

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**Efluente de estação de tratamento de esgoto aplicado em  
solo com *BRACHIARIA* colhida com duas alturas**

**Geffson de Figueredo Dantas  
Licenciado em Ciências Agrárias**

**2019**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO  
APLICADO EM SOLO COM *BRACHIARIA* COLHIDA COM  
DUAS ALTURAS**

**Geffson de Figueredo Dantas**

**Orientador: Prof. Dr. Rogério Teixeira de Faria**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

D192e

Dantas, Geffson de Figueredo

Efluente de estação de tratamento de esgoto aplicado em solo com BRACHIARIA colhida com duas alturas / Geffson de Figueredo  
Dantas. -- Jaboticabal, 2019

77 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Rogério Teixeira de Faria

1. Frequência de pastejo. 2. Morfogênica. 3. Reúso de água. I.  
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

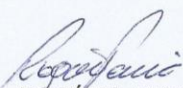
## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO APLICADO EM SOLO COM BRACHIARIA COLHIDA COM DUAS ALTURAS

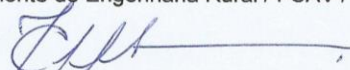
**AUTOR: GEFISON DE FIGUEREDO DANTAS**

**ORIENTADOR: ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA**

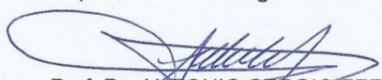
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:



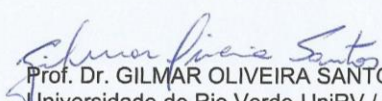
Prof. Dr. ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA  
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal



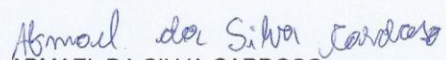
Prof. Dr. FERNANDO CAMPOS MENDONÇA  
Departamento de Engenharia de Biosistemas / ESALQ USP - Piracicaba/SP



Prof. Dr. ANTONIO SERGIO FERRAUDO  
Vice-Diretoria / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. GILMAR OLIVEIRA SANTOS  
Universidade de Rio Verde-UniRV / Rio Verde/GO



Pós-doutorando ABMAEL DA SILVA CARDOSO  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 19 de março de 2019

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

GEFFSON DE FIGUEREDO DANTAS - Licenciado em Ciências Agrárias (2013) pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Campus IV, em Catolé do Rocha, PB, Mestre (2015) em Agronomia (Ciência do Solo) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/Unesp), em Jaboticabal, SP. Em março de 2015 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) na mesma instituição. Atualmente é Professor Assistente do Centro Universitário de Bebedouro (UNIFAFIBE) e da Universidade de Araraquara (UNIARA), ambas no Estado de São Paulo. Área de atuação: Irrigação e Drenagem, Hidráulica, Hidrologia, Física do Solo e Agrometeorologia.

“Alguns homens veem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’ Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’”

(Geroge Bernard Shaw)

“A maior conquista de um homem é superar seus próprios obstáculos.”

(Willian Douglas)

## DEDICO

À minha querida família que sonharam comigo e acreditaram e investiram em mim, para que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador que propôs tal tema, o qual tive muito orgulho de trabalhar.

Aos amigos e colegas que deram apoio a este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DEUS, por ser meu porto seguro, nos momentos mais difíceis da minha vida, Ele nunca deixou me faltar nada.

A minha querida família que sempre me motivou e sonhou comigo para obter esse título tão sonhado. Para alguns seria uma utopia de um filho de ex-agricultor do semiárido Nordeste chegar até aqui.

Ao Prof. Rogério Teixeira de Faria por ser um excelente orientador, o qual busca extrair o máximo de excelência em seus orientados, com muita paciência tem ao longo dessa caminhada sido um amigo, obrigado pelo incentivo e motivação nessa jornada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em Ciência do Solo por toda infra-estrutura e oportunidade oferecida.

Aos professores e colaboradores da FCAV/Unesp e do Departamento de Engenharia Rural, por todo o conhecimento a mim transmitido e pela excelente experiência adquirida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Ao Prof. Antônio Sérgio Ferraudo por todo apoio com a estatística multivariada.

Aos grandes amigos Miqueias Santos, Gilmar Santos, João Tretinn, João Fischer, Alexandre Dalri, Luiz Palaretti, Natã Costa, Elienai Silva, Alexandre Silva pelo companheirismo e dedicação nas atividades realizadas durante este trabalho.

A todos os integrantes do Grupo de Pesquisa em Irrigação e Meio Ambiente (GPIMA).

Ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal (SAAEJ) na pessoa do Aparecido Hojaij, agradeço pela disponibilidade do efluente de esgoto tratado.

*OBRIGADO.*

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – Considerações gerais</b> .....	<b>1</b>
1.1 Introdução.....	1
1.2 Revisão de literatura .....	6
1.2.1 <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu .....	6
1.2.2 Características morfológicas e estruturais da <i>Urochloa brizantha</i> .....	6
1.2.3 Valor nutricional das plantas forrageiras .....	7
1.2.4 Exigências térmicas e hídricas de pastagens .....	9
1.2.5 Estratégia de manejo por altura de corte .....	10
1.2.6 Adubação nitrogenada em pastagens tropicais .....	11
1.2.7 Irrigação de pastagens .....	13
1.2.8 Fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto em pastagens .....	14
1.3 Referências.....	16
<b>CAPÍTULO 2 – Produtividade e valor nutricional de capim Marandu colhido com duas alturas e fertirrigado com água residuária</b> .....	<b>24</b>
2.1 Introdução.....	26
2.2 Material e métodos .....	29
2.2.1 Características da área .....	29
<b>TABELA 1.</b> Atributos químicos do Latossolo Vermelho eutrófico da área experimental, na camada de 0-0,2 m, em Jaboticabal, SP.....	29
2.2.2 Delineamento experimental.....	29
<b>FIGURA 2.</b> Dose de nitrogênio aplicadas por tonelada de matéria seca produzida no tratamento referência (D <sub>3</sub> A <sub>1</sub> ), de acordo com a fonte de N (efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e ureia).....	31
<b>FIGURA 3.</b> A) Perfil de distribuição de efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e água pelo sistema de aspersão em linha e B) Fator de distribuição da precipitação de aspersores Senninger Modelo 3023-2, com bocal duplo de 3,18 x 1,98 mm, operados com pressão de 300 kPa, em função da distância ou tratamentos das linhas de irrigação espaçadas de 12 m, com aspersores espaçados de 6 m na linha (Fonte: Santos et al., 2017).....	32
2.2.3 Efluente .....	32
2.2.4 Fertirrigação, demanda nutricional e hídrica .....	33
<b>FIGURA 4.</b> A) Evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ) e B) precipitação (P), fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e irrigação (I) durante o período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras de 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.....	35
<b>TABELA 2.</b> Totais de nitrogênio aplicados via efluente (EETE) e ureia (U) em <i>Urochloa brizantha</i> , no período seco (PS) e chuvoso (PC), nas safras de 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP...	36
2.2.5 Condições meteorológicas .....	36
<b>FIGURA 5.</b> Radiação solar (Rad), Temperaturas máxima (T <sub>max</sub> ), média (T <sub>med</sub> ) e mínima (T <sub>min</sub> ) durante os períodos chuvoso (PC) e seco (PS), em 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.....	37
2.2.6 Condução da cultura e avaliações .....	37

<b>TABELA 3.</b> Valores médios de altura do dossel da <i>Urochloa brizantha</i> em função da altura de corte (A) e dose de nitrogênio aplicada (D), no período seco (PS) e chuvoso (PC), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP. ....	38
<b>2.3 Resultados e discussão</b> .....	<b>40</b>
<b>TABELA 4.</b> Comparação de médias e resumo da análise de variância (ANOVA) de produtividade de massa seca de forragem de <i>Urochloa brizantha</i> , em função de altura de corte ( $A_1$ e $A_2$ ) e dose adubação nitrogenada ( $D_1$ a $D_5$ ), no período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP. ....	42
<b>FIGURA 6.</b> Produtividade de matéria seca de forragem de <i>Urochloa brizantha</i> , em função da altura de corte ( $A_1 = 30$ cm e $A_2 = 40$ cm) e quantidade de nitrogênio total aplicado via fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto acrescido de ureia, no período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP. ....	44
<b>TABELA 5.</b> Comparação de médias e resumo da análise de variância (ANOVA) de fibra em detergente neutro (FDN) de <i>Urochloa brizantha</i> , em função da estratégia por altura de corte ( $A_1$ e $A_2$ ) e dose de fertirrigação ( $D_1$ a $D_5$ ), no período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP. ....	45
<b>TABELA 6.</b> Comparação de médias e resumo da análise de variância (ANOVA) de proteína bruta (PB) de <i>Urochloa brizantha</i> , em função da estratégia por altura de corte ( $A_1$ e $A_2$ ) e dose de fertirrigação ( $D_1$ a $D_5$ ), no período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP. ....	47
<b>2.4 Conclusões</b> .....	<b>48</b>
<b>2.5 Referências</b> .....	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO 3 – Influência de estratégias de manejos de fertirrigação com efluente de esgoto tratado e altura de corte nas características morfogênicas e estruturais de capim Marandu</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1 introdução</b> .....	<b>55</b>
<b>3.2 Material e métodos</b> .....	<b>58</b>
<b>3.2.1 Características da área</b> .....	58
<b>3.2.2 Delineamento experimental</b> .....	58
<b>FIGURA 1.</b> Esquema experimental com linhas de distribuição de água e efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), unidades experimentais com as estratégias de manejo por doses de nitrogênio ( $D_1$ a $D_5$ ) e alturas de corte ( $A_1$ e $A_2$ ). ....	59
<b>FIGURA 2.</b> Dose de nitrogênio aplicadas por tonelada de matéria seca produzida na estratégia de manejo de referência ( $D_3A_1$ ), de acordo com a fonte de N (efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e ureia). ....	59
<b>3.2.3 Efluente</b> .....	60
<b>3.2.4 Fertirrigação, demanda nutricional e hídrica</b> .....	60
<b>FIGURA 3.</b> A) Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e B) precipitação (P), fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e irrigação (I) durante o período chuvoso (PC) e seco (PS), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP. ....	62
<b>TABELA 1.</b> Totais de nitrogênio aplicados via efluente (EETE) e ureia (U) em <i>Urochloa brizantha</i> , no período seco (PS) e chuvoso (PC), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP. ....	63
<b>3.2.5 Condições meteorológicas</b> .....	63

<b>FIGURA 4.</b> Temperaturas máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin), de 12 de fevereiro de 2015 a 11 de fevereiro de 2016, Jaboticabal, SP.....	63
<b>3.2.6 Condução da cultura e avaliações</b> .....	63
<b>3.2.7 Análise estatística</b> .....	65
<b>3.3 Resultados e discussão</b> .....	<b>66</b>
<b>TABELA 2.</b> Características morfogênicas e estruturais do período seco (PS) e chuvoso (PC) da <i>Urochloa brizantha</i> em função das estratégias de manejo por dose de nitrogênio aplicada (D) e altura de corte (A), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP.....	67
<b>TABELA 3.</b> Resumo das análises de fatores e ANOVA dos processos de crescimento de massa de forragem e desenvolvimento foliar da <i>Urochloa brizantha</i> em função das estratégias de manejo por dose de nitrogênio aplicada (D) e altura de corte (A), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP. ....	70
<b>TABELA 4.</b> Teste de média de comparações múltiplas de Tukey dos processos de crescimento de massa de forragem e desenvolvimento foliar da <i>Urochloa brizantha</i> em função das estratégias de manejo por dose de nitrogênio aplicada (D) e altura de corte (A), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP.....	71
<b>3.4 Conclusões</b> .....	<b>73</b>
<b>3.5 Referências</b> .....	<b>74</b>
<b>CAPÍTULO 4 – Considerações finais</b> .....	<b>77</b>

## APRESENTAÇÃO

O presente estudo trata-se de uma pesquisa científica aplicada, atenta às questões urgentes e importantes para a sociedade brasileira, que é a busca de soluções para crise hídrica no setor agrícola e o manejo sustentável de resíduos decorrentes da concentração urbana. O estudo dá continuidade às pesquisas realizadas anteriormente com uso de efluentes de estação de tratamento de esgotos (EETE) em cultivos agrícolas. Visa apresentar alternativas para a questão da irrigação, que demanda opções tecnológicas para produção de alimentos, no caso em análise neste estudo, a produção de forragens. Propõe-se também viabilizar soluções para reduzir o lançamento de poluentes nos mananciais pela aplicação do EETE via fertirrigação, o que proporciona a reciclagem dos nutrientes levados à cidade na forma de alimentos, trazendo-os de volta para a área agrícola na forma de fertilizantes. Esse projeto avança em relação aos estudos anteriores na medida em que investiga a interação entre a aplicação do EETE e as práticas de manejo da cultura relacionada com altura de corte da forragem e de doses de aplicação de nitrogênio contidas no efluente. As análises são apresentadas na forma de dois artigos a serem publicados em revistas científicas, que neste documento constituem os Capítulos 2 e 3, respectivamente “Produtividade e valor nutricional de capim Marandu colhida com duas alturas e fertirrigada com água residuária”, e “Influência de estratégias de manejos de fertirrigação com efluente de esgoto tratado e altura de corte nas características morfogênicas e estruturais de capim Marandu. No Capítulo 1 apresentam-se a introdução ao trabalho e uma revisão bibliográfica sobre os tópicos pertinentes ao assunto.

## EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO APLICADO EM SOLO COM *BRACHIARIA* COLHIDA COM DUAS ALTURAS

**RESUMO** – Em manejo de pastejo intensivo de forragens tropicas dispendem-se níveis de trabalho e recursos elevados para se aumentar a produtividade por área e ou por animal. Dentre as estratégias de manejo, destaca-se a frequência de corte por altura do dossel, que estimula maior produção de folhas do que colmo e material morto para obtenção de maior produtividade e valor nutritivo da forragem. Outra estratégia é a adubação nitrogenada, que possibilita o crescimento vegetal mais rápido, além de forragem de melhor qualidade. As águas residuárias são promissoras para uso em pastagens, na forma de fertirrigação, pois pode suprir as necessidades hídrica e nutricional do cultivo em parte ou na sua totalidade. Devido às limitações climáticas ao longo do ano, a efetividade dessas estratégias pode ser comprometida, o que resulta a sazonalidade de produção. Há carência de estudos sobre a interação das estratégias de manejo de fertirrigação com água residuária e de colheita da forragem com diferentes alturas de corte para as forrageiras tropicais. Os objetivos deste trabalho foi determinar a produtividade e o valor nutritivo da forragem, e as características morfogênicas e estruturais de *Urochloa brizantha*, em função da fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), complementada com ureia (U), associada à colheita com duas alturas de plantas, durante os períodos seco (PS) e chuvoso (PC). O experimento foi conduzido em Jaboticabal, SP (Latitude 21°15'S, Longitude 48°18'W), de fevereiro de 2015 a fevereiro de 2017. As estratégias de manejo por alturas de corte da forragem foram 30 cm (A<sub>1</sub>) e 40 cm (A<sub>2</sub>), e as doses de adubação nitrogenada foram 9,1 (D<sub>1</sub>), 12,1 (D<sub>2</sub>), 22,5 (D<sub>3</sub>), 26,6 (D<sub>4</sub>) e 34,0 (D<sub>5</sub>) kg de N por Mg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) produzida, aplicadas por EETE via aspersão, mais 7,5 kg de N por Mg<sup>-1</sup> de MS produzida, aplicada na forma de ureia por cobertura em todos os tratamentos. A *Urochloa brizantha* mostrou-se baixa eficiência produtiva em função da adição da adubação nitrogenada no PS, em relação ao PC. No PC a produtividade foi maior na estratégia D<sub>5</sub>A<sub>2</sub>, enquanto que no PS as estratégias D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> e D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> não diferenciaram e foram superiores à demais. Maiores teores de proteína bruta (PB) e menor de fibra em detergente neutro (FDN) foram observados nas estratégias D<sub>5</sub>A<sub>1</sub>, enquanto a estratégia D<sub>1</sub>A<sub>2</sub>, proporcionou maior valor de FDN e menor PB. As análises de fatores para os períodos seco e chuvoso identificaram dois processos que correspondem ao crescimento de massa da forragem (taxas de alongamento foliar e de pseudocolmo, e de senescência foliar, comprimentos foliar e de pseudocolmo, e número de folhas mortas) e o desenvolvimento foliar (taxa de aparecimento foliar, número de folhas vivas, filocrono e duração de vida foliar). A análise de variância mostrou que as estratégias D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> e D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> apresentaram respostas superiores às demais estratégias de manejo, tanto nos períodos seco quanto chuvoso. A estratégia de manejo D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> destacou-se no processo de crescimento de massa da forragem, enquanto o D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> no desenvolvimento foliar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Frequência de pastejo, morfogênica, reúso de água

## SEWAGE EFFLUENT APPLIED TO SOIL UNDER *BRACHIARIA* HARVESTED AT TWO PLANT HEIGHTS

**ABSTRACT** – In tropical forages under intensive grazing management, high labor and resources are used to increase productivity per area and / or animal units. Among the management strategies, the frequency of harvesting by canopy height is advantageous because it stimulates more leaf production than stalk and dead material to obtain high productivity and forage nutritive value. Another strategy is nitrogen fertilization, which enables faster plant growth, in addition to better forage quality. Wastewater is promising for use in pasture in the form of fertigation, since it can meet the water and nutritional needs of the crop in part or in its entirety. Due to climatic limitations throughout the year, the effectiveness of these strategies can be compromised, resulting in seasonality of production. There is a lack of studies on the interaction of fertigation management strategies with wastewater and forage harvesting with different cutting heights for tropical forages. The objectives of this work were to determine the productivity and nutritive value of forage, and the morphogenic and structural characteristics of *Urochloa brizantha*, as a function of fertigation with treated sewage (TSW), complemented with urea (U), associated with harvest at two plant heights during the dry (DP) and rainy (RP) periods. The experiment was conducted in Jaboticabal, SP, Brazil (Latitude 21°15'S, Longitude 48°18'W), from february, 2015 to february, 2017. The management strategies for forage harvesting heights were 30 cm (A1) and 40 cm (A2), and N fertilization doses were 9.1 (D1), 12.1 (D2), 22.5 (D3), 26.6 (D4) and 34.0 (D5) kg of N per Mg<sup>-1</sup> of dry matter, applied by TSW via sprinkler, plus 7.5 kg of N per Mg<sup>-1</sup> of DM produced, applied as urea by cover in all treatments. *Urochloa brizantha* showed low productive efficiency due to the addition of nitrogen fertilization in DP, in relation to RP. In RP the productivity was higher in the D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> strategy, whereas in the DP the strategies D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> and D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> were not different and were superior to the others. Higher crude protein (CP) and lower neutral detergent fiber (NDF) levels were observed in the D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> strategies, while the D<sub>1</sub>A<sub>2</sub> strategy provided higher NDF and lower CP values. The analyzes of factors for both periods identified two processes that correspond to forage mass growth (leaf, pseudostem elongation and leaf senescence rates, leaf and pseudocolus length, and number of dead leaves) and leaf development (number of life leaves, phyllochron and leaf life span). The analysis of variance showed that the strategies D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> and D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> presented superior responses to the other management strategies, both in the dry and rainy periods. The D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> management strategy was highlighted in the forage mass growth process, while the D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> in leaf development.

**KEY WORDS:** Frequency of grazing, morphogenics, water reuse

## **CAPÍTULO 1 – Considerações gerais**

### **1.1 Introdução**

Estimativas para o ano de 2050 preconizam que a produção de alimentos será o dobro da atual, e o desafio é como produzir mais conservando o meio ambiente e melhorando a qualidade de vida da população (Rosa e Sano, 2013). Esse aumento da produção de alimentos causará impacto em muitos sistemas de produção agrícola em escala global e, conseqüentemente, aumentará a demanda hídrica para a agricultura (Vivaldi et al., 2013).

A cadeia produção agropecuária tem buscado alternativas que resultem em ganho de produção, minimizando os impactos sobre o meio ambiente (Rosa e Sano, 2013). O relatório Perfil da Pecuária no Brasil, publicado em 2018 pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC, 2018), informa que o Brasil possui o maior rebanho de bovinos do mundo, com 221,81 milhões de cabeças distribuídas em 164,96 milhões de hectares. Essa condição corresponde à taxa de ocupação de 1,34 cabeças ha<sup>-1</sup>, com projeções para 2027 de até 1,41 cabeças ha<sup>-1</sup> em área explorada de 156,4 milhões de hectares (ABIEC, 2018). Portanto, as projeções futuras da pecuária do Brasil mostram o aumento de animais em área ligeiramente menor. Para isso, a pecuária brasileira deve elevar a sua produção de pastagens de forma mais viável economicamente e que não agrida ao meio ambiente.

A região sudeste do Brasil apresenta 17,4% do rebanho bovino (ABIEC, 2018) e possui 19,2 milhões de hectares de pastagens, em que 86,1% da área de pastagens encontram-se em boas condições e 13,9% em más condições (IBGE, 2019). Essa região é a mais rica e populosa do país, a qual frequentemente enfrenta crises hídricas, que demandam novas alternativas tecnológicas, principalmente na agricultura. A irrigação é considerada como uma das alternativas tecnológicas mais eficientes para mitigar os efeitos da falta de chuvas nos cultivos agrícolas, no entanto é a que mais utiliza água. Embora seja a variabilidade climática a responsável pela ocorrência de secas que se repetem aleatoriamente ao longo dos anos, a situação atual se agrava em decorrência do aumento demográfico e da concentração da população nos centros urbanos.

O crescimento da produção de alimentos se viabilizará a custo, principalmente, do aumento da área irrigada em um cenário altamente competitivo pelo recurso hídrico. Por outro lado, a concentração da população em áreas urbanas incrementará

significativamente a produção de efluentes de esgotos sanitários, o que poderá resultar em impactos ambientais consideráveis se medidas adequadas não forem tomadas.

As alternativas tecnológicas para viabilizar o uso de irrigação incluem as técnicas que asseguram o suprimento hídrico adequado nas épocas de escassez, tais como a condução de água de locais distantes para a área de cultivos, a construção de barragens e a perfuração de poços profundos. Outras alternativas são a redução do consumo e o incremento da eficiência de uso de água pela adoção de manejo adequado da irrigação, associado à utilização de sistemas de aplicação de água que minimizam as perdas por evapotranspiração e percolação profunda. Essas opções vão se tornando cada vez mais onerosas e difíceis de serem aplicadas à medida que a demanda hídrica aumenta, devido à expansão das áreas irrigadas. Fontes alternativas de água são, portanto, necessárias para satisfazer novos aumentos na demanda hídrica, dentre essas fontes figuram as águas residuárias.

O uso de águas residuárias na agricultura mostra-se sustentável e promissor no aspecto ambiental, econômico e social. Em todo o mundo cresce a consciência em torno da importância do uso racional, da necessidade de controle de perdas e desperdícios, e do reúso da água, incluindo a utilização de esgotos sanitários para diversos fins com seus inegáveis atrativos, dentre os quais citam Santos et al. (2006): a) o reúso da água, proporcionando alívio na demanda e preservação de oferta de água para usos múltiplos; b) a reciclagem de nutrientes, proporcionando economia significativa de insumos, por exemplo, fertilizantes e ração animal, c) a ampliação de áreas irrigadas e a recuperação de áreas improdutivas ou degradadas; e d) a redução de lançamento de esgotos em corpos receptores, contribuindo para a redução de impactos de poluição, contaminação e eutrofização.

No Brasil, a prática do uso de águas servidas é feita de forma espontânea e não controlada, principalmente pela carência de estações de esgoto na maioria das cidades. Em 2008, 55,2% dos domicílios não eram atendidos pelo serviço de coleta de esgoto, havendo coleta em somente 79,9% das cidades e tratamento em apenas 44% do esgoto coletado (IBGE, 2010). Porém, espera-se que esse serviço aumente nos próximos anos em função do desenvolvimento econômico e das pressões ambientais e de saúde pública.

A pouca experiência com a utilização de efluentes em irrigação no país resulta na falta de legislação para a aplicação de água de esgoto tratado na agricultura.

Assim, há carência de estudos para embasar a elaboração de legislação específica e também para a instalação de protótipos a serem testados em cidades pequenas e médias. Nesses protótipos, as estações de tratamento de esgoto seriam vinculadas às áreas agrícolas adjacentes, fazendo o reúso da água e evitando o lançamento do efluente nos mananciais, com benefício para a agricultura e para o meio ambiente.

Estudos importantes sobre o tema já foram realizados em algumas situações e regiões brasileiras, dentre as quais se destacam o Programa de Saneamento Básico - PROSAB, gerenciado pela FINEP (Santos, 2006), e os projetos conduzidos entre 2000 e 2010 por pesquisadores da ESALQ, Cena e Nupegel, com águas residuárias das estações de tratamento de esgoto de Piracicaba e Lins, SP (Fonseca et al., 2007a, Fonseca et al., 2007b, Leal et al. 2009, Silva, 2013).

Estudos recentes realizados na FCAV-Unesp (Santos, 2015) e na Unicamp (Souza, 2012; Tuta, 2013,) dão continuidade às pesquisas realizadas anteriormente, com resultados importantes sobre a utilização de EETE em pastagem (*Urochloa brizantha*) e de cana-de-açúcar. Embora esses projetos tenham revelado resultados positivos, há necessidade de estudos adicionais para estabelecer técnicas apropriadas para utilização desse dejetos como insumo nas condições brasileiras, com o mínimo de impacto ambiental e sanitário. Para isso, há necessidade de demonstrar a viabilidade técnica e econômica da irrigação de cultivos agrícolas com EETE, quantificar possíveis impactos negativos no solo e nas águas subterrâneas, e identificar eventuais problemas sanitários decorrentes da prática.

