também ocorreu após os outros cortes, onde conforme o número de cortes realizados há uma tendência de aumento no número de colmos/m².

Também é possível observar que as maiores médias de colmos/m² foram encontradas aos 110 DAS para todas as lâminas, sendo esses resultados atribuídos à combinação das excelentes condições climáticas de variação de temperaturas mínimas e máximas ocorridas, a maior radiação solar incidente, ao fato de já terem sido realizados dois cortes de uniformização que estimularam a rebrota da cultura e ao adequado fornecimento hídrico. Após os 110 DAS, ou seja, terceiro corte de uniformização, a queda nas médias ocorridas é devido à perda natural de potencial da cultura por já terem sido realizados três cortes, pelo período do ano onde começa a ocorrer diminuição das temperaturas e pela menor radiação solar incidente.

Em trabalho realizado sobre o impacto do espaçamento, número de cortes e da idade de corte na produção e composição bromatológica de cana-de-açúcar para silagem Muraro (2007), concluiu que o maior perfilhamento se dá a partir do segundo corte, fase esta que se caracteriza pelo crescimento e emissão de perfilhos, e, a partir desta etapa, a competição entre os perfilhos pelos fatores de crescimento (luz, água, nutrientes e espaço) acentua-se de modo que se constata a diminuição do processo. Este comportamento ocorreu na cultura do sorgo forrageiro, onde a partir do segundo corte realizado aos 80 DAS houve grande aumento do número de colmos para todos os tratamentos, onde aos 110 DAS foram obtidas as maiores médias de número de colmos para todas as lâminas de irrigação e após do terceiro corte, houve grande decréscimo do número de colmos.

Outro aspecto importante que pode ser observado nos resultados, é que após a realização dos cortes de uniformização realizados aos 50, 80 e 110 DAS houve um aumento no número de colmos por metro quadrado devido ao alto perfilhamento das plantas, seguindo um aumento linear até a ocorrência do próximo corte.

Os resultados encontrados para o número de colmos/m² da cultura do sorgo forrageiro submetido a diferentes níveis de irrigação vão ao encontro de trabalho realizado por Lima (2009), que avaliando o número de colmos/m² em consórcio de sorgo e capim marandú sob diferentes disponibilidades de água, obteve resultados semelhantes, com aumento do número de colmos/m² no tratamento sem interrupção da irrigação. O aumento foi de 166 colmos/m² no tratamento de início do florescimento do sorgo a 222 colmos/m² no tratamento com irrigação durante todo o ciclo, caracterizando assim, que a água exerce função essencial no desenvolvimento, e que a não disponibilidade de água acarreta em diminuição do número de colmos. Enquanto isso no presente trabalho também foram observadas

grandes variação no número de colmos, onde as lâminas de irrigação de 100 e 136 % sempre obtiveram as maiores médias, sendo que a variação obtida foi de 29,2 aos 50 DAS na lâmina não irrigada a 329 aos 110 DAS na lâmina de 100 % da Eto.

A ocorrência de queda no perfilhamento e, conseqüentemente, do número de colmos de espécies forrageiras, quando submetidas a períodos de déficit hídrico tem como principal causa à pequena disponibilidade de nutrientes absorvidos pelas plantas, e disponibilizados aos pontos de crescimento, uma vez que, a absorção de nutrientes se dá através de fluxo de massa na solução do solo, e através da falta de água, não há a absorção, limitando o desenvolvimento a planta (PREMAZZI et al., 2003; TAIZ E ZEIGER, 2004).

Também corroboram para os resultados obtidos no trabalho estudo realizado por Cunha et al., (2007), que avaliando as características morfogênicas e perfilhamento do *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia irrigado, obteve aumento no número médio de perfilhos conforme o aumento da lâmina de irrigação, onde a lâmina de 50 % obteve média de 126,3 colmos/m², a lâmina de 75 % média de 130 colmos/m² e a lâmina de 100% média de 141,7 colmos/m² na média de avaliações realizada aos 31, 36 52 e 61 DAS, enquanto que para a cultura do sorgo forrageiro os resultados obtidos aos 50 DAS variaram de 29,2 na lâmina não irrigada a 61,1 na lâmina de 136 % da ETo e, aos 65 DAS, variaram de 122,2 na lâmina não irrigada a 230,6 na lâmina de 100 % da ETo.

4.2.6 Relação folha/colmo

A relação folha/colmo é uma variável de suma importância para a produção forrageira, onde uma elevada relação folha/colmo caracteriza forragem de elevado teor de proteína, digestibilidade e consumo, possibilitando atender às exigências nutricionais dos ruminantes e, maior ganho de peso ou produção de leite pelos animais (WILSON, 1982). Também, confere à gramínea melhor adaptação ao pastejo e/ou tolerância ao corte, por apresentar um momento fenológico em que os meristemas apicais se apresentam mais próximos ao solo e, portanto, menor vulnerabilidade à destruição pelo corte animal ou máquina (PINTO et al., 1994).

Os resultados encontrados para a influência de diferentes lâminas de irrigação na cultura do sorgo forrageiro sob a relação folha/colmo para os DAS avaliados, obtiveram significância estatística para todas as datas de avaliação. A

ANOVA e o DMS para a relação folha/colmo estão apresentados nos Apêndices AZ, BA, BB, BC, BD, BE, BF, BG, BH e BI.

A variação da relação folha/colmo conforme a lâmina de irrigação aplicada durante as datas de avaliação realizadas está representada na Tabela 10 através da exposição das médias encontradas nos diferentes tratamentos ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Tabela 10 – Relação folha/colmo de sorgo forrageiro nas diferentes lâminas de irrigação, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.

Lâminas de irrigação (%Eto)	Dias após semeadura (DAS)									
	50*	65*	72*	80*	94*	102*	110*	124*	132*	140*
136	0,83	0,89	1,03	1,12	1,48	1,61	1,72	1,87	2,12	2,23
100	0,85	0,89	1,05	1,13	1,50	1,63	1,73	1,89	2,14	2,26
77	0,85	0,91	1,08	1,15	1,53	1,66	1,74	1,92	2,16	2,29
65	0,89	0,96	1,12	1,18	1,55	1,67	1,77	1,95	2,20	2,31
61	0,98	1,03	1,12	1,19	1,58	1,70	1,81	1,99	2,24	2,35
0	0,89	0,99	1,14	1,21	1,61	1,72	1,84	1,98	2,23	2,34
Média	0,88	0,94	1,09	1,16	1,54	1,66	1,77	1,93	2,18	2,29
DP	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
CV	2,01	0,51	0,87	0,53	0,70	0,79	0,53	0,34	0,59	0,14
DMS	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02

* Houve Diferença mínima significativa (DMS).

Na Figura 22, está apresentada a exposição gráfica dos intervalos de significância estatística ao longo dos DAS avaliados. A expressão da significância estatística está representada na forma de diferença mínima significativa (DMS), para cada uma das datas de avaliações realizadas. No eixo das abscissas estão representados os dias após a semeadura (DAS) e no eixo das ordenadas as respectivas relações folha/colmo. As diferentes lâminas de irrigação estão representadas em divisões horizontais.

Foram encontradas diferenças estatísticas significativas para a relação folha/colmo para todos os DAS avaliados, onde a diferença mínima significativa (DMS) extrapolou a amplitude de variação de médias dos tratamentos para cada um dos DAS avaliados. Apresentaram significância estatística os 50, 65, 72, 80, 94, 102, 110, 124, 132 e 140 DAS.

A lâmina de 61% da ETo apresentou as maiores médias para os 50, 65, 124, 132 e 140 DAS e a lâmina não irrigada para os 72, 80, 94, 102 e 110 DAS, caracterizando que, de uma maneira geral, o aumento linear da lâmina de irrigação proporcionou diminuição da relação folha/colmo. Também pode ser observado que a relação folha/colmo foi aumentando conforme o passar dos DAS para todas as lâminas.

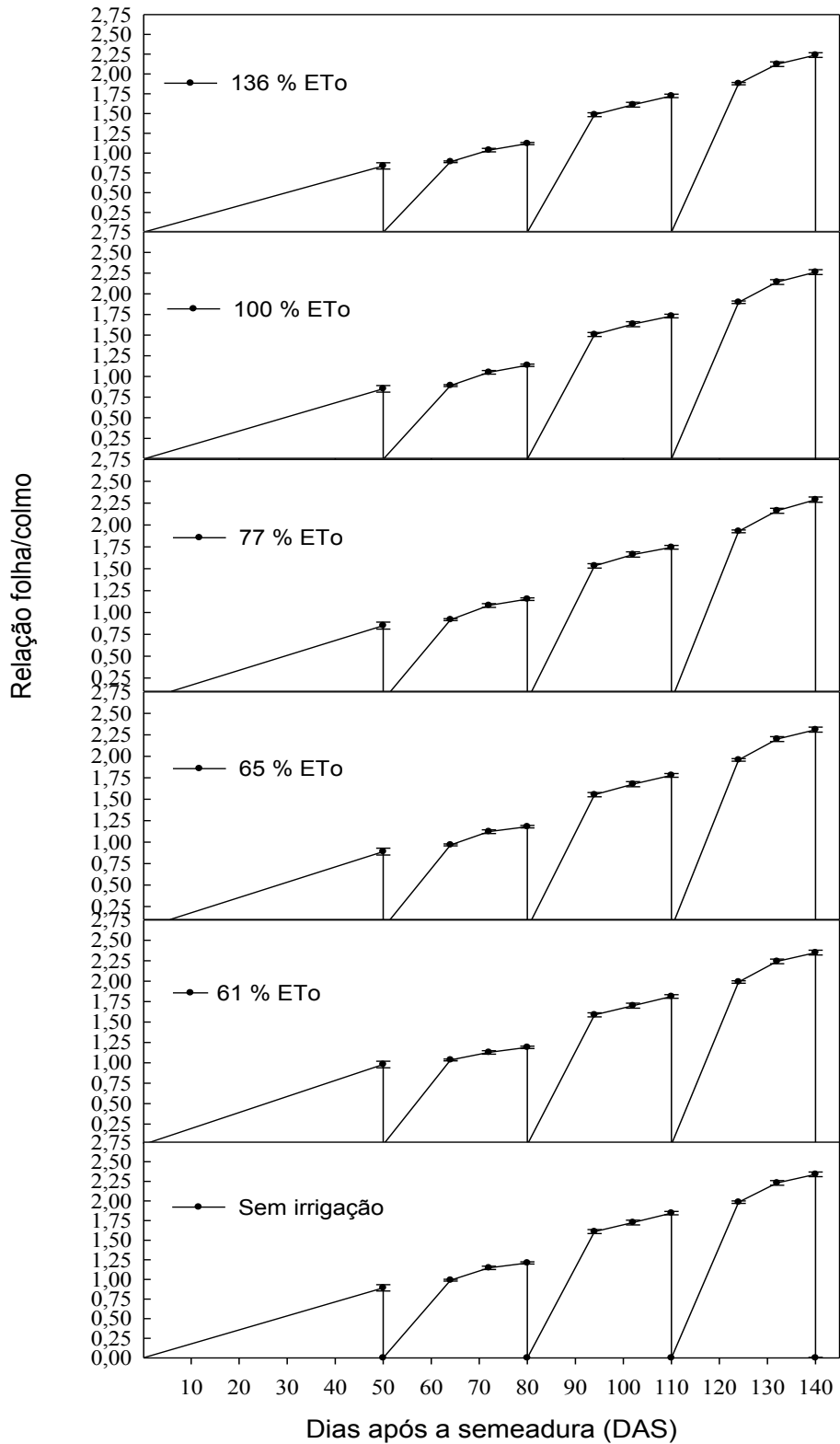
A relação folha/colmo da lâmina de 61% da ETo variou de 0,98 aos 50 DAS a 2,35 aos 140 DAS, enquanto que na lâmina não irrigada variou de 0,89 aos 50 DAS a 2,34 aos 140 DAS. As menores médias de relação folha/colmo foram encontradas na lâmina de 136% para todas as avaliações, variando de 0,83 aos 50 DAS a 2,23 aos 140 DAS.

Observa-se que as maiores relações folha/colmo foram encontrados aos 140 DAS, sendo estes resultados atribuídos ao fato de que já haviam sido realizados três cortes de uniformização na cultura, e que, após cada corte, ocorre um estímulo de perfilhamento na planta, acarretando em aumento no número de colmos/m², diminuição do diâmetro e altura da planta, e também pelo fato da diminuição do potencial da cultura pelo número de cortes, o que, conseqüentemente, acarreta em diminuição da massa de folhas e aumento da massa de colmos, caracterizando assim um aumento na relação folha/colmo.

Os resultados encontrados vão ao encontro dos obtidos por Mota et al., (2010) que trabalhando com lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais, obteve diminuição da relação folha/colmo conforme o incremento da lâmina de irrigação quando combinado com aplicação de 100 kg.ha⁻¹ de N, tendo a maior relação no tratamento sem irrigação com cerca de 3,5 e a menor na lâmina de irrigação de 120% da ETo com cerca de 2,00.

Por outro lado os resultados são contraditórios aos obtidos por Lopes et al (2005) que trabalhando com o efeito da irrigação e adubação na disponibilidade e composição bromatológica da massa seca de lâminas foliares de capim-elefante, não observaram efeito estatístico significativo para a relação folha/colmo nos tratamentos com e sem irrigação.

Figura 22 – Representação gráfica dos intervalos de significância através da diferença mínima significativa (DMS), para a relação folha/colmo nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, ao longo dos dias após a semeadura (DAS) avaliados.



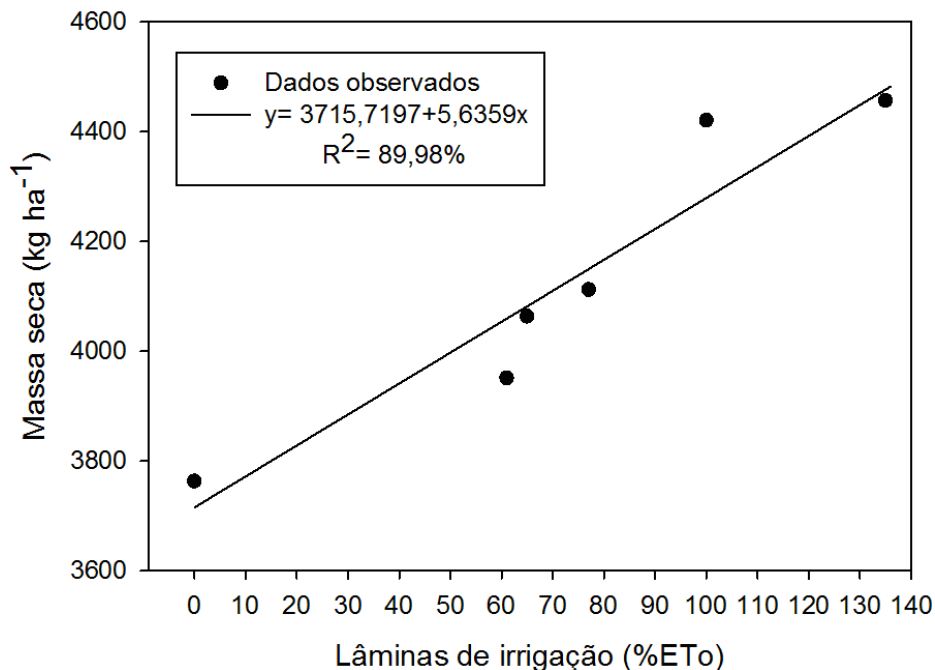
4.2.7 Produção de massa seca

Para a interpretação da produtividade de massa seca produzida por hectare nos quatro cortes e na produtividade total, serão utilizadas as lâminas de irrigação corrigidas pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), sendo elas de 0, 61, 65, 77, 100 e 136 % da evapotranspiração de referência (ET_o).

A influência das diferentes lâminas de irrigação sobre a produção de massa seca na cultura do sorgo forrageiro sofreu variação conforme as lâminas de irrigação aplicadas e conforme o corte de uniformização realizado. Na sequência estão representadas as produtividades de massa seca.ha⁻¹ para cada um dos quatro cortes realizados e o total produzido ao longo dos 140 dias de avaliação.

Na Figura 23, está representada a produtividade de massa seca por hectare para as lâminas de irrigação utilizadas, sendo elas, 0, 61, 65, 77, 100 e 136 % da ET_o, para o primeiro corte realizado aos 50 DAS.

Figura 23 – Produção de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no primeiro corte do sorgo forrageiro aos 50 DAS.



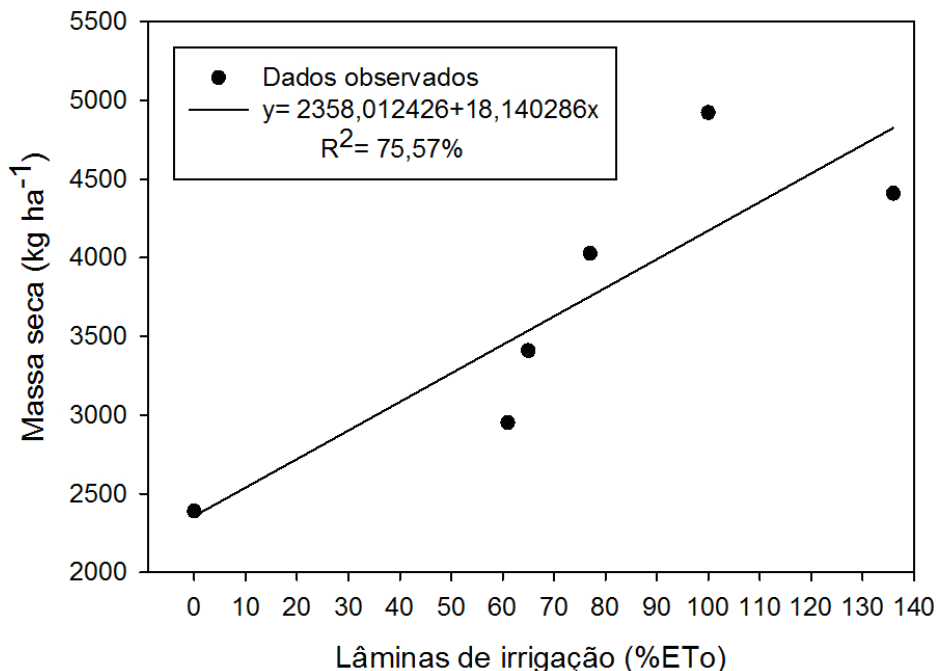
Através dos resultados observados na Figura 23 é possível observar que houve diferença estatística significativa para a influência das diferentes lâminas de irrigação sobre a produção de massa seca por hectare da cultura do sorgo forrageiro

e, conseqüentemente, foi realizada a análise complementar através da análise de regressão. Para o primeiro corte de uniformização, é possível observar que a equação ajustada foi de primeiro grau, ou seja, linear, com r^2 de 89,98 %.

O comportamento da produtividade de massa seca foi de aumento na quantidade produzida conforme o incremento da lâmina de irrigação, onde a maior quantidade de massa seca foi obtida na lâmina de 136 % da ETo com 4456 kg.ha⁻¹, seguida pela de 100 % com 4420 kg.ha⁻¹, na seqüência a lâmina de 77 % com 4112 kg.ha⁻¹, após a de 65 % com 4063 kg.ha⁻¹, e as menores produções, na lâmina de 61 % com 3951 kg.ha⁻¹ e a menor produtividade na lâmina não irrigada com 3763 kg. ha⁻¹.

No segundo corte realizado aos 80 DAS, também foi encontrada diferença estatística significativa para a influência das diferentes lâminas de irrigação para a produtividade de massa seca por hectare. A equação ajustada para o corte foi a de primeiro grau conforme Figura 24.

Figura 24 – Produção de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no segundo corte do sorgo forrageiro aos 80 DAS.



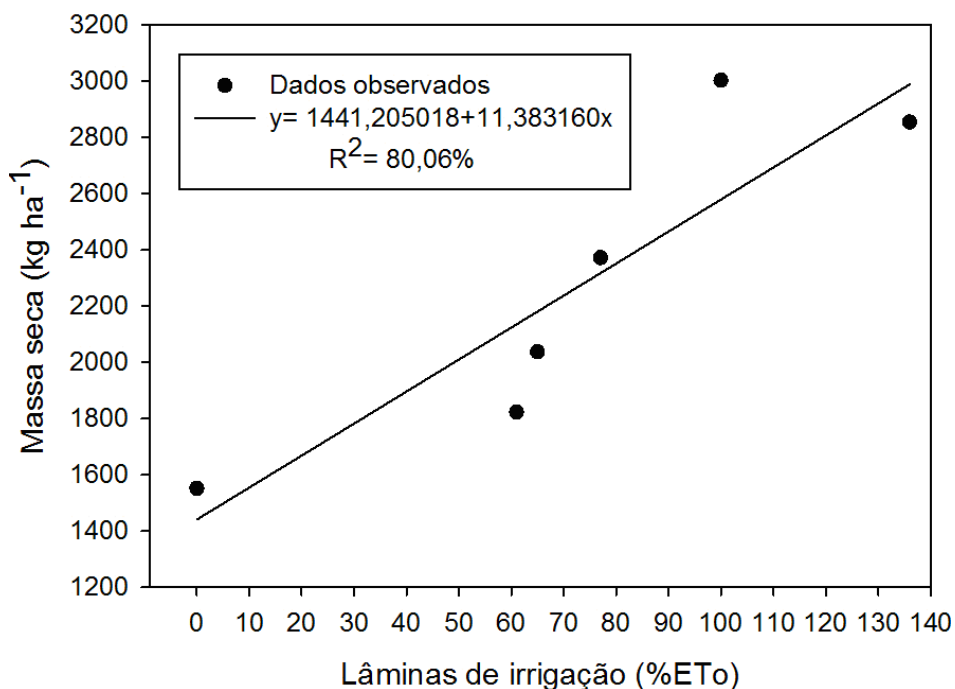
Através dos resultados observados na Figura 24, pode-se verificar o efeito das lâminas de irrigação sobre a massa seca produzida no segundo corte, onde a equação que melhor se ajustou aos dados foi a de primeiro grau, com r^2 de 75,57 %.