No experimento conduzido na FCAV-Unesp durante dois anos (2013 e 2014), utilizando EETE da Estação Tratamento de Esgoto da cidade de Jaboticabal para irrigar *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Santos et al., 2017), concluiu-se que o efluente forneceu até 1.132 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e até 464 kg ha<sup>-1</sup> de potássio por ano, além de outros macronutrientes e micronutrientes essenciais para a nutrição da forrageira. Esse suprimento de nutrientes oriundo do efluente corresponde às quantidades de fertilizantes minerais que o agricultor pode economizar, diminuindo seu custo de produção. Constatou-se também aumento da receita bruta da exploração, em consequência do suprimento elevado de nutrientes, uma vez que a *Urochloa* apresentou aumento médio de produção de forragem de cerca de 60%, ou seja, aumentou de 28 toneladas por hectare sem aplicação de efluente para 52 toneladas por hectare com a dose máxima de efluente. Além disso, a forragem produzida apresentou excelente qualidade (mais proteína, menos fibra e mais macro e

micronutrientes), à medida que se aumentou a aplicação de efluente. A produtividade de biomassa seca foi crescente em função quadrática à aplicação de nitrogênio no solo via EETE em todas as estações do ano avaliadas nos dois anos.

Apesar das altas doses de nitrogênio aplicadas no experimento conduzido na FCAV-Unesp, não foi atingido o ponto de máximo da função de rendimento de forragem, indicando que aplicações adicionais de nitrogênio ainda incrementariam a produtividade. Portanto, há necessidade de complementar o estudo de resposta de rendimento de forragem em função de doses de EETE, ou de nitrogênio, aplicando-se doses mais elevadas. Devido à baixa concentração de nitrogênio no efluente (40 a 60 mg L<sup>-1</sup>), a aplicação de doses elevadas de nitrogênio via EETE resultaria em lâminas excessivas de irrigação, que poderá causar decréscimo de rendimento devido ao excesso hídrico no solo. Portanto, o aporte de nitrogênio via EETE deve ser complementado com fonte de N.

Outra possibilidade de se aumentar a produtividade e o valor nutritivo de forragem de *Urochloa brizantha* é a utilização de melhores práticas de manejo da cultura. Dentre essas, o corte da forragem em altura pré-estabelecida, ao invés de períodos fixos de 28 dias, como realizados no experimento da FCAV-Unesp, poderá proporcionar maior rendimento com melhor qualidade, além de facilitar o manejo da cultura em condições de campo.

No experimento conduzido na FCAV-Unesp, concluiu-se ainda que a aplicação de EETE durante 24 meses aumentou a concentração de nutrientes no solo e as análises de tecido vegetal revelou elevada absorção de nutrientes pela *Urochloa*, indicando que a colheita da forragem exporta grande parte dos nutrientes aplicados na área, evitando que o excesso de elementos químicos contamine o solo e a água subterrânea. Apesar de não ter sido constatado efeito nos atributos físicos do solo e pH nos dois anos de experimentação, a aplicação de EETE aumentou a condutividade elétrica e a concentração de sódio, principalmente nas camadas superficiais. Devido a curta duração do estudo, o potencial de impacto negativo no solo e nas águas subterrâneas deve ser investigado por período mais prolongado, a fim de verificar se o aumento da salinidade e concentração de sódio no solo constatado neste experimento é persistente e se há necessidade de ser atenuado por meio de práticas de manejo de irrigação e fertilização do solo.

Objetivou-se determinar a produtividade de matéria seca, o valor nutritivo da forragem e as características morfogênicas e estruturais de *Urochloa brizantha* em

função da fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto, complementada com ureia, associada à colheita com duas alturas de plantas, durante os períodos seco e chuvoso.

## 1.2 Revisão de literatura

### 1.2.1 *Urochloa brizantha* cv. Marandu

A *Urochloa brizantha* (A. Rich.) Stapf cv. Marandu é nativa da África Tropical e África do Sul. As pastagens do gênero *Urochloa* estão disseminadas em toda zona tropical do globo, devido sua adaptação a diferentes habitats (Cezário et al., 2015). Sua introdução no Brasil foi no ano de 1967, inicialmente pela EMBRAPA Gado de Corte e posteriormente, EMBRAPA Cerrado, o qual disponibilizou para o estado de São Paulo em 1984 (Vilela, 2012). A cultivar Marandu é uma das forrageiras mais cultivadas no Brasil nos últimos 15 anos, ocupa cerca de 70 milhões de hectares (Gobbi et al., 2018).

As principais características do capim Marandu são a boa adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade, possui estabelecimento rápido, alta tolerância ao ataque de pragas, responde bem a adubações e exige dos produtores manejo mais cuidadoso, fator este que as tornaram populares em sistema de produção e de pesquisas (Nascimento, 2017).

A *Urochloa brizantha* é uma planta de crescimento cespitoso, cuja raiz emite vários brotos ou caules de maneira aglomerada, compondo um tufo ou touceira. Seu sistema radicular é vigoroso e profundo, apresenta tolerância ao déficit hídrico e demonstra absorção de nutrientes em profundidade mais intensas do solo (Barducci et al., 2009).

Altura do dossel pode variar de 1,5 a 2,5 m, os colmos iniciais são prostrados, porém, geram perfilhos com predominância eretos. A presença de pelos na porção apical dos entrenós, bainhas pilosas e lâminas largas e longas com pubescência apenas na face inferior e com margens não cortantes, sua inflorescência pode chegar até 40 cm de comprimento, com quatro a seis racemos (Vale et al., 2010).

Seu fruto é do tipo cariopse, ou seja, apresenta a semente soldada ao pericarpo, responsável pela propagação da espécie. As sementes apresentam dormência o que resulta em baixa taxa de germinação, o que acaba por prejudicar o estabelecimento uniforme das plantas, portanto, faz necessário o tratamento para a quebra de dormência (Carvalho et al., 2015)

### 1.2.2 Características morfogênicas e estruturais da *Urochloa brizantha*

A morfogênese retrata a dinâmica de aparecimento e expansão dos componentes das plantas forrageiras no tempo e no espaço sobre o rendimento de

massa seca (Chapman; Lemaire, 1993). As características morfogênicas são definidas como taxa de aparecimento (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento do pseudocolmo (TAIP), taxa de senescência foliar (TSenF) e duração de vida foliar (DVF) (Resende Júnior, 2011), e as estruturais destacam-se como: comprimento da Folha (CF), comprimento do pseudocolmo (CP), número de folhas viva (NFV) e número de folhas morta (NFM).

As avaliações das características morfogênicas e estruturais de plantas forrageiras de clima tropical têm como objetivo gerar conhecimentos básicos para definição das estratégias adequadas de manejo para se obter o máximo desempenho de produtividade de massa de forragem (Quintino et al., 2016).

Os recursos tróficos disponibilizados pelo meio, tais como gás carbônico, nitrogênio, água, radiação solar e temperatura do ar ou por práticas de estratégias em adubação alteram as características morfogênicas pastagem que, por sua vez, alteram as características estruturais (Silva & Nascimento Júnior, 2007).

O déficit de água impõe limitações sobre a TApF e o NFV, diminuindo o potencial produtivo das forrageiras (Matos, 2017), pelo simples fato de limitar o desenvolvimento da área foliar necessária para a máxima captação de radiação fotossinteticamente ativa incidente (Corsi & Martha Junior, 1998). O nitrogênio potencializa as características morfogênicas e manipula a estrutura da planta, possibilitando melhor crescimento (Garcez Neto et al., 2002).

A estratégia de manejo por pastejo ou desfolhação influencia diretamente nas características estruturais da pastagem apesar de serem características genéticas. As características estruturais possuem grande importância para formação do índice de área foliar (IAF), o qual apresenta melhor compreensão das relações entre interceptação luminosa (IL) pelo dossel e acúmulo de forragem, além da interação entre frequência e intensidade de desfolhação sobre a produção e manejo de plantas forrageiras (Silva & Nascimento Júnior, 2007).

### **1.2.3 Valor nutricional das plantas forrageiras**

O valor nutritivo das plantas forrageiras é definido por sua composição química e digestibilidade, decorrente de fatores químicos, físicos e estruturais próprios da planta, os quais são condicionados pelo meio ambiente, especialmente pelas condições climáticas (Lopes et al., 2017), da própria espécie, características de solo, manejo da pastagem e idade (Costa, 2016).

As principais características do valor nutritivo estão associadas aos teores de proteína bruta (PB) e fibras (Leal et al., 2017). Informações sobre o valor nutritivo da *Urochloa brizantha* manejada com diferentes estratégias de altura de corte ao longo do ano em zona tropical, com aplicação de água residuária baseado no teor de nitrogênio ainda são escassas o que torna-se um obstáculo para se estabelecer uma estratégia de manejo adequada.

Nascimento (2017), ao estudar 15 híbridos da *Brachiaria decumbens* constatou que não houve diferença estatística nos valores de PB e de fibra em detergente neutro (FDN) com valores médios de 14,89% e 62,72%, respectivamente. O mesmo autor afirma o valor médio de PB de 14,89%, valor considerado elevado para a *Brachiaria*. O mesmo resultado de não haver diferença estatística, no valor de PB foi observado na *Urochloa brizantha* em três cultivares (Marandu, Piatã e Xaraés) por Euclides et al. (2009) em que obteve valor médio de PB de 8,2% e 4,56% para a lamina foliar e colmo, respectivamente.

Avaliando o valor nutritivo da *Urochloa brizantha* colhida a cada 28 dias em diferentes períodos do ano, com aplicação de EETE, Santos et al. (2017), observaram aumento do teor de PB de 11,5 para 13,1% no primeiro ano e no segundo de 11 para 16,1%, e diminuição dos teores de FDN de 63,3 para 59,4% no primeiro ano e 61,8 para 55,4% no segundo ano, com o aumento da aplicação de nitrogênio via EETE de 287 para 931 kg de N ha<sup>-1</sup> no primeiro ano e com aplicação de 350 a 1.132 kg de N ha<sup>-1</sup> no segundo ano de estudo.

Santos (2018), ao estudar os teores de PB em função da aplicação de nitrogênio com lâminas de irrigação em *Urochloa brizantha* colhida com altura de 30 cm, em diferentes períodos do ano, observou que ao aumentar a dose de nitrogênio para 505 kg de N ha<sup>-1</sup> com lâminas de 1.557 e 1.288 mm obteve 18,5% e 19,6% de PB para primavera-verão de 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente. O mesmo autor observou no outono-inverno de 2016 teor máximo de PB (16,5%) foi obtido com a lâmina de 721 mm e com dose e 262 kg N ha<sup>-1</sup>.

O valor nutritivo da *Urochloa brizantha* varia com a frequência de cortes e com o fornecimento de nitrogênio. A redução do teor de PB e elevação dos teores de FDN é resultado do aumento da idade de corte e diminuição da aplicação de nitrogênio. No entanto, é de fundamental importância formular estratégias de como manejá-la corretamente de acordo com o período do ano, afim de minimizar o efeito da sazonalidade na produção e em seu valor nutritivo (Lino, 2018).

#### 1.2.4 Exigências térmicas e hídricas de pastagens

A manutenção da produtividade de pastagens requer grande conhecimento sobre como a pasto responde aos fatores ambientais dominantes, como os elementos climáticos (Tuffa et al., 2017).

Os elementos climáticos que influenciam o crescimento das plantas forrageiras são a precipitação pluvial, temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, vento e nebulosidade (Carnevskis, 2016). Porém, os mais limitantes da produção de forragens são a precipitação pluvial e temperatura do ar.

As pastagens respondem aos níveis de irradiância por meio de adaptação e aclimatação fenotípica (Cruz, 2010). A radiação é de grande importância no crescimento vegetal, na taxa fotossintética e condutância estomática, devido ao fato da radiação excitar as moléculas de clorofila das plantas, iniciando o fluxo de energia durante o processo de fotossíntese (Silva Júnior et al., 2010). De certa forma, a estratégia de manejo por pastejo em pastagens interferem na quantidade de radiação solar chega nas folhas próximas ao solo. Essas folhas são responsáveis por ativar as gemas dormentes e aumenta o aparecimento de novos perfilhos (Difante et al., 2011).

As gramíneas de clima tropical e subtropical apresentam ponto de saturação de luz elevado, baixo ponto de compensação de CO<sub>2</sub>, ausência de fotorrespiração e fotossíntese máxima à temperaturas entre 30°C a 35°C e a mínima à temperaturas entre 10°C a 15°C (Tonato, 2003; Rodrigues, 2004).

As cultivares de *Urochloa brizantha* possuem média tolerância a seca, porém necessitam de precipitação acima de 500 mm ano<sup>-1</sup> (Vilela, 2012). Para Mattos et al. (2005) essa espécie apresenta maior tolerância ao déficit hídrico, em decorrência de menor sensibilidade de seus estômatos ao estresse, do menor comprometimento de suas taxas de fotossíntese e transpiração, das mais altas taxas de alongamento, das baixas taxas de senescência de suas lâminas foliares e de sua expressiva produção de raízes.

No Nordeste do Brasil, a estacionalidade de produção de forragens decorre, principalmente, pela irregularidade da precipitação pluvial (Magalhães et al., 2012). Uma forma de minimizar esse efeito da precipitação e assegurar os melhores índices zootécnicos da produção da pastagem é a utilização da irrigação (Mochel Filho et al., 2016).

A região Sudeste, especificamente no estado de São Paulo, tem-se temperatura adequada para o desenvolvimento de forrageiras do tipo *Urochloa* durante quase todo

o ano, porém o período outono/inverno tem característica de ser relativamente seco e com deficiência hídrica concentrada no inverno (Rolim et al., 2007). Essa característica climática ocasiona baixa oferta de forragem nesse período, carecendo da irrigação para suprir a demanda hídrica da cultura e, então, proporcionar acréscimos no seu rendimento.

A sazonalidade de produção de forrageiras tropicais cultivadas em regiões subtropicais, como na região Noroeste do estado de São Paulo foram constatadas em cultivos com *Urochloa brizantha* por Dantas et al. (2016), Santos et al. (2017) e Santos (2018). Os mesmos autores observaram em experimentos de campo que a faixa de temperaturas ótimas encontra-se entre 25°C a 35°C, enquanto temperaturas abaixo de 15°C comprometem a sua produtividade.

Devido ao fator térmico, a suplementação hídrica não corrige totalmente o efeito da sazonalidade, obtendo-se produtividade de cerca de 60% em forrageiras irrigadas (Teixeira et al., 2013) e de 25,7% em forrageiras não irrigadas (Dantas et al., 2016), em relação à produtividade do cultivo de verão com suprimento hídrico adequado.

### **1.2.5 Estratégia de manejo por altura de corte**

Em busca da estratégia de manejo adequada para a pastagem é necessário conhecer e compreender o processo de transformação deste em produção de folhas e, sobretudo, entender e controlar os processos de crescimento que resultam na produção da forragem a ser consumida (Nascimento Júnior & Adese, 2004).

As estratégias de manejo em pastagens, alteram a área foliar dos pastos, conseqüentemente interferem em seus padrões de crescimento e afetam sua produtividade (Giacomini et al., 2009). As mais frequentes estratégias aplicadas em pastagens são a adubação, irrigação, método de pastejo, intensidade e frequência de desfolha, que determinam sua capacidade de rebrotação e produtividade (Gomite & Gomite, 2014).

A frequência e a intensidade de desfolha da pastagem podem ser caracterizadas basicamente como manejo do pastejo, que quando conduzidas adequadamente esses componentes proporcionaram boa qualidade e quantidade de forragem além de assegurar uma rápida rebrotação do pasto (Nascimento, 2014).

Quando o dossel atinge 95% de intensidade luminosa (IL) as folhas da parte inferior do dossel passam a ser totalmente sombreadas (Souza, 2013). O sombreamento induz a diminuição da atividade fotossintética da folha. A partir desse

ponto da diminuição da atividade fotossintética, as taxas de fotossíntese e respiração do dossel tornam-se equilibradas. A estratégia de manejo do pastejo deve priorizar o ponto ótimo de índice de área foliar, em que a taxa de acúmulo de massa seca do pasto atinge seu ponto máximo de ganho, baseado no quanto de luz é interceptado pela planta (Cavalcante, 2018). Através, de estudos sobre a IL determinam à altura de corte de pré e pós-pastejo.

O pós-pastejo, ou seja, altura residual do pós-corte tem como finalidade em trabalhar com a persistência e vigor da rebrotação nos ciclos posteriores que dependerão da participação da componente folha na massa de forragem remanescente (Rezende et al., 2008), e os componentes colmo e raízes com a função de reservas armazenadoras (Lopes et al., 2011).

Para Oliveira (2010), a época de corte ou pastejo da forragem deve estar relacionada ao estágio de desenvolvimento da gramínea, o qual determinará seu valor nutritivo. Segundo Corsi (1972), os cortes de forragens mais maduras implicam na obtenção de alimento com baixa proporção de carboidratos solúveis e de baixa digestibilidade, em consequência do decréscimo da relação folha/colmo, que parece ser o principal fator de perda de qualidade da forragem com a maturação. À medida em que a gramínea amadurece, a produção de seus componentes potencialmente digestíveis, como carboidratos solúveis, e proteína, tendem a decrescer e a proporção de lignina, celulose, hemicelulose e outras frações indigestíveis aumentam, diminuindo a digestibilidade (Euclides et al., 1995).

Para a *Urochloa brizantha* sob lotação intermitente recomendam-se alturas de pré-pastejo entre 25 cm e 35 cm (Anjos, 2012; Costa & Queiroz, 2013; Zeferino, 2006; Souza Junior, 2007; Gimenes et al., 2011). Essas recomendações estão de acordo com Gomite et al. (1997) e Vieira & Zanine (2006) que preconizam o manejo da forragem com alturas de 20 a 40 cm. No pós-pastejo recomenda-se altura em torno de 15 cm (Zeferino, 2006; Souza Junior, 2007; Gimenes et al., 2011; Molan, 2004), baseado em resultados de composição morfológica e bromatológica obtidos com a forragem produzida.

### **1.2.6 Adubação nitrogenada em pastagens tropicais**

A adubação de pastagens durante o período de primavera e verão (período chuvoso), quando as variáveis climáticas são favoráveis ao crescimento da forrageira, possibilita melhor eficiência de uso dos adubos, resultando-se em maior produtividade

(Da Silva, 2015). No período de outono e inverno (período seco), em sistemas extensivos, a adubação de manutenção das pastagens, com doses reduzidas, é fundamental para garantir incrementos na produção neste período crítico do ano, com baixa produção. Para proporcionar incrementos na produção no período crítico do ano, pode-se fazer as adubações no término do verão e/ou no início do outono, cujo efeito seria maior produção de forragem colhida no período seco, período em que a produção de forragem é baixa (Santos, 2010).

Para De Lucena (2011), a adubação nitrogenada exerce função importante na sustentabilidade dos sistemas agropecuários. A mesma autora ressalta que o nitrogênio (N), apesar de ser presente no solo em forma orgânica ou mineral, tem seu suprimento limitado, podendo ser esgotado rapidamente por alguns cultivos. O suprimento de N do solo normalmente não atende à demanda das plantas forrageiras, necessitando-se de aplicação de N (Moreira et al., 2015)

Em plantas forrageiras o N é o nutriente de maior relevância em sua produtividade (Resende Júnior, 2011), pois esse nutriente é um componente essencial dos aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, hormônios e clorofila que, dentre os compostos orgânicos, são essenciais para vida das plantas, uma vez que participam dos processos metabólicos e da estrutura do tecido vegetal (Santos Júnior et al., 2004). Com a redução da biomassa de forragem (desfolhação), há mobilização de N dos compostos orgânicos em favor da reconstituição de novos tecidos foliares, ou seja, incrementando na biomassa da forrageira (Alexandrino et al., 2008). Sendo assim, aplicação de N melhora substancialmente os processos de crescimento da forrageira. Moreira et al. (2015), ao aplicar doses de N de 0 a 400 kg ha<sup>-1</sup> nos meses de dezembro a abril, observaram incrementos de matéria seca com o aumento da dose de N em Tifton 85, no entanto não foi possível medir o potencial máximo da cultura com a maior dose de N aplicado. Da mesma forma, Sales et al. (2013) trabalharam com doses de até 400 kg ha<sup>-1</sup> de N e observaram efeito linear na produção de matéria seca (MS) da *Urochloa brizantha* cv. Marandu obtendo produtividades médias de 3,9 e 5,7 Mg ha<sup>-1</sup> de MS no período de inverno e verão, respectivamente, também não foi possível medir o potencial máximo da cultura com aplicação de N, necessitando-se de novos estudos com doses maiores.

Santos et al. (2017) aplicaram até 1.132 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> via efluente de estação de tratamento de esgoto na *Urochloa brizantha* cv. Marandu e também verificaram efeito linear sobre o aumento de produtividade e do valor nutritivo da

forragem. Os mesmos autores destacaram que *Urochloa brizantha* cv. Marandu pode proporcionar maiores produtividades com aplicações adicionais de N.

Vários trabalhos demonstram que o valor nutritivo das pastagens aumenta quando adubadas com nitrogênio. Viana et al. (2011) aplicaram doses de 0 e 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N em *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e observaram valores de proteína bruta (PB) em torno de 6,85% e 10,4%, respectivamente. Também com doses de N de 0 e 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, Sousa et al. (2010) observaram aumento no teor de PB de 8,6% para 12,3%, respectivamente, em *Panicum maximum* cv. Tanzânia. Pinho Costa et al. (2013), com aplicações de 0 a 600 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N em *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, também observaram incrementos no teor de PB de 8,6% para 16,3% nos tratamentos sem e com N, respectivamente. Assim como muitos autores observaram incrementos no teor PB nas pastagens tropicais, observaram também a diminuição da fibra em detergente neutro (FDN) (Sousa et al., 2010; Magalhães et al., 2011; Pinho Costa et al., 2013).

### **1.2.7 Irrigação de pastagens**

A irrigação é uma prática promissora para aumentar a produtividade de forrageiras em regiões onde as chuvas são escassas ou de distribuição irregular (Reis et al., 2017). Sua prática proporciona o suprimento hídrico necessário ao longo do ano, além de mitigar a sazonalidade de produção das pastagens devido às temperaturas sub-ótimas e deficiência hídrica durante o inverno. Em regiões de maior latitude e altitude, onde ocorrem quedas mais acentuadas das temperaturas, durante o inverno, não se deve esperar que a irrigação seja capaz de equilibrar totalmente a sazonalidade de produção (Reis et al., 2017).

As gramíneas apresentam vários padrões de crescimento e produção em diferentes quantidades de chuvas, devido às diferenças nas suas estruturas vegetativas e radiculares (Kim et al., 2016).

As gramíneas tropicais são consideradas de fisiologia C<sub>4</sub>, que consomem aproximadamente 300 g de água para cada grama de matéria seca produzida, sendo que, aproximadamente, 95% são perdidos pelo processo de transpiração e o restante aproveitado no seu metabolismo e crescimento vegetal (Taiz & Zeiger, 2009). Para Carnevskis (2016), produções na ordem de 15 a 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de massa seca da parte aérea indicam uma exigência hídrica de 525 a 700 mm ano<sup>-1</sup>. Porém, o mesmo autor ressalta que na prática, deve-se levar em conta as eficiências de aplicação e

armazenamento de água no solo, em condições de precipitação natural ou irrigação, a demanda hídrica é de ordem de 1.000 a 1.200 mm ano<sup>-1</sup>.

Em cultivares de *Urochloa brizantha* (Marandu, Piatã e Xaraés) Pezzopane et al. (2015), observam redução da área foliar específica, da taxa de alongamento foliar e da produtividade quando submetidas ao estresse hídrico. Vários estudos mostram menor desenvolvimento da forrageira sob déficit de água (Bonfim-Silva et al., 2014; Kroth et al., 2015; Dantas et al., 2016). No estudo de Santos (2018), sob lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, observou aumento de produção entre a menor e maior irrigação de 32,5% e 38,6% em 2016 e 2017, respectivamente, para do outono-inverno. O mesmo autor não observou aumento de produtividade pela irrigação no período primavera-verão.

Visando à redução da estacionalidade de produção de forragem, Dantas et al. (2016) avaliaram a produtividade de matéria seca e valor nutritivo de *Urochloa brizantha*, cv. Marandu, utilizando irrigação por aspersão no período outono-inverno. A irrigação promoveu aumento de 288% na produtividade de matéria seca, apresentou valores altos de proteína bruta (16%) e baixos teores de fibra em detergente neutro (55%). No período da seca, a maior lâmina de irrigação com 536 mm total propiciou a máxima produtividade de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>.

### **1.2.8 Fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto em pastagens**

A utilização de EETE na irrigação é uma forma de se aproveitar a água residuária rica em nutrientes que normalmente seria descartada de forma inadequada (Toze, 2006). Segundo Fonseca et al. (2007a), o Brasil possui grande área com pastagens que pode constituir grande potencial para irrigação com EETE. As pastagens apresentam as seguintes características: alta taxa de absorção de água e nutrientes (Fageria et al., 1997), alta qualidade e quantidade de feno (Hill et al., 1993), resposta imediata à adubação nitrogenada (Alvim et al., 1999) e maior tolerância à salinidade (Grattan et al., 2004).

Além do aspecto produtivo da pastagem, a qualidade sanitária da forrageira é uma condição fundamental a ser avaliada por conta dos riscos associados, tanto à saúde humana quanto à saúde animal. No caso do uso de esgoto para produção de forrageiras, Bastos (2003) aponta os organismos patogênicos com potencial zoonótico, ou seja, que possam ser transmitidos dos seres humanos aos animais e

vice-versa. Porém, as infecções animais são mais evidentes para uso de esgoto não tratado. Recomenda-se, como medida eficaz para descontaminação das pastagens irrigadas com esgoto, a alimentação animal após duas semanas da aplicação de EETE (Bastos et al., 2003).