A lâmina que apresentou a maior produtividade de massa seca foi a de 100 % da ETo com 4923 kg.ha⁻¹, seguida pela lâmina de 136 % com 4408 kg.ha⁻¹, na sequência a de 77 % com 4027 kg.ha⁻¹, logo após a lâmina de 65 % com 3409 kg.ha⁻¹, e as menores médias foram obtidas na lâmina de 61 % com 2953 kg.ha⁻¹ e a menor produtividade na lâmina não irrigada com 2389 kg.ha⁻¹.

Desta maneira, é possível observar que houve um aumento na produtividade das lâminas de 100 e 136 % da ETo e diminuição nas demais lâminas em relação ao primeiro corte. Esse aumento é resultado do adequado fornecimento hídrico e do aumento no perfilhamento das plantas devido à realização do primeiro corte, e também pelas condições de radiação solar e temperaturas favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Já a queda de produtividade nas demais lâminas, é devida ao estresse hídrico proporcionado pela falta de água após o primeiro corte, onde no momento em que a planta estava reiniciando a rebrota, houve falta de água, ocasionando queda de produtividade. Também é possível observar que a amplitude de variação entre os tratamentos foi maior no segundo corte em relação ao primeiro.

No terceiro corte realizado aos 110 DAS, também foi encontrada diferença estatística significativa para a influência das diferentes lâminas de irrigação para a produtividade de massa seca por hectare conforme Figura 25.

Figura 25 – Produção de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no terceiro corte do sorgo forrageiro aos 110 DAS.



Através dos resultados observados na Figura 25, é possível verificar o efeito das diferentes lâminas de irrigação sobre a massa seca produzida no terceiro corte, onde a equação que melhor se ajustou aos dados foi a de primeiro grau, com r^2 de 92,93 %.

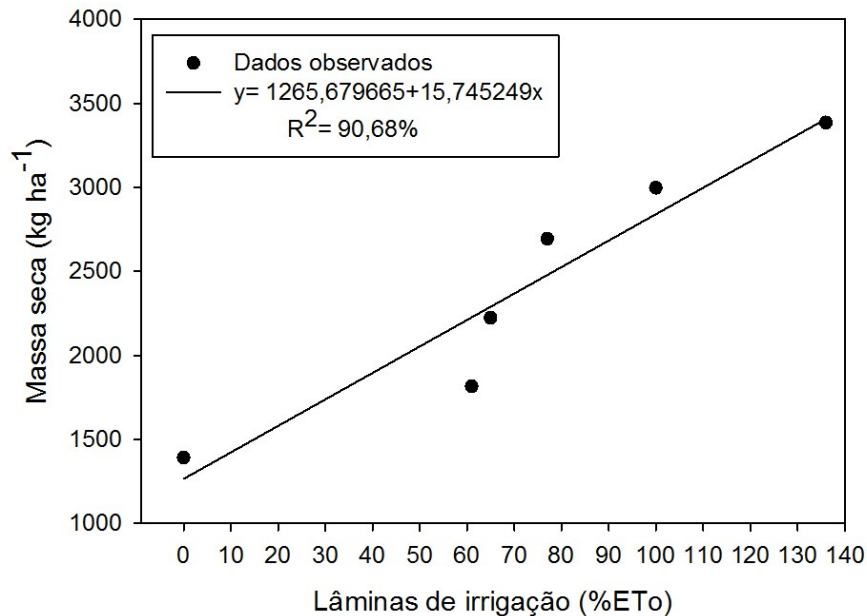
A lâmina que apresentou a maior produtividade de massa seca foi a de 100 % da ETo com 3003 kg.ha^{-1} , seguida pela lâmina de 136 % com 2854 kg.ha^{-1} , na sequência a de 77 % com 2372 kg.ha^{-1} , após a lâmina de 65 % com 2037 kg.ha^{-1} , e as menores médias foram obtidas na lâmina de 61 % com 1823 kg.ha^{-1} e a menor produtividade na lâmina não irrigada com 1551 kg.ha^{-1} .

Através dos resultados encontrados para a variação da massa seca conforme a lâmina de irrigação aplicada para o terceiro corte realizado aos 110 DAS, é possível verificar que o comportamento das produtividades de massa seca foi de incremento de produção nas maiores lâminas, ou seja, as lâminas de 100 e 136 % da ETo obtiveram as maiores produtividades em relação as demais, demonstrando o quanto o incremento da irrigação proporcionou aumento de produtividade no sorgo forrageiro e, o quanto a água exerce influência no crescimento e desenvolvimento das plantas. Também é possível verificar que a menor produtividade de massa seca foi obtida na lâmina não irrigada, com grande amplitude de produção em relação às maiores produções, ficando muito abaixo da lâmina com maior produtividade, apresentando queda de 48 % em relação a lâmina de 100 % da ETo e caracterizando assim, a importância do suprimento hídrico para o adequado desenvolvimento das plantas.

Outro aspecto importante a ser mencionado é o declínio das produtividades de todas as lâminas em relação aos cortes anteriores. Esta queda na produtividade é função da queda natural de potencial de produção da cultura, devido ao fato de já terem sido realizados dois cortes anteriores e também a época do ano, com menor radiação solar e, conseqüentemente, menor crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém, é importante ressaltar que o efeito das diferentes lâminas se manteve apesar das menores produtividades obtidas.

No quarto corte realizado aos 140 DAS, também foi encontrada diferença estatística significativa para a influência das diferentes lâminas de irrigação para a produtividade de massa seca por hectare conforme Figura 26.

Figura 26 – Produção de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no quarto corte do sorgo forrageiro aos 140 DAS.



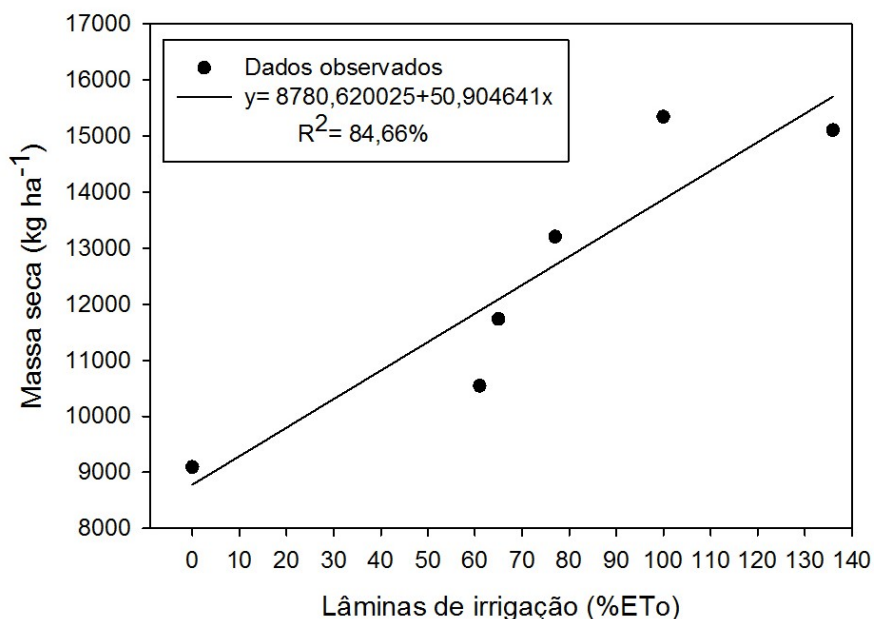
Através dos resultados observados na Figura 26, é possível verificar o efeito das diferentes lâminas de irrigação sobre a massa seca produzida no quarto corte, onde a equação que melhor se ajustou aos dados foi a de primeiro grau, com r^2 de 90,68 %.

A lâmina que apresentou a maior produtividade de massa seca foi a de 136 % da ETo com 3385 kg.ha⁻¹, seguida pela lâmina de 100 % com 2996 kg.ha⁻¹, na sequência a de 77 % com 2694 kg.ha⁻¹, após a lâmina de 65 % com 2254 kg.ha⁻¹, e as menores médias foram obtidas na lâmina de 61 % com 1814 kg.ha⁻¹ e a menor produtividade na lâmina não irrigada com 1391 kg.ha⁻¹.

Através da análise dos resultados, é possível verificar que o comportamento se manteve, com maiores médias encontradas nas maiores lâminas e a menor média na lâmina não irrigada. No geral, as produtividades encontradas ficaram um pouco abaixo das obtidas no corte anterior, porém, a diferença de produtividade entre a lâmina 100 % da ETo e a não irrigada praticamente se manteve, onde o incremento de produção na lâmina irrigada citada foi de 46 % em relação a não irrigada, tendo como fator determinante para essa variação a água aplicada através da irrigação.

A produção total do sorgo forrageiro ao longo dos quatro cortes realizados para as diferentes lâminas de irrigação avaliadas também apresentou diferença estatística significativa estando representadas na Figura 27.

Figura 27 – Produção total de massa seca nas diferentes lâminas de irrigação no somatório dos quatro cortes realizados.



Através dos resultados observados na Figura 27, é possível verificar o efeito das diferentes lâminas de irrigação sobre a massa seca produzida total ao longo dos quatro cortes realizados, onde a equação que melhor se ajustou aos dados foi a de primeiro grau, com r^2 de 84,66 %.

A lâmina que apresentou a maior produtividade de massa seca foi a de 100 % da ETo com 15343 kg.ha⁻¹, seguida pela lâmina de 136 % com 15105 kg.ha⁻¹, na sequência a de 77 % com 13207 kg.ha⁻¹, após a lâmina de 65 % com 11735 kg.ha⁻¹, e as menores médias foram obtidas na lâmina de 61 % com 10542 kg.ha⁻¹ e a menor produtividade na lâmina não irrigada com 9096 kg ha⁻¹.

Desta maneira, é possível observar que a produtividade total no somatório dos quatro cortes, manteve a mesma tendência obtida na análise individual dos cortes, onde as maiores produtividades foram encontradas nas lâminas com maiores níveis de irrigação, sendo elas na 100 % da ETo com 15343 kg.ha⁻¹ e na sequência a 136 % com 15105 kg.ha⁻¹. A variação entre as produtividades da lâmina com maiores médias e a lâmina com menor média foi de 40,7 %, onde segundo as

recomendações da Atlântica sementes, produtora das sementes utilizadas, as produtividades podem ser até 100 % superiores quando irrigadas, porém, os resultados encontrados de 40,7 % de incremento na produção da lâmina de irrigação com a maior produtividade em relação a não irrigada, são atribuídos ao ano de realização do estudo que apresentou precipitação total elevada e foram necessárias apenas sete irrigações ao longo do período de estudo.

Contribui com os resultados encontrados no presente trabalho Vale & Azevedo (2013), que em avaliação da produtividade e qualidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito dessanilizados, obtiveram produtividade de 14500 kg.ha⁻¹ de massa seca no tratamento irrigado com lençol freático, enquanto no presente trabalho a maior produção total de massa seca no somatório da produção dos quatro cortes realizados foi na lâmina 100 % com 15343 kg.ha⁻¹, ou seja, 843 kg.ha⁻¹ a mais.