As diferentes abordagens legislativas são utilizadas em todo mundo para determinar o nível de contaminação das águas residuárias, para que se possa ser utilizado na agricultura (Vivaldi et al., 2013). As orientações da Organização Mundial de Saúde OMS para água residuárias (Blumenthal et al., 2000), utiliza dados epidemiológicos empíricos, podendo ser classificadas em três categorias para a sua reutilização: Categoria A - "irrigação irrestrita", recomendando o nível de coliformes fecais inferiores a  $1.000 \text{ ufc}/100 \text{ m L}^{-1}$ , utilizável para vegetais e culturas comido salada crus, campos esportivos e parques públicos; Categoria B - "irrigação restrita" recomenda-se o nível de coliformes fecais inferiores a  $100.000 \text{ ufc}/100 \text{ m L}^{-1}$  utilizável para plantações de cereais, culturas industriais, plantas forrageiras, pastagens e árvores (no caso de árvores frutíferas, a irrigação deve parar duas semanas antes do fruto ser colhido, e nenhuma fruta deverá ser colhida do chão / irrigação por aspersão não deve ser usado). Categoria C - irrigação localizada de culturas na categoria B, para não haver exposição a trabalhadores.

### 1.3 Referências

- Alexandrino E, Mosquim PR, Nascimento Júnior D, Vaz RGMV, Detmann E (2008) Evolução da biomassa e do perfil da reserva orgânica durante a rebrotação da "*Brachiaria brizantha*" cv. Marandu submetida a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 9(2)190-200.
- Alvim MJ, Xavier DF, Verneque RS, Botrel MA (1999) Resposta do tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 34(12)2345-2352.
- Anjos AJ (2012) **Massa de forragem, características estruturais e produção de leite em capim-marandu sob lotação intermitente com período de descanso fixo ou variável**. Dissertação de Mestrado. UFVJM.
- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes ABIEC (2018) **Perfil da Pecuária no Brasil 2018**. Disponível <<http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>>. Acesso em 29 jan. 2019.
- Barducci RS, Costa C, Crusciol CAC, Borghi E, Putarov TC, Sarti LMN (2009) Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, 58(222)211-222.
- Bastos RKX, IN: Bastos RKX, (Coord.) (2003) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, p. 23-59 (Projeto PROSAB)
- Blumenthal UJ, et al. (2000) Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. **Bulletin of the World Health Organization**, 78(9)1104-1116.
- Bonfim-Silva EM, Silva MC, Schlichting AF, Porto RA, Silva TJA, Koetz, M (2014) Desenvolvimento e produção de capim-convert HD364 submetido ao estresse hídrico. **Revista Agro@ambiente On-line**. 8(1)134-141.
- Carneviskis EL (2016) **Determinação de eventos de deficiência hídrica máxima com fins de implantação de sistemas de irrigação em pastagens tropicais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Carvalho FJ, Aguiar LM, Sousa LA (2015) Uso do ácido sulfúrico e nitrato de potássio no teste de germinação de *Brachiaria Brizantha* cv. 'Marandu'. **Centro Científico Conhecer: Agrarian Academy**, 2(4)1-8.
- Cavalcante FS (2018) **Frequência de colheita em pastos de *Megathyrus maximus* cv. Sempre-Verde**. 2018. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.
- Cezário AS, Ribeiro KG, Santos AS, De Campos Valadares Filho S, Pereira OG (2015) Silages of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu harvested at two regrowth ages: Microbial

inoculant responses in silage fermentation, ruminant digestion and beef cattle performance. **Animal Feed Science and Technology**, 208:33-43.

Chapman DF, Lemaire G (1993) Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: **INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS**, New Zealand. Proceedings. New Zealand: [s.n.].

Corsi M (1972) **Estudos da produtividade e do valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), variedade Napier submetido a diferentes frequências e alturas de corte**. Tese de Doutorado. Piracicaba: ESALQ.

Corsi M, Martha Júnior GB (1998) Manejo de pastagens para produção de carne e leite. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, **Anais...** Piracicaba: FEALQ.

Costa FO (2016) **Características agrônômicas, valor nutritivo e comportamento de pastejo de ovinos em capim-Tanzânia em função de alturas de resíduo e idades de rebrotação**. Dissertação, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.

Costa JAA, Queiroz HP (2013) **Régua de manejo de pastagens**. Embrapa Gado de Corte-Comunicado Técnico (INFOTECA-E).

Cruz PG (2010) **Produção de forragem em *Brachiaria brizantha*: adaptação, geração e avaliação de modelos empíricos e mecanicistas para estimativa do acúmulo de forragem**. Tese em Ciências (Ciência Animal e Pastagens), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Da Silva VL (2015) **Produção de forragem e desempenho de vacas leiteiras em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob doses crescentes de adubação nitrogenada**. Tese de Doutorado. Tese Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

Dantas GF, Faria RT, Santos GO, Dalri AB, Palaretti LF (2016) Produtividade e qualidade da *Brachiaria* irrigada no outono/inverno. **Engenharia Agrícola**, 36:469-481.

De Lucena MAC (2011) **Características agrônômicas e estruturais de *Brachiaria spp* submetidas a doses e fontes de nitrogênio em solo de cerrado**. Dissertação (mestrado). Nova Odessa-SP.

Difante GS, et al. (2011) Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40(5):955-963.

Euclides VPB, Macedo MCM, do Valle CB, dos Santos Difante G, Barbosa RA, & Cacere ER (2009). Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44(1)98-106.

Euclides VPB, Macedo MCM, Valle LCS (1995) **Avaliação de acessos de *Panicum maximum* sob pastejo**. Campo Grande: Embrapa-CNPGC.

Fageria NK, Baligar VC, Jones CA (1997) **Crescimento e Nutrição Mineral de Colheitas de Campo**. (2nd ed.) Mareei Dekker, New York.

Fonseca AF, Herpin U, Paula AM, Victoria RL, Melfi AJ (2007a) Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Sciencia Agricola**, 64(2)194-209.

Fonseca AF, Melfi AJ, Monteiro F, Montes CR, Almeida VV, Herpin U (2007b) Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. **Agricultural Water Management**, 87(3)24-336.

Garcez Neto AF, Nascimento Junior D, Regazzi AJ, Fonseca DMF, Mosquim PR, Gobbi KF (2002) Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31(5)1890-1900.

Gimenes FMA, DA Silva SC, Fialho CA, Gomes MB, Berndt A, Gerdes L, Colozza MT (2011) Adubação nitrogenada na produção e composição química do capimbraquiária sob pastejo rotacionado. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, 46(7)751-759.

Gobbi KF, Lugão SMB, Bett V, Abrahão JJS, Tacaiama AAK (2018) Massa de forragem e características morfológicas de gramíneas do gênero *Brachiaria* na região do Arenito Caiuá/PR. **Boletim de Indústria Animal**, 75.

Gomite JA, Gomite CAM (2014) Morfofisiológica de Gramíneas Forrageiras. In: Reis RA, Bernerdes TF, Siqueira GR (eds.). **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. Gráfica Multipress, p 425-435.

Grattan SR, et al. (2004) Evaluation of salt-tolerant forages for sequential water reuse systems: I. Biomass production. **Agricultural water management**, 70(2)109-120.

Hill GM, Gates RN, West JW (1993). Advances in bermu- dagrass research involving new cultivars for beef and dairy pro- duction. **J. Anim. Sci.** 79:48-58.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>>. Acesso em: 09/01/2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2019). **Censo Agropecuário 2017 (Resultados Preliminares)**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: < [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_pre\\_liminares.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_pre_liminares.pdf)>. Acesso em: 10/01/2019.

Kim S, Williams A, Kiniry JR, Hawkes CV (2016). Simulating diverse native C4 perennial grasses with varying rainfall. **Journal of Arid Environments**, 134:97-103.

Kroth BE, Bonfim-Silva EM, Silva TJ, Koetz M, Schlichting AF (2015) Cultivares de *Brachiaria brizantha* sob diferentes disponibilidades hídricas em Neossolo Flúvico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19:464-469.

Leal DM, França ADS, Oliveira LG, Correa DS, Arnhold E, Ferreira RN, ... Brunet L C (2017). Fracionamento de carboidratos e proteínas da *Brachiaria* híbrida 'Mulato II' sob adubação nitrogenada e regime de cortes. **Archivos de zootecnia**, 66(254)181-188.

Leal RMP, Firme LP, Montes CR, Melfi AJ, Piedade SMS (2009) Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, 66(2)242-49.

Lino D M (2018) **Produtividade e métodos de sobressemeadura de aveia preta em pastagem irrigada de Tifton-85 sob pastejo de ovinos no cerrado**. Dissertação, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/Unesp, Ilha Solteira.

Lopes CM, Paciullo D, Araújo S, Gomide CDM, Morenz M, Villela S (2017). Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, 69(1)225-233.

Lopes MN, Cândido MJD, Pompeu RCFF, da Silv R.G., Bezerra FL. (2011) Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, 42(2)518-525.

Magalhães AF, Pires AJV, Carvalho GGPD, Silva Sousa R, Silva FFD, Bonomo P, ... Pereira, J. M (2011) Composição bromatológica e concentrações de nutrientes do capim braquiária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, 12(4)893-907.

Magalhães JA, Carneiro MDS, Andrade AC, Pereira ES, Souto JS, Pinto MDC, ... & Mochel Filho W (2012) Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim-andropogon sob irrigação e adubação. **Archivos de zootecnia**, 61(236)577-588.

Matos OI (2017) **Adubação nitrogenada, parcelada ou singular, em pastagem irrigada de *Cynodon spp.*** Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Mattos JLS, et al. (2005) Crescimento de Espécies do Gênero *Brachiaria*, sob Déficit Hídrico, em Casa de Vegetação<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37(3):746-754.

Mochel Filho WDJ, Carneiro MSDS, Andrade AC, Pereira ES, Andrade APD, Cândido, MJ, ... & Costa ND (2016) Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. **Revista de Ciências Agrárias**, 39(1)81-88.

Molan LK (2004) **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens), Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Moreira AL, Lara Fagundes J, Yoshihara E, Acosta Backes A, Teixeira Barbosa L, Ganassali DE Oliveira Júnior LF,... Da Silva Arruda Santos MA (2015) Acúmulo de

forragem em pastos de Tifton 85 adubados com nitrogênio e manejados sob lotação contínua. Semina: **Ciências Agrárias**, 36(1)2275-2286.

Nascimento AA (2017) **Avaliação e seleção de híbridos de *Brachiaria decumbens* por características agrônômicas e morfogênicas**. Dissertação de Mestrado. UFVJM.

Nascimento Júnior D, Adese B (2004) Acúmulo de biomassa na pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p.289- 330, 2004.

Nascimento, HLB (2014) **Cultivares de *Panicum maximum* adubadas e manejadas com frequência de desfolhação correspondente a 95% de interceptação luminosa**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

Oliveira CS (2010) **Morfogênese e composição químico-bromatológica da *brachiaria brizantha* cv. Mg4 submetida a adubação nitrogenada e alturas de corte**. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Área de Concentração em Produção de Ruminantes, Itapetinga.

Pezzopane CG, Santos PM, Cruz PG, Altoé J, Ribeiro FA, Valle CB (2015) Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, 45:871-876.

Pinho Costa KAD, Severiano EDC, Silva FG, borges EF, Epifânio PS, Guimarães KC (2013) Doses and sources of nitrogen on yield and bromatological composition of xaraés grass. **Ciência animal brasileira**, Goiânia,14(3)288-298.

Quintino ADC, De Almeida RG, De Abreu JG, Macedo MCM (2016) Características morfogênicas e estruturais do capim-piatã em sistema de integração lavoura-pecuária. **Veterinária e Zootecnia**, 23(1)131-138.

Reis MM, Santos LDT, Oliveira F, Santos MV (2017). Irrigação de pastagens tropicais: desafios e perspectivas. **Unimontes Científica**, 19(1)178-190.

Resende Júnior AJ (2011) **Morfogênese, acúmulo de forragem e teores de nutrientes de *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetido a diferentes severidades de desfolhação e fertilidades contrastantes**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo.

Rezende CP, Pereira JM, Pinto JC, Muniz JA, Borges AMF, de Andrade IF, Evangelista AR (2008) Dinâmica de perfilhamento e fluxo de biomassa em capim-cameroon sob lotação rotativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37(10)1750-1757.

Rodrigues DC (2004) **Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

Rolin GS, et al. (2007) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, 66(4):711-720.

Rosa R, Sano EE (2013). Determinação da produtividade primária líquida (NPP) de pastagens na bacia do rio Paranaíba, usando imagens MODIS. **GeoFocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, 13(1)367-395.

Sales ECJ, Dos Reis ST, Monção FP, Da Silva Antunes AP, De Oliveira ER, Matos VM, ... & De Souza Delvaux A (2013) Produção de biomassa de capim-marandu submetido a doses de nitrogênio em dois períodos do ano. **Agrarian**, 6(22)486-499.

Santos FG (2006) **Aspectos morfológicos e índice climático de crescimento dos capins *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85 e *Panicum maximum* cv. Tanzânia, para a região agropastoril de Itapetinga-BA.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

Santos GO (2015) **Aplicação de efluente de tratamento de esgoto via aspersão, no solo e em *Brachiaria*.** Tese em Agronomia (Ciência do Solo), FCAV-Unesp, Jaboticabal.

Santos GO, Faria RTD, Rodriguês GA, Dantas GDF, Dalri AB, Palaretti LF (2017) Forage yield and quality of marandugrass fertigated with treated sewage wastewater and mineral fertilizer. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 39(4)515-523.

Santos Júnior JDG, Monteiro FA, Júnior JL (2004) "Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio." **Revista Brasileira de Zootecnia** 33:(6)1985-199.

Santos MER (2010) Adubação de pastagens: possibilidades de utilização. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, 6(11)1-15.

Santos MG (2018) **Capim marandu sob lâminas de irrigação e doses de nitrogênio: resposta agrônômica e simulação do rendimento de forragem usando o modelo cropgro-perennial forage.** Tese, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Unesp/Jaboticabal, SP.

Santos MLF (2006) **Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários.** Petrópolis/RJ: Sermograf Artes Gráficas e Editora Ltda, p. 403.

Silva AGB (2013) **Efeito da irrigação com efluente de esgoto rico em sódio em propriedades químicas e físico-hídricas de um Argissolo e produtividade de capim Tifton 85 no município de Lins.** Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

Silva Júnior LC, et al. (2010) Influência da radiação fotossinteticamente ativa no crescimento e desenvolvimento de forrageiras tropicais. **FAZU em Revista**, 07:63-67.

Silva SC, Nascimento Júnior D (2007) Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 6(especial)122-138.

Sousa RS, Pires AJV, Carvalho GD, Silva FD, Magalhães AF, Velos CM (2010) Composição química de capim-tanzânia adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39(6)1200-1205.

Souza ACM (2012) **Uso da irrigação subsuperficial com efluente de esgoto doméstico em área cultivada com cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas.

Souza Junior SJ (2007) **Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Souza MWM (2013) **Intervalo de corte em cultivares de Panicum Maximum Jacq.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

Taiz L, Zaiger E (2009) **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 820 p.

Teixeira AM, Jayme DG, Sene GA, Fernandes LO, Barreto AC, Rodrigues Júnior DJ, Glória JR (2013) Desempenho de vacas Girolando mantidas em pastejo de Tifton 85 irrigado ou sequeiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 65(5)1447-1453.

Tonato F (2003) **Determinação de parâmetros produtivos de Cynodon spp. Em função de variáveis climáticas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Toze S (2006) Reuse of effluent water—benefits and risks. **Agricultural Water Management**, 80(1)147-159.

Tuffa S, Hoag D, Treydte A C (2017) Clipping and irrigation enhance grass biomass and nutrients: Implications for rangeland management. **Acta Oecologica**, 81:32-39.

Tuta NF (2013) **Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar no ciclo da cana-planta com aplicação de efluente de esgoto tratado via gotejamento subsuperficial**. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola.

Vale CB, Macedo MCM, Euclides VPB, Jank L, Resende RMS (2010) Gênero Brachiaria. In Fonseca, D. M.; Martuscello, J. A. **Plantas Forrageiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, Cap. 2, p. 30-77.

Viana MCM, et al. (2011) Adubação nitrogenada na produção e composição química do capimbraquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40(7)1497-1503.

Vieira BR, Zanine AM (2006) Indicadores funcionales de rozar para el *Brachiaria brizantha* cv. El. **REDVET (Revista Electrónica de Veterinária)**, 7(11)1-11.

Vilela H (2012) **Pastagem: seleção de plantas forrageiras, implantação e adubação**. 2 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, p.340.

Vivaldi GA, et al. (2013) Impacto microbiana de diferentes tipos de águas residuárias municipais utilizados para irrigar as nectarinas no sul da Itália. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 181:50-57.

Zeferino CV (2006) **Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A Rich) cv Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

## **CAPÍTULO 2 – Produtividade e valor nutricional de capim Marandu colhido com duas alturas e fertirrigado com água residuária**

**RESUMO:** A fertirrigação com água residuária pode mitigar o impacto ambiental causado por grandes concentrações urbanas e, associada com práticas de manejo, pode aumentar a produtividade e a qualidade nutricional de cultivos, como as forrageiras. Na literatura há pouco conhecimento da interação entre a aplicação de efluentes com alto teor de nitrogênio e intensidade de corte de plantas forrageiras em áreas tropicais. O objetivo deste trabalho foi determinar a produtividade e os teores de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) de forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função da fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), complementada com ureia (U), associada à colheita com duas alturas de plantas, durante os períodos seco (PS) e chuvoso (PC). O experimento foi conduzido em Jaboticabal, SP (Latitude 21°15'S, Longitude 48°18'W), de fevereiro de 2015 a fevereiro de 2017. As alturas de corte da forragem foram 30 cm (A<sub>1</sub>) e 40 cm (A<sub>2</sub>), e as doses de adubação nitrogenada foram 9,1 (D<sub>1</sub>), 12,1 (D<sub>2</sub>), 22,5 (D<sub>3</sub>), 26,6 (D<sub>4</sub>) e 34,0 (D<sub>5</sub>) kg de N por Mg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) produzida, aplicadas por EETE via aspersão, mais 7,5 kg de N por Mg<sup>-1</sup> de MS produzida, aplicada na forma de ureia por cobertura em todos os tratamentos. No PC de 2015/16 e 2016/17, a aplicação de EETE + U proporcionou aumento de produtividade de forragem de cerca de 53% sobre os tratamentos com menores doses aplicadas, com produtividades máximas de MS em torno de 25 Mg ha<sup>-1</sup>. No PS em ambos os anos, os aumentos foram de 46 a 58%, com produtividade máxima de cerca de 12 Mg ha<sup>-1</sup>. Houve efeito de altura de corte somente no PC, com maiores produtividades na altura A<sub>2</sub>. Forragem de maior valor nutricional foi obtida nos tratamentos com maiores doses aplicadas e na altura de corte A<sub>1</sub>, com baixos teores de fibra em detergente neutro (43,6 a 47,6%) e altos teores de proteína bruta (15,6 e 20,5%).

**Palavras-chave:** Reúso de água, frequência de pastejo, adubação.

## **CHAPTER 2 - Herbage mass and nutritional quality of Marandu grass harvested at two heights and fertigated with sewage effluent**

**ABSTRACT:** Fertigation with wastewater can mitigate environmental impacts caused by densely populated urban areas and, associated with management practices, can increase the productivity and nutritional quality of crops, such as forage crops. In the literature there is few reports on interaction between the application of effluents with high nitrogen content and harvesting of forage plants at different heights in tropical areas. The objective of this work was to determine the productivity and fractions of crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) of *Urochloa brizantha* cv. Marandu forage as a function of fertigation with treated sewage effluent (TSW), supplemented with urea (U), associated with harvesting at two plant heights, during dry season (DS) and rainy season (RS). The experiment was conducted in Jaboticabal, SP (Latitude 21°15'S, Longitude 48°18'W), from February 2015 to February 2017. The cutting heights were 30 cm (A<sub>1</sub>) and 40 cm (A<sub>2</sub>), and the nitrogen doses were 9.1 (D<sub>1</sub>), 12.1 (D<sub>2</sub>), 22.5 (D<sub>3</sub>), 26.6 (D<sub>4</sub>) and 34.0 (D<sub>5</sub>) kg of N per Mg<sup>-1</sup> of produced dry matter (DM), applied in form of TSW by sprinklering, plus 7.5 kg of N per Mg<sup>-1</sup> of produced DM, applied in form of urea in all treatments. In the RP of 2015/16 and 2016/17, the application of EETE + U provided increases of forage productivity of about 53% on the treatments with lower doses applied, with maximum yields around 25 Mg ha<sup>-1</sup>. In the DS in both years, the increases were 46 to 58%, with maximum yields of about 12 Mg ha<sup>-1</sup>. Cut height effects were found only in the RS, with higher productivity at height A<sub>2</sub>. Forage of the highest nutritive value was obtained in the treatments with higher doses applied and at cutting height A<sub>1</sub>, with low levels of NDF (43.6 to 47.6%) and high levels of CP (15.6 and 20.5%)

**Keywords:** Water Reuse, frequency of grazing, fertilization.

## 2.1 Introdução

O crescimento populacional previsto para o futuro próximo (The Economist, 2011) demandará ao setor agrícola maior produção de alimentos, que se viabilizará a custo, principalmente, do aumento da área irrigada em um cenário altamente competitivo pelos recursos hídricos. Por outro lado, a concentração da população em áreas urbanas incrementará significativamente a produção de efluentes de esgotos sanitários, o que poderá resultar em impactos ambientais consideráveis, se medidas adequadas não forem tomadas.

Em todo o mundo cresce a consciência em torno da importância do uso racional, da necessidade de controle de perdas e desperdícios, e do reúso da água, incluindo a utilização de esgotos sanitários para diversos fins com seus inegáveis atrativos, dentre os quais citam Santos et al. (2006): a) o reúso da água, proporcionando alívio na demanda e preservação de oferta de água para usos múltiplos; b) a reciclagem de nutrientes, proporcionando economia significativa de insumos, por exemplo, fertilizantes e ração animal, c) a ampliação de áreas irrigadas e a recuperação de áreas improdutivas ou degradadas; e d) a redução de lançamento de esgotos em corpos receptores, contribuindo para a redução de impactos de poluição, contaminação e eutrofização.

A escolha de culturas para receber água residuária é de suma importância para garantir a sustentabilidade da prática, uma vez que certas culturas podem ser irrigadas sem implicações negativas na produtividade (Bouwer & Idelovitch, 1987). Plantas forrageiras têm sido escolhidas para cultivos sob aplicação de água residuária por causa do longo ciclo de crescimento, associado com elevado consumo hídrico anual, alta taxa de absorção de nutrientes e capacidade de evitar erosão (Fonseca et al., 2007). Além disso, vários trabalhos têm demonstrado a tolerância das gramíneas, como *Brachiaria*, às condições elevadas de umidade do solo, de salinidade, de matéria orgânica e de possíveis efeitos tóxicos da água residuária (Bevilacqua et al., 2003; Silva, 2016; Pontes et al., 2016)

As forrageiras do gênero *Urochloa*, apesar de serem plantas tropicais, têm sido consideradas aptas para cultivo em regiões sub-tropicais. Porém, para maximizar a produção e o valor nutricional de forragem durante o ano, estratégias de manejo da pastagem são imprescindíveis para mitigar os efeitos limitantes de condições sub-ótimas de temperatura do ar, deficiência hídrica, radiação solar e nutrição de plantas. A irrigação e adubação são técnicas que podem ser utilizadas para suprir as

deficiências hídricas e nutricionais da pastagem a fim de mitigar o efeito da estacionalidade, garantindo melhor produtividade e valor nutricional de forragem (Silva et al., 2009).

A adubação nitrogenada resulta em incrementos na produtividade e melhoria no valor nutricional da forragem pelo seu efeito no aumento da densidade de perfilhos, número de folhas e área foliar das plantas forrageiras (Premazzi et al., 2003; Pitman, 2012). O valor nutricional da forragem é altamente relacionado com fertilização de nitrogênio e com a idade fisiológica da planta e, em menor grau, pela espécie forrageira (Santos et al., 2014).

A adubação nitrogenada, associada à intensidade de pastejo ou frequência de corte da forragem, pode ser também adotada para se incrementar o acúmulo e o valor nutritivo da forragem. Embora haja na literatura vários trabalhos sobre adubação de forrageiras (Iwamoto et al., 2015; Santini et al., 2016; Santos et al., 2017) e estratégia de manejo por altura de corte (Dim et al., 2015; Echeverria et al., 2016; Pontes et al., 2016), porém há relativamente pouco conhecimento sobre as interações desses fatores no desempenho da maioria das espécies tropicais. A intensidade de corte afeta a produtividade de forragem e seu valor nutritivo, uma vez que essa prática de manejo altera o desenvolvimento morfológico da forrageira (Fontes et al., 2014), em resposta da plasticidade fenotípica da planta à desfolhação, o que pode levar a cultura ao crescimento mais lento ou mais rápido, conforme a disponibilidade de nutrientes no solo (Medica, 2016). Efeitos negativos podem advir de cortes frequentes da forragem, implicando no desenvolvimento lento do perfilho (Portela et al., 2011), porém tal efeito pode ser compensado pelo aumento da dose de nitrogênio aplicada que eleva a proporção de folhas e melhora o valor nutricional da forragem (Pontes et al., 2016).

Em um estudo recente conduzido em Jaboticabal, SP (Santos et al., 2017), foi possível utilizar efluente da estação de tratamento de esgoto (EETE) do município para fornecer até 1.132 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e até 464 kg ha<sup>-1</sup> de potássio por ano, além de outros macronutrientes e micronutrientes essenciais, para a fertirrigação de *Urochloa brizantha*. A produtividade de biomassa seca foi crescente à aplicação de nitrogênio no solo via EETE em todas as estações do ano avaliadas, nos dois anos. Apesar das altas doses de nitrogênio aplicadas no experimento conduzido por Santos et al. (2017), não foi atingido o ponto de máximo da função de produtividade de forragem, indicando que aplicações adicionais de nitrogênio ainda incrementariam a produtividade. Portanto, há necessidade de complementar o estudo de resposta de

produtividade de forragem em função de doses de EETE, ou de nitrogênio, aplicando-se doses mais elevadas. Devido à baixa concentração de nitrogênio no efluente (40 a 60 mg L<sup>-1</sup>), a aplicação de doses elevadas de nitrogênio via EETE resultaria em lâminas excessivas de irrigação, que poderá causar decréscimo de produtividade devido ao excesso hídrico no solo. Portanto, o aporte de nitrogênio via EETE deve ser complementado com outra fonte de N.

A hipótese a ser testada nesta pesquisa é de que, tanto o acúmulo de forragem, quanto seu valor nutritivo, são afetados pela frequência de corte e pelo suprimento de nitrogênio durante o ano. Neste contexto, objetivou-se determinar a produtividade e valor nutricional de forragem de *Urochloa brizantha*, em função de doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), complementada com ureia (U), associada à colheita com duas alturas de plantas, durante os períodos seco (PS) e chuvoso (PC).

## 2.2 Material e métodos

### 2.2.1 Características da área

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da FCAV-Unesp, em Jaboticabal, SP (Latitude 21°15'S, Longitude 48°18'W e altitude de 545 m), por dois anos, de fevereiro de 2015 a fevereiro de 2017. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw, tropical, com precipitação média anual de 1.425 mm, concentrada no verão, e temperatura média anual de 22,2°C (Alvares et al., 2013).

O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho eutrófico típico (Oxisol), com textura muito argilosa (Santos et al., 2013), cujos os atributos químicos são apresentados na Tabela 1. Não houve necessidade correção do solo antes da instalação do experimento, apesar do pH de 5,4 correspondente à acidez média, porém com saturação por bases de 62%, considerado eutrófico. Ao término do experimento, em fevereiro de 2017, foram constatados aumento no pH e nos teores de matéria orgânica, cálcio e saturação por bases, e decréscimo em fósforo, potássio, magnésio, hidrogênio + alumínio, soma de bases e capacidade de troca catiônica.

**TABELA 1.** Atributos químicos do Latossolo Vermelho eutrófico da área experimental, na camada de 0-0,2 m, em Jaboticabal, SP.

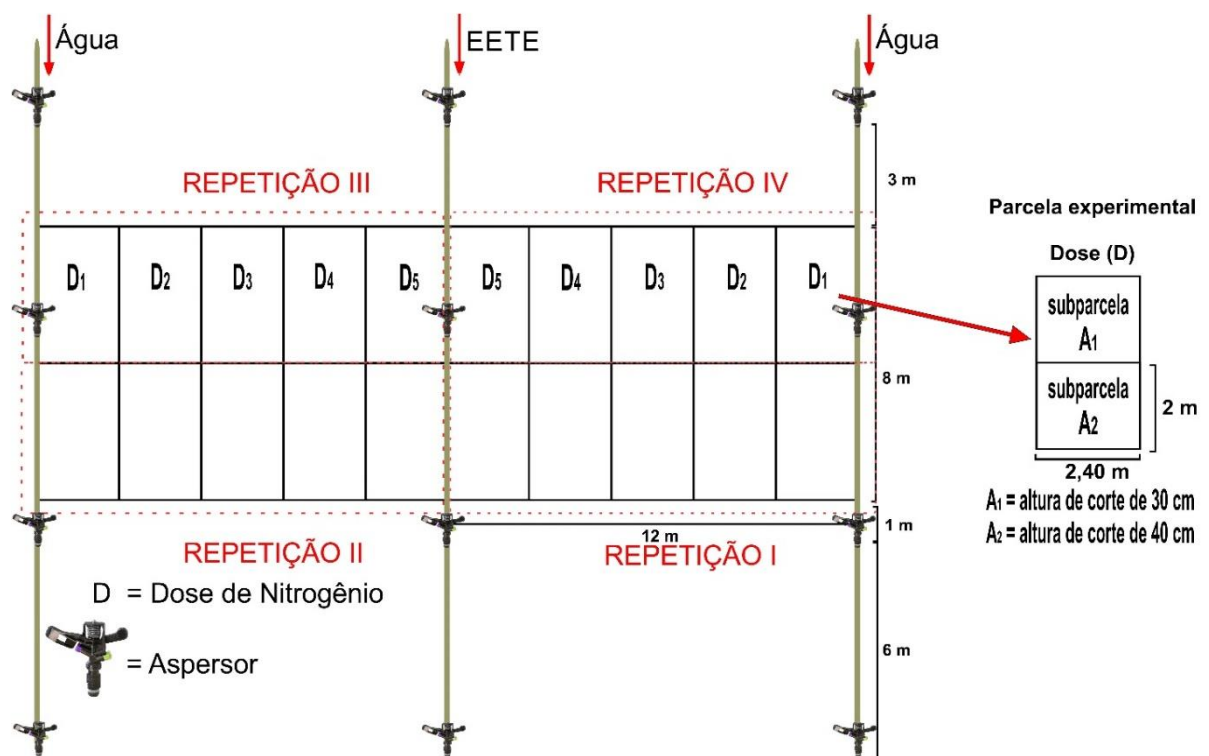
Ano	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O.* mg dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K -----	Ca	Mg	H+Al mmolc dm <sup>-3</sup> -----	SB	T	V %
2015	5,4	26	68	5,9	31,5	16,5	32,5	53,9	86,4	62,0
2017	5,8	35	60	3,8	33,0	12,0	22,0	48,8	70,8	68,8

\*M.O. - matéria orgânica, SB – soma de bases, T – capacidade de troca catiônica, V – saturação por base

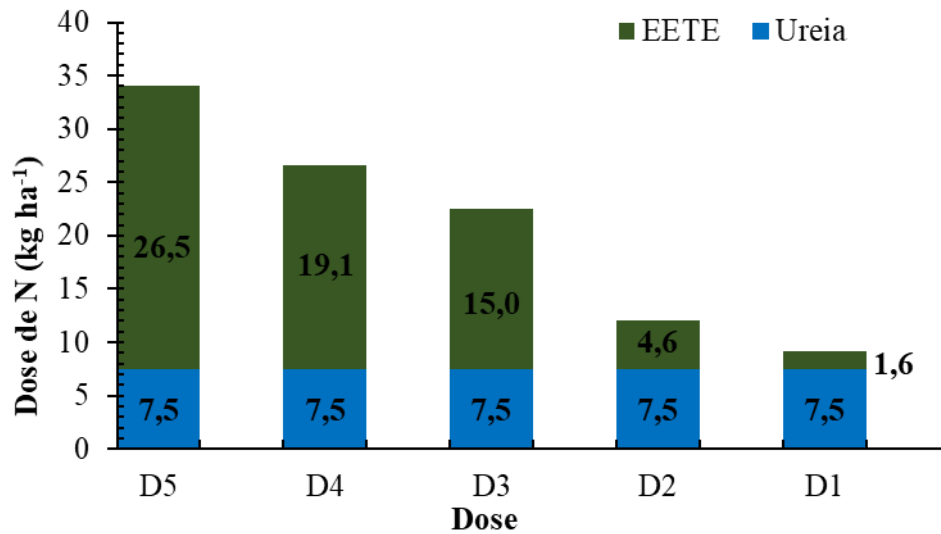
### 2.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcela subdividida, com dose de adubação nitrogenada na parcela e altura de corte na subparcela, em quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais, cada uma com área de 4,8 m<sup>2</sup> (2,4 x 2 m) (Figura 1). Foram avaliados 10 tratamentos, correspondentes à associação de duas alturas de corte da forragem com cinco doses de adubação nitrogenada. As alturas de corte foram 30 cm (A<sub>1</sub>) e 40 cm (A<sub>2</sub>). As doses de adubação nitrogenada foram: D<sub>1</sub> = 9,1; D<sub>2</sub> = 12,1; D<sub>3</sub> = 22,5; D<sub>4</sub> = 26,6 e D<sub>5</sub> = 34,0 kg de N por

Mg<sup>-1</sup> de Matéria seca (MS) produzida no tratamento D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>, assumido como referência (Figura 2). As doses de adubação nitrogenada corresponderam à aplicação de EETE em diferentes concentrações (C<sub>1</sub> a C<sub>5</sub>), complementada com ureia (U). O EETE foi aplicado com as seguintes concentrações do efluente em água: C<sub>1</sub> = 11%, C<sub>2</sub> = 31%, C<sub>3</sub> = 60%, C<sub>4</sub> = 87% e C<sub>5</sub> = 100% da lâmina aplicada. A complementação com ureia foi equivalente a 1/3 da quantidade total de nitrogênio aplicada (22,5 kg ha<sup>-1</sup> de N por Mg<sup>-1</sup> de matéria seca produzida) no tratamento referência (D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>), com a mesma complementação nos demais tratamentos (Figura 2).



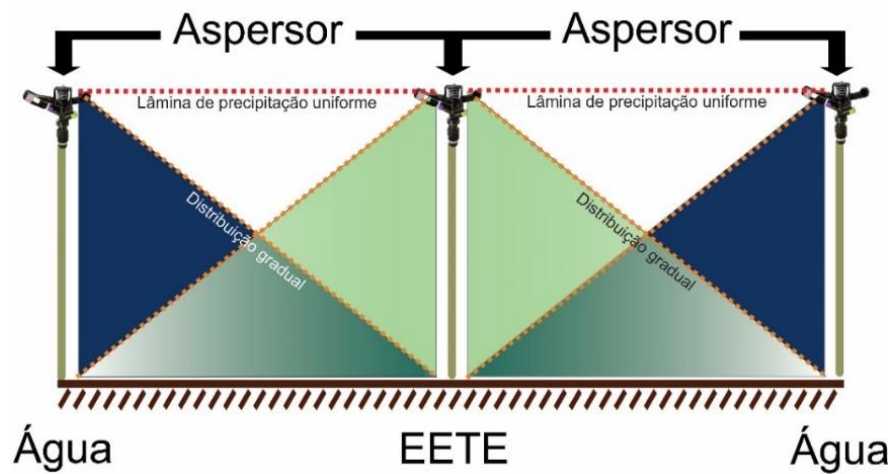
**FIGURA 1.** Esquema experimental com linhas de distribuição de água e efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), unidades experimentais com tratamentos de doses de nitrogênio (D<sub>1</sub> a D<sub>5</sub>) e alturas de corte (A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>).



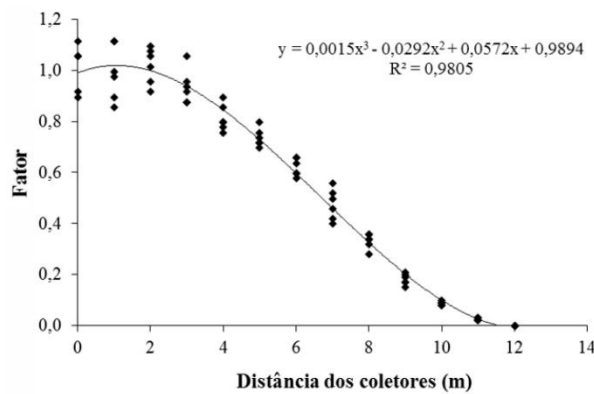
**FIGURA 2.** Dose de nitrogênio aplicadas por tonelada de matéria seca produzida no tratamento referência (D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>), de acordo com a fonte de N (efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e ureia).

As concentrações de aplicação de EETE em água foram obtidas por um sistema de aspersão em linha tripla (Lauer, 1983), no qual a linha central aplicava EETE e as laterais somente água (Figura 3A). Dessa forma, a lâmina de precipitação foi uniforme, mas com concentrações graduais de EETE em água, variando na direção perpendicular à linha de aspersores, com alta concentração próximo da linha de aspersores que aplicava EETE, até concentração muito baixa próximo das linhas de aspersores que aplicavam somente água. A distribuição gradual da precipitação de EETE ou água foi determinada por testes prévios de aspersores, cujos resultados são representados na Figura 3B.

A



B



Distância (m)	Tratamento	Fator
0,0 – 2,4	C <sub>5</sub>	1,00
2,4 – 4,8	C <sub>4</sub>	0,87
4,8 – 7,2	C <sub>3</sub>	0,60
7,2 – 9,6	C <sub>2</sub>	0,31
9,6 – 12,0	C <sub>1</sub>	0,11

**FIGURA 3.** A) Perfil de distribuição de efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e água pelo sistema de aspersão em linha e B) Fator de distribuição da precipitação de aspersores Senninger Modelo 3023-2, com bocal duplo de 3,18 x 1,98 mm, operados com pressão de 300 kPa, em função da distância ou tratamentos das linhas de irrigação espaçadas de 12 m, com aspersores espaçados de 6 m na linha (Fonte: Santos et al., 2017).

### 2.2.3 Efluente

O EETE foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto "Dr. Adelson Taroco", localizada a 1,5 km da área experimental. Essa estação é gerida pelo município, que coleta e trata o esgoto de Jaboticabal, uma cidade de cerca de 80 mil habitantes. O efluente foi obtido à jusante de uma das lagoas facultativas e bombeado por uma tubulação de polietileno a um reservatório de 15 m<sup>3</sup> instalado ao lado da área experimental. Água oriunda de poço artesiano foi bombeada para outro reservatório

instalado próximo à área experimental a fim de complementar a irrigação do experimento.

As análises de nutrientes no EETE foram realizadas bimensalmente no Laboratório Athenas de Jaboticabal, SP, cujas características físicas, químicas e microbiológicas médias durante o período experimental foram:  $N_{\text{total}} = 51,6 \pm 5,74 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $P = 1,18 \pm 0,43 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $K = 17,6 \pm 1,84 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $Ca = 15,52 \pm 2,94 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $Mg = 5,09 \pm 0,97 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $Fe_{\text{Total}} = 0,45 \pm 0,15 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $Mn = 0,07 \pm 0,03 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $Zn = 0,42 \pm 0,19 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $Na = 53,67 \pm 3,53 \text{ mg L}^{-1}$ , COT (carbono orgânico total) = 45,4,  $pH = 7,3 \pm 0,6$ , condutividade elétrica =  $0,48 \pm 0,019 \text{ dS m}^{-1}$ , RAS =  $2,95 \pm 0,36$  (razão de absorção de sódio), CT (coliforme total) =  $6.720.000 \pm 28.528 \text{ NMP}$  (número mais provável)  $100^{-1} \text{ mL}$  e EC (*Escherichia Coli*) =  $6.527 \pm 2.498 \text{ NMP}$   $100^{-1} \text{ mL}$ . O EETE apresentou elevados teores de nitrogênio e sódio, médio de potássio e baixo de fósforo. Quanto à classificação de qualidade de água para irrigação, o EETE apresentou níveis de pH sem restrição de uso e condutividade elétrica e razão de adsorção de sódio em grau de restrição leve e moderada, sem restrições para o uso em pastagens, devido a sua tolerância à salinidade (Pescod, 1992).

#### **2.2.4 Fertirrigação, demanda nutricional e hídrica**

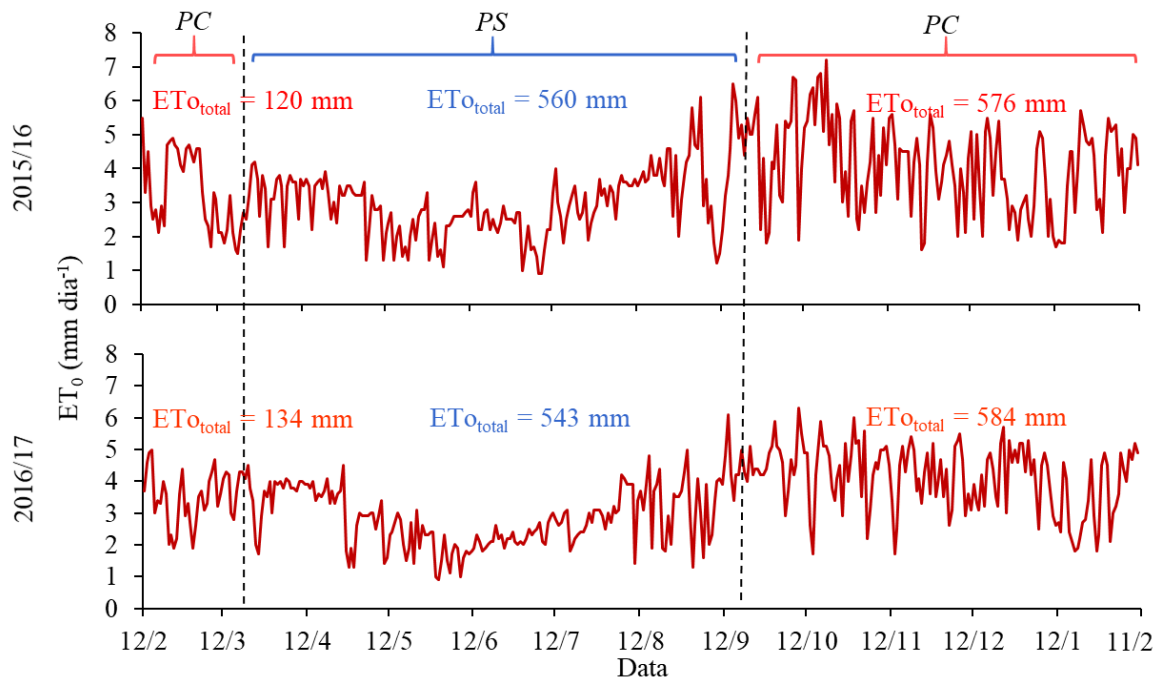
As aplicações de fertirrigação foram realizadas de duas a três vezes por semana, seguindo o critério definido pela necessidade nutricional da cultura ou pela sua demanda hídrica, a que foi maior. Assumiu-se o tratamento D<sub>3</sub>A<sub>1</sub> como referência para se adotar, como demanda nutricional, a reposição de  $22,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por  $\text{Mg ha}^{-1}$  de MS de forragem produzida em cada período entre cortes da forragem. Esse critério foi incrementado em 50% em relação ao adotado por Santos et al. (2017), que se baseou na recomendação de Vilela et al. (1998). Para evitar excesso de água no solo devido às altas aplicações de fertirrigação requeridas, parte da demanda de N foi suprida por ureia, aplicando-se, logo após a mensuração da produtividade da forragem,  $7,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por tonelada de forragem seca produzida no tratamento D<sub>3</sub>A<sub>1</sub> e complementando-se os  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por tonelada de forragem seca restantes pela aplicação de EETE ao longo do ciclo de corte seguinte. A mesma dose de N foi aplicada nos demais tratamentos, em adição à fração de EETE correspondente a cada tratamento, como definido na Figura 3. Devido à baixa concentração de P e K no EETE, houve complementação com superfosfato triplo e cloreto de potássio em todos

os tratamentos, nas doses de 3,5 e 18 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, por Mg ha<sup>-1</sup> de MS produzida no tratamento D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>, conforme recomendação de Vilela et al. (1998). Todos os fertilizantes foram distribuídos manualmente, após dois dias de cada colheita realizada.

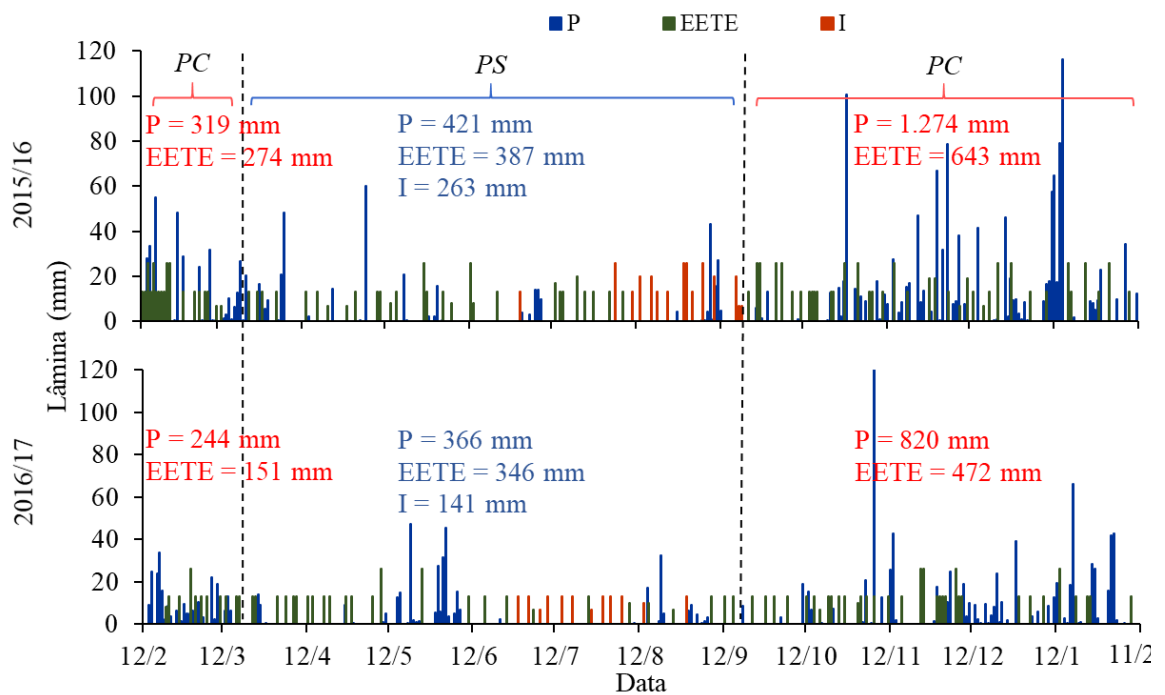
A demanda hídrica foi assumida como sendo igual à evapotranspiração de referência (coeficiente de cultivo unitário) calculada pela equação de Penman-Monteith, parametrizada pelo método FAO-56 (Allen et al., 1998), com dados meteorológicos da FCAV-Unesp, próxima ao experimento.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi maior que a precipitação durante o período seco (PS), nos dois anos de cultivo (Figura 4A), porém não houve déficit hídrico, devido aplicação da fertirrigação com EETE de 387 mm para suprir a demanda nutricional, além da irrigação de 263 mm para suprir a demanda hídrica da cultura em 2015 (Figura 4B). No período PS em 2016 foi aplicada fertirrigação de 346 mm e irrigação de 141 mm. No período chuvoso (PC) foram aplicadas lâminas de fertirrigação com EETE de 917 mm na safra 2015/16 e 623 mm na safra 2016/17.

A)



B)



**FIGURA 4.** A) Evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) e B) precipitação (P), fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e irrigação (I) durante o período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras de 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.

Foram aplicadas 29 fertirrigações no PS de 2015, 55 no PC de 2015/16, 26 no PS de 2016 e 44 no PC de 2016/17 (Figura 4B). Os totais de nitrogênio aplicados (EETE + U), de acordo com a dose de aplicação, variaram de 76 a 245 kg ha<sup>-1</sup> no PS de 2015, 71 a 235 kg ha<sup>-1</sup> no PS de 2016, 169 a 541 kg ha<sup>-1</sup> no PC de 2015/16 e 171 a 480 kg ha<sup>-1</sup> no PC de 2016/17, respectivamente para os tratamentos com doses D<sub>1</sub> a D<sub>5</sub> (Tabela 2).

**TABELA 2.** Totais de nitrogênio aplicados via efluente (EETE) e ureia (U) em *Urochloa brizantha*, no período seco (PS) e chuvoso (PC), nas safras de 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.

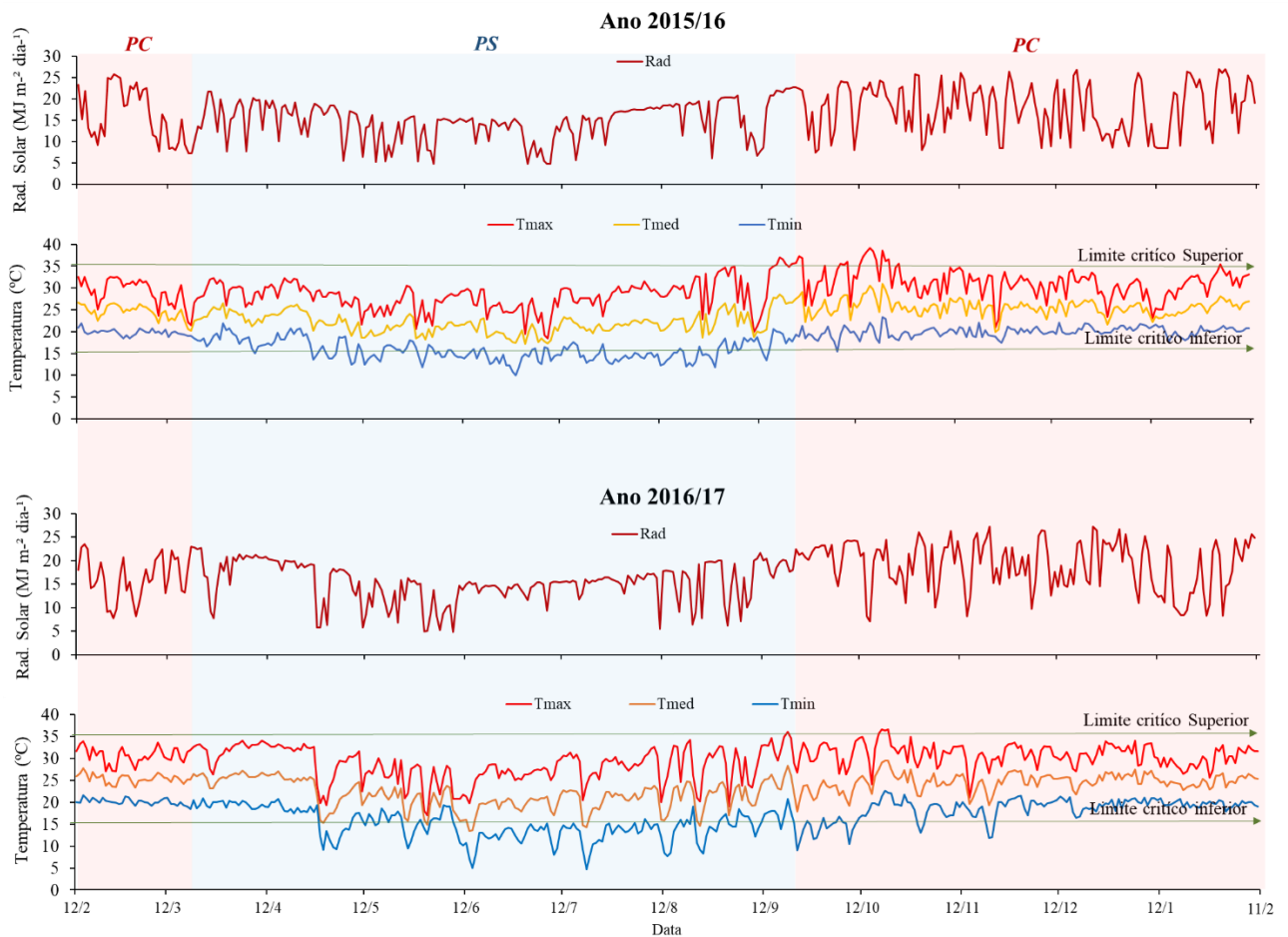
Dose	kg ha <sup>-1</sup>											
	PS - 2015			PS - 2016			PC - 2015/16			PC - 2016/17		
	EETE	U	Total	EETE	U	Total	EETE	U	Total	EETE	U	Total
D <sub>1</sub>	21	55	76	20	51	71	46	123	169	38	133	171
D <sub>2</sub>	59	55	114	57	51	108	130	123	253	108	133	241
D <sub>3</sub>	114	55	169	110	51	161	251	123	374	208	133	341
D <sub>4</sub>	165	55	220	160	51	211	364	123	487	302	133	435
D <sub>5</sub>	190	55	245	184	51	235	418	123	541	347	133	480

### 2.2.5 Condições meteorológicas

No PS de 2015, as médias diárias de radiação solar e de temperaturas máxima e mínima foram 14,8 MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>, 28,2°C e 15,7°C, respectivamente (Figura 5). Nesse período não foi observado geada, porém houve 85 dias com temperatura mínima abaixo do limite crítico inferior para o desenvolvimento da cultura, entre 10 a 15°C (Cooper & Tainton, 1968). Durante o PS de 2016, as médias diárias de radiação solar e de temperaturas máxima e mínima foram 15,3 MJ m<sup>-2</sup>, 28,4°C e 14,9°C, respectivamente. Nesse período, temperaturas abaixo do limite crítico inferior foram observadas em 77 dias, ocorrendo geadas em 13/06 e 18/07, com temperaturas de 5°C e 4,7°C, respectivamente.