Outro trabalho que corrobora com os resultados obtidos é o de Zwirtes (2013), que em avaliação das características morfofisiológicas e produtividade de plantas de sorgo submetidas à irrigação deficitária, encontrou maior produtividade de massa seca na lâmina de 100 % da ETc com 13785 kg.ha⁻¹, ficando abaixo dos 15343 kg.ha⁻¹ encontrados na lâmina de 100 % da ETo. Também contribuem os resultados encontrados por Skonieski et al., (2010) que trabalhando com sorgo duplo propósito encontraram produção de massa seca de 13006 kg.ha⁻¹, enquanto que para o sorgo forrageiro obtiveram produtividade de 17527 kg.ha⁻¹.

Os resultados obtidos no presente trabalho são opostos em relação aos de Almeida (2011), que trabalhando com a produção de massa seca de diferentes espécies forrageiras irrigadas e não irrigadas, não obteve diferença estatística significativa. Porém, os resultados de produtividade de massa seca das diferentes espécies forrageiras, sendo elas, o Pioneiro obteve 15956 kg.ha⁻¹, o capim Marandu 16421 kg.ha⁻¹, o Tifton 85 15767 kg.ha⁻¹ e o Mombaça 12184 kg.ha⁻¹ encontrados no tratamento irrigado, ficaram próximos aos obtidos no presente trabalho com sorgo forrageiro, que na lâmina de 100 % da ETo apresentou produção de 15343 kg.ha⁻¹.

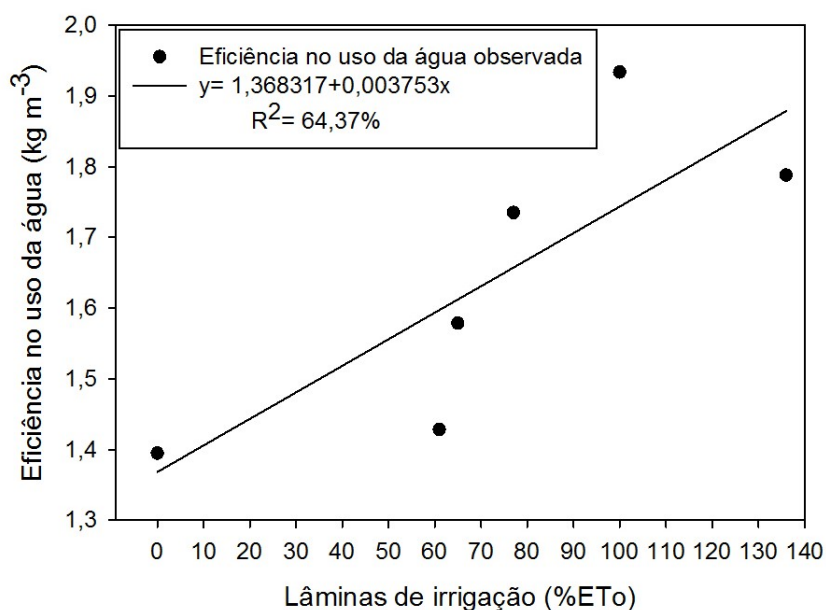
A ANOVA e a análise complementar para cada corte e para o total produzido para a massa seca estão apresentadas nos Apêndices BJ, BK, BL, BM E BN respectivamente.

4.3 EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA

A eficiência no uso da água é uma relação entre a quantidade de massa seca (MS) total no somatório da produção dos quatro cortes realizados por área, com o total de água aplicada no somatório entre a precipitação efetiva e as diferentes lâminas de irrigação, sendo elas 0, 61, 65, 77, 100 e 136 % da evapotranspiração de referência (ET_o).

A resposta da eficiência no uso da água do sorgo forrageiro sob diferentes lâminas de irrigação está representada na Figura 28. Já no apêndice BO pode-se observar a Análise de variância e a análise complementar.

Figura 28 – Eficiência no uso da água no sorgo forrageiro em relação ao total de água aplicada no somatório da precipitação efetiva e as diferentes lâminas de irrigação aplicadas.



Desta forma, conforme figura 28, pode-se observar que nas lâminas de 136 % e na de 100 % da Eto foram encontradas as maiores EUA, com 1,78 kg.m⁻³.ha⁻¹ e 1,93 kg.m⁻³.ha⁻¹, respectivamente. Apesar de a maior média ter sido encontrado na lâmina de 100 % da ETo com 1,93 kg.m⁻³.ha⁻¹, a equação ajustada foi a de primeiro grau, ou seja, linear, com R² de 64, 37 %, não sendo encontrada a maior eficiência técnica entre os tratamentos, sendo recomendado estudos com lâminas de irrigação maiores que a máxima utilizada no presente trabalho.

Os resultados vão ao encontro dos obtidos por Souza et al. (2011), que trabalhando com cinco diferentes lâminas de irrigação: 0 %, 50 %, 75 %, 100 % e 125 % da ETo, para o cultivo de milho e de feijão-caupi consorciados, na região de Petrolina-PE, observaram comportamento linear para a eficiência no uso da água do milho em plantio exclusivo, onde os valores encontrados para as diferentes lâminas foram de 0,46 kg.m⁻³, 0,58 kg.m⁻³, 0,67 kg.m⁻³, 0,72 kg.m⁻³ e 0,77 kg.m⁻³ em função dos tratamentos citados, caracterizando assim que o incremento na lâmina de irrigação proporcionou o aumento da EUA, assim como no presente trabalho, onde também houve aumento da EUA conforme o incremento da lâmina de irrigação, sendo ajustada a equação linear.

Por outro lado, os resultados encontrados vão ao desencontro dos encontrados por Parizi (2009), que trabalhando com cinco estratégias de irrigação 0%, 60%, 80%, 100% e 120% da ETo, também em Santiago-RS, com a cultura do milho, observou que a eficiência do uso da água apresentou os maiores valores 3,41 kg m⁻³.ha⁻¹ e 3,46 kg.m⁻³.ha⁻¹ nos tratamentos 80% e 100% da ETo e o menor valor 3,0 kg.m⁻³.ha⁻¹ foi obtido com 120% da ETo, ou seja, lâminas superiores a 100 % diminuiram a EUA.

Outro trabalho onde os resultados foram opostos aos obtidos no presente trabalho é o realizado por Melo (2006), que em estudo sobre a avaliação de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) r. brown) sob diferentes níveis de água no solo, encontrou eficiência no uso da água maior para as menores lâminas de irrigação, sendo que foram testadas as seguintes lâminas: 0, 25, 50, 75 e 100 % da capacidade de campo do solo. A maior eficiência foi encontrada na lâmina de 25 % da capacidade de campo com 4,50 g/kg, enquanto que o menor valor da eficiência no uso da água foi obtido na lâmina de 100 % da capacidade de campo com 3,00 g.kg, caracterizando assim, resultados opostos aos obtidos no presente trabalho, onde as maiores eficiências foram encontradas nas maiores lâminas de irrigação de 136 % e 100 % da ETo com 1,78 e 1,93 kg.m⁻³.ha⁻¹, respectivamente.

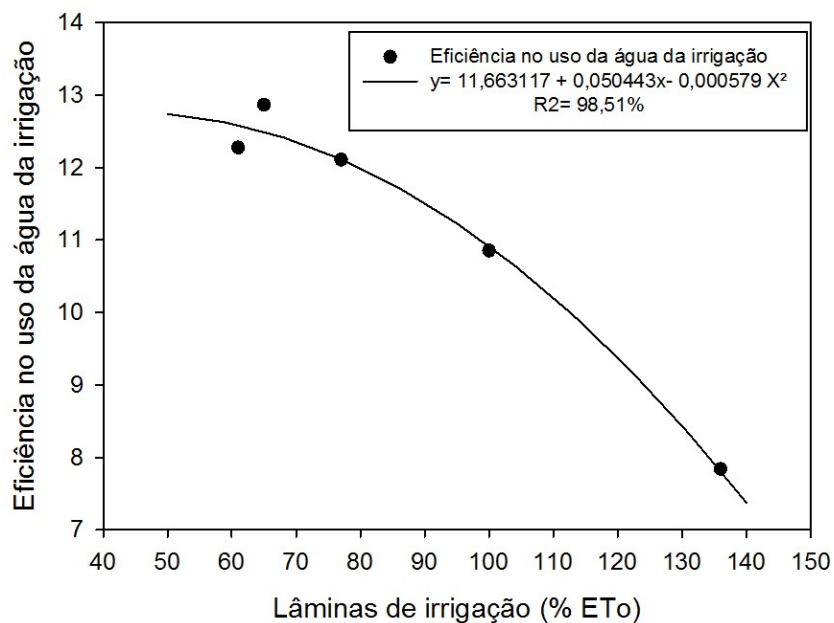
4.4 EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA IRRIGAÇÃO

A eficiência no uso da água da irrigação é uma relação entre a quantidade total de massa seca (MS) produzida no somatório da produção dos quatro cortes

realizados por área, com o total de água aplicada nas diferentes lâminas de irrigação utilizadas, sendo elas 0, 61, 65, 77, 100 e 136 % da evapotranspiração de referência (ET_o), desconsiderando a precipitação ocorrida.

A resposta da eficiência no uso da água da irrigação para a cultura do sorgo forrageiro está representada na Figura 29. Já no apêndice BP pode-se observar a Análise de variância e a análise complementar.

Figura 29 – Eficiência no uso da água da irrigação no sorgo forrageiro para as lâminas de irrigação aplicadas.



Como pode ser observado na Figura 27, a equação ajustada para a eficiência no uso da água da irrigação foi a de segundo grau, com R² de 98,51%, onde a lâmina que apresentou a maior média foi a de 65 % da ETo com 12,86 kg.m⁻³.ha⁻¹, seguida pela lâmina de 61% com 12,27 kg.m⁻³.ha⁻¹, e a menor média foi obtida na lâmina de 136 % com 7,83 kg.m⁻³.ha⁻¹, caracterizando que as menores lâminas apresentaram uma eficiência maior no uso da água da irrigação, onde a produção de massa seca por m³ de água aplicada foi maior.

Desta maneira, como a equação ajustada foi a de segundo grau, foi determinado o ponto de máxima eficiência técnica para a água irrigada, onde foi encontrada uma lâmina de 47% da ETo com 12,94 kg.m⁻³.ha⁻¹.

Os resultados encontrados vão ao encontro dos obtidos por Martin et al., (2012), que em trabalho sobre a irrigação deficitária para aumentar a produtividade

de água na produção de silagem de milho, adotou três estratégias de irrigação sendo elas, irrigação plena, déficit hídrico leve e déficit hídrico moderado. O tratamento com déficit moderado, ou seja, o com menor lâmina de água aplicada, obteve a maior WP irri (produtividade da água da irrigação) com 24,1 kg.m³ de massa seca, com diferenças muito superiores aos demais tratamentos, onde o tratamento com irrigação plena obteve 8,9 kg.m³ de massa seca.

Estes valores indicam que o tratamento com déficit hídrico moderado foi mais eficiente na utilização da água da irrigação com uma WP irri superior em 2,7 vezes ao tratamento com irrigação plena, enquanto que no presente trabalho, os resultados na eficiência da água da irrigação na lâmina de 65% da ETo foi 1,61 vezes superior ao tratamento com 136% da ETo.