No PC de 2015/16, as médias diárias de radiação solar e de temperaturas máxima e mínima foram 17,5 MJ m<sup>-2</sup>, 30,8°C e 19,9°C, respectivamente (Figura 5). No PC de 2016/17, as médias diárias de radiação solar e de temperaturas máxima e mínima foram 18,6 MJ m<sup>-2</sup>, 30,9°C e 18,9°C, respectivamente. A temperatura mínima foi inferior em 1°C na safra 2016/17, em relação ao ano anterior, abrangeu 13 dias

abaixo do limite crítico inferior, entre 10°C à 15°C.



**FIGURA 5.** Radiação solar (Rad), Temperaturas máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) durante os períodos chuvoso (PC) e seco (PS), em 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.

### 2.2.6 Condução da cultura e avaliações

O pasto de *Urochloa brizantha* cv. Marandu foi implantado em novembro de 2012. Para iniciar aplicação dos tratamentos, um corte de uniformização a 15 cm de altura do solo foi realizado em 12 de fevereiro de 2015. Para finalizar o experimento, realizou-se o mesmo corte de uniformização no dia 11 de fevereiro de 2017.

A altura do dossel foi monitorada semanalmente com auxílio de uma régua graduada em centímetros e uma folha de transparência (filme de acetado) posicionada sobre o dossel, medindo-se a altura do solo até o ponto médio da transparência. As medidas foram tomadas em seis posições da parcela escolhidas aleatoriamente. As alturas médias do dossel nos tratamentos não atingiram às alturas

do dossel propostas para todo o período experimental, as discrepâncias entre as alturas idealizadas e aquelas efetivamente obtidas foram bastante próximas (Tabela 3).

**TABELA 3.** Valores médios de altura do dossel da *Urochloa brizantha* em função da altura de corte (A) e dose de nitrogênio aplicada (D), no período seco (PS) e chuvoso (PC), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.

Dose	----- cm -----									
	PS - 2015		PS - 2016		PC - 2015/16		PC - 2016/17		Média	
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
D <sub>1</sub>	30,5	39,9	30,1	43,1	30,1	42,6	30,6	40,0	30,3	41,4
D <sub>2</sub>	30,4	46,7	29,8	40,8	30,4	42,1	30,6	42,0	30,3	42,9
D <sub>3</sub>	30,9	41,8	30,3	40,2	30,1	41,6	30,1	41,0	30,4	41,2
D <sub>4</sub>	29,5	40,6	31,0	39,8	32,1	41,9	30,4	44,5	30,8	41,7
D <sub>5</sub>	30,4	41,1	31,1	40,4	31,1	42,0	31,3	42,3	31,0	41,5
Média	30,3	42,0	30,5	40,9	30,8	42,0	30,6	42,0	30,5	41,7

A colheita da forragem foi realizada por duas amostras de 0,25 m<sup>2</sup> em cada parcela, utilizando-se gabarito de aço galvanizado de 0,5 x 0,5 m, com suportes para mantê-lo a 0,15 m de altura do solo. A forragem foi cortada com cutelo a 0,15 m do nível do solo e, após ser pesada e homogeneizada a biomassa fresca, tomou-se uma amostra de aproximadamente 100 g para determinar a umidade da biomassa fresca em estufa com circulação de ar forçada, mantida com temperatura de 65°C durante 48 horas, e, então, determinar a massa seca (MS). A colheita no restante da parcela foi realizada a 0,15 m de altura com roçadora manual, retirando-se todo material cortado da parcela.

O valor nutricional da forragem foi analisada apenas para os tratamentos com concentrações D<sub>1</sub>, D<sub>3</sub> e D<sub>5</sub> sob as alturas de corte A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>, e consistiu na determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB). As amostras de tecidos vegetais foram coletadas no final de junho e início de julho para o PS de 2015 e 2016, respectivamente, e no final de dezembro e início de janeiro para o PC de 2015/16 e 2016/17, respectivamente. As amostras foram analisadas no Laboratório de Nutrição Animal da FCAV-Unesp, a partir da metodologia proposta por Silva e Queiroz (2006) para determinação da FDN e PB pelo método Dumas, usou-se o

equipamento Analisador de Nitrogênio, modelo FP-528, marca LECO (Leco Corporation St. Joseph, MI).

A produtividade de MS de forragem foi obtida pela soma das colheitas em cada tratamento durante o PS e PC. O PS se estendeu de 21 de março a 21 de setembro e o PC de 22 de setembro a 20 de março.

A análise de variância foi realizada pelo programa STATISTICA, versão 7.0 (STATSOFT, 2004), segundo o modelo desenvolvido por Johnson et al. (1983), considerando o sistema de aspersão em linha tripla. A comparação de médias foi realizada pelo teste de média de comparações múltiplas de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Foram ajustadas funções de resposta de produtividade de MS em função da aplicação de EETE + U.

### 2.3 Resultados e discussão

Em geral, produtividades mais elevadas ocorreram no PC, em comparação ao PS (Tabela 4), devido às condições adequadas de temperatura e radiação solar (Figura 4), que favorecem a recuperação da forrageira em virtude à desfolhação, resultando em menores intervalos de corte e aumento do número de ciclos da forrageira. Em comparação à máxima produtividade de MS obtida neste experimento no PS em 2015 ( $D_5A_2$ ,  $12,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), no experimento conduzido por Santos et al. (2017), conduzido no mesmo local, a produtividade máxima de MS no período outono-inverno de 2013 foi menor ( $9,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) devido a geadas, e maior ( $14,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) em 2014, em decorrência de temperatura e radiação solar mais favoráveis. No PC, Santos et al. (2017) obteve produtividades de MS de 29 e 42% superior à deste estudo em 2013 e 2014, respectivamente, também decorrência de temperatura e radiação solar mais favoráveis.

A análise de variância demonstrou que a produtividade de MS foi afetada ( $p < 0,05$ ) pelos fatores dose de EETE + U, altura de corte e interação entre dose e altura de corte, nos PS e PC, nos dois anos de cultivo (Tabela 4).

No PS em 2015, a comparação de médias revelou maiores produtividades nos tratamentos com maiores doses de fertirrigação, sem diferenciação de altura de corte (Tabela 4), ou seja,  $D_5A_2$  ( $12,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ),  $D_4A_2$  ( $12 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e  $D_5A_1$  ( $12,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), seguidos das médias dos tratamentos  $D_4A_1$  ( $10,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) depois  $D_3A_2$  ( $9,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). As menores produtividades foram observadas no tratamento  $D_3A_1$  ( $7,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e nos tratamentos com doses  $D_2$  ( $7,7$  e  $7,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e  $D_1$  ( $7,3$  e  $7,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) nas alturas de corte  $A_1$  e  $A_2$ , respectivamente. O mesmo se repetiu no PS seguinte, em 2016, com a maior produtividade no tratamento  $D_4A_2$  ( $13,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), seguido de  $D_5A_2$  ( $12,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e  $D_5A_1$  ( $11,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e depois  $D_4A_1$  ( $9,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ); menores produtividades ocorreram nos tratamentos com doses  $D_1$  ( $5,7$  e  $7,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ ),  $D_2$  ( $7$  e  $8 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e  $D_3$  ( $6,8$  e  $5,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) nas alturas de corte  $A_1$  e  $A_2$ , respectivamente. A ausência de efeito de altura de corte no período do inverno, apesar da interação entre os fatores altura de corte e dose de EETE + U, pode ser explicada pelo fato de que pastos mantidos baixos possuem recuperação mais rápida da produção de forragem do que os pastos mais altos (Sbrissia, 2004). Portanto, a manutenção de dosséis mais altos (40 cm) só seria vantajosa durante o período mais quente e chuvoso do ano.

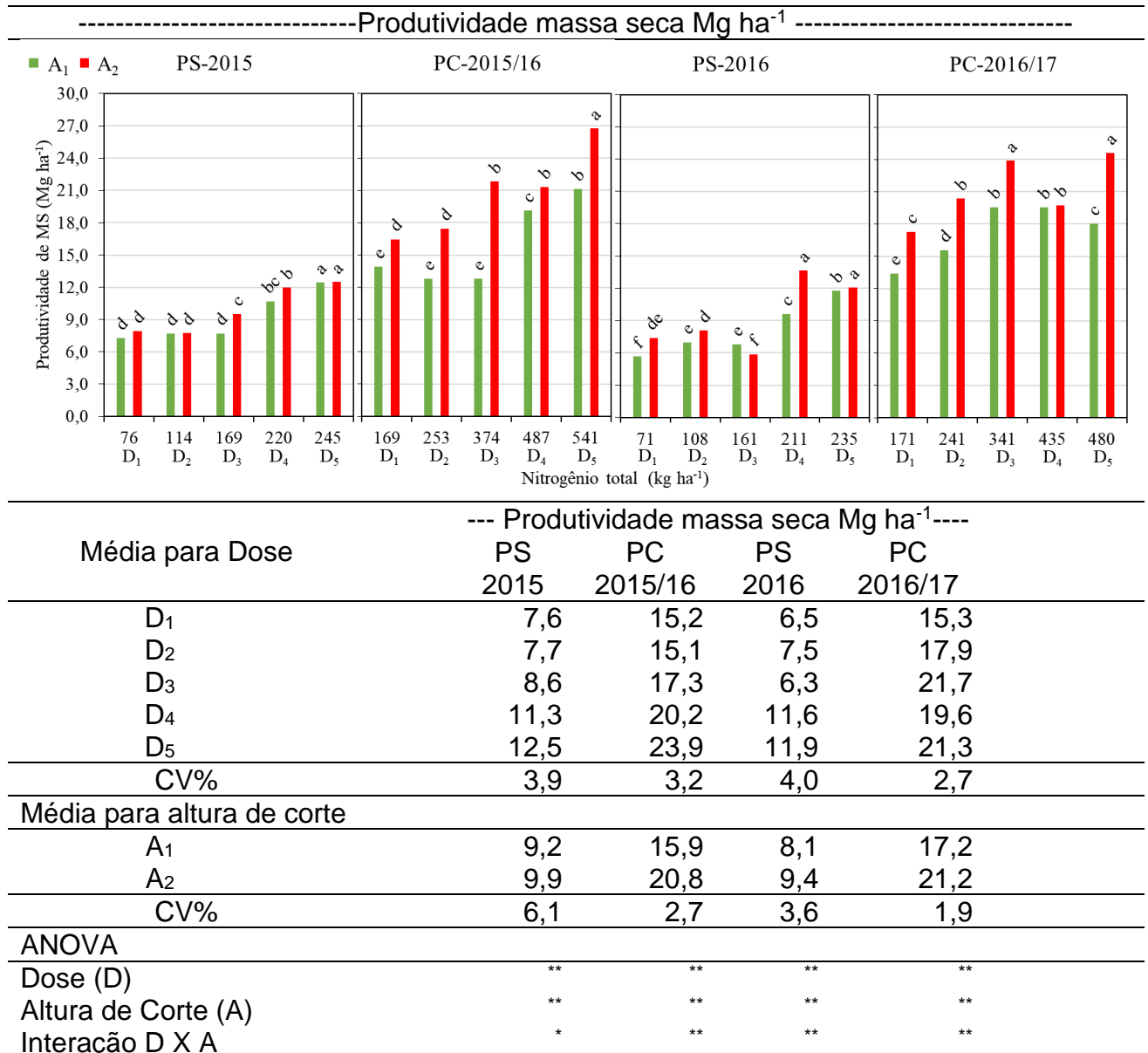
Em ambos os anos no PC, maiores produtividades também ocorreram nos tratamentos com maiores doses de EETE + U (Tabela 4). Em relação à altura de corte,

A<sub>2</sub> condicionou maior produtividade que A<sub>1</sub>. Assim, na safra de 2015/16, a comparação de médias revelou maior produtividade no tratamento D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> (26,8 Mg ha<sup>-1</sup>), seguido dos tratamentos D<sub>3</sub>A<sub>2</sub> (21,8 Mg ha<sup>-1</sup>) e D<sub>4</sub>A<sub>2</sub> (21,3 Mg ha<sup>-1</sup>), e depois de D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> (21,1 Mg ha<sup>-1</sup>). As menores produtividades ocorreram nos tratamentos com altura de corte A<sub>1</sub>, nas doses D<sub>3</sub> (12,8 Mg ha<sup>-1</sup>), D<sub>2</sub> (12,8 Mg ha<sup>-1</sup>) e D<sub>1</sub> (13,9 Mg ha<sup>-1</sup>). No PC de 2016/17 a comparação de médias revelou maiores produtividades nos tratamentos D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> (24,6 Mg ha<sup>-1</sup>) e D<sub>3</sub>A<sub>2</sub> (23,9 Mg ha<sup>-1</sup>). A menor produtividade ocorreu no tratamento D<sub>1</sub>A<sub>1</sub> (13,4 Mg ha<sup>-1</sup>), seguido do tratamento D<sub>2</sub>A<sub>1</sub> (15,6 Mg ha<sup>-1</sup>). A menor produtividade no manejo com altura de corte A<sub>1</sub> no PC pode ser devida ao menor crescimento da forragem causado pela área foliar insuficiente para capturar toda a luz incidente desse período (Sbrissia et al., 2007), e efeito inverso no manejo com altura de corte A<sub>2</sub>. Esses resultados concordam com os achados de Sbrissia (2004), em que, durante o verão, pastos mantidos mais altos produziram significativamente mais MS do que pastos mais baixos. Porém, a maior produtividade de MS nessas condições pode constituir de acúmulos indesejáveis, como o aumento na proporção de colmos e material morto, e redução na proporção de folhas, conforme observado por Silva et al. (2015), em pesquisa com *Urochloa* manejada sob altura de 35 cm.

O aumento das doses de EETE + U aplicadas neste estudo corroboram as conclusões de diversos autores (Maranhão et al., 2010; Iwamoto et al., 2015; Gomes et al., 2015), que atribuíram os maiores incrementos na produtividade de MS pela adição da adubação nitrogenada devido ao aumento da densidade de perfilhos, número de folhas e área foliar das plantas forrageiras.

A estratégia de manejo por de altura de corte é indicado como critério de campo confiável para o controle e monitoramento do processo de rebrotação e pastejo, independentemente da época do ano e do estágio fisiológico das plantas forrageiras (Sbrissia et al., 2007).

**TABELA 4.** Comparação de médias e resumo da análise de variância (ANOVA) de produtividade de massa seca de forragem de *Urochloa brizantha*, em função de altura de corte (A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>) e dose adubação nitrogenada (D<sub>1</sub> a D<sub>5</sub>), no período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.



\*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas dentro de cada período, não diferem teste de média de comparações múltiplas de Tukey ( $p < 0,05$ ); CV% - coeficiente de variação; \*\* significativo ( $p < 0,01$ ); \* significativo ( $p < 0,05$ ).

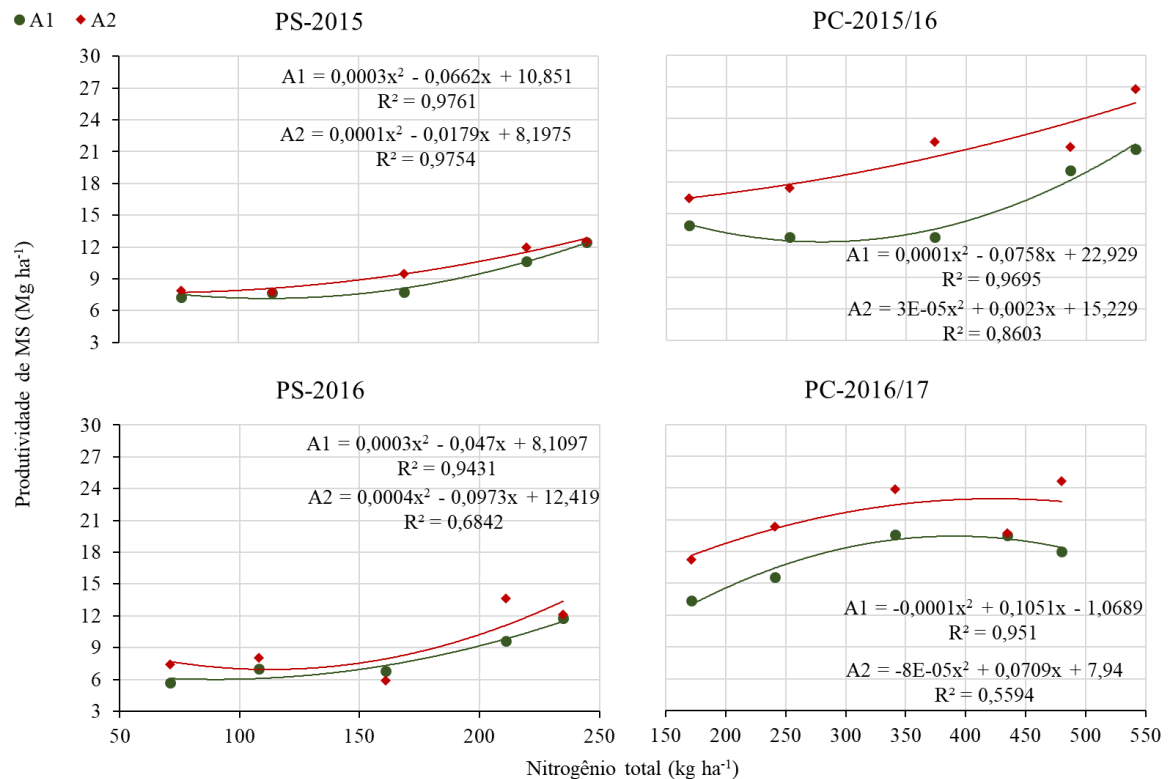
Os valores de produtividade acumulada de MS, em função das doses de nitrogênio total aplicadas ( $N_{Total} = EETE + U$ ), para alturas de corte A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>, ajustaram-se ao modelo quadrático para os períodos seco e chuvoso nas safras de 2015/16 e 2016/17 (Figura 6). No PS, a resposta às aplicações de  $N_{Total}$  foi semelhante para os

tratamentos com altura de corte A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>, ocorrendo as maiores produtividades (12,5 e 13,7 Mg ha<sup>-1</sup>) nas maiores doses aplicadas, correspondentes a 245 e 235 kg ha<sup>-1</sup> de N<sub>Total</sub> para as safras de 2015 e 2016, respectivamente. Conseqüentemente, as eficiências de uso de N foram equivalentes para ambas as alturas de corte, de 51 e 58 kg de MS por kg N em 2015 e 2016, respectivamente. Santos et al. (2017), em experimento conduzido no mesmo local com *Urochloa brizantha*, também obteve respostas crescentes de produtividade à aplicação de N via EETE até 258 kg ha<sup>-1</sup>, com produtividade de 9,9 Mg ha<sup>-1</sup> de MS para o período de outono-invernos em seu primeiro ano (2013) e, no segundo ano (2014), aplicou até 366 kg ha<sup>-1</sup> de N da mesma fonte, com produtividade 14,4 Mg ha<sup>-1</sup> de MS, obtendo menor taxa de conversão de N em MS (cerca de 39 kg de MS por kg de N) do que no presente experimento.

No PC de 2015/16, houve incrementos de produtividade com o aumento das doses de N<sub>Total</sub> até 541 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 6), com prevalência de produtividades mais elevadas nos tratamentos com altura de corte A<sub>1</sub> do que com corte a A<sub>2</sub>. As eficiências de N nas produtividades máximas (21,2 e 26,8 Mg ha<sup>-1</sup> de MS) foram de 39 e 49 kg de MS por kg de N, respectivamente para tratamentos com alturas de corte A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>, respectivamente. Santos et al. (2017), com *Urochloa brizantha* no mesmo local deste experimento, também obteve efeito crescente de N via EETE até 673 kg ha<sup>-1</sup> de N, porém com produtividade de 37,8 Mg ha<sup>-1</sup> de MS no mesmo período em seu primeiro ano (2013) e, no segundo ano, aplicou até 766 kg ha<sup>-1</sup> de N da mesma fonte, com produtividade 42,8 Mg ha<sup>-1</sup> de MS.

No PC de 2016/17, as doses de N<sub>Total</sub> que proporcionaram maiores produtividades foram 391 kg ha<sup>-1</sup> e 425 kg ha<sup>-1</sup> de N<sub>Total</sub> para a altura de corte A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>, com aumento na produtividade de 36%, de 18 para 24,6 Mg ha<sup>-1</sup> de MS, com taxas de conversão mais eficientes, de 46 e 58 kg ha<sup>-1</sup> N por Mg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente. Em relação a 2015/16, a menor dose de N aplicada em 2016/17 pode ser atribuída à baixa demanda nutricional, devido à produtividade reduzida, em consequência da limitação térmica correspondente a 13 dias com temperatura abaixo do limite crítico inferior (Figura 5), já que a análise do solo após o experimento mostrou aumento no teor de matéria orgânica, saturação por bases e no pH.

Com exceção do PC de 2016/17, em que a produtividade foi reduzida em consequência da limitação térmica, nos demais períodos as altas doses de N<sub>total</sub> aplicadas foram insuficientes para se atingir o pico de produtividade da *Urochloa brizantha*, indicando haver potencial de resposta para maiores doses de N (Figura 6).



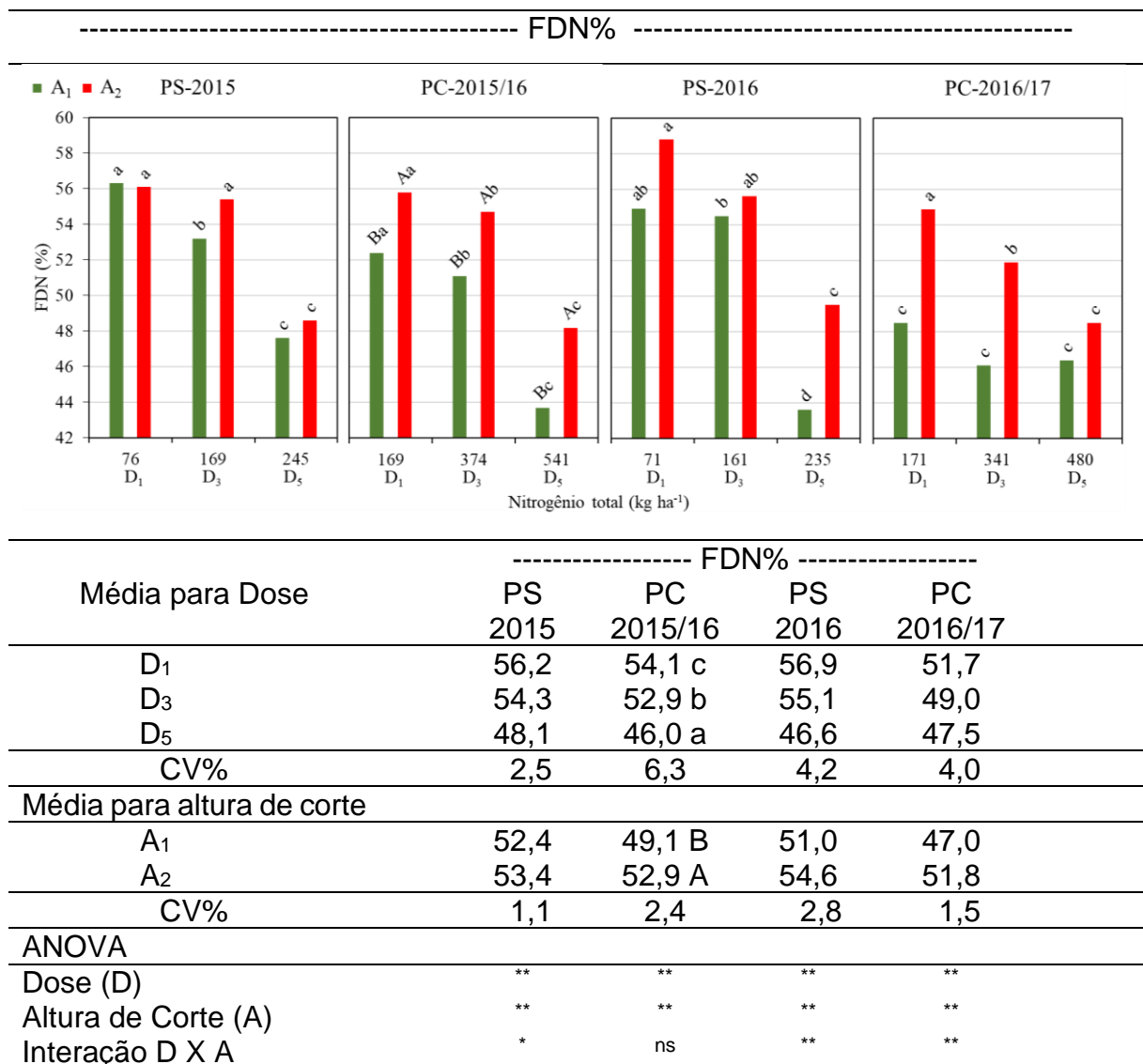
**FIGURA 6.** Produtividade de matéria seca de forragem de *Urochloa brizantha*, em função da altura de corte (A<sub>1</sub> = 30 cm e A<sub>2</sub> = 40 cm) e quantidade de nitrogênio total aplicado via fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto acrescido de ureia, no período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.