Outro trabalho onde os resultados corroboram com os obtidos neste estudo é o realizado por Melo (2006), que em estudo sobre a avaliação de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) r. brown) sob diferentes níveis de água no solo, encontrou eficiência no uso da água maior para as menores lâminas de irrigação, sendo que foram testadas as seguintes lâminas: 0, 25, 50, 75 e 100 % da capacidade de campo do solo. A maior eficiência foi encontrada na lâmina de 25 % da capacidade de campo com 4,50 g.kg⁻¹, enquanto que o menor valor da eficiência no uso da água foi obtido na lâmina de 125 % da capacidade de campo com 3,00 g.kg⁻¹, caracterizando assim, resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho, onde as maiores eficiências no uso da água da irrigação foram encontradas nas menores lâminas de irrigação de 65% e 61% da ETo com 12,86 e 12,27 kg.m⁻³.ha⁻¹, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Através do trabalho realizado, tendo em vista a data de semeadura da cultura, o número de cortes realizados, o período de cortes, o local da realização do experimento e a metodologia empregada, pode se concluir que:

A) A maior produtividade de massa seca por hectare total é obtida na lâmina de 100% da Eto, onde observou-se uma produtividade de 15343 kg.ha⁻¹. Já a menor produtividade foi encontrada na lâmina de 0% da Eto com 9096 kg.ha⁻¹.

B) As lâminas de irrigação de 136 % e 100 % da ETo alternaram os melhores resultados em todas os parâmetros avaliados.

C) O IAF sofreu influência estatística significativa das lâminas de irrigação para a grande maioria das datas de avaliação realizadas (DAS), onde a lâmina de 100 % da ETo proporcionou os maiores índices em praticamente todas as avaliações realizadas.

D) Houve diferença estatística significativa para a influência das diferentes lâminas de irrigação na cultura do sorgo forrageiro para as demais avaliações realizadas, sendo elas, altura de planta, altura de colmos, número de colmos/m² e relação folha/colmo, onde as lâminas de 100 e 136% da ETo apresentaram os melhores resultados.

E) A eficiência no uso da água total no somatório entre a precipitação efetiva e as diferentes lâminas de irrigação aplicadas ajustada foi de equação linear, onde as maiores médias foram obtidas nas lâminas de 100 e de 136 % com 1,78 e 1,93 kg.m⁻³.ha⁻¹, respectivamente, não sendo encontrado a máxima eficiência técnica entre os tratamentos.

F) A eficiência no uso da água da irrigação ajustada foi de equação quadrática, onde as maiores médias foram obtidas nas lâminas de 65% e 61% da ETo com 12, 86 kg.m⁻³.ha⁻¹ e 12, 27 kg.m⁻³.ha⁻¹, respectivamente, sendo encontrado o ponto de máxima eficiência técnica para uma lâmina de 47% da ETo.

G) A irrigação por aspersão convencional apresenta-se como uma alternativa para os produtores da região centro-oeste do Rio Grande do Sul, uma vez que, a sua utilização proporcionou elevado incremento de produção de massa seca na cultura do sorgo forrageiro.

H) A utilização de irrigação suplementar pode ser alternativa para maximizar a produtividade do sorgo forrageiro na região Centro-Oeste do RS, pois sua utilização influenciou na produção de massa seca total e dos quatro cortes, bem como, em todas as demais avaliações realizadas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. M. S.; MORAES, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. **Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção**, 2 ISSN 1679-012X. Versão Eletrônica – 3. ed. 2007. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/clima.htm>. Acesso em: 10 out. 2014.

AITA, V. **Utilização de diferentes pastagens de estação quente na recria de bovinos de corte**. Santa Maria, 102 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1995.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, J. **Evapotranspiration del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

ALMEIDA, E. L. D. D. **Irrigação de plantas forrageiras tropicais e sorgo granífero na região do arenito Caiuá-Paraná**. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2011.

ÁLVARES, J. A. S.; HOLANDA Jr, E. V.; MELO, M. V. M.; MADALENA, F. E. Produção de leite em pastagens irrigadas. In: 3º ENCONTRO DE PRODUTORES DE F1 – JORNADA TÉCNICA SOBRE UTILIZAÇÃO DE F1 PARA PRODUÇÃO DE LEITE, 3., 2001, Juiz de Fora. **Anais...** p. 23-32. Disponível em: http://www.fernandomadalena.com/site_arquivos/833.pdf.

ALVES FILHO, D. C. **Evolução do peso e desempenho anual de um rebanho de cria, constituído por fêmeas de diferentes grupos genéticos**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1995. 131 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1995.

ALVES JÚNIOR, J. **Necessidade hídrica e resposta da cultura de lima ácida ‘Tahiti’ a diferentes níveis de irrigação**. 2006. 101 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2006.

AMARAL, S. R.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, V. F. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condição controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 8, p. 973-979, ago. 2003. Disponível em: Acesso em: 15 jan. 2014.

AMARAL, S. R. et al. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condição controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 973-979, 2003.

ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de zootecnia, 1996. p. 438-440.

ANUALPEC. **Anuário estatístico da produção animal**. FNP. São Paulo: Camargo Soares, 2000. 392 p.

BEGG, J. E.; TURNER, N. C. Crop water deficits. **Advances in Agronomy**, v. 28, 1976. p. 161- 217.

BERLATO, M. A. et al. Associação entre El Niño oscilação Sul e a produtividade de milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 423-432, 2005.

BUSO, W. H. D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. (Eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005. cap. 2 , p. 95-104.

CARVALHO, L. F.; MEDEIROS FILHO, S.; ROSSETTI, A. G.; TEÓFILO, E. A. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 185-192, 2000.

CARVALHO, T. B. D.; ZEN, S. D.; TAVARES, E. C. N. Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47. 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER. 2009. Disponível em: Acesso em: 13 jul. 2014.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 1, p. 501-546. 2005.

CAUDURO, F. A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem**. PRONI/ IPH-UFRGS, Porto Alegre - RS, 1986. 216 p.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Revista Bahia Agrícola**, v. 7, p. 57-60, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

CORSI, M.; SILVA, S. C.; FARIA, V. P. Princípios de manejo do capim-elefante sob pastejo. **Informe Agropecuário**, v. 19, n. 192, p. 36-43, 1998.

CUNHA, C. A. H. D. **Relação entre comportamento espectral, índice de área foliar e produção de matéria seca em capim Tanzânia submetido a diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogênio.** 173 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

CUNHA, F. F. D.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; PEREIRA, O. G.; ABREU, F. V. D. S. Produtividade de capim-tanzânia em diferentes níveis e frequências de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 103-108, 2008.

CUNHA, F. F.; SOARES, A. A.; PEREIRA, O. G.; LAMBERTUCCI, D. M.; ABREU, F. V. S. Características morfogênicas e perfilhamento do *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 628-635, 2007.

DOURADO-NETO et al. Manejo da irrigação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 19. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 189-216. 2002.

DRUMOND, L. C. D. **Aplicação de água residuária de suinocultura por aspersão em malha:** desempenho hidráulico e produção de matéria seca de Tifton 85. 102 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2003.

DRUMOND, L. C. D.; AGUIAR, A. P. A. **Irrigação de Pastagem.** Uberaba: Ed. Drumond, 2005. 210 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

ESTANISLAU, M. L. L.; CANÇADO Jr., F. L. Aspectos econômicos da pecuária de corte. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 205, p. 5-16, 2000.

FARSUL. **A importância e desafios da agricultura na economia Regional:** A agricultura é importante para o crescimento e desenvolvimento econômico ou é apenas fornecedora de alimentos?, 2015. Disponível em: http://www.farsul.org.br/arquivos/estudo_competitividade.pdf. Porto Alegre: Sistema FARSUL. Acesso em: 10 ago. 2015.

FERNANDES, L. B.; FRANZOLIN, R.; FRANCO, A. V. M.; CARVALHO, G. Aditivos orgânicos no suplemento concentrado de bovinos de corte mantidos em pastagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 2, p. 231-238, 2008.

FISCHER, R. A.; TURNER, N. C. Plant productivity in the arid and semi-arid zones. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 29, p. 277-317, 1978.

GARGANTINI, P. E. Irrigação e adubação nitrogenada em capim mombaça na região oeste do estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Teresina. **Anais...** Viçosa: ABID, 2005. (CD-ROM).

GOMES, M. M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; MACHADO, M. A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 3, p. 155-161, 2004.

GUBIANI, P. I.; REINERT, D. J. & REICHERT, J. M. Método alternativo para a determinação da densidade de partícula do solo - exatidão, precisão e tempo de processamento. **Ciência Rural**, v. 36, p. 664-668, 2006.

GUEDES, F. L.; TARDIN, F. D.; MAGALHAES, J. V. de; NASCIMENTO, J. M. S.; SANTOS, F. G.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação fenotípica de linhagens de sorgo granífero quanto a tolerância a seca em pós-florescimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4. 2007, São Lourenço. Melhoramento de plantas e agronegócio: **Anais...** Lavras: UFLA: SBMP, 2007. CD-ROM.

HONG-BO, S.; CHU, L. Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p. 215-225, 2008.

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

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009, 452 p.

KRAMER, P. J. Water relations of plants. New York: **Academic Press**, 1983, 489 p.

KRAMER, P. J.; BOYER, M. **Water relations of plants and soils**. New York. Ed. Macgraw-Hill, 1995, 482 p.

KRIEG, D. R. Sorghum. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M., (Eds.). **Crop water relations**. New York, John Willey & Sons, 1983, p. 351- 388.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grass. A review. **Herbage Abstracts**, v. 33, p. 141-148, 1963.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Editora Pedagógica e Universitária Ltda., São Paulo, 1986, 319 p.

LARCHER, W. Gas exchange in plants. In: **Physiological plant ecology**. 3rd edition. p. 74-128. Berlin: Springer, 1995.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, v. 36, p. 331-335, 1996.

LIMA, N. R. C. D. B. **Disponibilidade de água e desenvolvimento de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) e braquiária (*Brachiaria brizanta* (A. Rich) Stapf cv. Marandu) consorciadas**. 52 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, SP, 2009.

LIRA, M. A.; ARAÚJO, M. R. A.; MACIEL, G. A.; LEIMING, G. Comportamento de novas progênies de sorgo forrageiro para o semi-árido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 11, p. 1239-1246, 1988.

LOPES, R. S.; FONSECA, D. M.; OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. A. D; ANDRADE, A. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. D; MASCARENHAS, A. G. Efeito da irrigação e adubação na disponibilidade e composição bromatológica da massa seca de lâminas foliares de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 20-29, 2005.

LUDLOW, M. M.; NG, T. T. Effect of water deficit on carbon dioxide exchange and leaf elongation rate of *Panicum maximum* var. *Trichoglume*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 3, p. 401-413, 1976.

MACHADO, R. C. R.; SOUZA, H. M. F.; MORENO, M. A.; ALVIM, P. T. Variáveis relacionadas com a tolerância de gramíneas forrageiras ao déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 6, p. 603-608, 1983.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 87).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo - Circular Técnica, 3).

MARANHÃO, C. M. A.; SILVA, C. C. F.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V. Produção e composição bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum**, v. 31, n. 2, p. 117-122, 2009.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology, Bethesda**, v. 96, p. 198-207. 1991.

MATZENAUER, R. **Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul.** 172 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1994.

MELO, D. A. D. **Avaliação de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) sob diferentes níveis de água no solo.** 2006. 59 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, Campina Grande, PB, 2006.

MENESES, C. H. S. G.; LIMA, L. H. G. M.; LIMA, M. M. A.; VIDAL, M. S. REVISÃO: Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande. 2006. v. 10, n. 1/2, p. 1039-1072.

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

MINGARDO, M. **Irrigação: Água para garantir bom pasto.** 2005. Disponível em: revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev90_pastagem.htm. Postado em: agosto de 2005.

MORAES, A.; MARASCHIN, G. E. Pressões de pastejo e produção animal em milho cv. comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 197-205. 1988.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com quando e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, 2003.

MOREIRA, L. R. **Caracterização morfofisiológica de cultivares de sorgo sacarino em estresse hídrico.** 90 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura. 1961.

MOTA, V. J. G.; REIS, S. T.; SALES, E. C. J.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; OLIVEIRA, F. G.; WALKER, S. F.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C. Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagens de capim elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1191-1199, 2010.

MUEHLMANN, L. D.; ROCHA, M. G.; RESTLE, J. Utilização de pastagem de estação quente com bovinos desmamados precocemente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 3, p. 584-589, 1997.

MURARO, G. **Impacto do espaçamento, número de cortes e da idade de corte na produção e composição bromatológica de cana-de-açúcar para silagem.** 2007, 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2007.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 213-251.

NASCIMENTO, R. Crescimento de plantas de sorgo sob diferentes disponibilidades de água no solo. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 23, n. 1, p. 53-54. 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirement of beef cattle. 6. ed. **Washington, National Academy Press**, 1966. 90 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirement of beef cattle.** 6. ed. Washington, National Academy Press, 1966. 90 p.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NORNBORG, J.; OLIBONI, R.; PELLEGRINI, L. G. de; FARIA, M. V.; OLIVEIRA, M. R. Efeito associativo do espaçamento entre linhas de plantio, densidade de plantas e idade sobre o desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 2, p. 165-181, 2008.

NIED, A. H. et al. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica no município de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 35, n. 5, p. 995-1002, 2005.

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: Castro, P.R.C.; Ferreira, S.O.; Yamada, T. **Ecofisiologia da produção agrícola.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potássio e do Fósforo, p. 71-81, 1987.

PALIERAQUI, J. G. B.; FONTES, C. A. A.; RIBEIRO, E. G.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; FERNANDES, A. M. Influência da irrigação sobre a disponibilidade, a composição química, a digestibilidade e o consumo dos capins Mombaça e Napier. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2381-2387, 2006.

PARIZI, A. R. C.; ROBAINA, A. D.; GOMES, A. C. S.; SOARES, F. C.; RAMAO, C.; CALEGARO, L.; PEITER, M. X. Efeito de diferentes estratégias de irrigação sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. **Irriga**, v. 14, p. 254-269, 2009.

PEACOAK, J. M. & WILSON, G. L. Sorghum. In: GOLDSWORTHY, P.R. & FISCHER, N. M. (Eds.). **The physiology of tropical field crops.** New York, Wiley. p. 249-279, 1984.

PEITER, M. X.; CARLESSO, R. Comportamento do sorgo granífero em função de diferentes frações de água disponível no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 51-55, 1996.

PEREIRA, M. R. R. **Comportamento fisiológico e morfológico de clones de Eucalyptus sp. W. (Hill ex. Maiden) submetidos a diferentes níveis de água no solo.** 69 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, 2006.

PETRY, C. **Adaptação de cultivares de soja a deficiência hídrica no solo.** 106 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 1991.

PINHEIRO, V. D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil.** 103 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola superior de agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

PINTO, J. C.; GOMIDE, J. A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais cultivadas em vaso, com duas doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 313-326, 1994.

PORTAL PLANALTO. In: **Responsável por 23% do PIB, Plano Safra impulsiona agropecuária.** Brasil: Palácio do Planalto Presidência da República, 2015. Disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/noticias/2015/06/responsavel-por-23-do-pib-plano-safra-impulsiona-agropecuaria>. Acesso em 10 ago. 2015.

PORTES, M. T.; ALVES, T. H.; SOUZA, G. M. Water deficit affects photosynthetic induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understorey and gap conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 4, p. 491-512, oct./dec. 2006.

PRADO, I. N. D.; MOREIRA, F. B.; NASCIMENTO, W. G. Desempenho de Bovinos em Crescimento e Terminação Mantidos em Pastagem Durante o Verão e Suplementados com Sal Proteinado. **Acta Scientiarum**, (UEM), Maringá, v. 24, n. 4, p. 1059-1064, 2002.

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**, v. 60, p. 565-571, 2003.

QUEIRÓZ, M. V. B. M. D. **Balanço energético na produção de sorgo sacarino em cultivo irrigado e sequeiro.** 50 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2014.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

RAUPP, A. A.; BRANÇÃO, N.; PARFITT, J. M.; FRANCO, J. C. Ensaio nacional de sorgo corte/ pastejo 1999/2000. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 28.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 45, 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000.

RESTLE, J.; FERREIRA, M. V. B.; SOARES, A. B. et al. Produção animal em pastagem nativa ou cultivada durante o período de verão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33. 1996, Fortaleza. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p. 438-440.

RESTLE, J.; VAZ, F. N.; ALVES FILHO et al. Efeito da suplementação energética sobre a carcaça de vacas de diferentes idades, terminados em pastagem cultivada de estação fria sob pastejo horário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 1076-1083, 2001.

RIBAS, M. N.; MACHADO, F. S. Produção de forragem utilizando híbridos de sorgo com capim Sudão (*S. bicolor* x *S. sudanense*). **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de Produção, 2 ISSN 1679-012X (Versão Eletrônica) 6. ed. set. 2010.

RODRIGUES, P. H. M.; SENATORE, A. N.; ANDRADE, S. J. T.; RUZANTE, J. M.; LUCCI, C. S.; LIMA, F. R. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2373-2379, 2002.

SANTOS, F. G.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E.; LIMA, J. M. P.; PITTA, G. V. E.; CASELA, C. R.; SILVA, F. A. S. **BRS Ponta Negra Variedade de Sorgo Forrageiro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Comunicado Técnico, 145).

SARAIVA, V. M.; KONIG, A. Produtividade do capim-elefante-roxo irrigado com efluente doméstico tratado no semiárido potiguar e suas utilidades. **HOLOS**, Natal, v. 29, n. 1, p. 28-46, jan.-fev. 2013.

SILVA, L. B. & FREITAS, H. M. B. Texto Acadêmico - **Os Vegetais e a Água**. UFBA / Projeto Qualibio, Salvador, 1998. Disponível em: <http://www.qualibio.ufba.br/012.html>. Acesso em: 05 de jun. de 2014.

SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: Simpósio sobre Ecossistemas de Pastagens, 3. Jaboticabal, 1997. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997, p. 1-62.

SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: Simpósio sobre Ecossistemas de Pastagens, 3, 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1997. p. 1-62.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. D. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, nov./dez. 2002.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. **Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos**. In: FARIA, M. A. (Coord.). Manejo de irrigação. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 311-348.

SILVEIRA, A. P. **Valor nutritivo de forrageiras de inverno e produção de silagem pré-secada**. 69 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de pós-graduação em zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015.

SOUZA, E. M. **Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a produção e matéria seca e qualidade de forragem de cultivares de *Panicum maximum***. **Jacq**. 60 p. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção Animal) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2003.

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, 2008. 222 p.

SUTCLIFFE, J. F. **As plantas e a água**. São Paulo: EPU, 1980. 126 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004, 722 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2nd ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998, 792 p.

TANAKA, A. A. **Desenvolvimento de plantas de sorgo submetidas a diferentes níveis de lençol freático**. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2010.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. Universidade Federal do Espírito Santo. 128 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, ES, 2006.

VALE, M. B.; AZEVEDO, P. B. Avaliação da produtividade e qualidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito do dessalinizador. **HOLOS - Revista Científica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte**, Barbacena, v. 3, p. 181-195, 2013.

VIANA, M. C. M.; QUEIROZ, C. G. S.; LEMOS FILHO, J. P., ANDRADE, C. L. T.; PURCINO, H. M. A. **Produção de biomassa e índice de área foliar em gramíneas forrageiras em sistema irrigado e de sequeiro, durante a estação seca.** Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. Anais. SBFV Recife. Brasil. p. 1-3, 2005.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

WILSON, G. L.; EASTIN, J. D. The plant and its environment. In: WILSON, G. L.; EASTIN, J. D. Sorghum in the Eighties, **ICRISAT**, v. 1. p. 101-119, 1982.

WILSON, J. R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J. B. (Ed.) **Nutritional limits to production from pastures**, Farnham Royal: CAB, 1982. p. 111-131.

XAVIER, A. C.; LOURENÇO, L. F.; COELHO, R. D. Modelo matemático para manejo da irrigação por tensiometria em pastagem *Panicum maximum* Jacq. rotacionada sob pivô central. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. Piracicaba, 2001, **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 249-250.

ZWIRTES, A. L. **Características morfofisiológicas e produtividade de plantas de sorgo submetidas à irrigação deficitária.** 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013.