A análise de variância da FDN da MS para os PS 2015, 2016 e PC 2016/17 foram afetadas ( $p < 0,05$ ) pelos fatores dose de EETE + U, altura de corte e interação entre dose e altura de corte (Tabela 5), o PC de 2015/16 foi afetado pelos fatores de dose e altura de corte.

A comparação de médias revelou, no PS de 2015, que os menores teores de FDN foram encontrados no tratamento com dose D<sub>5</sub> sob altura de corte A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> com 47,6 e 48,6%, respectivamente (Tabela 5); maiores teores foram observados nos tratamentos com dose D<sub>1</sub> sob A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> com 56,3, e 56,1%, respectivamente, seguido do tratamento D<sub>3</sub>A<sub>2</sub> (55,4%). No PS em 2016, o menor teor de FDN ocorreu no tratamento D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> (43,6%), seguido do D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> (49,5%); os maiores teores ocorreram nos tratamentos D<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (58,8%) e D<sub>3</sub>A<sub>2</sub> (55,6%) com teor semelhante. No PC de 2015/16, o

teste de médias revelou que o teor de FDN aumentou com a altura de corte e diminuiu com a dose de fertirrigação, com o menor teor de FDN no tratamento D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> (43,7%) e o maior teor no tratamento D<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (55,8%). No PC de 2016/17 a comparação de médias revelou que os menores teores de FDN ocorreram nos tratamentos com doses D<sub>1</sub> e D<sub>3</sub> sob altura de corte A<sub>1</sub>, com variação de 48,5 a 46,4%, seguido do tratamento D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> (48,5%); maior teor foi observado no tratamento com dose D<sub>1</sub> sob A<sub>2</sub> com 54,9%.

**TABELA 5.** Comparação de médias e resumo da análise de variância (ANOVA) de fibra em detergente neutro (FDN) de *Urochloa brizantha*, em função da estratégia por altura de corte (A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>) e dose de fertirrigação (D<sub>1</sub> a D<sub>5</sub>), no período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.



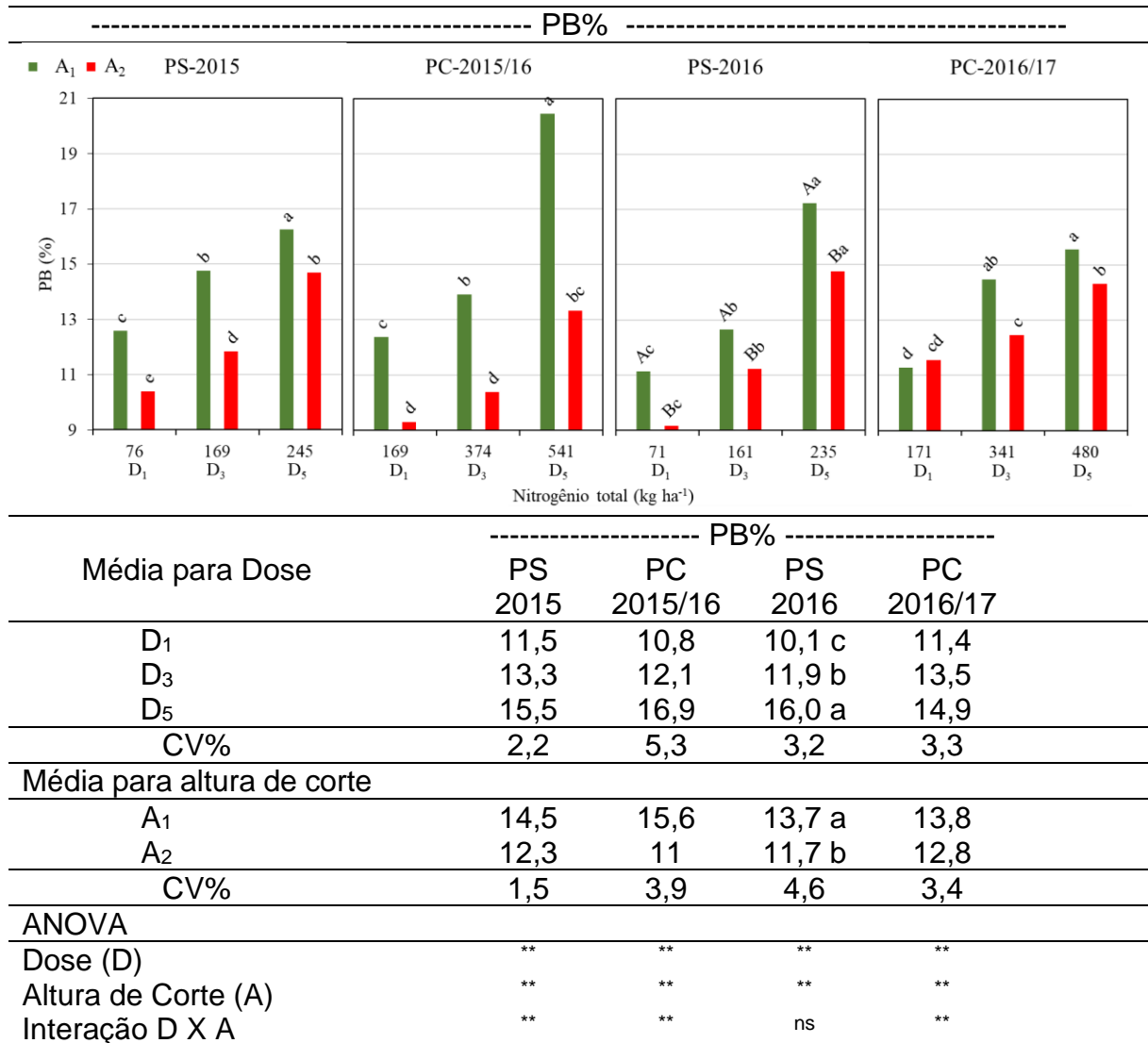
\*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas dentro de cada período, não diferem teste de média de comparações múltiplas de Tukey ( $p < 0,05$ ); CV% - coeficiente de variação; \*\* significativo ( $p < 0,01$ ); \* significativo ( $p < 0,05$ ).

Pela análise de variância da proteína bruta (PB) de MS para os PS 2015, PC 2016/17 e 2016/17 foram afetadas ( $p < 0,01$ ) pelos fatores: dose de EETE + U, altura de corte e interação entre dose altura de corte (Tabela 6), o PS de 2016 foi afetado pelos fatores de D e C.

No PS de 2015, o maior teor de PB (16,2) foi obtido no tratamento D<sub>5</sub>A<sub>1</sub>, seguido de D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> e D<sub>3</sub>A<sub>1</sub> (14,7 e 14,8%), respectivamente (Tabela 6). No PS de 2016, o maior teor de PB ocorreu no tratamento de maior dose sob menor altura de corte (D<sub>5</sub>A<sub>1</sub>, 17,2%); o menor teor ocorreu no tratamento de maior altura de corte sob menor dose (D<sub>1</sub>A<sub>2</sub>, 9,2%). No PC de 2015/16, a comparação de média revelou maior teor de PB no tratamento D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> (20,5%), seguido de D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> (13,3%) e D<sub>3</sub>A<sub>1</sub> (13,9%); D<sub>1</sub>A<sub>1</sub> (12,4%) e D<sub>3</sub>A<sub>2</sub> (10,4%); e, por último D<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (9,3%). No PC de 2016/17, a comparação de médias revelou maiores teores de PB nos tratamentos D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> (15,6%), seguido do D<sub>3</sub>A<sub>1</sub> (14,5%); menores teores foram observados nos tratamentos com doses D<sub>1</sub>A<sub>1</sub> e D<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (11,3 e 11,5%), respectivamente.

Da mesma forma que observado nesta pesquisa, vários trabalhos em forrageiras demonstram resposta crescente do teor de PB e decrescente do teor de FDN com o aumento da dose de efluente nitrogenado aplicada (Erthal et al., 2010; Santos, 2015; De Oliveira et al., 2016; Santini et al., 2016). Esse efeito é justificado pelo crescimento mais rápido da planta, reduzindo os carboidratos estruturais, com efeito de aumentar o teor de proteína (Santini et al., 2016). Segundo Nascimento Júnior et al. (2013) a prevalência de maior teor PB e menor FDN nos tratamentos com altura de corte A<sub>1</sub> pode ser atribuída à colheita precoce da planta. Essa colheita precoce é resultado do menor intervalo de corte, que proporciona maior relação folha/colmo (Santos et al., 2015; Iwamoto et al., 2015)

**TABELA 6.** Comparação de médias e resumo da análise de variância (ANOVA) de proteína bruta (PB) de *Urochloa brizantha*, em função da estratégia por altura de corte (A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>) e dose de fertirrigação (D<sub>1</sub> a D<sub>5</sub>), no período chuvoso (PC) e seco (PS), nas safras 2015/16 e 2016/17, em Jaboticabal, SP.



\*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas dentro de cada período, não diferem teste de média de comparações múltiplas de Tukey ( $p < 0,05$ ); CV% - coeficiente de variação; \*\* significativo ( $p < 0,01$ ); \* significativo ( $p < 0,05$ ).

## 2.4 Conclusões

- No PS em ambos os anos, maiores produtividades (12,5 e 12,1 Mg ha<sup>-1</sup>) ocorreram nos tratamentos com maiores doses de EETE + U aplicadas (245 a 255 kg ha<sup>-1</sup> de N), porém não houve efeito de altura de corte;
- No PC em ambos os anos, maiores produtividades (24,6 a 26,8 Mg ha<sup>-1</sup> de MS) também ocorreram nas maiores doses de EETE + U aplicadas (480 a 541 kg ha<sup>-1</sup> de N), com prevalência de maiores produtividades nos tratamentos com altura de corte A<sub>2</sub> (40 cm);
- As doses de N aplicadas foram insuficientes para se atingir o pico de produtividade, indicando a possibilidade de resposta para maiores doses de N;
- Forragem de melhor valor nutritivo foi obtida nos tratamentos com maiores doses de EETE + U aplicadas e altura de corte A<sub>1</sub> (30 cm), com baixos teores de FDN (43,6 a 47,6%) e altos teores de PB (15,6 e 20,5%).

## 2.5 Referências

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56**. FAO, Rome 300(9): D05109.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, De Moraes G, Leonardo J, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6): 711-728.
- Barbosa RA, Nascimento Júnior D, Euclides VPB, Silva SC, Zimmer AD, Torres Júnior RAA (2007) Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42(3):329-340.
- Bevilacqua PD, Bastos RKX, Corraucci Filho B, Melo HNS, Andrade Neto CO, Stefanutti R (2003) alimentação animal com produtos irrigados com esgotos sanitários. In: Bastos RKX, (Coord.). **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa Artes e Texto, p. 226-246 (projeto PROSAB).
- Bouwer H, Idelovitch E (1987) Quality requirements for irrigation with sewage water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, 113:516-535.
- Cooper, JP, Tainton NM (1968) Light and temperature requirements for growth of tropical and temperate grasses. Review article. **Herbage Abstracts**,38:167-176.
- Costa NL, Jank L, Magalães JÁ, Fogaça FHS, Rodrigues NA, Santos FJS (2017) Acúmulo de forragem e morfogênese de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça sob níveis de fósforo. **PUBVET**, 11(11)1074-1187.
- Da Silva BHNS, Gomes MB, Maia AH, Carneiro RDC, De Melo GG (2015) Composição morfológica de pastagem degradada submetida à estratégias de manejo e adubação nitrogenada. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, 2(14):11-15.
- Da Silva TC, Perazzo AF, Macedo CHO, Batista ED, Pinho RMA, Bezerra, HFC, Santos EM (2012) Morfogênese e estrutura de *Brachiaria decumbens* em resposta ao corte e adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia**, 61(233):91-102.
- De Oliveira EM, Da Costa Oliveira Filho J, De Oliveira RA, De Oliveira RM, Cecon PR (2017) Determinação da qualidade do capim Xaraés submetido a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio. **Engenharia Agrícola** 37(1).
- Dim VP, Alexandrino E, Santos ACD, Mendes RDS, Silva DPD (2015) Características agrônômicas, estruturais e bromatológicas do capim Piatã em lotação intermitente com período de descanso variável em função da altura do pasto. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 16(1):10-22.
- Echeverria JR, Euclides, VPB, Sbrissia AF, Montagner DB, Barbosa RA, Nantes NN (2016) Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51(7):880-889.

Erthal VJ, Ferreira PA, Pereira OG, Matos AD (2010) Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14(5):458-466.

Fonseca AF, Melfi AJ, Monteiro F, Montes CR, Almeida VV, Herpin U (2007). Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. **Agricultural Water Management**, 87:24-336.

Fontes JGG, Fagundes JL, Backes AA, Barbosa LT, Cerqueira ESA, Da Silva LM, Morais JAS, Vieira JS (2014) Herbage accumulation in *Brachiaria brizantha* cultivars submitted to defoliation intensities. **Semina: Ciências Agrárias**, 35(3):1425-1438.

Gomes EP., Rickli ME., Cecato U., Vieira CV., Sapia JG., Sanches AC (2015) Produtividade do capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, 19(4):317-323.

Iwamoto BS, Cecato U, Ribeiro OL, Mari GC, Peluso EP, Lourenço DAL (2015) Características morfogênicas do capim-Tanzânia fertilizado ou não com nitrogênio nas estações do ano. **Bioscience Journal**, 31(1):181-193.

Johnson DE, Chaudhuri UN, Kanemasu ET (1983) Statistical analysis of line-source sprinkler experiments and other nonrandomized experiments using multivariate methods. **Soil Science Society of America Journal**, 47:309-312.

Lauer DA (1983) Line-source sprinkler systems for experimentation with sprinkler-applied nitrogen fertilizers. **Soil Science Society of America Journal**, 47(1):124-128.

Maranhão CMA., Bonomo P., PIRES AJV., Costa ACPRC., Martes GCF., Cardoso EO (2010) Características produtivas do capim-braquiária submetido a intervalos de cortes e adubação nitrogenada durante três estações. *Acta Scientiarum*. **Animal Sciences**, 32(4):375-384.

Medica JAS (1016) **Plasticidade fenotípica do capim-marandu em resposta à desfolhação e à adubação**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia.

Nascimento Júnior D, Vilela HH, Souza BML, Silveira MCT (2013). Fatores que afetam a qualidade de plantas forrageiras. In: Reis RA, Bernardes TF, Siqueira GR (eds). **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**, p409-424.

Pescod, MB (1992) **Wastewater treatment and use in agriculture** – FAO irrigation and drainage paper 47.

Pitman WD (2012) Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge) management combining nitrogen fertilizer rate and defoliation frequency to enhance forage production efficiency. **Grass and Forage Science**, 68:479-484.

Pontes LDS, Baldissera TC, Giostri AF, Stafin G, Santos BRC, Carvalho PDF (2016) Effects of nitrogen fertilization and cutting intensity on the agronomic performance of warm-season grasses. **Grass and Forage Science**, 72(4):663-675.

Portela JN, Pedreira CGS, Braga GJ (2011) Demografia e densidade de perfilhos de capim-braquiária sob pastejo em lotação intermitente. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(3):315-322.

Premazzi LM, Monteiro FA, Corrente JE (2003) Tillering of Tifton 85 bermudagrass in response to nitrogen rates and time of application after cutting. **Scientia Agricola**, 60:565-571.

Santini JMK, Perin A, Coaguila DN, Valderrama M, Dupas E, Dos Santos CG, Silva VM, Buzetti S (2-16) Adubação nitrogenada na implantação de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no Cerrado: Características Biométricas e Bromatológicas - Parte 1. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, 10(2):129-139.

Santini JMK, Perin A, Coaguila DN, Valderrama M, Dupas E, dos Santos CG, Silva S, Buzetti, S (2016) ADUBAÇÃO NITROGENADA NA IMPLANTAÇÃO DE *Urochloa brizantha* cv. XARAÉS NO CERRADO: Características Biométricas e Bromatológicas-Parte 1. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, 10(2):129-139.

Santos FAP, Dórea JRR, Gouvêa VN (2014) Compostos Nitrogenados em Plantas Forrageiras. In: Reis RA, Bernerdes TF, Siqueira GR (eds.). **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. Gráfica Multipress, p 425-435.

Santos GO, de Faria RT, Rodriguês GA, Dantas GF, Dalri AB, Palaretti LF (2017) Forage yield and quality of marandugrass fertigated with treated sewage wastewater and mineral fertilizer. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 39(4):515-523.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA de, Cunha TJF, Oliveira JB de (2013) **Sistema brasileiro de classificação de solos** (2013). Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (3 ed), 353p.

Santos MLF, Bastos RKX, Aisse MM (eds) (2006) **Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários**. Petrópolis/RJ: Sermograf Artes Gráficas e Editora Ltda, p 403.

Sbrissia AF, Da Silva SC, Nascimento Júnior D (2007) Ecofisiologia de plantas forrageiras e o manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24:153-176, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ.

Sbrissia, AF (2004) **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. Tese (Doutorado) – ESALQ/USP, Piracicaba.

Silva DJ, Queiroz AC (3 eds) (2006) **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV. p 235

Silva FD, Sá JD, Schio AR, Ítavo LCV, Silva RR, Mateus RG (2009) Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38(1):371-389.

Silva FD, Sá JD, Schio AR, Ítavo LCV, Silva RR, Mateus RG (2009) Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38(1):371-389.

Silva JGD, De Carvalho JJ, Da Luz JMR, Da Silva JEC (2016) Fertigation with domestic wastewater: Uses and implications. **African Journal of Biotechnology**, 15(20):806-815.

STATSOFT (2004) **Statistica: data analysis software system**, version 7.0. Tulsa: Statsoft.

The Economist (2011) The 9 billion-people question - A special report on feeding the world. **The Economist**. Available: <http://www.economist.com/sites/default/files/special-reports-pdfs/18205243.pdf>. Accessed Aug 25, 2017.

Vilela L, Soares WV, Sousa DMG, Macedo MCM (1998) **Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 15p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

### **CAPÍTULO 3 – Influência de estratégias de manejos de fertirrigação com efluente de esgoto tratado e altura de corte nas características morfogênicas e estruturais de capim Marandu**

**RESUMO:** A resposta dos componentes do fluxo de biomassa das forrageiras em função da interação entre as estratégias de manejo de fertirrigação com água residuária e por altura de corte durante o ano, são pouco conhecidas. O objetivo deste trabalho foi verificar as respostas de características morfogênicas e estruturais de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função de estratégias de aplicação de fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), complementada com ureia (U), associada à colheita com duas alturas de plantas, durante os períodos seco (PS) e chuvoso (PC). O experimento foi conduzido em Jaboticabal, SP, de fevereiro de 2015 a fevereiro de 2016. As alturas de corte da forragem foram 30 cm (A<sub>1</sub>) e 40 cm (A<sub>2</sub>), e as doses de adubação nitrogenada foram 9,1 (D<sub>1</sub>), 12,1 (D<sub>2</sub>), 22,5 (D<sub>3</sub>), 26,6 (D<sub>4</sub>) e 34,0 (D<sub>5</sub>) kg de N por Mg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) produzida, aplicadas por EETE via aspersão, mais 7,5 kg de N por Mg<sup>-1</sup> de MS produzida, aplicada na forma de ureia por cobertura em todas as estratégias de manejo. As análises de fatores para os períodos seco e chuvoso identificaram dois processos que correspondem ao crescimento de massa da forragem (taxas de alongamento foliar, pseudocolmo e senescência foliar, comprimentos foliar e pseudocolmo, número de folhas mortas) e o desenvolvimento foliar (taxa de aparecimento foliar, número de folhas vidas, filocrono e duração de vida foliar). A análise de variância mostrou que as estratégias D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> e D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> apresentaram respostas superiores às demais estratégias de manejo, tanto nos períodos seco quanto chuvoso. A estratégia de manejo D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> destacou-se no processo de crescimento de massa da forragem, enquanto o D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> no desenvolvimento foliar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desfolhação, Nitrogênio, Reúso de água

### **CHAPTER 3 - Fertigation management strategies with treated sewage effluent and cutting height on the morphogenic and structural characteristics of Marandu grass**

**ABSTRACT:** The response of the components of the biomass flow of the fodder as a function of the interaction among the strategies of management of fertirrigation with waste water and by cutting height during the year, are little known. The objective of this work was to verify the response of the morphogenic and structural characteristics of *Urochloa brizantha* cv. Marandu as a function of management strategies for application of treated sewage effluent (TSW), complemented with urea (U), associated to the harvesting of forage at two plant, during the dry (DP) and rainy (RP) periods. The experiment was conducted in Jaboticabal, SP, from February, 2015 to February, 2016. The forage harvesting heights were 30 cm (A<sub>1</sub>) and 40 cm (A<sub>2</sub>) and nitrogen fertilization rates were 9.1 (D<sub>1</sub>), 12.1 (D<sub>2</sub>), 22.5 (D<sub>3</sub>), 26.6 (D<sub>4</sub>) and 34.0 (D<sub>5</sub>) kg of N per Mg<sup>-1</sup> of dry matter (DM) produced, applied by TSE via sprinkling, in addition to 7.5 kg of N per Mg<sup>-1</sup> of DM produced, applied as urea by cover in all management strategies. The analyzes of factors for the dry and rainy periods identified two processes that correspond to forage mass growth (leaf and pseudo-stem elongation rates, senescence and length, and number of dead leaves) and leaf development, number of live leaves, phyllochron and leaf life span). The analysis of variance showed that the strategies D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> and D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> presented superior responses to the other management strategies, both in the dry and rainy periods. The D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> management strategy was highlighted in the forage mass growth process, while the D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> in leaf development.

**KEYWORDS:** Defoliation, Nitrogen, Water reuse

### 3.1 introdução

Pastagens do gênero *Urochloa* estão disseminadas em toda a zona tropical do globo, devido ao crescimento variado em função do habitat (Cezário et al., 2015). Sua expansão deve-se à maior resistência às pragas e melhor desempenho animal, comparada com os pastos nativos (Macedo et al., 2014). Entre as diferentes espécies de plantas forrageiras cultivadas no Brasil, a que se destaca é a *Urochloa brizantha*, além de ser a mais cultivada no país, possui o maior volume de sementes destinadas à exportação (Silva et al., 2014).

A principal limitação da produção das forrageiras tropicais nas regiões cuja o inverno tem como característica de ser seco e frio é a produção irregular durante o ano com bom valor nutritivo, que são determinados por limitação da temperatura do ar, água e luminosidade durante o inverno. Devido a irregularidade de produção nessa época do ano, os pecuaristas comumente não fazem uso de fertilizantes, principalmente os com fontes de nitrogênio pela baixa disponibilidade hídrica, resultando-se baixa fertilidade do solo.

Uma das estratégias de mitigar o efeito da sazonalidade do cultivo de forrageiras tropicais é o uso concomitante da adubação com a irrigação, a fim suprir a demanda nutricional e água durante o período seco, de forma adequada, torna-se essencial para se manter um sistema produtivo (Mochel Filho, 2009).

O suprimento de nutrientes via aplicação de fertilizantes é de fundamental importância no crescimento das forrageiras. O nitrogênio (N) é o nutriente mais importante para maximizar e de manutenção para a produtividade da massa seca das plantas forrageiras (Galindo et al., 2017), desde que outros fatores de produção não sejam limitantes (Marchetti et al., 2018).

Devido ao alto consumo de água e o elevado custo de nutrientes, a fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto tratado (EETE) constitui em uma alternativa promissora para a maioria das culturas, principalmente as forrageiras, devido ao efluente ser rico em nitrogênio e fósforo, portanto, seu uso para fins de fertirrigação reduz ou elimina adição de fertilizantes (Moyo et al., 2015). A irrigação com água residuária tem substituído eficientemente a água convencional, empregada na irrigação de pastagens (Fonseca, 2005), pois é uma forma de fertirrigação contínua e gradual, porém sem o controle rigoroso sobre o aporte de nutrientes, sendo

necessário adequado balanço entre demanda e oferta de água e nutrientes, a fim de evitar a aplicação insuficiente ou em excesso de nutrientes (Bastos, 2003). Em geral, há necessidade de suplementar a demanda nutricional não atendida pela fertirrigação com EETE com fertilizantes minerais, devido aos baixos teores de nutrientes no efluente ou para evitar excesso de aplicação de água.

A produtividade das plantas forrageiras decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, importante para a restauração da área foliar após a desfolhação ou corte, o que garante a perenidade das forrageiras (Fagundes et al., 2006). A dinâmica da produtividade das plantas forrageiras pode ser obtida pelo estudo da morfogênese (Santos et al., 2012). A morfogênese ajuda descreve a dinâmica da geração e expansão dos tecidos e órgãos da planta no tempo e espaço, resumido pelas variáveis: taxa de aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento do pseudocolmo (TAIP), duração de vida das folhas (DVF) e taxa de senescência foliar (TSenF), as quais, apesar de sua natureza genética, são fortemente influenciadas pelas condições ambientais (temperatura, luz, água e fertilidade do solo) e estratégias de manejo (Costa et al., 2017). As interações entre estas variáveis determinam as características estruturais como o: número de folhas vivas e mortas por perfilho (NFV e NFM), comprimento da lâmina foliar (CLF) e comprimento do pseudocolmo (CP).

O acúmulo de biomassa também depende da desfolhação da planta em consequência da frequência de pastejo, em que a forrageira é colhida com determinada altura. Esse manejo afeta a produtividade e seus componentes como folha, colmo e material morto, e tem como objetivo alcançar alto potencial produtivo e valor nutritivo ao longo do ano (Silva et al., 2015). A adoção de altura de corte de *Brachiaria* como estratégia de manejo pode ser vantajosa devido à facilidade de controlar a entrada e saída dos animais nos piquetes, uma vez que a idade cronológica da pastagem é desconsiderada. Porém, sua morfogênese, que dependem das condições do ambiente, a qual estimula características desejáveis como aumento da taxa aparecimento foliar, alongamento foliar e número de folhas vivas por perfilho. A adoção de manejos com dias fixos, dependendo da época do ano, pode estimular o aumento da taxa de alongamento de colmo, senescência foliar, duração de vida foliar e número de folhas mortas por perfilho, o que são consideradas características indesejáveis por causar baixa qualidade da forragem e eficiência de pastejo.

Na literatura há carência de informações sobre o comportamento morfofisiológicos anual de forrageiras do tipo *Brachiaria* em resposta à fertirrigação com EETE, associado com adubação mineral e manejo de corte baseado em altura do dossel, especialmente nas regiões com sazonalidade climática, visando a indicação de manejo do cultivo. A hipótese a ser testada nesta pesquisa é de que, tanto as características morfogênicas desejáveis (TApF e TAIF) quanto as estruturais (NFV), podem ser incrementadas com a adoção de altura de corte e oferta de nitrogênio adequada durante o ano.

Neste contexto, objetivou-se determinar os efeitos nas características morfogênicas e estruturais de *Urochloa brizantha* em função da aplicação da dose de nitrogênio via EETE suplementada com nitrogênio (ureia), associadas a colheitas com duas alturas de dossel, durante o período seco (outono-inverno) e chuvoso (primavera-verão).

## 3.2 Material e métodos

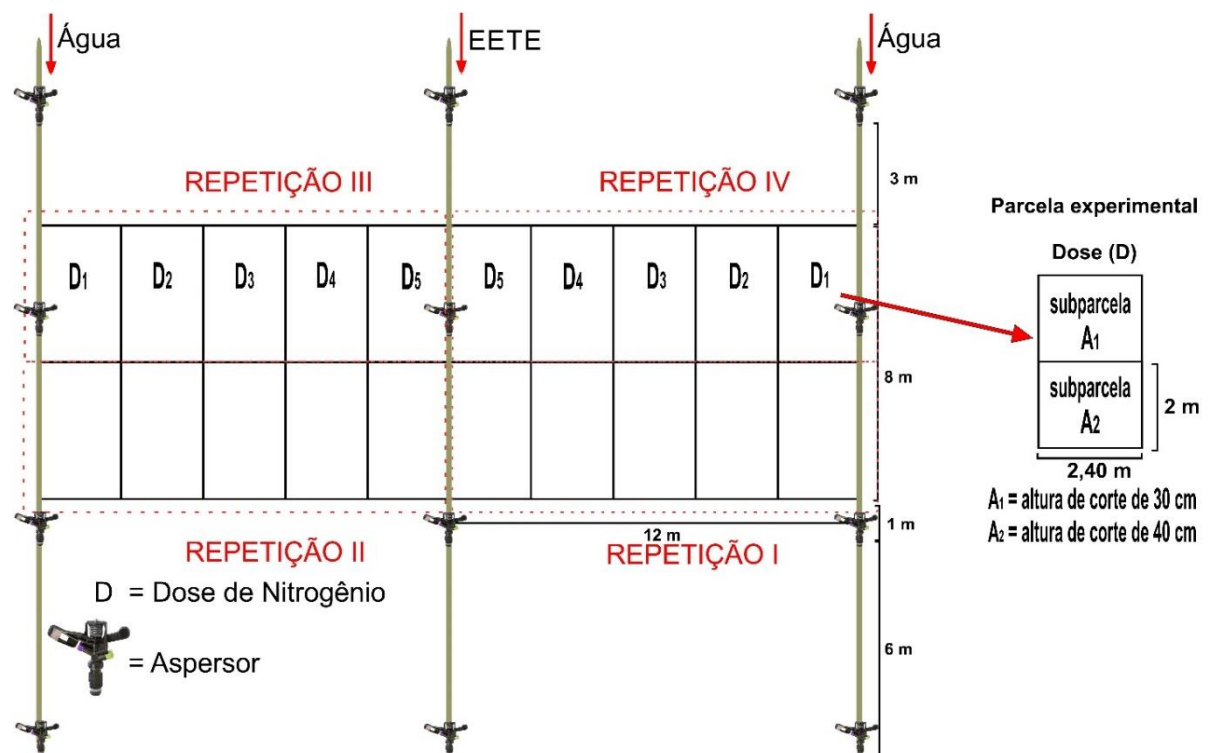
### 3.2.1 Características da área

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da FCAV-Unesp, em Jaboticabal, SP (Latitude 21°15'S, Longitude 48°18'W e altitude de 545 m), por um ano, de fevereiro de 2015 a fevereiro de 2016. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw, tropical, com precipitação de 1.425 mm, concentrada no verão, e temperatura média anual de 22,2°C (Alvares et al., 2013).

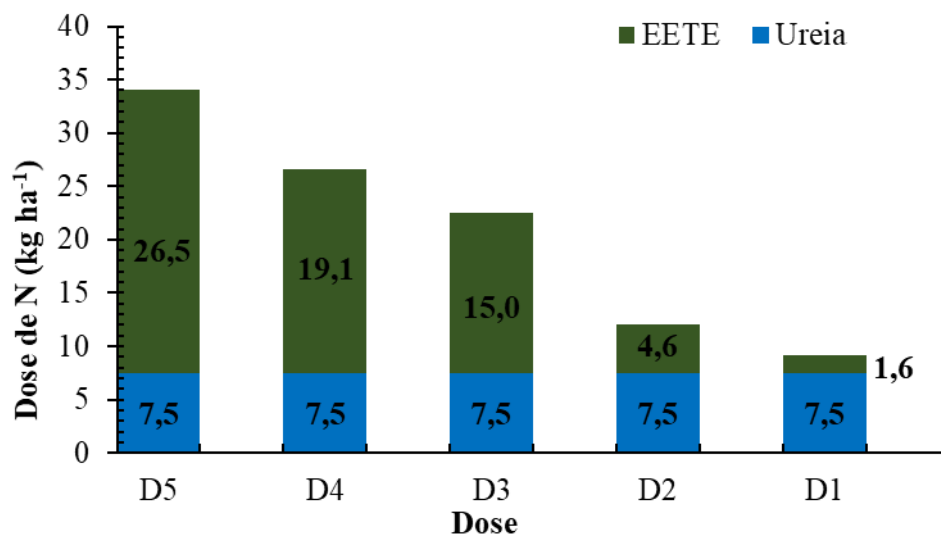
O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho eutroférico típico (Oxisol), com textura muito argilosa (Santos et al., 2013), cujos os atributos químicos na camada de 0 a 0,20 m: pH (CaCl<sub>2</sub>) 5,4; 26 g kg<sup>-1</sup> de MO; 68 g dm<sup>-3</sup> de P (resina); 5,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 31,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 16,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 32,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H+Al, e 62% de V.

### 3.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcela subdividida, com dose de adubação nitrogenada na parcela e altura de corte na subparcela, em quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais, cada uma com área de 4,8 m<sup>2</sup> (2,4 x 2 m) (Figura 1). Foram avaliadas 10 estratégias de manejo, correspondentes à associação de duas alturas de corte da forragem com cinco doses de adubação nitrogenada. As alturas de corte foram 30 cm (A<sub>1</sub>) e 40 cm (A<sub>2</sub>). As doses de adubação nitrogenada foram: D<sub>1</sub> = 9,1; D<sub>2</sub> = 12,1; D<sub>3</sub> = 22,5; D<sub>4</sub> = 26,6 e D<sub>5</sub> = 34,0 kg de N por Mg<sup>-1</sup> de Matéria seca (MS) produzida na estratégia de manejo D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>, assumido como referência (Figura 2). As doses de adubação nitrogenada corresponderam à aplicação de EETE em diferentes concentrações (C<sub>1</sub> a C<sub>5</sub>), complementada com ureia (U). O EETE foi aplicado com as seguintes concentrações do efluente em água: C<sub>1</sub> = 11%, C<sub>2</sub> = 31%, C<sub>3</sub> = 60%, C<sub>4</sub> = 87% e C<sub>5</sub> = 100% da lâmina aplicada. A complementação com ureia foi equivalente a 1/3 da quantidade total de nitrogênio aplicada (22,5 kg ha<sup>-1</sup> de N por Mg<sup>-1</sup> de matéria seca produzida) na estratégia de manejo de referência (D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>), com a mesma complementação nos demais tratamentos (Figura 2).



**FIGURA 1.** Esquema experimental com linhas de distribuição de água e efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), unidades experimentais com as estratégias de manejo por doses de nitrogênio (D<sub>1</sub> a D<sub>5</sub>) e alturas de corte (A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>).



**FIGURA 2.** Dose de nitrogênio aplicadas por tonelada de matéria seca produzida na estratégia de manejo de referência (D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>), de acordo com a fonte de N (efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e ureia).

As concentrações de aplicação de EETE em água foram obtidas por um sistema de aspersão em linha tripla (Lauer, 1983), no qual a linha central aplicava EETE e as laterais somente água. Dessa forma, a lâmina de precipitação foi uniforme, mas com doses graduais de EETE em água, variando na direção perpendicular à linha de aspersores, com alta concentração próximo da linha de aspersores que aplicava EETE, até concentração muito baixa próximo das linhas de aspersores que aplicavam somente água. A distribuição gradual da precipitação de EETE ou água foi determinada por testes prévios de aspersores, realizados por Santos et al. (2017).

### 3.2.3 Efluente

O EETE foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto "Dr. Adelson Taroco", localizada a 1,5 km da área experimental. Essa estação é gerida pelo município, que coleta e trata o esgoto de Jaboticabal, uma cidade de cerca de 80 mil habitantes. O efluente foi obtido à jusante de uma das lagoas facultativas e bombeado por uma tubulação de polietileno a um reservatório de 15 m<sup>3</sup> instalado ao lado da área experimental. Água oriunda de poço artesiano foi bombeada para outro reservatório instalado próximo à área experimental a fim de complementar a irrigação do experimento.

As análises de nutrientes no EETE foram realizadas bimensalmente, porém o nitrogênio, pH e condutividade elétrica foram monitorados mensalmente. As características médias físicas e químicas microbiológicas do EETE foram: N<sub>total</sub> = 51,3 ± 5,76 mg L<sup>-1</sup>, P = 1,2 ± 0,55 mg L<sup>-1</sup>, K = 17,9 ± 1,73 mg L<sup>-1</sup>, Ca = 15,6 ± 2,77 mg L<sup>-1</sup>, Mg = 5,1 ± 0,94 mg L<sup>-1</sup>, Fe<sub>Total</sub> = 0,4 ± 0,15 mg L<sup>-1</sup>, Mn = 0,1 ± 0,04 mg L<sup>-1</sup>, Zn = 0,4 ± 0,21 mg L<sup>-1</sup>, Na = 54,3 ± 4,26 mg L<sup>-1</sup>, COT (carbono orgânico total) = 36,4 ± 6,9, pH = 7,1 ± 0,15, condutividade elétrica = 0,46 ± 0,024 dS m<sup>-1</sup>, RAS = 2,56 ± 0,28, CT (coliforme total) = 409.000 ± 33.589 NMP (número mais provável) 100<sup>-1</sup> mL e EC (*Escherichia Coli*) = 9.166 ± 472,5 NMP 100<sup>-1</sup> mL.

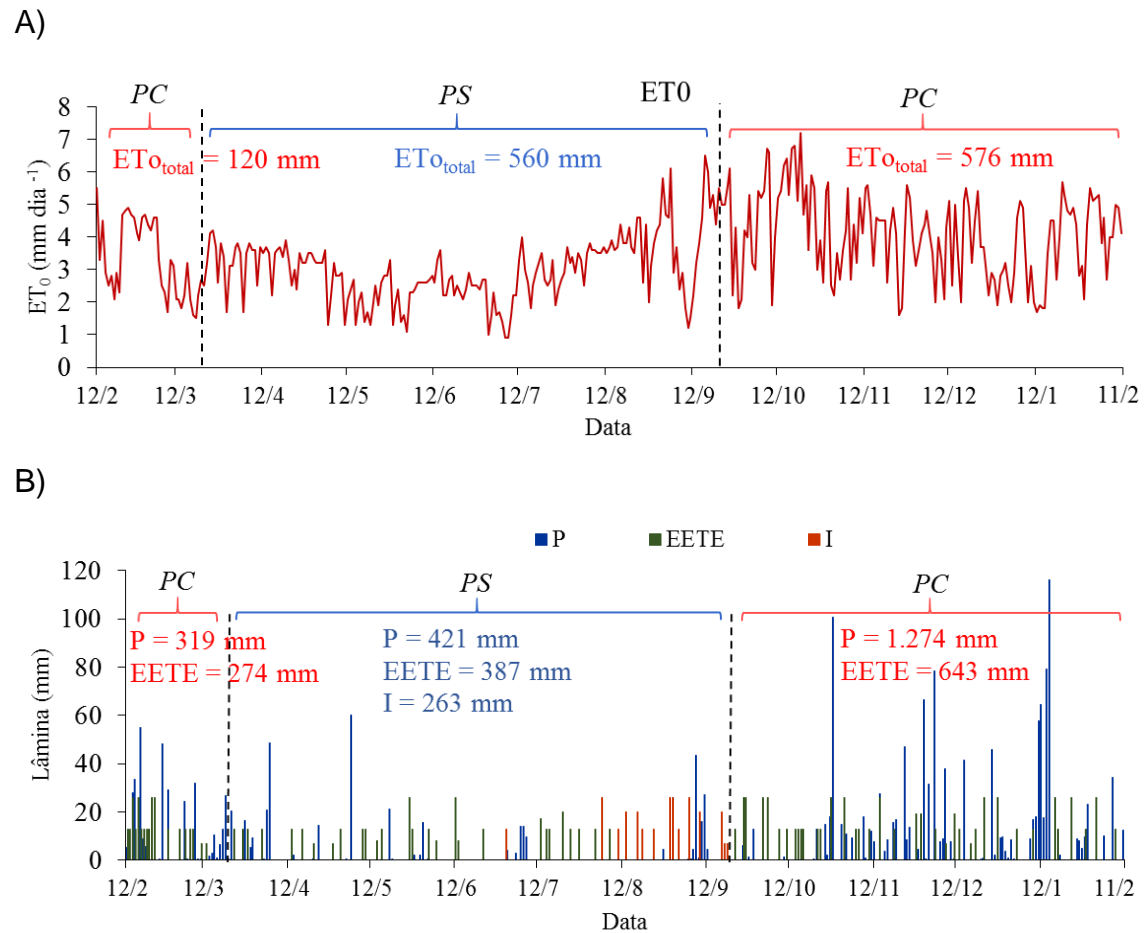
### 3.2.4 Fertirrigação, demanda nutricional e hídrica

As aplicações de fertirrigação foram realizadas de duas a três vezes por semana, seguindo o critério definido pela necessidade nutricional da cultura ou pela sua demanda hídrica, a que foi maior. Assumiu-se a estratégia de manejo D<sub>3</sub>A<sub>1</sub> como referência para se adotar, como demanda nutricional, a reposição de 22,5 kg ha<sup>-1</sup> de N por Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca (MS) de forragem produzida em cada período entre

cortes da forragem. Esse critério foi incrementado em 50% em relação ao adotado por Santos et al. (2017), que se baseou na recomendação de Vilela et al. (1998). Para evitar excesso de água no solo devido às altas aplicações de fertirrigação requeridas, parte da demanda de N foi suprida por ureia, aplicando-se, logo após a mensuração da produtividade da forragem,  $7,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por tonelada de forragem seca produzida na estratégia de manejo D<sub>3</sub>A<sub>1</sub> e complementando-se os  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por tonelada de forragem seca restantes pela aplicação de EETE ao longo do ciclo de corte seguinte. A mesma dose de N foi aplicada nas demais estratégias de manejo, em adição à fração de EETE correspondente a cada estratégia, como definido na Figura 2. Devido à baixa concentração de P e K no EETE, houve complementação com superfosfato triplo e cloreto de potássio em todas as estratégias de manejo, nas doses de  $3,5$  e  $18 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente, por  $\text{Mg ha}^{-1}$  de MS produzida na estratégia de manejo D<sub>3</sub>A<sub>1</sub>, conforme recomendação de Vilela et al. (1998). Todos os fertilizantes foram distribuídos manualmente, após dois dias de cada colheita realizada.

A demanda hídrica foi assumida como sendo igual à evapotranspiração de referência (coeficiente de cultivo unitário) calculada pela equação de Penman-Monteith, parametrizada pelo método FAO-56 (Allen et al., 1998), com dados meteorológicos da FCAV-Unesp, próxima ao experimento.

A evapotranspiração foi maior que a precipitação durante o PS (Figura 3), porém não houve déficit hídrico, devido aplicação da fertirrigação com EETE de 387 mm para suprir a demanda nutricional, além da irrigação de 263 mm para suprir a demanda hídrica da cultura em 2015. No PC foram aplicadas lâminas de fertirrigação com EETE de 917 mm.



**FIGURA 3.** A) Evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) e B) precipitação (P), fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) e irrigação (I) durante o período chuvoso (PC) e seco (PS), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP.

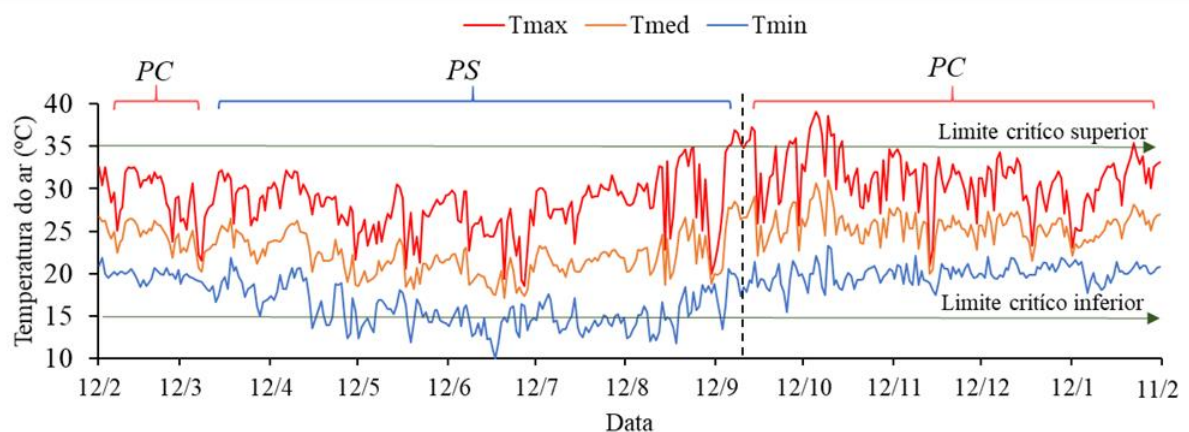
Foram aplicadas 29 fertirrigações no PS e 55 no PC (Figura 3B). Os totais de nitrogênio aplicados via EETE + U variaram de 76 a 245 kg ha<sup>-1</sup> no PS e 169 a 541 kg ha<sup>-1</sup> no PC na safra de 2015/16, respectivamente para os tratamentos com dose D<sub>1</sub> a D<sub>5</sub> (Tabela 1).

**TABELA 1.** Totais de nitrogênio aplicados via efluente (EETE) e ureia (U) em *Urochloa brizantha*, no período seco (PS) e chuvoso (PC), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP.

Dose	kg ha <sup>-1</sup>					
	PS - 2015			PC - 2015/16		
	EETE	U	Total	EETE	U	Total
D <sub>1</sub>	21	55	76	46	123	169
D <sub>2</sub>	59	55	114	130	123	253
D <sub>3</sub>	114	55	169	251	123	374
D <sub>4</sub>	165	55	220	364	123	487
D <sub>5</sub>	190	55	245	418	123	541

### 3.2.5 Condições meteorológicas

Os valores médios de temperaturas do ar máxima e mínima foi de 30,8 e 19,9°C, respectivamente para o PC e 28,2 e 15,7°C, respectivamente, para o PS (Figura 4). Observa-se no PS as temperaturas atingiram valores inferiores à 15 °C, temperatura essa que limita o crescimento e desenvolvimento de gramíneas forrageiras tropicais (Cooper e Tainton, 1968).



**FIGURA 4.** Temperaturas máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin), de 12 de fevereiro de 2015 a 11 de fevereiro de 2016, Jaboticabal, SP.

### 3.2.6 Condução da cultura e avaliações

As características morfogênicas e estruturais da forrageira foram avaliadas em 10 perfilhos por unidade experimental. A escolha dos perfilhos foi feita com auxílio de duas régua de madeira de 80 cm de comprimento, colocadas aleatoriamente em local

representativo da parcela com distância de 60 cm.

Para cada régua foram selecionados cinco perfilhos espaçados a cada 20 cm, que foram identificados por meio de anel plástico colorido. A cada ciclo de coleta de dados, um novo grupo de perfilhos foi selecionado em outros locais da parcela também representativos da sua condição média. Foram escolhidos e selecionados perfilhos basais, jovens e com duas a três folhas completamente expandidas.

Nos perfilhos marcados, as medições do comprimento de lâminas foliares e de pseudocolmo foram realizadas com régua graduada, duas vezes por semana. O comprimento das folhas expandidas foi medido desde a ponta da folha até sua lígula. No caso de folhas em expansão, o mesmo procedimento foi adotado, porém considerando a lígula da última folha expandida como referencial de mensuração. Para folhas em senescência, mensurou-se o comprimento entre o ponto até onde o processo de senescência avançou até a lígula da folha (medição da porção verde da lâmina foliar). O tamanho do colmo foi medido desde a superfície do solo até a lígula da folha mais jovem completamente expandida.

A partir dessas informações, foram calculadas as seguintes características morfogênicas:

- Taxa de aparecimento foliar - TApF (folha perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>): número de folhas surgidas por perfilho por dia;
- Filocrono - Filoc. (dia<sup>-1</sup>): inverso de TApF;
- Taxa de alongamento foliar - TAIF (cm perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>): somatório do alongamento de lâmina foliar por perfilho dividido pelo número de dias do período de avaliação;
- Taxa de alongamento do pseudocolmo - TAIP (cm perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>): somatório de todo alongamento do colmo e, ou, pseudocolmo por perfilho dividido pelo número de dias do período de avaliação;
- Duração de vida da folha - DVF (dia): produto entre NFV e Filoc.;
- Taxa de senescência foliar - TSenF (cm perfilho<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>): decréscimo do comprimento da lâmina foliar obtida pela diferença entre a mensuração inicial e final
- Número de folhas vivas por perfilho (NFV): relação do somatório do número de folhas em expansão, expandidas e senescentes pelo número de perfilhos em avaliação.
- Número de folhas mortas por perfilho (NFM): número médio de folhas por perfilho com mais de 50% da lâmina foliar senescente.
- Comprimento final da lâmina foliar (CLF) (cm): comprimento médio de todas as folhas vivas, completamente expandidas e não pastejadas no perfilho.

- Comprimento do pseudocolmo (CP) (cm): distância da superfície do solo até a lígula da folha mais jovem completamente expandida, incluindo o colmo mais o pseudocolmo.

### 3.2.7 Análise estatística

Os dados foram agrupados em dois períodos do ano, seco e chuvoso, ou seja, para cada variável resposta, os dados mensurados em seis meses foram usados para fazer média e gerar valor apenas para cada período do ano correspondente. Foi processada a análise de fatores pelos componentes principais e com método de rotação Varimax. Esta é uma técnica multivariada exploratória que permite compreender as relações entre as variáveis originais explicadas em termos de um número limitado, de novas variáveis chamadas de fatores que são os autovetores construídos com os autovalores da matriz de correlação das variáveis originais com perda mínima de informação.

A compreensão do envolvimento bem como a importância das variáveis em cada processo é feita considerando os valores e os sinais das cargas fatoriais. Os fatores são combinações lineares das variáveis estudadas. O primeiro fator é extraído da variação total contida no conjunto de variáveis enquanto que o segundo é extraído da variação remanescente após eliminar a variação utilizada na construção do primeiro e assim por diante. Os fatores são independentes um do outro.

O processamento da análise de fatores foi feito com as variáveis padronizadas (média nula e variância unitária). O critério de Kaiser (autovalor maior ou igual a unidade) foi utilizado para admitir a relevância dos autovetores (KAISER, 1958).

O efeito das estratégias de manejo estudadas (dose de nitrogênio e altura de corte) na *Urochloa brizantha* foi medido com o Modelo Linear Geral (GLM) usado como análise de variância (ANOVA). A diferença entre os níveis das estratégias de manejo por doses de nitrogênio (D) e altura de corte (A) foram comparadas com o teste de média de comparações múltiplas de Tukey ( $p < 0,05$ ). Todas as análises estatísticas foram processadas no software STATISTICA versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

### 3.3 Resultados e discussão

Os acréscimos das características morfogênicas (TApF, TAIF, TAIP, TSenF, Filoc. e DVF) do PS para o PC (Tabela 2), se devem a temperatura do ar favoráveis entre a faixa do limite crítico inferior e superior de 15°C a 35°C, respectivamente, no PC (Figura 4), aumentando-se o vigor da rebrotação da forrageira. Esse aumento do vigor da rebrotação da *Urochloa brizantha*, deve-se por sua fisiologia C<sub>4</sub>, segundo Lebate et al. (1990) são plantas adaptadas a temperaturas do ar mais elevadas, para que tenha melhoria em sua taxa fotossintética.

Valores elevados de CLF e CP foram observados na altura de corte A<sub>2</sub> (Tabela 2), esses resultados na maior altura de corte, corroboraram com os de Medica et al., (2017), visto que, o aumento do intervalo de corte proporciona maior tempo em livre crescimento, favorecendo maior CLF e CP. O mesmo autor ressalta em condições de adubação o capim-marandu sob alta dose de adubo apresenta folhas mais compridas, comparadas às menores doses de adubo, pois independentemente do intervalo de altura de corte, o mesmo foi observado neste estudo.

O declínio TSenF foi observado na altura de corte A<sub>1</sub> no PS, devido possuir uma DVF maior. Porém, em condições climáticas favoráveis, como encontrado no PC, a maior altura de corte proporcionou incrementos na TSenF. Esses resultados corroboram as conclusões de Costa et al. (2016) e Santos et al. (2011).

O NFV por perfilho é considerado por vários autores como uma característica genotípica estável na ausência de deficiências hídricas e nutricionais (Martuscello et al., 2005; Santos et al., 2011), por esse motivo, não foi observado incrementos pelo período e pelas estratégias de manejo por adubação nitrogenada e altura de corte.

**TABELA 2.** Características morfológicas e estruturais do período seco (PS) e chuvoso (PC) da *Urochloa brizantha* em função das estratégias de manejo por dose de nitrogênio aplicada (D) e altura de corte (A), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP.

Características morfológicas e estruturais do PS										
Estratégias de manejo	TApF	TAIF	TAIP	TSenF	Filoc.	DVF	NFV	NFM	CLF	CP
	----- folha perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> -----				---- dia ----	---- N <sup>o</sup> ----		---- cm ----		
D <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	0,06	0,19	0,03	0,22	15,47	47,48	3,08	0,12	11,92	9,37
D <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	0,08	0,24	0,05	0,24	12,68	42,53	3,36	0,13	13,74	9,66
D <sub>3</sub> A <sub>1</sub>	0,10	0,29	0,06	0,26	9,71	34,26	3,56	0,15	15,92	11,86
D <sub>4</sub> A <sub>1</sub>	0,12	0,40	0,08	0,27	8,45	30,57	3,65	0,16	17,53	13,43
D <sub>5</sub> A <sub>1</sub>	0,14	0,44	0,10	0,28	7,24	27,17	3,77	0,17	17,79	13,65
D <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	0,05	0,14	0,07	0,27	19,38	56,95	2,94	0,15	14,81	12,14
D <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	0,06	0,22	0,10	0,29	17,42	56,36	3,24	0,16	18,20	13,81
D <sub>3</sub> A <sub>2</sub>	0,06	0,26	0,12	0,30	15,78	55,18	3,51	0,18	21,37	17,84
D <sub>4</sub> A <sub>2</sub>	0,07	0,34	0,17	0,32	14,14	50,20	3,56	0,20	25,79	22,09
D <sub>5</sub> A <sub>2</sub>	0,09	0,40	0,22	0,34	11,69	42,78	3,67	0,21	27,58	21,06

Características morfológicas e estruturais do PC										
Estratégias de manejo	TApF	TAIF	TAIP	TSenF	Filoc.	DVF	NFV	NFM	CLF	CP
	----- folha perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> -----				---- dia ----	---- N <sup>o</sup> ----		---- cm ----		
D <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	0,11	0,22	0,05	0,25	8,84	27,53	3,12	0,12	13,14	11,06
D <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	0,13	0,32	0,08	0,26	7,81	26,03	3,35	0,13	14,66	11,89
D <sub>3</sub> A <sub>1</sub>	0,15	0,44	0,13	0,28	6,63	23,31	3,56	0,14	18,21	12,88
D <sub>4</sub> A <sub>1</sub>	0,18	0,62	0,24	0,30	5,48	20,58	3,76	0,16	19,41	14,17
D <sub>5</sub> A <sub>1</sub>	0,20	0,77	0,27	0,32	5,14	19,93	3,88	0,17	19,99	13,87
D <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	0,09	0,24	0,19	0,29	11,60	38,86	3,35	0,16	18,82	19,23
D <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	0,10	0,33	0,27	0,32	10,29	34,53	3,36	0,17	20,93	21,68
D <sub>3</sub> A <sub>2</sub>	0,11	0,53	0,43	0,34	9,21	33,03	3,59	0,19	23,69	23,73
D <sub>4</sub> A <sub>2</sub>	0,12	0,62	0,53	0,33	8,36	31,73	3,79	0,20	26,87	24,60
D <sub>5</sub> A <sub>2</sub>	0,14	0,75	0,63	0,33	7,20	28,14	3,91	0,21	24,96	21,42

TApF = taxa de aparecimento foliar, Filoc. = filocrono, TAIF = taxa de alongamento foliar, TAIP = taxa de alongamento do pseudocolmo, DVF = duração de vida da folha, TSenF = taxa de senescência foliar, NFV = número de folhas vivas, NFM = número de folhas mortas, CLF = comprimento da lâmina foliar e CP = comprimento do pseudocolmo.

As análises de fatores processadas com as características morfológicas e estruturais da *Urochloa brizantha* em função das estratégias de manejo por dose de

nitrogênio aplicada e altura de corte, permitiu identificar dois fatores/processos para cada período estudado, que explicaram 94,2% e 94,3% da variância original para os PS e PC, respectivamente (Tabela 3).

**- Período seco (PS):**

O primeiro fator, responsável por 47,97% da variabilidade original (Tabela 3) identificou um processo com um conjunto de variáveis (NFM, TSenF, CLF, CP e TAIP) associado ao crescimento de massa de forragem. Este processo mostra uma correlação direta entre essas variáveis, ou seja, quando o valor de uma aumentar (ou diminuir) os valores das demais também aumentarão (ou diminuirão).

O segundo fator, responsável por 46,25% da variabilidade original (Tabela 3) identificou um processo associado ao desenvolvimento foliar pelo grupo de variáveis NFV, TApF, TAIF, Filoc. e DVF. Nesse processo, as variáveis NFV, TApF e TAIF atuam de forma direta no desenvolvimento foliar, ou seja, quando o valor de uma aumentar (ou diminuir) os valores das demais também aumentarão (ou diminuirão). Também, as variáveis Filoc. e DVF atuam de forma direta. Como as variáveis TApF, TAIF e NFV apresentam sinais contrários ao das variáveis Filoc. e DVF tem-se uma associação inversa, ou seja, quando o valor das variáveis TApF, TAIF e NFV aumentarem (ou diminuírem) o valor das variáveis Filoc. e DVF diminuirão (ou aumentarão).

As análises de variâncias (ANOVA) processadas com os escores dos fatores/processos F1 e F2 (Tabela 3), revelaram que os processos F1 e F2 foram afetados pela interação das estratégias de manejo por dose de nitrogênio (D) e altura de corte (A) ( $p < 0,01$ ), mostrando ação conjunta das estratégias de manejo estudadas no PS.

Pelo teste de média de comparações múltiplas de Tukey ( $P < 0,05$ ) as estratégias de manejo que obtiveram maior crescimento de massa de forragem (F1) na *Urochloa brizantha* foram a D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> (1,67) e D<sub>4</sub>A<sub>2</sub> (1,45), que não diferiram-se estatisticamente (Tabela 4). O menor crescimento de massa de forragem foi observado nas estratégias de manejo D<sub>1</sub>A<sub>1</sub> (-1,44) e D<sub>2</sub>A<sub>1</sub> (-1,12), que também não diferenciaram estatisticamente pelo teste de média.

No processo de desenvolvimento foliar (F2) no PS a estratégia de manejo na *Urochloa brizantha* que demonstrou maior e menor desenvolvimento foliar foi a D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> (1,75) e a D<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (-1,03), respectivamente, pelo teste de média de comparações

múltiplas de Tukey ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4).

**- Período chuvoso (PC):**

No período chuvoso os processos detectados foram praticamente os mesmos detectados no período seco com atenção para a variável NFV que neste período passa ser uma variável pertencente ao processo de crescimento de massa de forragem. O primeiro fator respondeu por 57,9% e o segundo por 39,4% da variabilidade original (Tabela 3).

As análises de variâncias (ANOVA) (Tabela 3) processadas com os escores dos fatores F1 e F2, revelaram que o F1 foi afetado ( $p < 0,01$ ) pelo fator de estratégia de dose de nitrogênio (D) e por altura de corte (A), não houve interação para os fatores de estratégias de manejo estudado, ou seja, para esse período as estratégias dose e altura de corte agem de forma independentemente sobre o F1. No entanto, o F2 nesse período foi afetado pela interação dos fatores de estratégias de manejo estudadas.

No teste de média de comparações múltiplas de Tukey ( $p < 0,05$ ) o maior crescimento de massa de forragem (F1) foi atribuído as estratégias de maior dose de N (0,75) na altura de corte A<sub>2</sub> (0,71) (Tabela 4). Na estratégia de manejo com altura de corte A<sub>1</sub>, a melhor dose foi a D<sub>5</sub> para o maior crescimento de massa de forragem, ao diminuir a dose de nitrogenada, decresce o crescimento de massa de forragem.

O menor desenvolvimento foliar observado no teste de média foi na estratégia de manejo D<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (-1,51) (Tabela 4), enquanto aumentava-se a dose nitrogenada aumentava-se o desenvolvimento foliar, porém, à altura de corte A<sub>1</sub> na maior dose de nitrogênio favoreceu maior desenvolvimento foliar (D<sub>5</sub>A<sub>1</sub>).

**TABELA 3.** Resumo das análises de fatores e ANOVA dos processos de crescimento de massa de forragem e desenvolvimento foliar da *Urochloa brizantha* em função das estratégias de manejo por dose de nitrogênio aplicada (D) e altura de corte (A), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP.

Variáveis	Período Seco		Período Chuvoso	
	Fator 1	Fator 2	Fator 1	Fator 2
	----- Correlações -----			
NFM	<b>0,97</b>	0,17	<b>0,98</b>	-0,01
TSenF	<b>0,97</b>	0,01	<b>0,94</b>	0,05
CLF	<b>0,97</b>	0,08	<b>0,96</b>	0,00
CP	<b>0,96</b>	-0,06	<b>0,86</b>	-0,48
TAIP	<b>0,73</b>	0,63	<b>0,95</b>	0,01
NFV	0,50	<b>0,79</b>	<b>0,73</b>	0,60
TApF	0,00	<b>0,98</b>	0,01	<b>0,99</b>
TAIF	0,50	<b>0,83</b>	0,67	<b>0,71</b>
Filoc.	-0,05	<b>-0,98</b>	-0,03	<b>-0,99</b>
DVF	0,16	<b>-0,98</b>	0,26	<b>-0,94</b>
Proporção (%)	47,97	46,25	54,90	39,40
Acumulado (%)	-	94,22	-	94,30
Interpretação (processo)	Crescimento de massa de forragem	Desenvolvimento foliar	Crescimento de massa de forragem	Desenvolvimento foliar
ANOVA				
Dose (D)	**	**	**	**
Altura de Corte (A)	**	**	**	**
Interação D X A	**	**	ns	**

TApF = taxa de aparecimento foliar, Filoc. = Filocrono, TAIF = taxa de alongamento foliar, TAIP = taxa de alongamento do pseudocolmo, DVF = duração de vida da folha, TSenF = taxa de senescência foliar, NFV = número de folhas vivas, NFM = número de folhas mortas, CLF = comprimento da lâmina foliar e CP = comprimento do pseudocolmo; \*\* significativo ( $p < 0,01$ ); \* significativo ( $p < 0,05$ ).

**TABELA 4.** Teste de média de comparações múltiplas de Tukey dos processos de crescimento de massa de forragem e desenvolvimento foliar da *Urochloa brizantha* em função das estratégias de manejo por dose de nitrogênio aplicada (D) e altura de corte (A), na safra de 2015/16, em Jaboticabal, SP.

Estratégias	Período Seco		Período Chuvoso	
	Fator 1 Crescimento de massa de forragem	Fator 2 Desenvolvimento foliar	Fator 1 Crescimento de massa de forragem	Fator 2 Desenvolvimento foliar
	----- Média dos escores fatoriais-----			
D <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	-1,44 g	-0,53 f	-1,62	-0,44 fg
D <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	-1,12 gf	0,01 de	-1,29	0,07 e
D <sub>3</sub> A <sub>1</sub>	0,71 ef	0,72 c	-0,68	0,71 c
D <sub>4</sub> A <sub>1</sub>	-0,17 cd	1,33 b	-0,14	1,31 b
D <sub>5</sub> A <sub>1</sub>	-0,07 cd	1,75 a	0,16	1,67 a
D <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	-0,45 de	-1,48 h	-0,21	-1,51 i
D <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	0,12 c	-1,03 g	0,19	-1,17 h
D <sub>3</sub> A <sub>2</sub>	0,72 b	-0,70 fg	0,94	-0,69 g
D <sub>4</sub> A <sub>2</sub>	1,45 a	-0,35 ef	1,31	-0,32 f
D <sub>5</sub> A <sub>2</sub>	1,67 a	-0,28 d	1,35	0,38 ce
Dose	----- Média dos escores fatoriais-----			
D <sub>1</sub>	-0,95	-1,00	-0,92 e	-0,98
D <sub>2</sub>	-0,50	-0,50	-0,55 d	-0,55
D <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,13 c	0,01
D <sub>4</sub>	0,64	0,50	0,58 b	0,49
D <sub>5</sub>	0,80	1,00	0,75 a	1,03
Altura de corte	----- Média dos escores fatoriais-----			
A <sub>1</sub>	-0,70	0,65	-0,71 b	0,66
A <sub>2</sub>	0,70	-0,65	0,71 a	-0,66

\*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas dentro de cada período, não diferem teste de média de comparações múltiplas de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Segundo Rodrigues et al. (2012), pela análise de fatores em criar grupos funcionais com as características morfogênicas e estruturais em forrageiras tropicais, identificaram cinco fatores, o primeiro fator foi apresentado como desenvolvimento de massa atribuídas as variáveis de taxa de aparecimento de folhas, taxa de alongamento foliar, número de folhas vivas, taxa de aparecimento de perfilho basilar e taxa de aparecimento total de perfilhos, essas variáveis foram escolhidas por possuírem correlações (cargas fatoriais) elevadas. Os mesmos autores observaram no quarto fator como longevidade foliar, pelas variáveis duração de vida da folha e taxa de senescência foliar, semelhante a este estudo.

Segundo Grant et al. (1981), o surgimento foliar que é expresso pela TApF é determinada por dois fatores: o comprimento do cartucho da bainha que envolve o meristema terminal e a TAIF, que respectivamente, determinam a distância que a folha

tem que percorrer para emergir e o tempo com que ela percorre essa distância. Dessa forma, alterações em um desses dois fatores influenciam na TApF (Sales et al., 2014).

O efeito significativo e positivo da dose de nitrogênio sobre o crescimento de massa de forragem sob a altura de corte  $A_1$ , proporcionou maior incremento na TApF, ou seja, no desenvolvimento foliar (Tabela 3), pois provavelmente foi balanceado o comprimento do cartucho da bainha, que é representado pelo comprimento do pseudocolmo, entre altura de resíduo (15 cm) e a de altura de corte  $A_1$  (30 cm), o qual limita a TAlF, tanto no PC, quanto no PS. Alguns autores (Alexandrino et al., 2010; Duru & Ducrocq, 2000) não encontraram esse balanceamento, resultando-se no incremento do alongamento da bainha com o aumento do suprimento de nitrogênio, em vez de aumentar a TApF.

O aumento do comprimento da folha e das taxas de expansão e senescência foliar são diretamente proporcionais aos períodos de descanso, e ocorrendo o inverso quanto à taxa de aparecimento foliar observado por Costa et al. (2016), em seu estudo da morfogênese de *Urochloa brizantha* cv. Marandu sob diferentes períodos de descanso. Ao comparar o aumento do período de descanso com o aumento da altura de corte, resultam no mesmo estímulo de resposta observados citados anteriormente.

As maiores médias no processo do desenvolvimento foliar foram observadas nas estratégias de altura de corte  $A_1$  nas maiores doses de N, e as menores médias nas estratégias com altura de corte  $A_2$  na menor dose de N. A TApF é uma das variáveis chaves para o desenvolvimento foliar. Esses resultados corroboram Resende Júnior (2011) que observou, que ao aumentar a dose de N na menor altura, proporciona incrementos nas TApF. No entanto, à altura de corte  $A_2$  possui maior DVF, resultando-se em maior longevidade foliar. Tal fato é explicado devido o filoc. ser calculado pelo inverso da TApF e as estratégias de manejo com menor dose de nitrogênio na maior altura de corte demorou mais a atingir à altura proposta, resultando-se em maior DVF.

### 3.4 Conclusões

- As estratégias de manejo de fertirrigação e altura de corte para o períodos seco e chuvoso influenciaram dois processos correspondentes ao crescimento de massa da forragem (taxas de alongamento foliar, pseudocolmo e senescência foliar, comprimentos foliar e pseudocolmo, número de folhas mortas), denominado de Processo 1, e ao desenvolvimento foliar (taxa de aparecimento foliar, número de folhas vidas, filocrono e duração de vida foliar), denominado de processo 2.
- No Processo 1 foi observado que ao aumentar umas das variáveis envolvidas no crescimento de massa da forragem, aumentavam as demais.
- No Processo 2 foi observado que ao aumentar umas das variáveis, tais como aparecimento foliar e número de folhas vivas, diminuía-se o filocrono e duração de vida foliar, revelando-se que o desenvolvimento foliar é o oposto da longevidade foliar as demais.
- A estratégia D<sub>5</sub>A<sub>2</sub> proporcionou resposta superior às demais estratégias de manejo no processo de crescimento de massa de forragem tanto nos períodos seco quanto chuvoso;
- Para o desenvolvimento foliar a estratégia D<sub>5</sub>A<sub>1</sub> proporcionou resposta superior às demais estratégias tanto nos períodos seco quanto chuvoso;

### 3.5 Referências

- Alexandrino E, Vaz RGMV, Santos AC (2010) Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de N. **Bioscience Journal**, 26(6):886-893.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56**. FAO, Rome 300(9): D05109.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, De Moraes G, Leonardo J, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. **MeteorologischeZeitschrift**, 22(6): 711-728.
- Bastos RKX (2003) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, p 23 - 59 (Projeto PROSAB).
- Cezário AS, Ribeiro KG, Santos AS, De Campos Valadares Filho S, Pereira OG (2015) Silages of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu harvested at two regrowth ages: Microbial inoculant responses in silage fermentation, ruminant digestion and beef cattle performance. **Animal Feed Science and Technology**, 208:33-43.
- Costa NL, Jank L, Magalães JÁ, Fogaça FHS, Rodrigues NA, Santos FJS (2017) Acúmulo de forragem e morfogênese de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça sob níveis de fósforo. **PUBVET**, 11(11)1074-1187.
- Cooper JP, Tainton NM (1968) Light and temperature requirements for growth of tropical and temperate grasses. **Review article. Herbage Abstracts**, 38:167-176.
- Costa, N. L, Townsend, C. R., dos Santos Fogaça, F. H., Magalhães, J. A., de Seixas Santos, F. J., Rodrigues, B. H. N. (2016). Rendimento de forragem e morfogênese de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes períodos de descanso. **PUBVET**, 10(4)271-355.
- Duru M, Ducrocq H (2000) Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, 85(5):645-653.
- Fagundes, J. L. et al. (2006) Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35(1):21-29.
- Fonseca AF (2005) **Viabilidade agrônomo-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Galindo, F. S., Buzetti, S., Teixeira Filho, M. C. M., Dupas, E., Ludkiewicz, M. G. Z. (2017) Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guinegrass (*Panicum maximum* cv. mombasa) at dry and rainy seasons. **Australian Journal of Crop Science**, 11(12):1657-1664.
- Grant AS, Barthram GT, Torvel L (1981) Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. **Grass and Forage Science**, 36:155-168.
- Kaiser HF (1958) The Varimax Criterion for Analytic Rotation in Factor Analysis. **Psychometrika**, 23:187-200.

Labate CA, Adcock MD, Leegood RC (1990) Effects of temperature on the regulation of photosynthetic carbon assimilation in leaves of maize and barley. **Planta**, 181(4):547-554.

Lauer DA (1983) Line-source sprinkler systems for experimentation with sprinkler-applied nitrogen fertilizers. **Soil Science Society of America Journal**, 47(1):124-128.

Macedo MCM, Zimmer AH, KichelAN, de AlmeidaRG, de Araújo AR (2014) Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: Embrapa Gado de Corte-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA-TEC-FÉRTIL, 1. 2014, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, p. 158-181.

Marchetti, A.P. S. M. E., Dupas, E., Ensinas, S. C., Lourente, E. R. P., da Silva, E. F., Almeida, R. G., Carducci, C. E., Alovisei, A. M. T. (2018). Best Management Practices (BMPs) for Nitrogen Fertilizer in Forage Grasses. **New Perspectives in Forage Crops**, Chapter 7, 131-148.

Martuscello JA, Fonseca DMD, Nascimento Júnior DD, Santos PMEPS, Ribeiro Junior JI, Cunha DDNFV, Moreira LDM (2005) Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34(5):1475-1482.

Medica JA, Reis NS, Santos MER (2017) Caracterização morfológica em pastos de capim-marandu submetidos a frequências de desfolhação e níveis de adubação. **Ciência Animal Brasileira**, 18(1)25–29.

MOCHEL FILHO, W. de J.E. (2009) **Fluxo de biomassa, produção de forragem e composição químico-bromatológica do capim-Mombaça sob adubação e irrigação**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza.

Moyo, L. G., Vushe, A., January, M. A., & Mashauri, D. A. (2015). Evaluation of suitability of Windhoek's wastewater effluent for re-use in vegetable irrigation: a case study of Gammams effluent. **WIT Trans Ecol Environ**, 199:109-120.

Resende Junior AJ (2011) **Morfogênese, acúmulo de forragem e teores de nutrientes de *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetido a diferentes severidades de desfolhação e fertilidades contrastantes**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Rodrigues CS, et al. (2012) Grupos funcionais de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 41(6)1385-1393.

Sales, ECJ et al. (2014) Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e alturas de resíduos. **Semina: Ciências Agrárias**, 2673-2684.

Santos GO, de Faria RT, Rodriguês GA, Dantas GF, Dalri AB, Palaretti LF (2017) Forage yield and quality of marandugrass fertigated with treated sewage wastewater and mineral fertilizer. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 39(4):515-523.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA de, Cunha TJF, Oliveira JB de (2013) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (3 ed), 353p.

Santos MER, Da Fonseca DM, Braz TGS, Da Silva SP, Gomes VM, Silva GP (2011) Características morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim-braquiária em locais do pasto com alturas variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40(3):535-542.

Santos MR, Fonseca DM, Gomes VM, Silva SP, Silva GP, Castro MRS (2012) Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos de capim-braquiária. **Ciência Animal Brasileira**, 13(1):49-56.

Silva VJ, Pedreira CG, Sollenberger LE, Carvalho MS, Tonato F, Basto DC (2015) Growth Analysis of Irrigated 'Tifton 85' and Jiggs Bermuda grasses as Affected by Harvest Management. **Crop Science**, 55:2886-2886.

Silva, A. L., Torres, F. E., Garcia, L. L., Mattos, E. M., & Teodoro, P. E. (2014) Tratamentos para quebra de dormência em *Brachiaria brizantha*. **Revista de Ciências Agrárias**, 37(1)37-41.

STATSOFT (2004) Inc. **STATISTICA** (data analysis software system), version 7.

Vilela L, Soares WV, Sousa DMG, Macedo MCM (1998) **Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado**, Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, (Embrapa Cerrados, Circular Técnica, 37).

## CAPÍTULO 4 – Considerações finais

Esse estudo contribui na geração de conhecimentos para utilização de água residuária em áreas tropicais agricultáveis com os seguintes aspectos:

- Confirmou que a fertirrigação com EETE é altamente promissora no cultivo de pastagens, resultado em incremento significativo da produtividade e do valor nutritivo;
- Quantificou valores de produtividade, valor nutritivo e características morfológicas e estruturais da *Urochloa brizantha* em função da aplicação do EETE;
- Definiu a estratégia de manejo por altura de corte que proporciona maior quantidade de massa produzida ou em valor nutricional ao longo do ano;
- Possibilitou constatar que a *Urochloa brizantha* responde satisfatoriamente à altas doses de nitrogênio aplicadas, não se atingindo a máxima produtividade de forragem com a aplicação de até 786 kg de ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, o que indica que aplicações de doses maiores incrementaria a sua produtividade, desde que o ciclo transcorra sob climáticas condições favoráveis ao crescimento da forrageira.
- Demonstrou que a utilização do EETE é sustentável e promissora no aspecto ambiental, econômico e social, uma vez que o uso do efluente na agricultura diminui a disputa pelo uso da água entre a agricultura e a sociedade, além de diminuir os impactos ambientais e possíveis contaminações pelo EETE ao ser despejado nos corpos d'água. Uma das principais motivação em sua utilização está na economia de fertilizantes e por ser uma fonte hídrica sustentável.
- Forneceu dados que podem ser utilizados como base para elaboração de uma legislação específica do uso de EETE no Brasil.
- Pode ser aplicado em outras regiões tropicais sob condições climáticas semelhantes para explorar pastagens fertirrigadas com EETE.