APÊNDICES

Apêndice A – Análise de variância da altura de plantas aos 50 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1957,17	652,39	2,932	0,0676	8,21
LÂMINA	5	827,60	165,52	0,744	0,6028	
ERRO	15	3337,78	222,51			
TOTAL	23	6122,55				
MÉDIA GERAL		181,7787				
DMS	34,28					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice B – Análise de variância da altura de plantas aos 65 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	275,93	91,97	1,095	0,3819	14,63
LÂMINA	5	112,74	22,54	0,268	0,9234	
ERRO	15	1260,17	84,03			
TOTAL	23					
MÉDIA GERAL		62,65				
DMS	21,06					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice C – Análise de variância da altura de plantas aos 72 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	472,69	157,56	1,735	0,2026	11,19
LÂMINA	5	506,55	101,31	1,116	0,3933	
ERRO	15	1361,88	90,79			
TOTAL	23	2341,13				
MÉDIA GERAL		85,17				
DMS		21,89				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice D – Análise de variância da altura de plantas aos 80 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	574,72	191,57	1,156	0,3589	11,38
LÂMINA	5	1507,93	301,58	1,820	0,1693	
ERRO	15	2485,28	165,68			
TOTAL	23	4567,95				
MÉDIA GERAL		113,11				
DMS		29,58				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice E – Análise de variância da altura de plantas aos 94 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	37,34	12,44	0,545	0,6588	9,26
LÂMINA	5	377,41	75,48	3,306	0,0328*	
ERRO	15	342,47	22,83			
TOTAL	23	757,24				
MÉDIA GERAL		51,57				
DMS		10,98				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice F – Análise de variância da altura de plantas aos 102 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	65,74	21,91	3,728	0,0349*	3,48
LÂMINA	5	2814,82	562,96	95,76	0,0000*	
ERRO	15	88,18	5,87			
TOTAL	23	2968,76				
MÉDIA GERAL	51,57					
DMS	5,57					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice G – Análise de variância da altura de plantas aos 110 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	110,73	36,91	0,633	0,6053	6,35
LÂMINA	5	629,86	125,97	2,159	0,1139	
ERRO	15	875,14	58,34			
TOTAL	23	1615,74				
MÉDIA GERAL	120,34					
DMS	17,55					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice H – Análise de variância da altura de plantas aos 124 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	14,26	4,75	1,266	0,3217	5,58
LÂMINA	5	1073,62	214,72	57,138	0,0000*	
ERRO	15	56,37	3,75			
TOTAL	23	1144,26				
MÉDIA GERAL	34,75					
DMS	4,45					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice I – Análise de variância da altura de plantas aos 132 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	43,78	14,59	0,285	0,8355	13,78
LÂMINA	5	507,04	101,40	1,980	0,1402	
ERRO	15	768,10	51,20			
TOTAL	23	1318,93				
MÉDIA GERAL		51,93				
DMS		16,44				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice J – Análise de variância da altura de plantas aos 140 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	468,05	156,01	1,130	0,3685	14,68
LÂMINA	5	3011,28	602,25	4,362	0,0119*	
ERRO	15	2071,21	138,08			
TOTAL	23	5550,56				
MÉDIA GERAL		80,02				
DMS		27,00				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice K – Análise de variância da altura de colmos aos 50 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	910,41	303,47	4,379	0,0210	9,67
LÂMINA	5	979,51	195,90	2,826	0,0542	
ERRO	15	1039,64	69,30			
TOTAL	23	2929,57				
MÉDIA GERAL		86,08				
DMS		19,13				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice L – Análise de variância da altura de colmos aos 65 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	140,04	46,68	2,043	0,1510	20,52
LÂMINA	5	443,27	88,65	3,881	0,0186	
ERRO	15	342,68	22,84			
TOTAL	23	925,99				
MÉDIA GERAL	23,29					
DMS	10,98					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice M – Análise de variância da altura de colmos aos 72 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	100,43	33,47	1,449	0,2681	16,88
LÂMINA	5	272,14	54,42	2,356	0,0910	
ERRO	15	346,49	23,09			
TOTAL	23	719,07				
MÉDIA GERAL	28,46					
DMS	11,04					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice N – Análise de variância da altura de colmos aos 80 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	65,11	21,70	1,041	0,4028	12,87
LÂMINA	5	230,78	46,15	2,214	0,1069	
ERRO	15	312,64	20,84			
TOTAL	23	608,54				
MÉDIA GERAL	35,46					
DMS	10,49					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice O – Análise de variância da altura de colmo aos 94 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	33,90	11,30	1,074	0,3898	21,29
LÂMINA	5	41,17	8,23	0,783	0,5778	
ERRO	15	157,85	10,52			
TOTAL	23	232,93				
MÉDIA GERAL	35,46					
DMS	7,45					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice P – Análise de variância da altura de colmos aos 102 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	28,92	9,64	2,287	0,1203	11,66
LÂMINA	5	169,68	33,93	8,052	0,0007*	
ERRO	15	63,21	4,21			
TOTAL	23	261,82				
MÉDIA GERAL	17,60					
DMS	4,71					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice Q – Análise de variância da altura de colmos aos 110 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1,96	0,65	0,046	0,9865	7,56
LÂMINA	5	950,50	190,10	13,363	0,0000*	
ERRO	15	213,39	14,22			
TOTAL	23	1165,85				
MÉDIA GERAL	49,89					
DMS	8,66					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice R – Análise de variância da altura de colmos aos 124 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	5,64	1,88	4,878	0,0146*	4,11
LÂMINA	5	437,23	87,44	226,64	0,0000*	
ERRO	15	5,78	0,38			
TOTAL	23	448,67				
MÉDIA GERAL	15,10					
DMS	1,42					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice S – Análise de variância da altura de colmos aos 132 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	11,94	3,98	1,329	0,3021	9,79
LÂMINA	5	466,34	93,26	31,14	0,0000*	
ERRO	15	44,92	2,99			
TOTAL	23	523,21				
MÉDIA GERAL	17,68					
DMS	3,97					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice T – Análise de variância da altura de colmos aos 140 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	158,42	52,80	0,887	0,4701	20,12
LÂMINA	5	448,64	89,72	1,508	0,2458	
ERRO	15	892,58	59,50			
TOTAL	23	1499,65				
MÉDIA GERAL	38,33					
DMS	17,72					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice U – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 50 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,1670	0,0556	2,482	0,1007	9,95
LÂMINA	5	0,9826	0,1965	8,760	0,0005*	
ERRO	15	0,3365	0,0224			
TOTAL	23	1,4861				
MÉDIA GERAL		1,5054				
DMS		0,3442				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice V – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 65 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0067	0,0022	3,152	0,0560	4,23
LÂMINA	5	0,2784	0,0556	77,823	0,0000*	
ERRO	15	0,0107	0,0007			
TOTAL	23	0,2959				
MÉDIA GERAL		0,6316				
DMS		0,0614				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice W – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 72 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0082	0,0027	3,484	0,0425*	3,58
LÂMINA	5	0,3931	0,0786	99,812	0,0000*	
ERRO	15	0,0118	0,0007			
TOTAL	23	0,4132				
MÉDIA GERAL		0,7850				
DMS		0,0645				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice X – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 80 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0256	0,0085	4,412	0,0205*	5,34
LÂMINA	5	0,7435	0,1487	76,829	0,0000*	
ERRO	15	0,0290	0,0019			
TOTAL	23	0,7981				
MÉDIA GERAL		0,8241				
DMS		0,1011				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice Y – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 94 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0217	0,0007	1,093	0,3826	12,88
LÂMINA	5	0,3625	0,0725	10,953	0,0001*	
ERRO	15	0,0993	0,0066			
TOTAL	23	0,4835				
MÉDIA GERAL		0,6316				
DMS		0,1869				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice Z – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 102 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0023	0,0007	1,306	0,3090	3,19
LÂMINA	5	0,6058	0,1211	202,41	0,0000*	
ERRO	15	0,0089	0,0005			
TOTAL	23	0,6171				
MÉDIA GERAL		0,7662				
DMS		0,0562				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice AA – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 110 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0172	0,0057	12,273	0,0002*	2,62
LÂMINA	5	0,5263	0,1052	225,17	0,0000*	
ERRO	15	0,0070	0,0004			
TOTAL	23	0,5505				
MÉDIA GERAL		0,8237				
DMS		0,0496				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice AB – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 124 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0042	0,0014	4,655	0,0171*	3,59
LÂMINA	5	0,2483	0,0496	162,09	0,0000*	
ERRO	15	0,0045	0,0003			
TOTAL	23	0,2571				
MÉDIA GERAL		0,4879				
DMS		0,0402				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice AC – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 132 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0011	0,0003	1,097	0,3810	3,13
LÂMINA	5	0,3174	0,0634	184,31	0,0000*	
ERRO	15	0,0051	0,0003			
TOTAL	23	0,3237				
MÉDIA GERAL		0,5933				
DMS		0,0426				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice AD – Análise de variância do diâmetro de colmos aos 140 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0062	0,0020	4,443	0,0201*	3,08
LÂMINA	5	0,4075	0,0815	173,92	0,0000*	
ERRO	15	0,0070	0,0004			
TOTAL	23	0,4207				
MÉDIA GERAL		0,7020				
DMS		0,0497				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice AE – Análise de variância do índice de área foliar aos 50 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,6218	0,2072	1,805	0,1895	9,61
LÂMINA	5	7,2237	1,4447	12,581	0,0001*	
ERRO	15	1,7225	0,1148			
TOTAL	23	9,5680				
MÉDIA GERAL		3,5270				
DMS		0,7787				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice AF – Análise de variância do índice de área foliar aos 65 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1,3221	0,4407	2,452	0,1035	18,91
LÂMINA	5	0,4959	0,0991	0,552	0,7349	
ERRO	15	2,6962	0,1797			
TOTAL	23	4,5143				
MÉDIA GERAL		2,2416				
DMS		0,9743				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice AG – Análise de variância do índice de área foliar aos 72 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	7,8785	2,6261	4,613	0,0177*	19,81
LÂMINA	5	2,7497	0,5499	0,966	0,4691	
ERRO	15	8,5393	0,5692			
TOTAL	23	19,1676				
MÉDIA GERAL		3,8095				
DMS		1,7339				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice AH – Análise de variância do índice de área foliar aos 80 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0697	0,0232	0,149	0,9285	9,67
LÂMINA	5	5,0614	1,0122	6,506	0,0021*	
ERRO	15	2,3338	0,1555			
TOTAL	23	7,4650				
MÉDIA GERAL		4,0775				
DMS		0,9064				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa

Apêndice AI – Análise de variância do índice de área foliar aos 94 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0108	0,0036	0,154	0,9255	9,22
LÂMINA	5	2,5700	0,5140	21,912	0,0000*	
ERRO	15	0,3518	0,0234			
TOTAL	23	2,9327				
MÉDIA GERA		1,6620				
DMS		0,3519				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AJ – Análise de variância do índice de área foliar aos 102 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0227	0,0075	0,756	0,5361	9,53
LÂMINA	5	6,0337	1,2067	12,049	0,0001*	
ERRO	15	1,5023	0,1001			
TOTAL	23	7,7630				
MÉDIA GERAL	3,3204					
DMS	0,7272					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AK – Análise de variância do índice de área foliar aos 110 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	7,4447	2,4815	9,758	0,0008*	13,21
LÂMINA	5	11,6360	2,3272	9,151	0,0004*	
ERRO	15	3,8144	0,2542			
TOTAL	23	22,8952				
MÉDIA GERAL	3,8175					
DMS	1,1588					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AL – Análise de variância do índice de área foliar aos 124 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,1381	0,0460	1,814	0,1878	27,31
LÂMINA	5	1,5448	0,3089	12,173	0,0001*	
ERRO	15	0,3807	0,0253			
TOTAL	23	2,0637				
MÉDIA GERAL	0,5833					
DMS	0,3661					

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AM – Análise de variância do índice de área foliar aos 132 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,2775	0,0925	5,636	0,0086*	9,81
LÂMINA	5	4,4967	0,8993	54,788	0,0000*	
ERRO	15	0,2462	0,0164			
TOTAL	23	5,0205				
MÉDIA GERAL		1,3062				
DMS		0,2944				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AN – Análise de variância do índice de área foliar aos 140 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1,3894	0,4631	1,333	0,3010	26,10
LÂMINA	5	21,0139	4,2027	12,091	0,0001*	
ERRO	15	5,2137	0,3475			
TOTAL	23	27,6171				
MÉDIA GERAL		2,2591				
DMS		1,3548				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AO – Análise de variância do número de colmos/m² aos 50 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	66,8775	22,2925	0,730	0,5500	13,12
LÂMINA	5	2680,3014	536,0602	17,551	0,0000*	
ERRO	15	458,1534	30,5435			
TOTAL	23	3205,3324				
MÉDIA GERAL		42,1295				
DMS		12,70				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AP – Análise de variância do número de colmos/m² aos 65 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	86,1430	28,7143	0,537	0,6638	4,14
LÂMINA	5	27629,10	5525,8207	103,407	0,0000*	
ERRO	15	801,5670	53,4378			
TOTAL	23	28516,81				
MÉDIA GERAL		176,6208				
DMS		16,7992				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AQ – Análise de variância do número de colmos/m² aos 72 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	4592,2711	1530,7570	3,300	0,0495*	12,52
LÂMINA	5	5453,1919	1090,6383	2,351	0,0915	
ERRO	15	6958,4420	463,8961			
TOTAL	23	17003,9050				
MÉDIA GERAL		171,9912				
DMS		49,4967				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AR – Análise de variância do número de colmos/m² aos 80 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	2706,1090	902,0363	2,041	0,1514	12,21
LÂMINA	5	11037,8827	2206,5765	4,992	0,0069*	
ERRO	15	6630,8602	442,0573			
TOTAL	23	20369,85				
MÉDIA GERAL		172,2225				
DMS		48,3176				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AS – Análise de variância do número de colmos/m² aos 94 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	7299,2932	2433,0977	3,858	0,0314*	19,44
LÂMINA	5	8564,3796	1712,8759	2,716	0,0610	
ERRO	15	9459,3366	630,6224			
TOTAL	23	25323,0094				
MÉDIA GERAL		129,1670				
DMS		57,7099				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AT – Análise de variância do número de colmos/m² aos 102 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	2071,62	690,5432	9,289	0,0010*	19,44
LÂMINA	5	14282,43	2856,4868	38,423	0,0000*	
ERRO	15	1115,1420	74,3428			
TOTAL	23	17469,2060				
MÉDIA GERAL		129,1670				
DMS		19,8146				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AU – Análise de variância do número de colmos/m² aos 110 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1198,82	399,60	1,570	0,2380	8,15
LÂMINA	5	13641,88	2728,37	10,722	0,0002*	
ERRO	15	3816,8221	254,4548			
TOTAL	23	18657,5371				
MÉDIA GERAL		195,8341				
DMS		36,6582				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AV – Análise de variância do número de colmos/m² aos 124 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1249,06	416,35	4,023	0,0276*	13,44
LÂMINA	5	5149,91	1029,98	9,952	0,0002*	
ERRO	15	1552,39	103,4929			
TOTAL	23	7951,37				
MÉDIA GERAL		75,69				
DMS		23,3787				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AW – Análise de variância do número de colmos/m² aos 132 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1546,49	515,49	0,671	0,5827	23,33
LÂMINA	5	14210,18	2842,03	3,702	0,0221*	
ERRO	15	11516,76	767,78			
TOTAL	23	27273,44				
MÉDIA GERAL		118,74				
DMS		63,6774				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AX – Análise de variância do número de colmos/m² aos 140 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	396,02	132,00	0,536	0,6646	11,81
LÂMINA	5	13065,32	2613,06	10,613	0,0002*	
ERRO	15	3693,30	246,22			
TOTAL	23	17154,65				
MÉDIA GERAL		132,87				
DMS		36,06				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AY – Análise de variância da relação folha/colmo aos 50 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,0008833	0,000278	0,883	0,4720	2,01
LÂMINA	5	0,055183	0,011037	35,099	0,0000*	
ERRO	15	0,004717	0,000314			
TOTAL	23	0,060733				
MÉDIA GERAL 0,8833						
DMS 0,040751						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice AZ – Análise de variância da relação folha/colmo aos 65 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,005100	0,001700	72,857	0,0000*	0,51
LÂMINA	5	0,069483	0,013897	595,57	0,0000*	
ERRO	15	0,004717	0,000023			
TOTAL	23	0,000350				
MÉDIA GERAL 0,948333						
DMS 0,01110						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice BA – Análise de variância da relação folha/colmo aos 72 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,001550	0,000517	5,741	0,0080*	0,87
LÂMINA	5	0,040483	0,008097	89,963	0,0000*	
ERRO	15	0,001350	0,000090			
TOTAL	23	0,043383				
MÉDIA GERAL 1,0941667						
DMS 0,0218015						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice BB – Análise de variância da relação folha/colmo aos 80 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,002812	0,000517	25,00	0,0000*	0,53
LÂMINA	5	0,023821	0,008097	127,044	0,0000*	
ERRO	15	0,000563	0,000090			
TOTAL	23	0,027196				
MÉDIA GERAL 1,164533						
DMS 0,014072						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice BC – Análise de variância da relação folha/colmo aos 94 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,008850	0,002950	25,286	0,0000*	0,70
LÂMINA	5	0,044983	0,008997	77,114	0,0000*	
ERRO	15	0,001750	0,000117			
TOTAL	23	0,055583				
MÉDIA GERAL 1,545833						
DMS 0,024822						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice BD – Análise de variância da relação folha/colmo aos 102 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,002150	0,000717	4,135	0,0253*	0,79
LÂMINA	5	0,035900	0,007180	41,423	0,0000*	
ERRO	15	0,002600	0,000173			
TOTAL	23	0,040650				
MÉDIA GERAL 1,545833						
DMS 0,030255						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice BE – Análise de variância da relação folha/colmo a0s 110 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,012079	0,004026	44,876	0,0000*	0,53
LÂMINA	5	0,047771	0,009554	106,486	0,0000*	
ERRO	15	0,001346	0,000090			
TOTAL	23	0,061196				
MÉDIA GERAL 1,772083						
DMS 0,015127						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice BF – Análise de variância da relação folha/colmo aos 124 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,003350	0,001117	25,769	0,0000*	0,53
LÂMINA	5	0,042783	0,008557	197,462	0,0000*	
ERRO	15	0,000650	0,000043			
TOTAL	23	0,046783				
MÉDIA GERAL 1,9391667						
DMS 0,021767						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice BG – Análise de variância da relação folha/colmo a0s 132 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,001400	0,000467	2,800	0,0759	0,59
LÂMINA	5	0,047033	0,009407	56,440	0,0000*	
ERRO	15	0,000650	0,000167			
TOTAL	23	0,002500				
MÉDIA GERAL 1,9391667						
DMS 0,029668						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice BH – Análise de variância da relação folha/colmo aos 140 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,032400	0,010800	1080,00	0,0000	0,14
LÂMINA	5	0,038283	0,007677	767,667	0,0000*	
ERRO	15	0,000150	0,000010			
TOTAL	23	0,070933				
MÉDIA GERAL 1,9391667						
DMS 0,029668						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

DMS: Diferença mínima significativa.

Apêndice BI – Análise de variância e complementar da produção de massa seca do primeiro corte aos 50 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	2663429,08	887809,69	33,62	0,0000*	3,94
LÂMINA	5	1447494,71	289498,94	10,96	0,0001*	
ERRO	15	396008,59	26400,57			
TOTAL	23	4506932,39				
MÉDIA GERAL 4128,08						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Análise complementar da produção de massa seca no primeiro corte aos 50 DAS para o fator lâminas de irrigação

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc
b1	1	1302439,64	1302439,64	49,334	0,000*
b2	1	8916,75	8916,75	0,338	0,570
b3	1	115190,68	115190,68	4,363	0,054
Desvio	2	20947,62	10473,81	0,397	0,679
Erro	15	396008,59	26400,57		

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Apêndice BJ – Análise de variância e complementar da produção de massa seca do segundo corte aos 80 DAS.

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc
b1	1	13492965,54	13492965,54	323,56	0,000*
b2	1	160230,53	160230,53	3,842	0,069
b3	1	4072452,48	4072452,48	97,657	0,000*
Desvio	2	129092,20	64546,10	1,548	0,245
Erro	15	625523,19	41701,54		

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Análise complementar da produção de massa seca no segundo corte aos 80 DAS para o fator lâminas de irrigação

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc
b1	1	15791650,56	15791650,56	378,68	0,000*
b2	1	628909,55	628909,55	15,081	0,001*
b3	1	844219,38	844219,38	20,244	0,000*
Desvio	2	589961,26	294980,63	7,074	0,007*
Erro	15	625523,19	41701,54		

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Apêndice BK – Análise de variância e complementar da produção de massa seca do terceiro corte aos 110 DAS

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1414163,13	471387,71	6,98	0,0036*	11,42
LÂMINA	5	6636733,58	1327346,71	19,67	0,0000*	
ERRO	15	1011750,01	67450,00			
TOTAL	23	9062646,74				
MÉDIA GERAL 2274,07						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Análise complementar da produção de massa seca no terceiro corte aos 110 DAS para o fator lâminas de irrigação

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc
b1	1	5313061,84	5313061,84	78,770	0,000*
b2	1	15164,40	15164,40	0,225	0,642
b3	1	1293323,95	1293323,95	19,175	0,001*
Desvio	2	15183,38	7591,69	0,113	0,894
Erro	15	1011750,01	67450,00		

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Apêndice BL – Análise de variância e complementar da produção de massa seca do quarto corte aos 140 DAS

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1822138,37	607379,45	9,07	0,0011*	10,70
LÂMINA	5	11209589,96	2241917,99	33,48	0,0000*	
ERRO	15	1004214,24	66947,61			
TOTAL	23	14035942,58				
MÉDIA GERAL 2417,70						

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Análise complementar da produção de massa seca no quarto corte aos 140 DAS para o fator lâminas de irrigação

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc
b1	1	10165254,46	10165254,46	151,839	0,000*
b2	1	62927,68	62927,68	0,940	0,348
b3	1	574890,22	574890,22	8,587	0,010*
Desvio	2	406517,58	203258,79	3,036	0,078
Erro	15	1004214,54	66947,61		

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Apêndice BM – Análise de variância e complementar da produção de massa seca total ao longo dos quatro cortes realizados

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	2711596,95	903865,65	6,84	0,0040*	2,91
LÂMINA	5	125500414,23	25100082,84	190,01	0,0000*	
ERRO	15	1981449,85	132096,65			
TOTAL	23	130193461,04				
MÉDIA GERAL		12505,14				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Análise complementar da produção de massa seca ao longo dos quatro cortes realizados

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc
b1	1	106251218,60	106251218,60	804,334	0,000*
b2	1	4641,10	4641,10	0,035	0,854
b3	1	18087080,43	18087080,43	136,923	0,000*
Desvio	2	1157474,09	578737,04	4,381	0,032
Erro	15	1981449,84	132096,65		

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Apêndice BN – Análise de variância e complementar da eficiência no uso da água

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	0,043379	0,014460	7,789	0,0023*	2,62
LÂMINA	5	0,897271	0,179454	96,668	0,0000*	
ERRO	15	0,027846	0,001856			
TOTAL	23	0,968496				
MÉDIA GERAL		1,6429167				

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc
b1	1	0,577554	0,577554	311,117	0,000*
b2	1	0,001791	0,001791	0,965	0,342
b3	1	0,295346	0,295346	159,097	0,000*
Desvio	2	0,022581	0,011291	6,082	0,012
Erro	15	0,027846	0,001856		

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Apêndice BO – Análise de variância e complementar da eficiência no uso da água da irrigação

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc	Coefficiente de variação (CV %)
BLOCO	3	1,946500	0,648833	8,500	0,0027*	2,47
LÂMINA	4	64,711330	16,177833	211,948	0,0000*	
ERRO	12	0,915950	0,076329			
TOTAL	19	67,573780				
MÉDIA GERAL						11,1890

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro

Causas da variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F Calculado (Fc)	Probabilidade Pr > Fc
b1	1	61,659837	61,659837	807,815	0,000*
b2	1	2,085460	2,085460	27,322	0,000*
b3	1	0,171860	0,171860	2,252	0,159
Desvio	1	0,794174	0,794174	10,405	0,007
Erro	15	0,915950	0,915950		

*significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro