



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



RAFAEL BARCELOS MENDONÇA

**APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA PELOS MÉTODOS DE  
ASPERSÃO E GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NA GRAMA  
ESMERALDA**

BOTUCATU – SP

2017



RAFAEL BARCELOS MENDONÇA

**APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA PELOS MÉTODOS DE  
ASPERSÃO E GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NA GRAMA  
ESMERALDA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem)

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas  
Co-orientador: Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy

BOTUCATU – SP

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Mendonça, Rafael Barcelos.

Aplicação de água residuária doméstica pelos métodos de  
aspersão e gotejamento subsuperficial na grama esmeralda /  
Rafael Barcelos Mendonça. - Botucatu, 2017

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônomicas  
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas  
Coorientador: Leandro José Grava de Godoy  
Capes: 50302019

1. Gramínea ornamental - Comercialização. 2. Manejo da  
irrigação. 3. Irrigação por gotejamento. 4. Rega por  
aspersão. 5. Águas residuais de irrigação. 6. Água - Reuso.

Palavras-chave: Gramado ornamental; Irrigação automatizada;  
Manejo de irrigação; Métodos de irrigação; Reuso de água.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA PELOS  
MÉTODOS DE ASPERSÃO E GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL  
NA GRAMA EMERALDA

**AUTOR: RAFAEL BARCELOS MENDONÇA**

**ORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS**

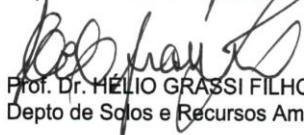
**COORIENTADOR: LEANDRO JOSE GRAVA DE GODOY**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA  
(IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO

Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof. Dr. LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES

Depto de Agronomia, Floricultura e Paisagismo / FIB - Faculdades Integradas de Bauru

Botucatu, 25 de agosto de 2017



Ao meu avô Donaldo Barcelos (*in memoriam*) ao qual me inspiro, e à minha família por incentivar meus estudos.

**DEDICO e OFEREÇO**





## **AGRADECIMENTOS**

À Deus e à Nossa Senhora Aparecida, por guiarem meus caminhos;

À minha amada família, por serem minha base e por todo apoio durante essa jornada;

Ao professor Roberto Lyra Villas Bôas por ter confiado em mim mesmo não me conhecendo antes, pela oportunidade, amizade, aprendizados, broncas e orientação;

Ao professor Leandro José Grava de Godoy pela co-orientação, tempo, paciência, ensinamentos e amizade durante esse período;

Ao professor Luiz Vitor Crepaldi Sanches pela ajuda e ensinamentos durante o experimento;

Ao professor Helio Grassi Filho pelo companheirismo, amizade e ensinamentos durante esse período;

À República Acasalar onde tive a oportunidade de conhecer, conviver e aprender com as melhores pessoas, à qual hoje posso chamar de irmãos;

À minha namorada Júlia de Araújo Marcacini pelo apoio, ajuda e paciência;

Aos meus amigos Wanderbeth Belchior de Carvalho e Christina Vargas Miranda Carvalho pela amizade, companheirismo e ajuda;

Aos meus amigos de Araxá (turma do manezinho) por todo apoio e incentivo;

Aos meus companheiros de pós-graduação pela ajuda na execução do experimento, pela parceria, amizade, aprendizado e crescimento profissional, em especial ao Renan Lima, Tatiane Bortoletto Gomes da Silva, Victor Araújo, Flávia Mota e Thiara Silvestre.

Aos integrantes do grupo UNESPGRASS, pela ajuda e comprometimento durante o experimento;

Aos funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, pela amizade, ajuda e apoio fornecido, em especial ao Jair, Noel, Felipe, José Carlos, Adriana, Adilson, Silvia e Antônio;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de estudos concedida;

À empresa Rain Bird® por ter fornecido todo equipamento para a irrigação, e aos gerentes da mesma José Giacoia Neto e Marcelo Zlochevsky pelo apoio, ajuda e ensinamentos;

À empresa SS Gramas e Paisagismo pela grama fornecida para a execução do experimento;

Aos funcionários da FEPE pela ajuda;

A todos que eu possa ter esquecido, que contribuíram direta e indiretamente para a realização desse experimento.

## RESUMO

A *Zoysia japonica* Steud, conhecida com grama esmeralda, é uma das principais gramas comercializadas no Brasil. Essa espécie apresenta boa capacidade de resistência à pisoteio sendo a espécie de grama da maioria dos gramados residenciais brasileiros. A utilização da irrigação para manutenção de gramados é um dos muitos gargalos no uso de água nas cidades. Uma opção para o suprimento de água e nutrientes da grama esmeralda é a utilização da água residuária doméstica, que é rica em nutrientes. Objetivou-se com esse trabalho estudar a lâmina mínima de água que preserve a qualidade visual do gramado, aplicada através dos métodos de irrigação por aspersão e gotejamento subsuperficial. O trabalho foi realizado no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – Unesp (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”). O gramado foi estudado nos períodos do inverno e da primavera, com início em junho de 2016 e finalização em dezembro de 2016. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados composto por 8 tratamentos e o controle, dispostos em parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em dois métodos de irrigação (aspersão e gotejamento subsuperficial – parcelas) e quatro lâminas de água residuária doméstica (50%, 100%, 150% e 200% da evapotranspiração média diária – subparcela) e o controle com água tratada fornecida pela Companhia de Saneamento – Sabesp de Botucatu/SP, repondo 100% da evapotranspiração média diária. Foram estudadas as seguintes características: concentração dos nutrientes no solo, massa seca das aparas, quantidade de nutrientes nas aparas, intensidade de cor verde, altura do gramado, tração do gramado, sistema radicular, e taxa de cobertura verde do gramado. Os resultados indicaram que através da aplicação de água residuária doméstica houve um aumento da massa de grama produzida, coloração verde, massa seca, altura e taxa de cobertura do gramado, para ambos os sistemas de irrigação, em vantagem o sistema de gotejamento por não conter contaminação excessiva no tecido vegetal por *Escherichia coli*.

**Palavras-chave:** Reuso de água. Manejo de irrigação. Irrigação automatizada. Métodos de irrigação. Gramado ornamental.



## ABSTRACT

The *Zoysia japonica* Steud, known as the emerald grass, is one of the most traded grass in Brazil. This specie show good capacity of trampling resistance being the grass specie from the major Brazilian residential lawns. The irrigation use for lawn maintenance is one of the many neck for water use in the cities. One option for water and nutrients supply of emerald grass is the use of domestic waste water, which is rich in nitrogen. This work aimed to study the minimum water line that preserves the lawn visual quality, applied through sprinkling and subsuperficial dribbling irrigation methods. The work was done at the Soil and Environmental resources department of the Agronomic Science College – UNESP (Sao Paulo state university “Júlio de Mesquita Filho”). The lawn was studied in winter and spring periods, initiating in june/2016 and ending in December/2016. The trail delineation adopted was randomized blocks composed by eight treatments and a control, disposed in subdivided parcels and four repetitions. The treatments consisted in two irrigation methods (sprinkling and subsuperficial dribbling – parcels) and four domestic waste water lines (50%, 100%, 150% and 200% of the daily mean evapotranspiration – subparcel) and the control with treated water supplied by the sanitation company – SABESP of Botucatu – SP, replacing 100% of the daily mean evapotranspiração. It was studied the following characteristics: soil nutrient concentration, shavings dry matter mass, shaving nutrient quantity, green color intensity, lawn height, lawn traction, radicular system, lawn green coverage rate. The results indicate that trough the domestic waste water application, there was an increase in produced lawn mass, green coloration, dry mass, lawn coverage height and rate for both the irrigation systems, leveraging the dribbling system. In dribbling irrigation method there was no excessive contamination in vegetal tissue by *Escherichia coli*.

**Keywords:** Water reuse. Irrigation management. Automated irrigation. Irrigation methods. Ornamental lawn.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Enxada rotativa (A), nivelamento do terreno (B) .....	31
Figura 2 - Delimitação da área (A), marcação e abertura das valetas (B).....	32
Figura 3 - Sistema de irrigação por aspersão montado para uma subparcela .....	33
Figura 4 - Sistema fechado de irrigação subsuperficial montado para uma subparcela .....	34
Figura 5 - Instalação de cinco das dez válvulas solenoides .....	34
Figura 6 - Controladores (A) e sensores de chuva (B) .....	35
Figura 7 - Conjunto moto-bomba com filtro e manômetro .....	35
Figura 8 - Instalação do sistema de aspersão (A), instalação do sistema de gotejamento subsuperficial (B) e instalação das válvulas solenóide (C). .....	36
Figura 9 - Aplicação do calcário (A) e aplicação do formulado (B).....	37
Figura 10 - Plantio dos tapetes de grama esmeralda na área experimental .....	37
Figura 11 - Aplicação do rolo sobre o gramado (A) e pulverização de controle (B) ..	39
Figura 12 - Ponto de captação do efluente (A) e despejo nos reservatórios (B) .....	39
Figura 13 - Reservatórios interligados.....	40
Figura 14 - Croqui da área experimental mostrando as parcelas “P” e tratamentos “T” .....	41
Figura 15 – Croqui do projeto de instalação da irrigação .....	42
Figura 16 - Máquina "GreenMaster 1000" cortando a grama da subparcela (A), coleta de aparas do gramado (B).....	43
Figura 17 - Trado utilizado (A), amostra retirada (B), amostra sendo lavada na peneira (C) e amostra lavada (D) .....	44
Figura 18 - Medida do comprimento da raiz utilizando uma régua.....	45
Figura 19 - Aparelho portátil CM-1000 (A) e leitura sendo realizada com o aparelho (B) .....	46
Figura 20 - Instrumento utilizado para medir a altura do gramado Grass Height Prism Gauge, antes do corte (A) e após o corte (B).....	47
Figura 21 - Aparelho “Rotational Resistance Tester” (A), realizando a avaliação (B), travas na parte inferior do equipamento (C) e marca deixada no gramado após a avaliação (D) .....	48

Figura 22 - Caixa lighth box (A), lâmpadas dentro da lighth box (B), foto tirada através da lighth box no início do experimento (C) e foto tirada pela lighth box no final do experimento (D) .....	49
Figura 23 - Lona dividindo os sistemas de irrigação (A), saco plástico com 10 g de tecido e 90 ml da solução (B), aparelho “Stomacher® 400 Circulator” com uma amostra dentro (C) e a cartela colilert (D) .....	50
Figura 24 - Imagem de como são fornecidos os dados através do site da estação meteorológica .....	52
Figura 25 - Dados diários da evapotranspiração durante todo o período do experimento .....	53
Figura 26 - Dados diários da precipitação durante todo o período do experimento..	53
Figura 27 - Dados conjuntos de precipitação e evapotranspiração durante o período do experimento .....	54
Figura 28 - Dados diários da temperatura mínima, média e máxima .....	54
Figura 29 - Dados diários da radiação solar global.....	54
Figura 30 - Dados diários da umidade relativa do ar mínima, média e máxima .....	55
Figura 31. Foto aérea do experimento com legenda dos tratamentos.....	60
Figura 32 - Avaliação de coliforme fecal ( <i>Escherichia coli</i> ) no tecido vegetal do gramado.....	71



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química inicial do solo presente nos blocos da área experimental .....	31
Tabela 2 - Análise física do solo presente na área experimental .....	31
Tabela 3 - Lâmina de água aplicada para cada tratamento, sendo “A” aspersão, “G” gotejamento subsuperficial e “TE” testemunha .....	41
Tabela 4 - Média mensal das análises da água residuária doméstica .....	51
Tabela 5 - Valores das análises da água tratada no início e final do experimento ....	51
Tabela 6. Análise de variância dos resultados da altura do gramado em função dos tratamentos .....	56
Tabela 7 - Médias da altura do gramado em função dos tratamentos .....	57
Tabela 8 - Análise de regressão da altura do gramado nas datas avaliadas em função das lâminas aplicadas .....	58
Tabela 9 - Análise de variância dos resultados do índice de cor verde em função dos tratamentos .....	59
Tabela 10 - Médias do índice de cor verde em função dos tratamentos .....	59
Tabela 11 - Análise de regressão da intensidade de cor verde do gramado nas datas avaliadas em função das lâminas aplicadas .....	61
Tabela 12 - Análise de variância dos resultados da fitomassa seca das aparas em função dos tratamentos .....	62
Tabela 13 - Média da fitomassa seca das aparas em função dos tratamentos.....	62
Tabela 14 - Análise de regressão da fitomassa seca das aparas nas datas avaliadas em função das lâminas aplicadas .....	63
Tabela 15 - Análise de variância dos resultados da taxa de cobertura verde em função dos tratamentos .....	64
Tabela 16 - Médias da taxa de cobertura verde em função dos tratamentos.....	64
Tabela 17 - Análise de regressão da taxa de cobertura verde nas datas avaliadas em função das lâminas aplicadas .....	65
Tabela 18 - Análise de variância do comprimento da raiz mais longa em função dos tratamentos .....	66
Tabela 19 - Médias do comprimento da raiz mais longa em função dos tratamentos .....	66

Tabela 20 - Análise de regressão do comprimento da raiz mais longa ao final do experimento em função das lâminas aplicadas .....	66
Tabela 21 - Análise de variância da massa seca da raiz em função dos tratamentos .....	67
Tabela 22 - Média da massa seca da raiz em função dos tratamentos .....	67
Tabela 23 - Análise de regressão da matéria seca da raiz ao final do experimento em função das lâminas aplicadas .....	68
Tabela 24 - Análise de variância da tração superficial no gramado em função dos tratamentos .....	68
Tabela 25 - Média tração superficial no gramado em função dos tratamentos .....	69
Tabela 26 - Análise de regressão da tração superficial no gramado ao final do experimento em função das lâminas aplicadas .....	69
Tabela 27 - Análise de variância dos macronutrientes no tecido vegetal em duas coletas em função dos tratamentos .....	72
Tabela 28 - Análise de variância dos micronutrientes no tecido vegetal em duas coletas em função dos tratamentos .....	72
Tabela 29 - Média dos macronutrientes do tecido vegetal em duas coletas em função dos tratamentos .....	73
Tabela 30 - Média dos micronutrientes do tecido vegetal em função dos tratamentos .....	74
Tabela 31 - Análise de regressão dos macronutrientes no tecido vegetal ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas .....	75
Tabela 32 - Análise de regressão dos micronutrientes no tecido vegetal ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas .....	76
Tabela 33 - Análise de variância da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos .....	77
Tabela 34 - Análise de variância da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos .....	77
Tabela 35 - Análise de variância da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos .....	77
Tabela 36 - Média dos nutrientes da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos .....	78
Tabela 37 - Média dos nutrientes da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos .....	78

Tabela 38 - Média dos micronutrientes da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos .....	78
Tabela 39 - Análise de regressão da análise química do solo ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas .....	79
Tabela 40 - Análise de regressão da análise química do solo ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas .....	80
Tabela 41 - Análise de regressão da análise química do solo ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas .....	81
Tabela 42. Quantidade de água residuária doméstica, água de poço e nitrogênio nelas contido, aplicadas durante o ciclo do experimento. ....	82



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	25
2.1	Gramados ornamentais.....	25
2.2	Irrigação para gramados ornamentais .....	26
2.3	Irrigação com água residuária doméstica .....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.1	Localização e caracterização climática da área experimental .....	30
3.2	Caracterização do solo .....	30
3.3	Preparo da área experimental.....	31
3.4	Caracterização da espécie de grama.....	40
3.5	Delineamento experimental e tratamentos.....	40
3.6	Avaliações.....	42
3.6.1	Quantificação da massa seca de aparas .....	42
3.6.2	Concentração de nutrientes na folha .....	43
3.6.3	Características química do solo para fins de fertilidade.....	43
3.6.4	Quantificação de raízes .....	44
3.6.5	Avaliações de desenvolvimento do gramado.....	45
3.6.6	Avaliação de Coliformes no tecido vegetal .....	49
3.7	Análises da água.....	51
3.8	Dados meteorológicos .....	52
4	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS .....	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
5.1	Altura do gramado.....	55
5.2	Intensidade de cor verde.....	58
5.3	Fitomassa seca das aparas .....	61
5.4	Taxa de cobertura verde .....	63

5.5 Comprimento da raiz mais longa .....	65
5.6 Massa seca da raiz.....	67
5.7 Tração superficial do gramado .....	68
5.8 Coliforme fecal ( <i>Escherichia coli</i> ) .....	69
5.9 Análise foliar .....	71
5.10 Análise química do solo.....	76
6 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS .....	85

## 1 INTRODUÇÃO

A água, apesar de ser um recurso encontrado em abundância no território brasileiro, não é bem distribuída, apresentando comprometimento da sua quantidade e qualidade. E tem grande importância por ser um recurso natural essencial à vida, ao bem-estar social e ao desenvolvimento econômico (MEDEIROS et al., 2005).

O uso inadequado e o desperdício de água podem gerar a degradação e até mesmo o esgotamento desse recurso natural. Sendo assim, é imprescindível estudar a verdadeira necessidade hídrica das plantas (ALBUQUERQUE, 2001). A irrigação de maneira racional reflete direto na melhoria da produtividade da água.

Gramados ornamentais necessitam do recurso da irrigação a fim de acelerar sua implantação e garantir a manutenção de sua qualidade. São fundamentais em área de lazer, e dessa forma, para o planejamento paisagístico, os gramados assumem papel de destaque representando até 80% da área (GEROLINETO, 2008).

Dentre as dezenas de espécies e cultivares de gramas, a esmeralda (*Zoysia japonica* Steud) é o exemplar mais comercializado e recomendado para áreas residenciais no Brasil, entretanto, para manter a qualidade do gramado, é necessário o uso da irrigação.

Mesmo em regiões de clima úmido, a irrigação periódica, para a manutenção e a sobrevivência nos períodos de estiagem, é necessária. A utilização da irrigação em gramados é um dos muitos gargalos no uso da água no meio urbano (GEROLINETO, 2008). Sendo assim, é preciso que a utilização da água para irrigação dos gramados seja feita de maneira racional.

Pensando nisso, é essencial que se realize estudos para a indicação de uma lâmina de irrigação que reduza o consumo hídrico e elétrico e, concomitantemente, os custos com estes consumos sem haver diminuição da qualidade do gramado (SILVA et. al., 2010).

Segundo Giacóia Neto (2003) um sistema de irrigação que economiza água é aquele computadorizado com válvulas solenoides, aspersores escamoteáveis e sensores de chuva, permitindo melhor uniformidade na irrigação, com quantidades pré-programadas.

Outra forma de diminuir o consumo de água em sistema de irrigação é empregando a irrigação localizada. No entanto, as mangueiras sobre a superfície do solo geram problemas estéticos e mecânicos, o que inviabiliza o seu uso para

gramados. Uma alternativa seria, na implantação do gramado, utilizar tubos gotejadores apropriados para uso enterrado, aplicando água e nutrientes diretamente na zona radicular, reduzindo perdas por evaporação e evitando danos mecânicos.

Atualmente no Brasil, o manejo e projetos de irrigação para gramados são feitos de maneira subjetiva, baseando-se nas experiências dos profissionais (erros e acertos). Portanto, é fundamental gerar informações técnicas com respaldo científico para as recomendações para uso da água de reuso e métodos de irrigação para gramados.

O reuso de águas residuárias domésticas vem sendo praticado na agricultura e tem sido considerado uma excelente medida de minimização do problema de escassez hídrica, principalmente nas áreas que circundam às cidades. A utilização de esgotos na agricultura tem crescido nas últimas décadas uma vez que é uma fonte natural de nutrientes atestando boa produtividade das culturas irrigadas (SOUSA et. al., 2006).

Van der Hoek et al., (2002) afirma que a conservação e disponibilidade da água, a possibilidade do aporte e da reciclagem de nutrientes (reduzindo a aplicação de fertilizantes químicos), a disponibilidade do recurso e a preservação do meio ambiente são os maiores benefícios da utilização da água residuária.

A água residuária doméstica, por apresentar níveis consideráveis de nitrogênio é uma opção de irrigação para gramados, pois garante a manutenção da sua coloração verde e a qualidade.

Objetivou-se com este trabalho avaliar aplicações de lâminas de água residuária doméstica por meio de dois métodos de irrigação para o desenvolvimento de grama esmeralda, como alternativa para a utilização ambientalmente correta da água residuária doméstica.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Gramados ornamentais

Um gramado bem manejado gera uma valorização das áreas externas por gerar um excelente impacto visual no paisagismo ajudando no realce da exuberância das plantas ornamentais e dos diferentes elementos que compõem um jardim.

Dentre várias espécies e cultivares de gramas, no Brasil as mais utilizadas são: grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.), grama São Carlos (*Axonopus compressus*), grama Batatais (*Paspalum notatum* Fluggé) grama Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*), e grama Bermudas (*Cynodon dactylon*). (ARRUDA e HENRIQUES, 1995 citado por GEROLINETO, 2008).

Segundo Andrade (2016), para se obter um gramado de qualidade é de suma importância a escolha da espécie correta de grama de acordo com a utilização que será dada a esse gramado e ao clima. As gramas de climas quentes são as que melhor se adaptam ao clima do Brasil. Não possuem capacidade de entrar em dormência no período de inverno, mas algumas variedades toleram baixas temperaturas e outras até geadas. E gramas de clima frio utilizadas no Brasil em situações específicas, normalmente é semeada sobre outra espécie de grama e utilizada mais na região Sul do país (GURGEL, 2003).

No mercado há diferentes tipos de grama, embora todos possam promover excelentes gramados verdes, a escolha deve ir além da análise dos efeitos estéticos, levando em conta características do local, luminosidade, umidade, tipo de solo, manutenção e nível de pisoteio.

Uma das principais gramas comercializadas no Brasil é a grama Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.), originária do Japão, veio para o Brasil na década de 1980. Também conhecida como Zoysia silvestre, grama Zoysia ou apenas Zoysia. Pertence à família das Gramíneas (*Gramineae*), sendo uma gramínea herbácea rizomatosa, reptante, perene e muito ramificada. Essa espécie de grama tem a folha fina e estreita, de cor verde esmeralda e possui o crescimento lento quando comparada com outras cultivares (SANTOS JUNIOR, 2011). Graças a sua grande densidade forma um tapete muito uniforme e ornamental. Esse tipo é bem resistente a pisoteio, e por esse motivo, são frequentemente empregadas em clubes, jardins,

residências, indústrias, parques e playground. Além disso, adapta-se bem a áreas ensolaradas e semi-sombreadas, possui tolerância ao frio, resistência à seca e baixo custo de manutenção. (GEROLINETO, 2008).

Gurgel (2003), afirma que esse tipo de grama se adaptou bem às condições climáticas brasileiras. A sua capacidade de resistência ao pisoteio, durante muitos anos, permitiu que essa fosse a espécie mais utilizada nos principais campos de futebol do país. Sua produção apesar de concentrada no estado de São Paulo, está distribuída por vários estados como PR, RJ, ES, MG, GO, DF, BA, MS e RN.

Devido ao seu farto sistema radicular e rizomas é uma grama bastante usada em contenção de taludes e em áreas com problemas de erosão. Se adapta à diferentes tipos de solos, desde arenosos, à argilosos, exceto solos com baixa capacidade de drenagem. Possui um ótimo desenvolvimento em áreas de plena insolação, e sua altura de corte ideal é de 1,25 a 3 cm (GURGEL, 2003).

## **2.2 Irrigação para gramados ornamentais**

Uma boa safra ou a manutenção da beleza ornamental de qualquer projeto de paisagismo só é possível com a aplicação de água por meio do uso de um sistema de irrigação adequado para suprir o déficit hídrico.

A irrigação para áreas paisagísticas já faz parte da cultura europeia e norte americana há mais de quarenta anos. No Brasil o mercado de Irrigação para paisagismo iniciou-se no ano de 1990, quando o governo brasileiro liberou as importações, e surgiram as primeiras empresas de irrigação para paisagismo. O crescimento deste seguimento é nítido nas últimas décadas e tem se espalhado por todo o país (GIACOIA NETO, 2003).

Os métodos mais utilizados para irrigação são: inundação, sulcos, aspersão e localizada, porém nas áreas de gramados predomina a aspersão.

No sistema de aspersão os aspersores são os elementos responsáveis pela emissão de água, podendo ser escamoteáveis do tipo sprays, de impacto, rotores entre outros. Eles devem ser distribuídos de modo a proporcionar uma sobreposição no mínimo de 100% do jato d'água para garantir uma boa aplicação da lâmina sobre o gramado. Esse sistema de irrigação tem algumas vantagens sobre sua instalação, pois não ferem a estética, permite trânsito livre sobre o gramado e a poda manual ou

mecanizada. Como limitação do sistema destaca-se as perdas significativas por escoamento superficial, deriva e evaporação (GIACOIA NETO, 2003).

A definição do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial é um sistema de irrigação que utiliza o próprio solo para o espalhamento e infiltração da água, dessa forma, os emissores localizam-se dentro do perfil do solo na profundidade efetiva do sistema radicular das plantas (KELLER e BLIESNER, 1990).

No sistema subsuperficial aplica-se água diretamente na zona radicular, evitando assim problemas com o excesso de pulverização da gota, escoamento superficial, deriva e exposição humana (LEINAUER e DEVITT, 2013).

Gornat e Nogueira (2003), afirmam que a busca por esse sistema vem crescendo devido ao aumento de produção e eficiência do uso da água e nutrientes. Apresenta vantagens como: utilização para diferentes culturas, redução da água requerida, melhor aproveitamento da água e nutrientes, redução da evaporação e de plantas daninhas, menor interferência em tratos culturais, redução de danos mecânicos, eliminação de escoamento superficial e menor incidência de doenças. Além disso, não há emissores acima do solo que podem ser danificados no momento do corte ou vandalismo. As desvantagens de se usar Irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) para áreas de grama incluem os elevados custos de instalação, interferências e dificuldades com as práticas de manutenção, e soluções de problemas no sistema, além do obstáculo que é o entupimento dos emissores pelas raízes, devido o vasto sistema radicular das gramas estarem concentrados em subsuperfície (SCHIAVON et al., 2013).

Segundo Sevostianova (2014), a adequação de IGS para gramado foi demonstrado pela primeira vez por Snyder em 1974, mas a tecnologia nunca ganhou aceitação significativa de mercado e as áreas irrigadas subsuperficiais ainda inclui apenas uma pequena fração da paisagem total irrigada. Ressalta ainda que esse tipo de irrigação recentemente começou a receber maior atenção no contexto de conservação da água e fabricação de equipamentos contra intrusão de raízes.

### 2.3 Irrigação com água residuária doméstica

A agricultura irrigada é a atividade humana de maior demanda por água. Em termos mundiais, estima-se ser utilizado cerca de 80% são para fins agrícolas, no Brasil esse valor supera os 65%. Apesar da irrigação ser praticada há milênios, a qualidade da água apenas se apresentou relevante depois do início do século XX (SANTOS, 2004).

Santos (2004) relata que os sistemas de tratamento de esgoto geram dois resíduos, sendo eles o lodo de esgoto e o efluente de esgoto tratado. Esses efluentes geralmente são lançados aos cursos d'água ocasionando a poluição do meio ambiente. Uma alternativa sustentável de aproveitamento desses resíduos é o uso na agricultura, pois contribui com a preservação da água doce, além da economia de nutrientes, que muitas vezes está presente neste tipo de água.

A reutilização, reuso de água ou uso de águas residuária, há muito tempo, tem sido praticado pelo mundo, com informes da prática na Grécia Antiga (CUNHA, 2011). É um termo utilizado para as águas que após a utilização humana, apresentam suas características naturais modificadas devido às instalações residenciais, ao metabolismo humano e às atividades domésticas.

Nos países como Austrália, Israel, Estados Unidos, México e Peru o uso de esgotos sanitários em irrigação, sendo eles, tratados ou não, é uma prática antiga. No Brasil, a utilização dessa água é pequena e registra apenas alguns exemplos de uso de efluentes sanitários na irrigação de forma espontânea e não controlada (HUSSAR, 2005).

Bastos, (2003) comenta sobre a utilização controlada de esgotos sanitários e apresenta diversas vantagens, tais como: diminuição do lançamento de esgoto em cursos d'água, prevenindo sua contaminação, poluição e eutrofização.

Outro benefício da utilização da água tratada para a irrigação é que, alguns casos, pode-se eliminar a necessidade de um tratamento terciário (ANGELAKIS et al., 1999).

O efluente tratado produzido em áreas urbanas apresenta um custo do transporte para áreas agrícolas, principalmente quando se considera grande centros urbanos, o que pode gerar elevado custo energético de bombeamento. Segundo Ruskin, 1992 citado por Sevostianova, 2014 este fato justifica o uso desta água para irrigação de áreas de grama urbana em locais próximos e paisagismo.

O efluente bruto geralmente contém quantidades significativas de muitos nutrientes essenciais as plantas, especialmente o nitrogênio e o fósforo e, portanto, a sua utilização para irrigar o gramado poderia reduzir a necessidade e dependência de fertilizantes comerciais (DAY et al., 1979). Este aspecto é destacado para gramados, uma vez que o nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pela grama (CARROW et al., 2001). O efeito mais conhecido sobre a aplicação do nitrogênio é o crescimento da parte aérea e a intensidade de cor verde das folhas. Bowman et al., (2002) complementa afirmando que o nitrogênio promove o vigor, qualidade visual e a recuperação de danos no gramado.

A necessidade dos gramados em relação ao nitrogênio tem que ser adequadamente definido para que se evite excesso desse nutriente, o que proporciona folhas verde escura, aumenta a suscetibilidade ao ataque de patógenos, e doenças como a rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*) em Zoysias. O excesso também ocasiona um desequilíbrio entre estolões, raízes e parte aérea devido ao maior crescimento da mesma (JONES JÚNIOR et al., 1991; GODOY et al., 2012; SILVA, 2016).

Além dos efeitos negativos para a planta, água de efluentes, contendo quantidades excessivas de nitrogênio e outros elementos podem representar uma ameaça de contaminação para as águas subterrâneas. Além disso, certos parâmetros de qualidade da água são alterados na água de reuso, tais como nível salino, teor de sódio e pH (SEVOSTIANOVA, 2014). Estas características têm de ser avaliados para evitar efeitos prejudiciais para o solo, para água subterrânea e para a planta.

O sódio é um elemento presente na água de reuso, proveniente, principalmente, como componente dos detergentes. A aplicação continua no solo pode alterar as características físicas desse solo podendo aumentar a dispersão de argilas e características químicas e influenciar o desenvolvimento das plantas direta ou indiretamente (SANTOS, 2004 citado por RAMOS, 2006). Segundo Devitt (2005), os efeitos da salinidade devem ser incorporados aos planos de gestão da água de reuso para assegurar que a grama de qualidade seja mantida.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e caracterização climática da área experimental**

O experimento foi realizado no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu – Unesp (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”). “As coordenadas geográficas da área são: 22°50’48” de latitude sul e 48°26’07” de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 817 m. A área escolhida para a realização do experimento, possuía 0,2 m / 50 m de declividade, vegetação rasteira, perto de energia elétrica e água canalizada.

O clima da região é do tipo Cfa (Clima subtropical, mesotérmico, úmido), de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado por um inverno frio e seco, verão quente e úmido (CUNHA e MARTINS, 2009). O mês mais quente é fevereiro com média de 23,1°C, o mais frio é julho com média de 17,1°C, e a temperatura média anual é de 20,3°C. O mês com maior umidade relativa do ar é janeiro com média de 79,0%, e com menor umidade o mês de agosto com média de 65,5%, e umidade relativa média anual é de 73,9%.

#### **3.2 Caracterização do solo**

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) de textura média. A área experimental foi dividida em dois blocos, um foi instalado o sistema de irrigação por aspersão e o outro foi instalado o sistema de gotejamento subsuperficial. Para a caracterização química do solo foram coletadas oito amostras simples para de cada setor na profundidade 0 – 20 cm, (onde ocorre o desenvolvimento radicular da grama e também onde se concentra a água da irrigação) misturadas e enviada uma amostra composta de cada setor para análise. A análise química das amostras para fins de fertilidade foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo segundo a metodologia de Raij et al. (2001), e análise física foi realizada no Laboratório de Física do Solo segundo a metodologia da Embrapa (1997), ambos localizados no Departamento de Solos e Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agronômicas “Júlio de Mesquita Filho”. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1 - Análise química inicial do solo presente nos blocos da área experimental**

AMOSTRAS	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
0 - 20 cm	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mgdm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							
Gotejamento	3,8	13	6	---	50	0,8	6	2	9	58	15
Aspersão	3,9	19	5	---	46	1,0	7	3	11	57	19

**Tabela 2 - Análise física do solo presente na área experimental**

Amostra	Areia	Argila	Silte	Textura do solo
cm	g kg <sup>-1</sup>			
0 - 20	792	154	54	Média

### 3.3 Preparo da área experimental

Para a realização da instalação da irrigação e o plantio da grama Esmeralda (*Zoysia japonica Steud.*) a área experimental foi preparada pelas seguintes operações: descompactação e retirada das plantas daninhas existentes na área com enxada rotativa, e o nivelamento do terreno por meio de uma plaina (Figura 1).

**Figura 1 - Enxada rotativa (A), nivelamento do terreno (B)**

Após o nivelamento do terreno foi delimitada a área experimental, assim, deixando 2,5 metros de bordadura com desnível para fora do experimento, para quando ocorresse uma precipitação a água teria uma saída e não empossasse no experimento, e em seguida a marcação e abertura de valetas (Figura 2) para a instalação dos sistemas de irrigação automatizado por aspersão e gotejamento subsuperficial.

**Figura 2 - Delimitação da área (A), marcação e abertura das valetas (B)**



Na sequência foram instalados os sistemas de irrigação automatizados. A instalação da adutora principal foi a 0,50 m de profundidade utilizando tubulações de PVC com diâmetro comercial de 32 mm, as linhas secundárias e laterais com tubulações de PVC de 25 mm com profundidade de 0,20 m. Após a instalação, os sistemas foram setorizados utilizando válvulas solenoides e controladores eletrônicos permitindo diferentes manejos de irrigação. Os equipamentos de irrigação, automação e sensores foram fornecidos pela empresa Rain Bird®.

A área foi composta por dois sistemas de irrigação, sendo eles:

- Irrigação por aspersão
- Irrigação por gotejamento subsuperficial

Os aspersores instalados foram da série 1800 sendo o aspersor 1804 com 15 cm de altura, utilizado para espaços verdes de tamanho reduzido, canteiros e arbustos. Em cada subparcela foi utilizado quatro aspersores, contendo em cada aspersor um bocal 8 VAN ajustado para aplicar água em um ângulo de 90° com vazão de 0.07 m<sup>3</sup>/h à uma pressão de serviço de 2 bar, um filtro de tela foi acoplado junto ao bocal para filtragem, além de dois conectores SBE-050 de ½" e 0,5 m de mangueira flexível swing-pipe para a conexão na tubulação. A tubulação utilizada foi de PVC com diâmetro comercial de 25 mm e conexões de 25 mm x ¾" (Figura 3).



**Figura 3 - Sistema de irrigação por aspersão montado para uma subparcela**



A mangueira instalada para o gotejamento subsuperficial foi da série XF-SDI, sendo utilizada a mangueira XFS-09-12-500 com gotejadores “in-line” de vazão  $3.48 \text{ L h}^{-1}$  e tubo com 17 mm de diâmetro, com emissores protegidos contra intrusão de raízes pela tecnologia “Escudo de Cobre”, patenteada pela Rain Bird®, que dispensa manutenções e produtos químicos de prevenção à intrusão radicular. Para cada subparcela foi utilizado quatro linhas da mangueira medindo 1,5m contendo cinco gotejadores em cada linha, totalizando vinte gotejadores por subparcela, utilizou-se também dez conectores XFF-MA-075 de 17 mm x  $\frac{1}{2}$ ” para conectar as mangueiras na tubulação formando um circuito fechado de irrigação. Para que não houvesse nenhuma oscilação de pressão foram instalados redutores de pressão PSI-M20 para cada tratamento do bloco da irrigação por gotejamento subsuperficial. A tubulação utilizada foi de PVC com diâmetro comercial de 25 mm e conexões de 25 mm x  $\frac{3}{4}$ ” (Figura 4), a mangueira de gotejamento foi enterrada a 12 cm de profundidade, conforme a especificação do fabricante.

**Figura 4 - Sistema fechado de irrigação subsuperficial montado para uma subparcela**



Foram instaladas dez válvulas solenoides 100-DVF (Figura 5), sendo uma válvula para cada tratamento. Sem a válvula solenoide não é possível realizar a automatização do sistema. A válvula recebe um comando de 24 V do controlador para que abra o diafragma e deixe a água passar para a rede de distribuição, após o tempo determinado é enviado outro comando onde é fechado o diafragma para que não haja nenhum fluxo de água dentro do setor.

**Figura 5 - Instalação de cinco das dez válvulas solenoides**



Para a automação do sistema de irrigação foram utilizados dois controladores ESP – modular (Figura 6), um para o manejo da água residuária e outro para o manejo da água tratada. O controlador é composto por calendário e relógio eletrônicos, permitindo programar os dias para irrigação e regular o tempo de aplicação de água em cada tratamento. Ligados a esses controladores foram

instalados dois sensores de chuva, que permitia realizar um melhor manejo de irrigação economizando água. Quando ocorria uma precipitação acima de 5 mm o sensor de chuva era acionado e interrompia a irrigação até que essa quantidade de água tenha sido evaporada.

**Figura 6 - Controladores (A) e sensores de chuva (B)**



Para a pressurização e bombeamento da água residuária foi utilizado um conjunto motobomba afogada de 0,5 cv com pressão de trabalho de 26 metros de coluna d'água (mca) e vazão de  $2,7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  (Figura 7). O cavalete na saída da irrigação contava com um filtro de disco de 100 mesh de  $1 \frac{1}{2}$ " e um manômetro para o controle da pressão de serviço.

**Figura 7 - Conjunto motobomba com filtro e manômetro**

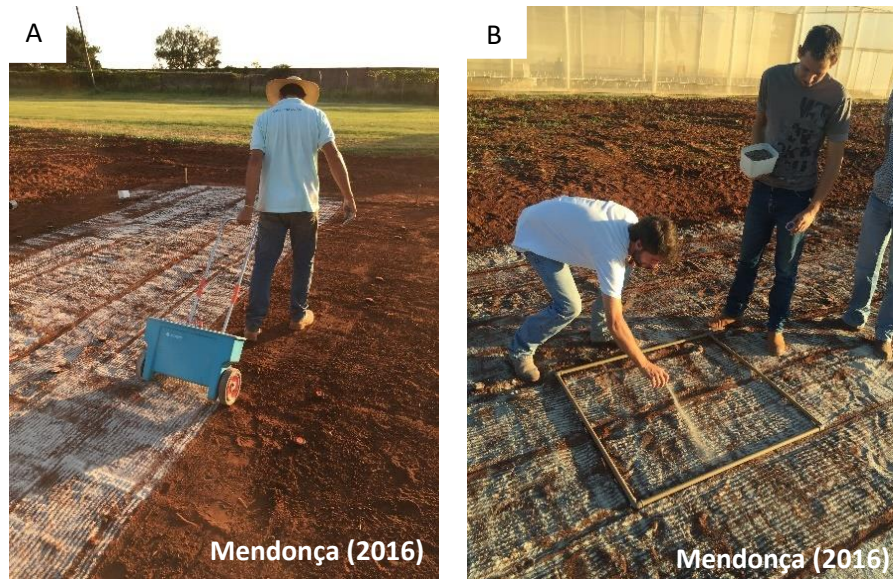


**Figura 8 - Instalação do sistema de aspersão (A), instalação do sistema de gotejamento subsuperficial (B) e instalação das válvulas solenóide (C).**



Ao término da instalação dos sistemas de irrigação foi realizado mais um nivelamento do terreno sendo esse a laser utilizando o aparelho da marca DeWalt modelo DW088K e calagem da área total, utilizando uma calcareadora por gravidade (Figura 9), regulada para aplicar de  $335 \text{ g m}^{-2}$  de calcário dolomítico (PRNT 95%), de acordo com a saturação de base (Tabela 1). A adubação de base foi realizada manualmente, utilizando um quadrado de PVC para delimitar  $1 \text{ m}^2$ , onde foi aplicado uma dosagem menor que a recomendada para garantir o enraizamento dos tapetes e não interferir entre os tratamentos, sendo aplicado  $28,5 \text{ g m}^{-2}$  do formulado 4-14-8.

**Figura 9 - Aplicação do calcário (A) e aplicação do formulado (B)**



A grama esmeralda foi fornecida pela empresa “SS Gramas e Paisagismo”, colhida em tapetes, em propriedade no município de Itapetininga – SP e transportada de imediato para Botucatu – SP, para que os tapetes não sofressem grandes injúrias. Em menos de 24 horas após a colheita foi realizado o plantio.

A grama foi plantada por tapetes, encaixando-os de um modo em que o encontro dos tapetes não forme uma linha contínua, e sim uma linha em ziguezague evitando que a água caminhe em linha reta (Figura 10).

**Figura 10 - Plantio dos tapetes de grama esmeralda na área experimental**



Após o plantio foi realizado a manutenção pós-plantio, que é necessário para que ocorra o desenvolvimento do gramado, como a passagem do rolo liso para acertar os desníveis dos tapetes (Figura 11).

O controle de insetos rasteiros e plantas daninhas foi realizado através da aplicação dos produtos químicos Regent 800 WG® e 2-4-D DMA®806 BR, utilizando um pulverizador de 100 litros acoplado a um trator leve da marca Husqvarna® modelo LT1597 apropriado para gramados.

Cortes para estimular o crescimento do gramado ocorreram 2 vezes por mês, mantendo uma altura de corte de 25 mm até o início da irrigação com água residuária. O corte foi realizado com o trator LT1597 que contém uma plataforma de corte de 0,97 m acoplada na parte inferior entre os dois eixos com altura de corte variando entre 25 e 89 mm.

Após o plantio houve um manejo de irrigação para a fixação da grama. Foi aplicada uma lâmina de água diária referente à média da evapotranspiração semanal calculada através da equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006) apresentada na equação abaixo. Esse manejo ocorreu após o plantio até o início da aplicação com água residuária doméstica, que ocorreu durante 30 dias.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$$

em que:

ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>);

R<sub>n</sub> = saldo de radiação à superfície (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

G = fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

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

U<sub>2</sub> = velocidade do vento à altura de 2 m (m s<sup>-1</sup>);

e<sub>s</sub> = pressão de saturação de vapor (kPa);

e<sub>a</sub> = pressão de vapor atual do ar (kPa);

(e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>) = déficit de pressão de vapor (kPa);

Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação (kPa °C<sup>-1</sup>);

γ = constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>).

**Figura 11 - Aplicação do rolo sobre o gramado (A) e pulverização de controle (B)**



A água residuária doméstica utilizada no experimento foi proveniente da ETE - Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Botucatu/SP, localizada na Faculdade de Ciências Agrônômicas “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP - campus Lageado. A água era captada através de um trator com um tanque acoplado de 3.000 litros, transportada e despejada nos reservatórios (Figura 12).

**Figura 12 - Ponto de captação do efluente (A) e despejo nos reservatórios (B)**



O reservatório para água residuária foi composto por seis caixas d'água com volume de 500 litros cada, totalizando 3.000 litros. As caixas foram interligadas entre si com tubos de PVC com diâmetro externo de 50 mm permitindo a passagem da água de uma caixa à outra (Figura 13).

**Figura 13 - Reservatórios interligados**



As primeiras coletas de dados para as análises iniciais foram coletadas no mês de março. A partir de maio de 2016 iniciou-se a irrigação com água residuária doméstica de acordo com os tratamentos. As análises durante o período do experimento se deram aos meses de junho a dezembro de 2016.

### **3.4 Caracterização da espécie de grama**

A grama Esmeralda (*Zoysia japonica Steud*), implantada na área foi proveniente de tapetes medindo 60cmx40cm que foram implantadas preenchendo toda a área da pesquisa.

### **3.5 Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo dois sistemas de irrigação (aspersão e gotejamento subsuperficial) e quatro lâminas de água residuária doméstica (50%, 100%, 150% e 200% da evapotranspiração média diária durante os períodos de inverno e primavera), e o controle com água tratada fornecida pela Companhia de Saneamento - Sabesp de Botucatu-SP, repondo 100% da evapotranspiração média diária (Tabela 3). Devido à dificuldade da instalação dos sistemas de irrigação de forma aleatorizada, estes foram agrupados em duas grandes parcelas. Cada parcela principal mediu 80 m<sup>2</sup> e foi dividida em vinte subparcelas de 1,5m x 1,5m (Figura 14), com 0,5 m de espaçamento entre subparcelas, 1,0 m de espaçamento entre as



parcelas e 2,5 m de bordadura, totalizando aproximadamente 300 m<sup>2</sup> de área experimental.

**Tabela 3 - Lâmina de água aplicada para cada tratamento, sendo “A” aspersão, “G” gotejamento subsuperficial e “TE” testemunha**

TRATAMENTOS	LÂMINA (%)
A1 - G1	50
A2 - G2	100
A3 - G3	150
A4 - G4	200
TE	100

**Figura 14 - Croqui da área experimental mostrando as parcelas “P” e tratamentos “T”**

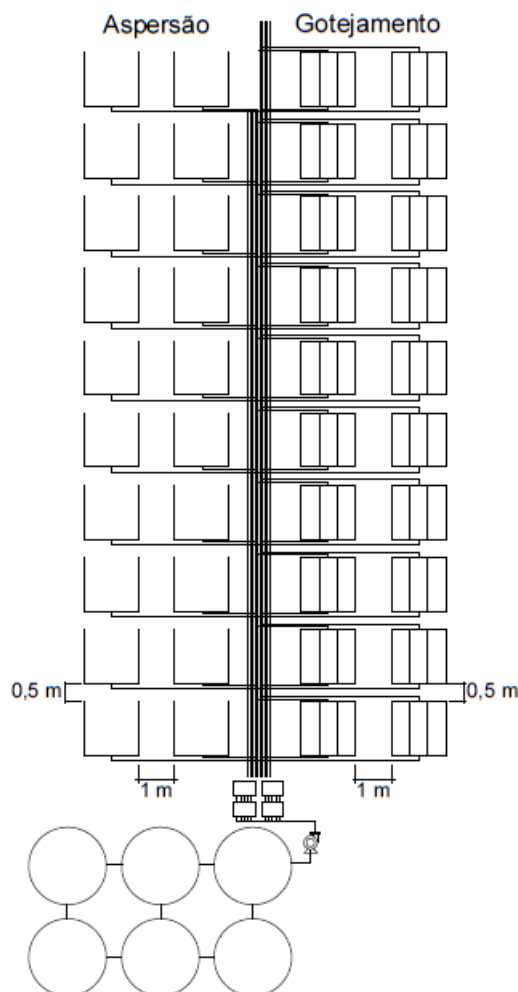
**Aspersão**

<b>A3</b> P1	<b>A2</b> P1	<b>TE</b> P1	<b>A1</b> P1	<b>A2</b> P1	<b>A3</b> P1	<b>A4</b> P1	<b>A1</b> P1	<b>TE</b> P1	<b>A4</b> P1
<b>TE</b> P2	<b>A3</b> P2	<b>A1</b> P2	<b>A4</b> P2	<b>TE</b> P2	<b>A1</b> P2	<b>A2</b> P2	<b>A4</b> P2	<b>A3</b> P2	<b>A2</b> P2

**Gotejamento**

<b>G4</b> P3	<b>G1</b> P3	<b>G2</b> P3	<b>G4</b> P3	<b>TE</b> P3	<b>G3</b> P3	<b>TE</b> P3	<b>G2</b> P3	<b>G1</b> P3	<b>G3</b> P3
<b>G2</b> P4	<b>G4</b> P4	<b>G1</b> P4	<b>TE</b> P4	<b>G3</b> P4	<b>TE</b> P4	<b>G4</b> P4	<b>G3</b> P4	<b>G2</b> P4	<b>G1</b> P4

Figura 15 – Croqui do projeto de instalação da irrigação

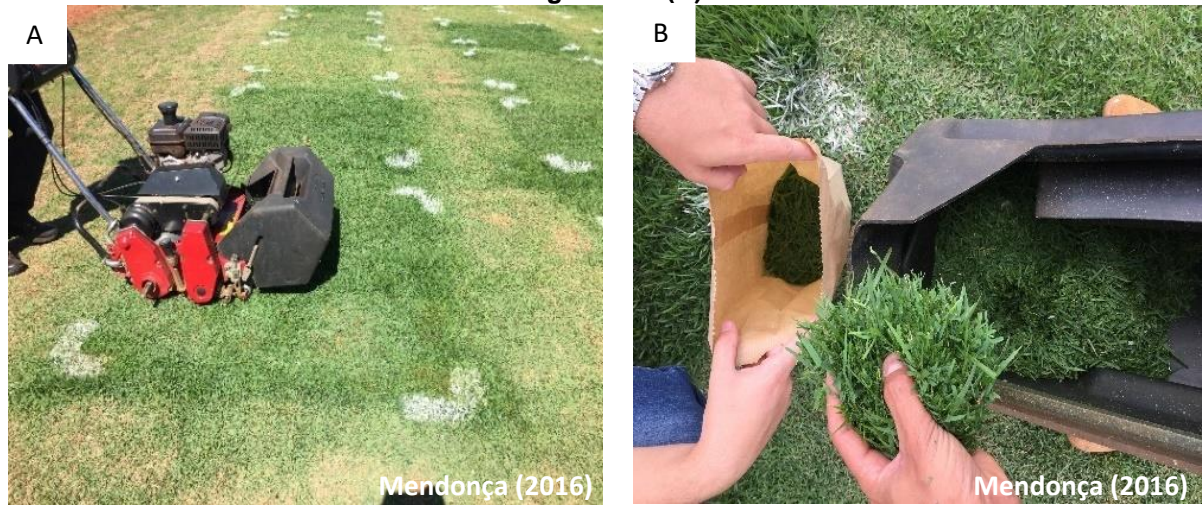


### 3.6 Avaliações

#### 3.6.1 Quantificação da massa seca de aparas

O gramado foi cortado quinzenalmente a uma altura de 5 mm. A máquina usada para o corte foi a “GreenMaster 1000®” da empresa Toro (Figura 16), com coletor de aparas. Foram coletadas aparas de cada subparcela, acondicionadas em um saco de papel e levadas à estufa, onde permaneceram 72 horas a 65° C, até a quantificação da massa através de uma balança de precisão.

**Figura 16 - Máquina "GreenMaster 1000" cortando a grama da subparcela (A), coleta de aparas do gramado (B)**



### 3.6.2 Concentração de nutrientes na folha

Foram realizadas duas amostragens, a primeira na metade do experimento, no mês de setembro e a segunda ao término, no mês de dezembro. O procedimento foi realizado como descrito no item anterior “Quantificação da massa seca de aparas”, sendo que após a retirada do material da estufa, ele foi moído e enviado para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA – Unesp – Botucatu/SP, para a determinação da concentração de macronutrientes de acordo com a metodologia modificada de Malavolta et al., (1997).

### 3.6.3 Características química do solo para fins de fertilidade

Foram realizadas duas amostragens, a primeira na metade do experimento, no mês de setembro e a segunda ao término do experimento, no mês de dezembro com o objetivo de avaliar a concentração dos nutrientes no solo de acordo com os tratamentos. As amostras foram retiradas na profundidade de 0 – 0,2 m e foram obtidas através da homogeneização de 6 amostras simples de cada subparcela.

Essas amostras foram retiradas com um trado de rosca e acondicionadas em bandejas de isopor sendo identificadas e levadas a uma casa de vegetação onde foram mantidas a sombra até a secagem do material. Posteriormente foram passadas em uma peneira com 2 mm de malha e colocadas em sacos de papel.

Após esse processo as amostras foram encaminhadas ao laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – Unesp – Botucatu/SP, para a realização das análises de acordo com a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

### 3.6.4 Quantificação de raízes

#### a) Quantificação da massa seca de raízes e estolões

Essa análise foi realizada no final do experimento, no mês de dezembro. Foi utilizado o método do trado, com quantificação de massa de raízes secas segundo Vasconcelos et al. (2003).

Antes da coleta das amostras o gramado foi devidamente cortado. Foi retirado uma amostra por subparcela, com um trado de 6 cm de diâmetro, a 0,20 m de profundidade (Figura 17). Após a retirada das amostras realizou-se a lavagem das raízes, retirando todo solo contido na amostra, utilizando uma peneira de 2 mm. Todo o material já devidamente lavado foi colocado em sacos de papel, identificados e levados à estufa por 96 horas a 65° C. Após a secagem realizou-se a quantificação da massa seca através de uma balança de precisão.

**Figura 17 - Trado utilizado (A), amostra retirada (B), amostra sendo lavada na peneira (C) e amostra lavada (D)**





b) Comprimento da raiz mais longa

Essa análise também foi realizada ao final do experimento, no mês de dezembro junto com a análise de massa seca da raiz. Após a lavagem para a retirada do solo, foi quantificado o comprimento da raiz através de uma régua (Figura 18).

**Figura 18 - Medida do comprimento da raiz utilizando uma régua**



### 3.6.5 Avaliações de desenvolvimento do gramado

a) Intensidade de cor verde

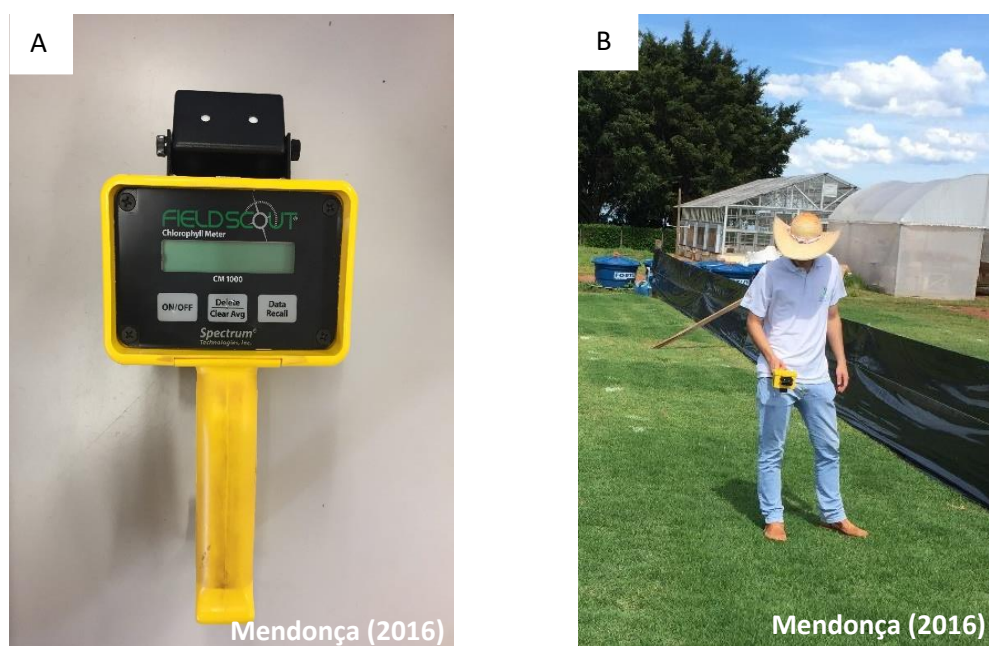
A intensidade de cor verde (ICV) é medida nas folhas da grama com base na quantidade de luz absorvida, transmitida e refletida. Para essa avaliação a medida

foi realizada por meio de um aparelho portátil que utiliza a luz solar como fonte “Field Scout CM-1000 Chlorophyll Meter” (Figura 19).

Para a realização da leitura foi determinada uma altura para o posicionamento do aparelho, sendo 1 m de distância da folha da grama, nesta distância a área amostrada foi de 10,27 cm de diâmetro.

A determinação do ICV foi realizada quinzenalmente, sendo o valor adquirido por meio da média de 5 leituras, obtidas aleatoriamente dentro de cada subparcela.

**Figura 19 - Aparelho portátil CM-1000 (A) e leitura sendo realizada com o aparelho (B)**

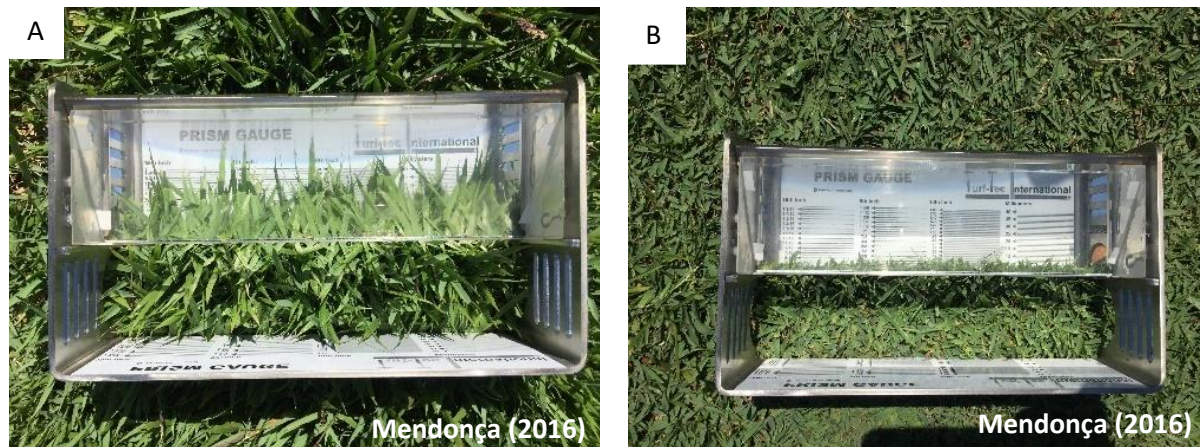


#### b) Altura do gramado

Foi realizada quinzenalmente a avaliação de altura do gramado, através de um aparelho chamado “Grass Height Prism Gauge” (Figura 20). Essa avaliação foi efetuada antes de cada corte, estimando o crescimento das folhas desde o último corte.

O corte foi realizado com a máquina descrita no item 3.8.1.

**Figura 20 - Instrumento utilizado para medir a altura do gramado Grass Height Prism Gauge, antes do corte (A) e após o corte (B)**

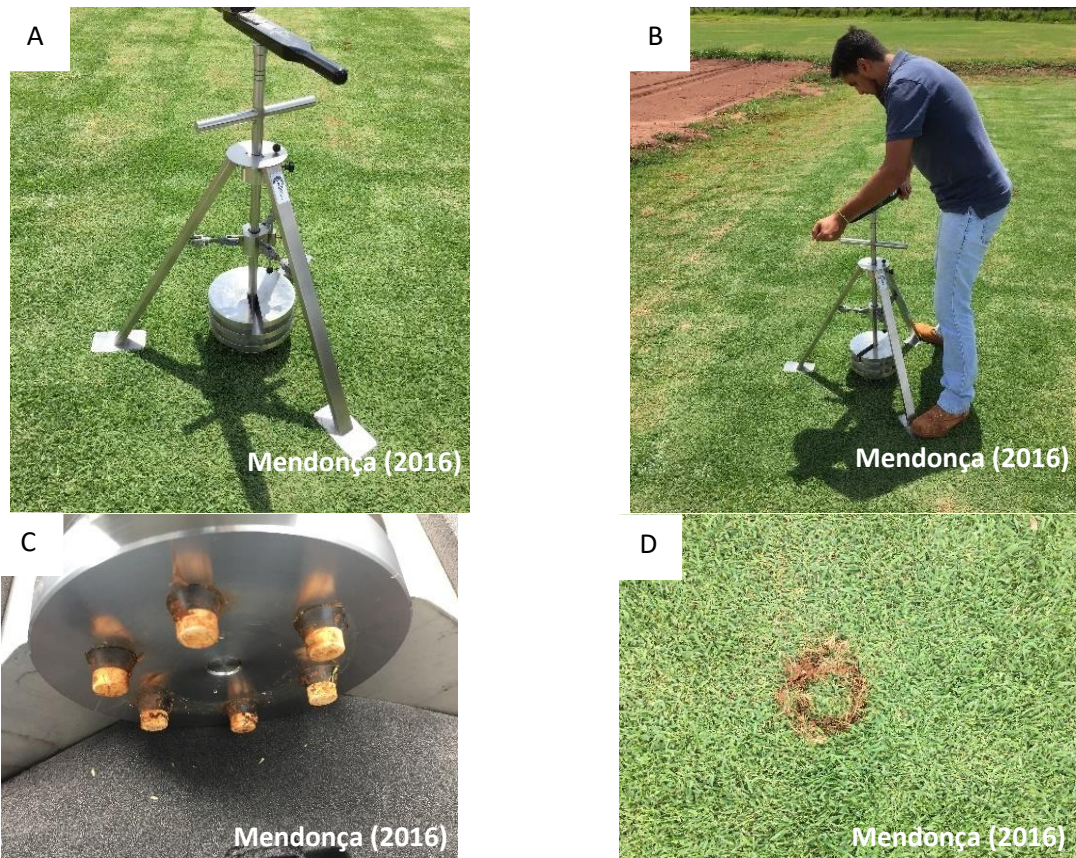


c) Tração superficial

Essa avaliação foi realizada no final do experimento no mês de dezembro, para determinar o torque necessário para romper o gramado. Teve como objetivo verificar se houve diferença na resistência do gramado devido a diferentes quantidades de nutrientes ofertados através da água residuária doméstica distribuída nos tratamentos.

Para essa medição foi utilizado um aparelho específico, medidor de torque chamado “Rotational Resistance Tester” - Deltecequipment® (Figura 21). Ele funciona sendo posicionado sobre a superfície do gramado, girado no sentido horário, pelo torquímetro, posicionado na parte superior. Na parte inferior do pé de teste existem seis travas que encaixam no gramado após soltar um peso de 46 Kg a uma altura predeterminada sobre as travas favorecendo a tração. O resultado expresso no torquímetro é a força em Newtons por metro (Nm) que foi exercida até o rompimento da grama.

**Figura 21 - Aparelho “Rotational Resistance Tester” (A), realizando a avaliação (B), travas na parte inferior do equipamento (C) e marca deixada no gramado após a avaliação (D)**



d) Taxa de cobertura verde

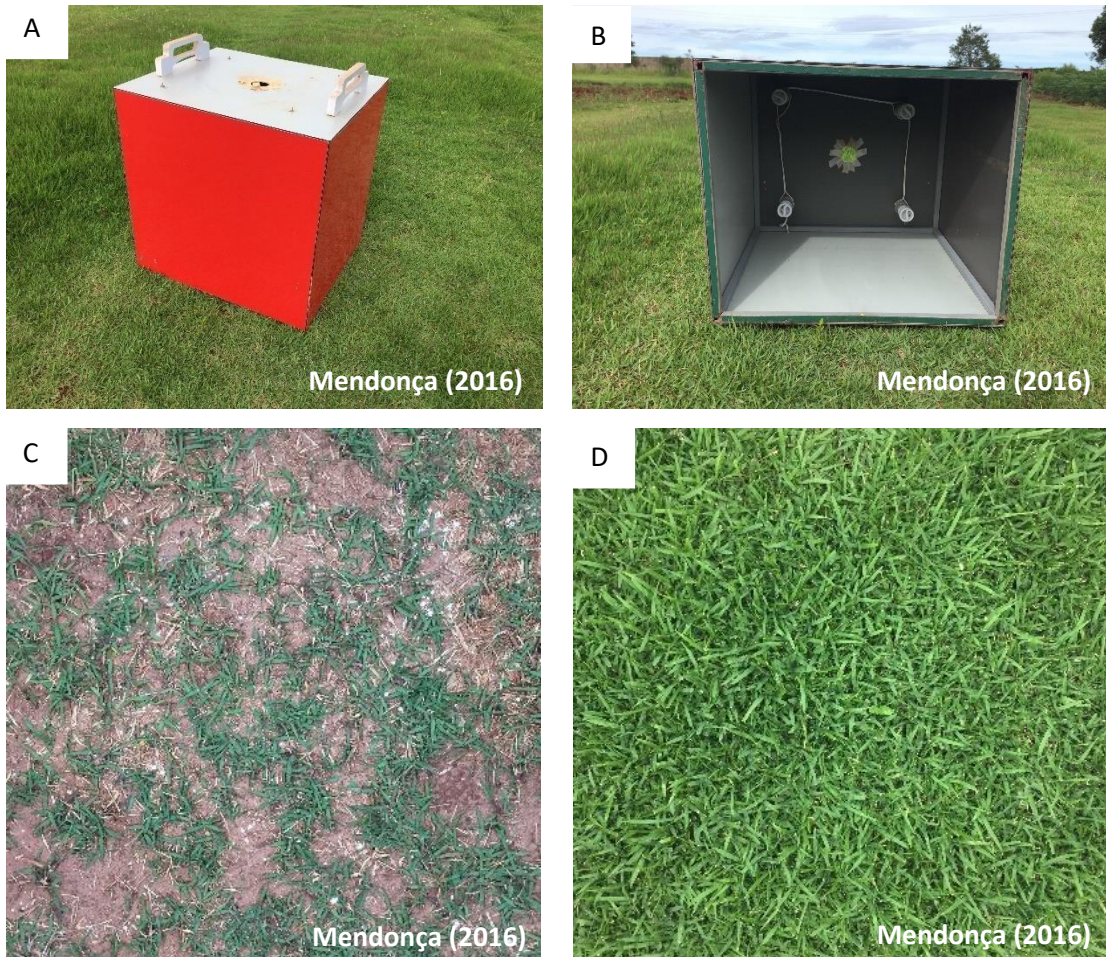
Avaliou-se a taxa de cobertura verde do gramado durante os meses de setembro a novembro. Foram realizadas fotografias de uma área de 0,5 x 0,6 m, em cada subparcela, utilizando um smartphone “Iphone 6” com a câmera de 8 megapixels, fixado em uma caixa fechada denominada “light box” (Figura 22), semelhante a produzida por Peterson et al., (2011). Essa estrutura possui quatro lâmpadas fixadas na parte superior interna e conectadas à energia elétrica, para uniformização da luminosidade no momento da fotografia. A câmera não deve estar com o flash ligado, somente as lâmpadas deverão garantir a luminosidade.

As imagens armazenadas foram descarregadas em um computador e determinada a taxa de cobertura verde por meio do software Sigma® Scan Pro 5.0. Através desse software pode-se melhorar a qualidade da imagem, remover recursos indesejados, corrigir efeitos de iluminação de fundo, aplicar modelos de cores e contraste a imagens em escala de verde, otimizando a imagem de acordo com suas



especificações. As fotos foram tiradas a cada 10 dias, no período de setembro a novembro de 2016.

**Figura 22 - Caixa ligh box (A), lâmpadas dentro da ligh box (B), foto tirada através da ligh box no início do experimento (C) e foto tirada pela ligh box no final do experimento (D)**



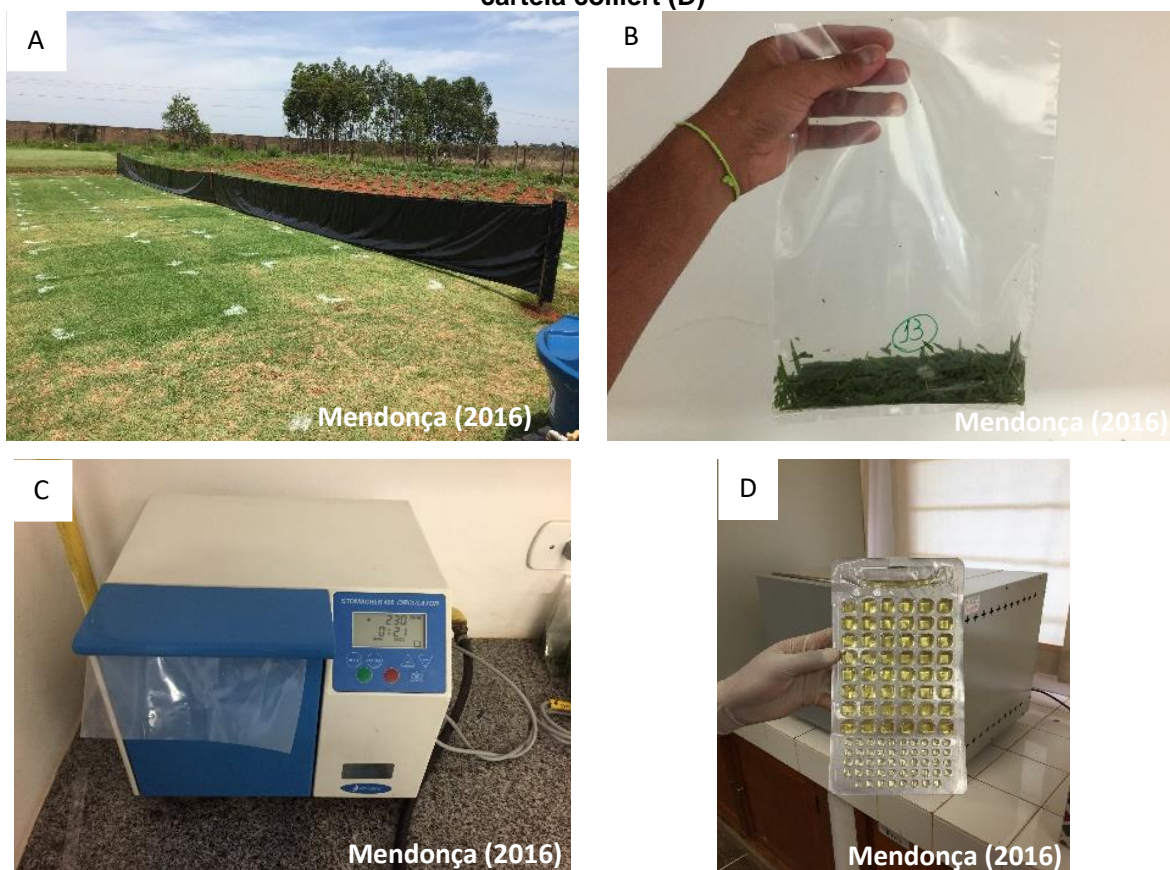
### 3.6.6 Avaliação de Coliformes no tecido vegetal

Foi realizado no mês de dezembro, no final do experimento, a avaliação de coliforme total e fecal (*Escherichia coli*) no tecido vegetal da grama, com objetivo de descobrir presença e ausência das bactérias no tecido vegetal com dois sistemas de irrigação.

A área foi preparada 15 dias antes da retirada da amostra, sendo instalada uma lona no meio do experimento (Figura 23), separando o sistema de irrigação por aspersão do sistema de gotejamento subsuperficial, para que não houvesse deriva e prejudicasse a análise. Usando luvas, máscaras e uma tesoura esterilizada foram

retirados 10 g de tecido vegetal de cada subparcela começando pelo controle até a maior dose. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos esterilizados. Após esse procedimento as amostras foram encaminhadas ao Departamento de Microbiologia e Imunologia do Instituto de Biociências – Rubião Júnior – Unesp – Botucatu/SP, onde foi preparada uma solução com 0,86% de sal em água deionizada. Foi acrescentada 90 ml dessa solução no saco plástico com 10 g do tecido, levado à máquina “Stomacher® 400 Circulator” durante 30 segundos a 230 RPM e encaminhado ao laboratório de qualidade da água no Departamento de Engenharia Rural – FCA – Unesp – Botucatu/SP, para realizar a análise de coliformes totais e de *Escherichia coli* presentes nas amostras através do método da Cartela Colilert desenvolvido por Lewis e Mak (1989).

**Figura 23 - Lona dividindo os sistemas de irrigação (A), saco plástico com 10 g de tecido e 90 ml da solução (B), aparelho “Stomacher® 400 Circulator” com uma amostra dentro (C) e a cartela colilert (D)**



### 3.7 Análises da água

No início do experimento no mês de maio e ao final no mês de dezembro foi coletada uma amostra de 100 ml da água tratada fornecida pela Sabesp, e a cada reposição semanal da água residuária doméstica também foi retirada uma amostra de 100 ml e ambas encaminhadas ao Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – Unesp – Botucatu/SP, para a determinação da concentração de macro e micronutrientes de acordo com a metodologia modificada de Malavolta et al., (1997).

Semanalmente foram coletadas amostras gerando quatro amostras por mês, na tabela 4 está expressa os valores médios mensais para cada nutriente fornecido pela água residuária doméstica e na tabela 5 para água tratada fornecida pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp.

**Tabela 4 - Média mensal das análises da água residuária doméstica**

AMOSTRAS	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	C.E
Mês	-----								mg/L	-----				mS
Maio	40	2	20	26	3	10	45	0,03	ND	0,44	0,05	ND	7,17	0,596
Junho	59	7	20	22	2	10	56	0,23	ND	0,11	0,00	ND	7,42	0,655
Julho	60	1	20	25	3	13	65	0,06	ND	0,00	0,03	ND	7,23	0,726
Agosto	50	2	21	23	3	13	61	0,13	ND	0,14	0,04	ND	7,62	0,732
Setembro	57	2	26	25	3	13	46	0,10	ND	0,11	0,08	ND	7,96	0,769
Outubro	67	2	22	25	3	9	62	0,17	ND	0,11	0,04	ND	7,58	0,702
Novembro	61	2	21	24	4	10	96	0,05	ND	0,23	0,06	ND	8,06	0,676
Dezembro	56	2	25	28	3	11	71	0,05	ND	0,32	0,08	ND	7,63	0,669

ND- Não detectável

**Tabela 5 - Valores das análises da água tratada no início e final do experimento**

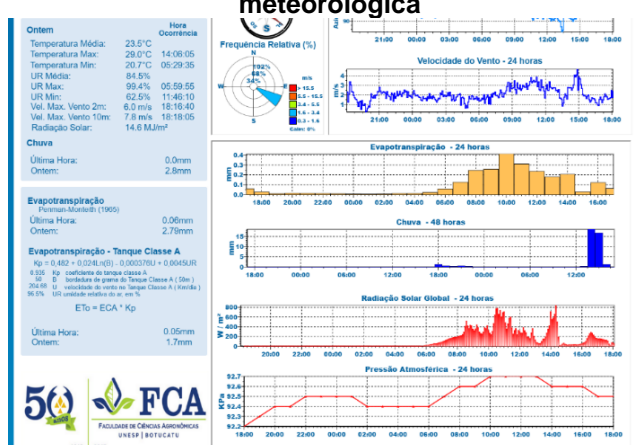
AMOSTRAS	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	C.E
Mês	-----								mg/L	-----				mS
Maio	2	ND	12	14	2	0	1,0	ND	ND	ND	ND	ND	6,57	0,041
Dezembro	3	ND	14	15	2	0	1,1	ND	ND	ND	ND	ND	6,82	0,043

ND- Não detectável

### 3.8 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram retirados diariamente do site da FCA/Unesp – Campus de Botucatu (Figura 24), pelo link da estação meteorológica: <http://estacaolageado.fca.unesp.br/index.html>.

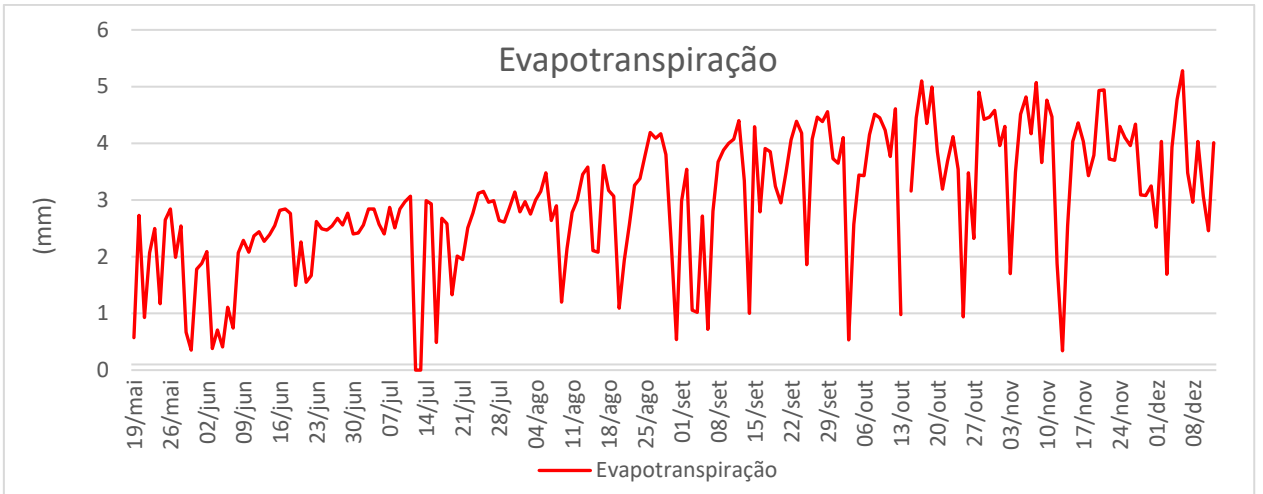
**Figura 24 - Imagem de como são fornecidos os dados através do site da estação meteorológica**



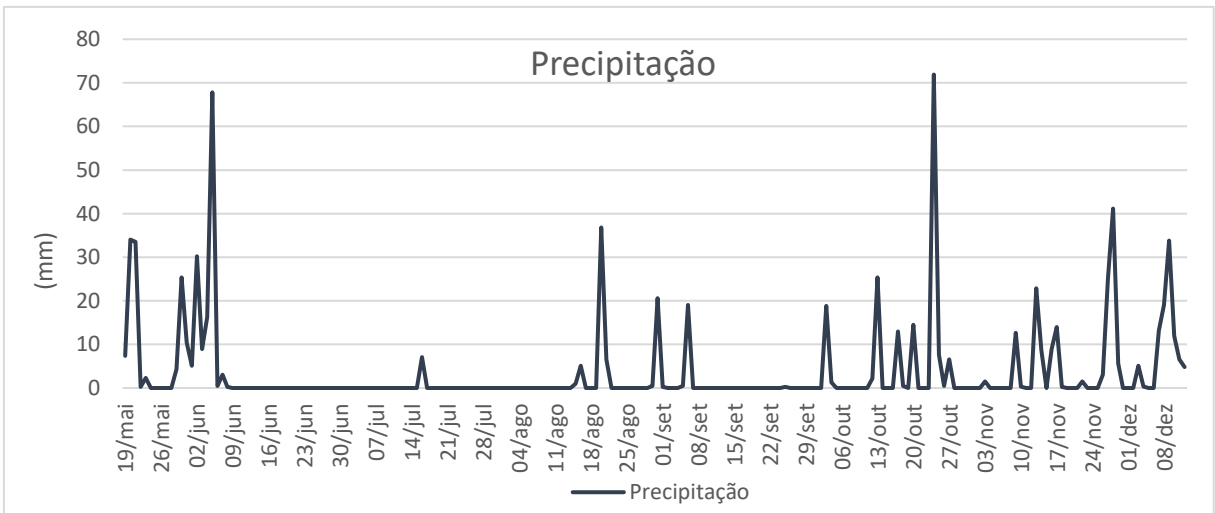
Foram coletados dados diários da evapotranspiração média diária (Figura 25), precipitação (Figura 26), temperatura mínima, média e máxima (Figura 28), radiação solar global (Figura 29) e umidade relativa mínima, média e máxima (Figura 30) durante o período do experimento de maio a dezembro de 2016.

A evapotranspiração foi medida por meio do método do Tanque Classe A ou calculada pela equação de Penman-Monteith e disponibilizadas no site a média diária. Os dados retirados da evapotranspiração para o cálculo da irrigação diária foi utilizando a equação de Penman-Monteith.

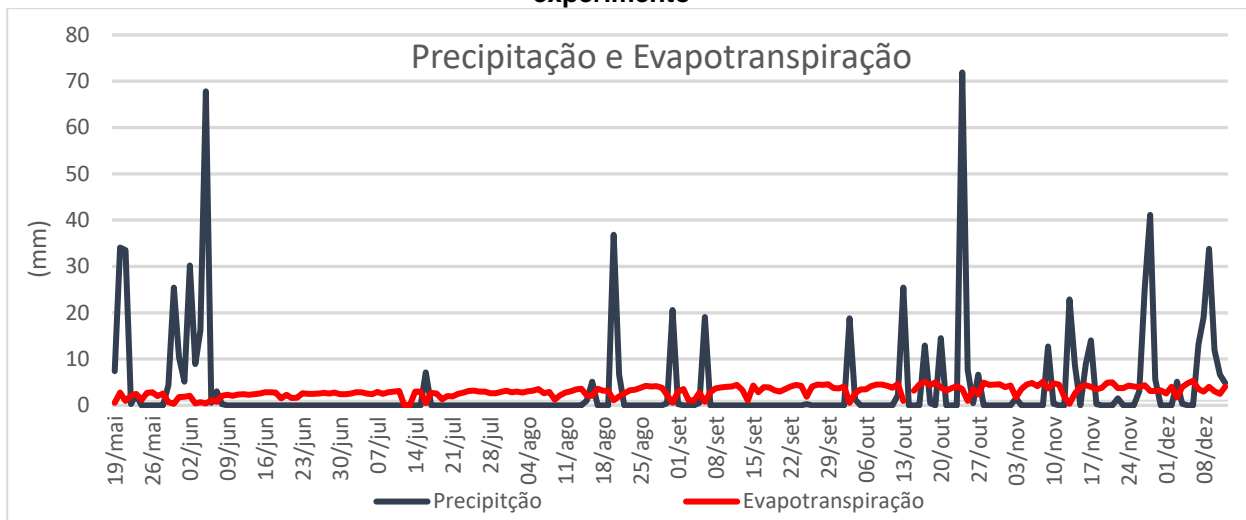
**Figura 25 - Dados diários da evapotranspiração durante todo o período do experimento**



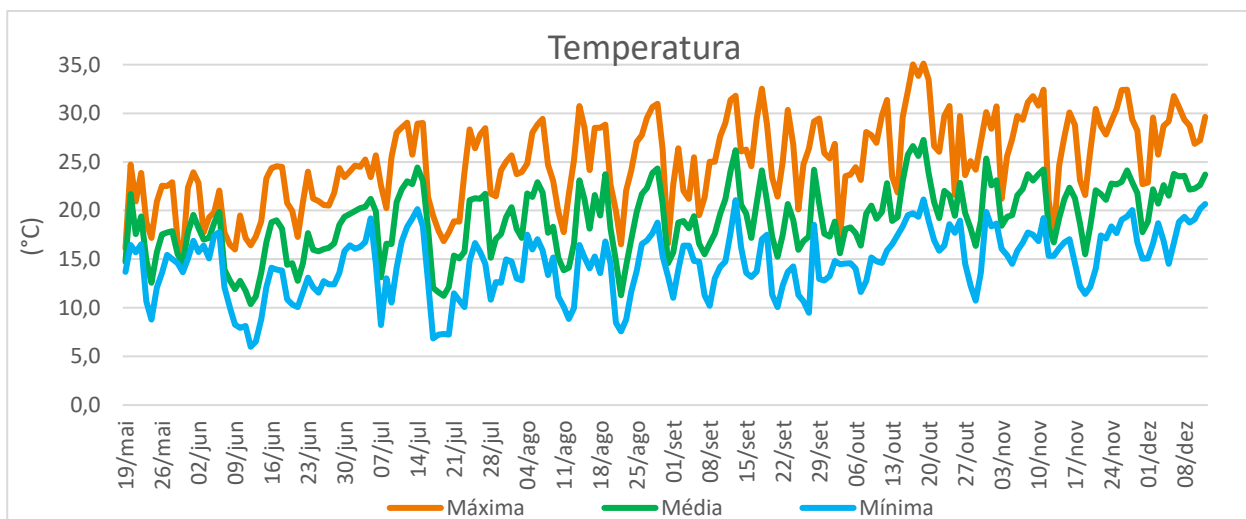
**Figura 26 - Dados diários da precipitação durante todo o período do experimento**



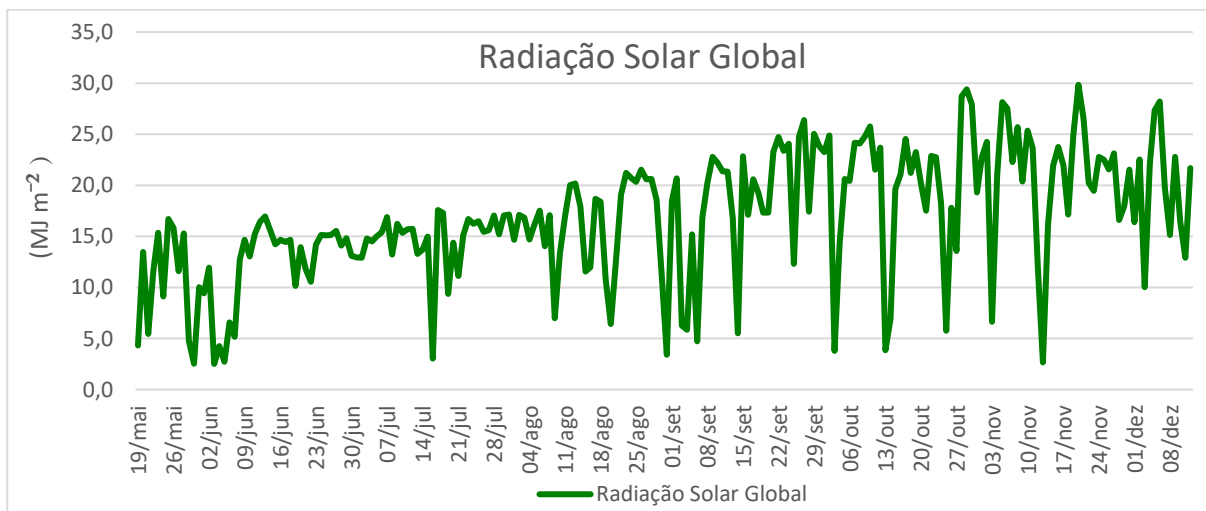
**Figura 27 - Dados conjuntos de precipitação e evapotranspiração durante o período do experimento**



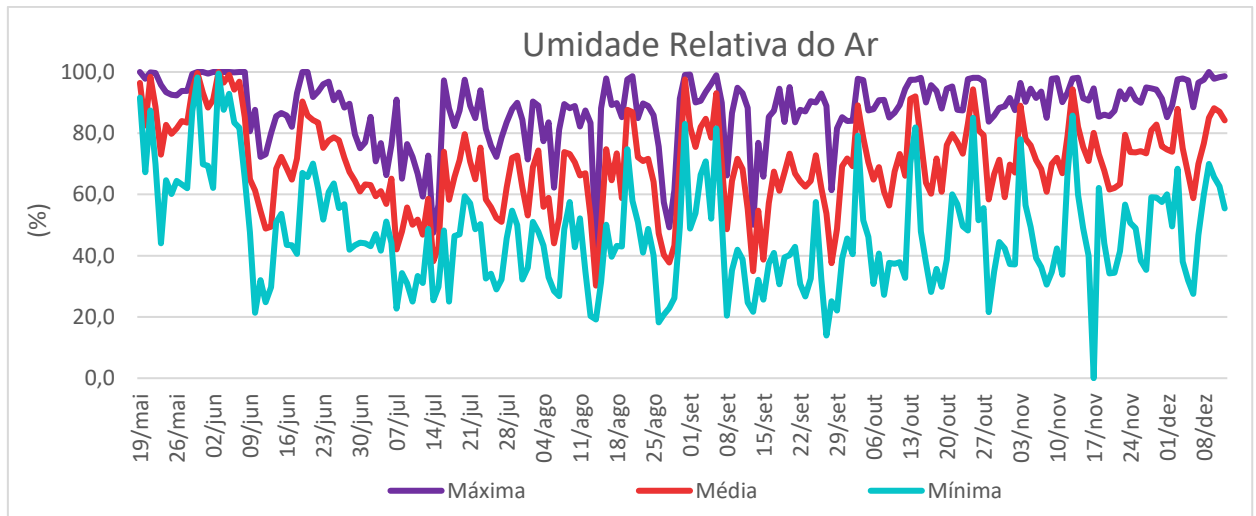
**Figura 28 - Dados diários da temperatura mínima, média e máxima**



**Figura 29 - Dados diários da radiação solar global**



**Figura 30 - Dados diários da umidade relativa do ar mínima, média e máxima**



#### 4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente à análise de regressão e teste de Tukey a 5% de probabilidade no programa Sisvar®.

#### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 5.1 Altura do gramado

A altura do gramado gerou diferenças quanto a lâmina aplicada a partir dos 100 dias após o início da irrigação (DAII). Para a interação método de irrigação e lâmina (M x L) as diferenças ocorreram em apenas uma época (60 DAII) e, portanto, não indicam a manutenção dos resultados ao longo do ciclo, gerando uma resposta pontual (Tabela 6).

**Tabela 6. Análise de variância dos resultados da altura do gramado em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Altura do gramado (dias após início da irrigação)				
	DAII	60	100	160	190
		-----p - valor-----			
Método (M)		0,078	0,004	0,087	0,173
Lâmina (L)		0,447	0,001	0,001	0,001
M x L		0,031	0,142	0,728	0,271
CV 1, %		8,99	10,78	15,16	14,78
CV 2, %		13,49	9,50	8,38	9,83

Os valores de altura de planta, indicam dois períodos bem distintos da altura das gramas, onde nas medições ocorridas aos 60 e 100 DAII os valores variam entre 16 e 22 mm, já para o período caracterizado pela maior temperatura, a altura variou de 32,1 a 44,6 mm. Deve-se, no entanto, considerar que o período de corte foi diferente entre as medidas, sendo elas realizadas nos intervalos de 60, 40, 60 e 30 dias após cada corte, onde a altura de corte da máquina foi de 5 mm (Tabela 7).

Para a lâmina de 100% da evapotranspiração (ET<sub>o</sub>) é possível comparar os tratamentos onde foi empregado água de reuso e água proveniente de poço artesiano (AT) localizado na FCA- Unesp. Nota-se que a água de reuso da ETE de Botucatu, tanto para a aplicação em gotejamento como aspersão foram superiores a água proveniente do poço artesiano. Este efeito de maior crescimento da planta pode ser atribuído a presença de íons, principalmente contendo N o nutriente presente em maior quantidade na água residuária com média de 56 mg L<sup>-1</sup> e K, conforme Tabela 4.

Segundo Carrow et al. (2001), o N é o principal nutriente que influencia o crescimento e, conseqüentemente, a altura dos gramados e Lima et al. (2015), afirmam que o N é o nutriente de maior exigência pela grama seguido pelo K (Mateus, 2011; Backes, 2008). Portanto, a AR além de fornecer água para planta, promoveu a melhoria da fertilidade do solo gerando o efeito de crescimento observado.



**Tabela 7 - Médias da altura do gramado em função dos tratamentos**

Altura do gramado em determinados dias após o início da irrigação				
DAII	60	100	160	190
Métodos	Média da altura do gramado, mm			
Aspersão (água residuária -AR)	19 a	16 b	38 a	35 a
Gotejamento (água residuária - AR)	21 a	22 a	44 a	32 a
Aspersão (água tratada - AT)	16 aA	11 aB	14 aB	12 aB
Gotejamento (água tratada - AT)	15 aB	14 aB	18 aB	14,aB
Aspersão (100% AR)	20 A	14 A	33 A	34 A
Gotejamento (100% AR)	19 A	21 A	36 A	30 A

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

As análises de regressões apresentadas na Tabela 8 para diferentes lâminas aplicadas, indicam que o crescimento foi proporcional à lâmina aplicada, sendo maiores valores de altura observados nas maiores lâminas, onde foi aplicado volume maior de água e quantidade maior de nutrientes. Neste caso, em se tratando de água de reuso, não é possível separar os efeitos do volume em relação a quantidade de nutrientes, exceto para lâmina de 100%.

A lâmina de 200% da ET, a princípio, pode indicar melhor resposta, porém estudos a longo prazo da aplicação da AR devem que ser avaliados, principalmente para observar se não haverá efeito depressivo na planta devido ao excesso de sais na solução do solo, gerando efeito salino. Além disso pode ocorrer lixiviação desses sais em profundidade e contaminação do lençol freático.

Ainda na Tabela 8 pode-se comparar os dois sistemas de irrigação e as lâminas aplicadas. Observa aos 150 e 200 DAII altura superiores na grama com irrigação por gotejamento. Deve-se salientar, no entanto, que as parcelas com gotejamento não se mostraram homogêneas com relação à altura da grama, e, portanto, próximo ao gotejador a altura foi maior. Este efeito pode ser melhorado com alteração da distância entre as linhas gotejadoras, que neste caso foi mantido em 50 cm.

**Tabela 8 - Análise de regressão da altura do gramado nas datas avaliadas em função das lâminas aplicadas**

Métodos	Média da altura do gramado, mm				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
60 DAII						
Aspersão	19 a	20 a	18 b	18 b	ns	-
Gotejamento	18 a	19 a	23 a	23 a	0,01 L <sup>1</sup>	89,0
100 DAII						
Média	14	17	20,	25	0,001 L <sup>2</sup>	99,4
160 DAII						
Média	27	34	41	63	0,001 L <sup>3</sup>	90,31
190 DAII						
Média	24	32	36	41	0,001 L <sup>4</sup>	98,23
<sup>1</sup> $\hat{y} = 16,125 + 0,039x^{**}$			<sup>3</sup> $\hat{y} = 13,3125 + 0,2275x^{***}$			
<sup>2</sup> $\hat{y} = 10,1875 + 0,073x^{***}$			<sup>4</sup> $\hat{y} = 20,25 + 0,107x^{***}$			

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## 5.2 Intensidade de cor verde

A intensidade de cor verde (ICV) foi alterada de forma consistente para os diferentes métodos de irrigação, conforme pode ser observado na Tabela 9 e para as 3 épocas de medições (aos 60, 75 e 170 DAII). Por dois momentos no início das avaliações (60 e 75) o ICV nos tratamentos com água de reuso e gotejamento foram superiores em relação à mesma água e sistema de aspersão. Nota-se, no entanto uma tendência, dessa diferença se manter até os 145 dias DAII. A diferença entre os sistemas de irrigação está relacionada a dispersão tanto da água como dos sais nela presente, uma vez que na aspersão esta distribuição é homogênea por toda área e no caso do gotejamento a movimentação de sais ocorre em função da água e no caso do N, o mesmo, por caminhar no solo via fluxo de massa acompanha a frente de molhamento. De certo modo, nas duas primeiras avaliações, as chuvas foram escassas e este caminhar dependeu basicamente do volume de água aplicado via irrigação. Já aos 90, 110, 125, 145 e 190 DAII as chuvas contribuíram por uma distribuição de água e nutrientes mais homogênea nas parcelas. Isto pode ser confirmado quando se avalia os tratamentos onde a água aplicada foi proveniente do poço artiano e neste caso, os sistemas de irrigação não diferiram entre si.

**Tabela 9 - Análise de variância dos resultados do índice de cor verde em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Índice de cor verde em determinados dias após o início da irrigação							
	Dias	60	75	90	110	125	145	170
	-----p - valor-----							
	----							
Método (M)	0,047	0,031	0,672	0,941	0,535	0,367	0,0295	0,117
Lâmina (L)	0,405	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
M x L	0,816	0,040	0,956	0,891	0,743	0,481	0,1816	0,112
CV 1, %	5,22	8,86	5,9	13,95	22,24	21,81	10,73	18,97
CV 2, %	12,21	10,66	11,84	12,04	13,68	11,31	12,7	12,44

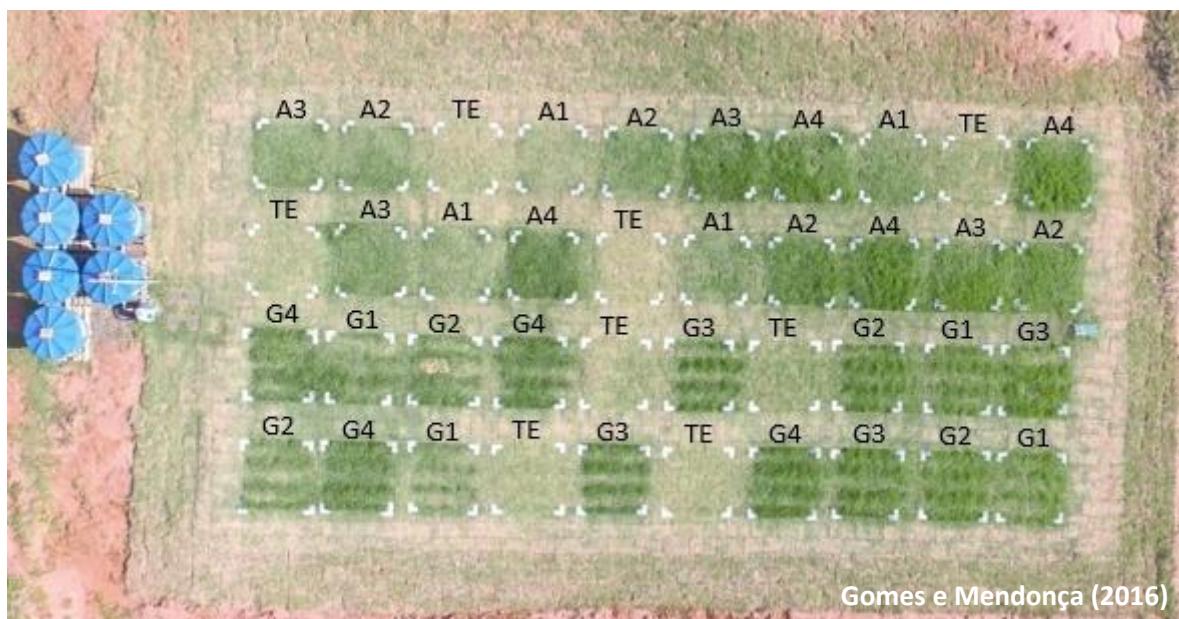
A exemplo do observado para altura de planta, o ICV foi mais elevado para a AR em relação a AT em todas as épocas. Isso porque a cor verde está relacionada ao N que é um componente da molécula de clorofila. Para aspersão o ICV foi crescente ao longo do período de avaliação, sendo o maior valor observado aos 190 DAII. Na aplicação de água via gotejamento, o maior valor ocorreu antes, aos 145 DAII, significando uma eficiência maior de aproveitamento de N por este sistema de irrigação. Deve-se considerar, no entanto, que pode ter havido concentração maior de cor próximo a linha de gotejamento, gerando estes índices maiores, ou até um início de efeito salino, o que gerou alteração na cor (Tabela 10).

**Tabela 10 - Médias do índice de cor verde em função dos tratamentos**

Índice de cor verde do gramado em determinados dias após o início da irrigação				
DAII	60	75	90	110
Métodos	Média do índice de cor verde, RGB			
Aspersão (água residuária - AR)	139 b	142 b	189 a	221 a
Gotejamento (água residuária - AR)	147 a	160 a	200 a	222 a
Aspersão (água tratada - AT)	112 aB	109 aB	129 aB	138 aB
Gotejamento (água tratada - AT)	102 aB	119 aB	118 aB	119 aB
Aspersão (100 % AR)	142 A	132 A	176 A	202 A
Gotejamento (100% AR)	147 A	164 A	185 A	199 A
DAII	125	145	170	190
Aspersão (água residuária - AR)	278 a	455 a	459 a	487 a
Gotejamento (água residuária - AR)	294 a	494 a	395 b	421 a
Aspersão (água tratada - AT)	142 aB	176 aB	181 aB	176 aB
Gotejamento (água tratada - AT)	139 aB	171 aB	164 aB	169 aB
Aspersão (100 % AR)	247 A	437 A	473 A	504 A
Gotejamento (100% AR)	274 A	461 A	383 A	400 A

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

Figura 31. Foto aérea do experimento com legenda dos tratamentos



Na análise de regressão, quando se variou a lâmina de irrigação notou-se um aumento linear da ICV, que é atribuído à contribuição da água, porém, principalmente aos nutrientes nela contido. Se considerar o coeficiente angular das equações geradas, nota-se que a cada 1% de lâmina aplicada houve o incremento do ICV que foi de 0,4; 0,54; 0,83; 1,2; 1,9; 1,2; 1,2, respectivamente, para as épocas de 60, 90, 110, 125, 145, 170 e 190 DAII.

Em função das lâminas aplicadas e a concentração de N presente na água é possível calcular que quantidade de N incorporado ao solo em função dos tratamentos. Pode-se, portanto, considerar que nas lâminas de 50, 100, 150 e 200% da lâmina média de ET de todo o período do experimento correspondeu a 7,5; 18,5; 25,8 e 32,2 litros de água diária por tratamento em cada parcela e a respectiva quantidade média de N utilizada foi 420; 1036,0; 1444,8 e 1803,2 mg L<sup>-1</sup>.

Godoy et al. (2006), Godoy et al. (2007), Andrade (2016), relacionaram ICV das folhas e diferentes doses de N em grama Santo Agostinho, grama esmeralda e grama bermuda, respectivamente, e afirmaram que o aumento das doses nitrogenadas gerou aumento no ICV.

Backes et al. (2010) e Mota (2016) utilizando como fonte nitrogenada o lodo de esgoto e o lodo de esgoto compostado, respectivamente, verificaram um aumento dos ICV e da concentração de N nas folhas de grama Esmeralda.

Lima et al. (2012) e Silva (2016) afirmaram que a intensidade de cor verde apresentou correlação positiva com a concentração de nitrogênio de grama bermuda.

**Tabela 11 - Análise de regressão da intensidade de cor verde do gramado nas datas avaliadas em função das lâminas aplicadas**

Métodos	Média da intensidade de cor verde, RGB				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
	60 DAII					
Média	136	144	141	151	ns	-
	75 DAII					
Aspersão	114 b	132 b	148 a	165 a	0,001 L	99,23
Gotejamento	151 a	164 a	159 a	173 a	ns	-
	90 DAII					
Média	158	181	202	238	0,001 L <sup>2</sup>	98,65
	110 DAII					
Média	160	201	238	287	0,001 L <sup>3</sup>	99,68
	125 DAII					
Média	205	261	290	388	0,001 L <sup>4</sup>	94,73
	145 DAII					
Média	318	449	506	626	0,001 L <sup>5</sup>	98,01
	170 DAII					
Média	318	428	452	509	0,001 L <sup>6</sup>	92,61
	190 DAII					
Média	348	452	481	535	0,001 L <sup>7</sup>	93,92
	$\hat{y} = 93,375 + 0,389x^{***}$		${}^5\hat{y} = 230,25 + 1,959x^{***}$			
	${}^2\hat{y} = 129,5 + 0,52375x^{***}$		${}^6\hat{y} = 278,375 + 1,19075x^{***}$			
	${}^3\hat{y} = 117,25 + 0,836x^{***}$		${}^7\hat{y} = 307 + 1,1795x^{***}$			
	${}^4\hat{y} = 141,4375 + 1,159x^{***}$					

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

### 5.3 Fitomassa seca das aparas

As avaliações de fitomassa seca foram realizadas em 4 momentos, aos 70, 135, 160 e 175 DAII (Tabela 12). Os métodos de irrigação tiveram influência nas três primeiras avaliações onde se observou maior valor de massa no tratamento com irrigação por gotejamento. Aos 175 DAII os resultados foram muito semelhantes. Nota-se que nas duas primeiras avaliações as diferenças entre os tratamentos foram muito elevadas, 3,2 vezes maior aos 70 DAII e 3,9 vezes maior aos 135 DAII. Já aos 160 DAII, no gotejamento, a fitomassa de aparas foi superior 1,5 vezes em relação a aspersão (210g e 311g/parcela).

**Tabela 12 - Análise de variância dos resultados da fitomassa seca das aparas em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Fitomassa seca das aparas em determinados dias após o início da irrigação				
	DAII	70	135	160	175
		-----p - valor-----			
Método (M)		0,010	0,001	0,038	0,964
Lâmina (L)		0,241	0,022	0,001	0,001
M x L		0,469	0,387	0,709	0,121
CV1, %		51,54	27,17	30,75	24,17
CV 2, %		42,94	28,19	24,28	24,93

A comparação para a lâmina de 100% da ET indicou que a maior massa foi observada para a aplicação da AR, onde diferenças de 10 vezes foram observadas, por exemplo aos 175 DAII entre a aplicação de AR por aspersão, quando comparada com AT; e de 3,5 vezes do gotejamento com AR em relação AT. Isso indica, que além do efeito da presença de nutrientes na água e sua distribuição diferente dentro da parcela, a água foi utilizada de forma diferenciada pelas plantas, gerando resultados bem distintos.

**Tabela 13 - Média da fitomassa seca das aparas em função dos tratamentos**

Fitomassa seca das aparas em determinados dias após o início da irrigação				
DAII	70	135	160	175
Métodos	Média do peso da massa seca das aparas, g			
Aspersão (água residuária - AR)	17,2 b	6,4 b	210,3 b	143,7 a
Gotejamento (água residuária - AR)	55,2 a	25,2 a	310,9 a	144,3 a
Aspersão (água tratada - AT)	16,9 bA	7,4 bA	35,8 bB	12,2 bB
Gotejamento (água tratada - AT)	54,0 aA	28,6 aA	89,7 aB	37,8 aB
Aspersão (100 % AR)	14,8 A	4,2 A	170,4 A	126,8 A
Gotejamento (100% AR)	56,6 A	22,9 A	262,8 A	129,2 A

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

A resposta às lâminas aplicadas nas diferentes épocas de avaliação foi linear, gerando equações com coeficientes angulares que permitem sugerir o aumento de fitomassa a cada 1% de lâmina aplicada. Estes valores observados foram: 0,16 g, 0,07 g, 1,84 g e 0,64 g para as épocas 70, 135, 160 e 175 DAII, respectivamente. Estas variações na produção de massa estão relacionadas aos efeitos das lâminas e

nutrientes aplicados via água de irrigação, mas também a temperatura do ambiente que promove crescimento diferenciado às gramíneas.

A temperatura ótima para crescimento da parte aérea de gramados de clima quente está entre 27 e 35°C e temperaturas abaixo de 13°C torna o crescimento da grama esmeralda quase nulo (GOLOMBEK, 2006).

Silva et al. (2007) concluíram que houve um incremento na produção de massa seca das aparas de grama esmeralda com o aumento das lâminas de irrigação nos meses em que a temperatura média do ar foi superior a 20°C.

**Tabela 14 - Análise de regressão da fitomassa seca das aparas nas datas avaliadas em função das lâminas aplicadas**

Métodos	Peso da fitomassa seca das aparas, g				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
70 DAII						
Aspersão	15,5 b	14,8 b	16,5 b	22,1 b	ns	-
Gotejamento	38,4 a	56,6 a	62,8 a	62,9 a	0,05 L	78,68
135 DAII						
Aspersão	5,7 b	4,2 b	6,4 b	9,4 b	ns	-
Gotejamento	20,0 a	22,9 a	28,3 a	29,5 a	0,01 L <sup>2</sup>	94,95
160 DAII						
Aspersão	66,0 b	170,4 a	255,1 a	349,6 b	ns	-
Gotejamento	188,2 a	262,8 a	316,0 a	476,6 a	0,05 L <sup>3</sup>	94,04
175 DAII						
Aspersão	45,3 a	126,8 a	159,3 a	192,4 a	ns	-
Gotejamento	96,2 a	129,2 a	172,4 a	230,1 a	0,01 L <sup>4</sup>	99,97
$\hat{y} = 35,34375 + 0,1588x^*$			$^3\hat{y} = 81,26875 + 1,83696x^*$			
$^2\hat{y} = 16,69125 + 0,06804x^{**}$			$^4\hat{y} = 63,47 + 0,641535x^{**}$			

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

#### 5.4 Taxa de cobertura verde

A taxa de cobertura verde (TCV) foi diferente significativamente apenas para a variação de lâminas, nas avaliações ocorridas aos 120, 130 e 145 DAII. A avaliação da TCV aos 170 DAII não se mostrou significativa uma vez que os tratamentos já haviam promovido o fechamento quase que integral da área gramada. Nota-se, no entanto, que este fechamento foi diferenciado em função do uso da AR e AT, sendo que esta última apresentou crescimento mais lento e, conseqüentemente, fechamento da superfície do solo mais demorado. Para a aplicação de 100% a ET,

aos 170 dias o uso da AT tinha valores variando de 73,1 e 76,0%, respectivamente para aplicação de água por aspersão e gotejamento.

**Tabela 15 - Análise de variância dos resultados da taxa de cobertura verde em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Taxa de cobertura verde em determinados dias após o início da irrigação					
	DAII	100	120	130	145	170
		-----p - valor-----				
Método (M)		0,096	0,380	0,853	0,154	0,346
Lâmina (L)		0,062	0,003	0,011	0,005	0,131
M x L		0,309	0,152	0,545	0,564	0,692
CV1, %		9,77	10,27	6,61	4,12	4,22
CV 2, %		16,75	12,9	14,52	7,4	4,92

Exceto para a avaliação aos 100 DAII onde não houve efeito significativo entre lâminas de irrigação aplicada, para todas as demais épocas houve resposta linear e significativa, aumentando a cobertura verde com o aumento das lâminas. O incremento em porcentagem de cobertura verde a cada 1% de lâmina de água aplicada pode ser extraído das equações de regressão, onde se obteve valores de: 0,19; 0,11; 0,13; 0,07 e 0,03 para as datas de avaliação aos 100, 120, 130, 145 e 170 DAII, respectivamente. Para as últimas duas amostragens, os incrementos foram menores, pois o gramado já estava atingindo o fechamento máximo de 100%.

**Tabela 16 - Médias da taxa de cobertura verde em função dos tratamentos**

Taxa de cobertura verde do gramado em determinados dias após o início da irrigação, %					
DAII	100	120	130	145	170
Métodos	Média da taxa de cobertura verde, %				
Aspersão (água residuária - AR)	60,9 a	70,5 a	81,1 a	95,2 a	98,1 a
Gotejamento (água residuária - AR)	66,2 a	73,2 a	80,7 a	92,6 a	96,5 a
Aspersão (água tratada - AT)	45,2 aB	46,8 aB	46,9 aB	65,7 aB	73,1 aB
Gotejamento (água tratada - AT)	50,9 aB	48,5 aB	48,0 aB	67,6 aB	76,0 aB
Aspersão (100 % AR)	61,8 A	72,0 A	83,9 A	97,9 A	99,4 A
Gotejamento (100% AR)	64,7 A	78,2 A	82,5 A	95,6 A	97,3 A

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

Efeitos da lâmina de irrigação sobre o fechamento de gramados podem ser observados no trabalho de Carribeiro (2010). De forma semelhante ao discutido para



ICV, com o aumento da lâmina de irrigação houve de modo proporcional aumento da quantidade de N aplicada. Vários trabalhos como os de Backes et al. (2010), Lima et al. (2015) e Silva (2016) indicam resultados semelhantes, ou seja, quanto mais N aplicado maior será o fechamento dos tapetes de grama e, conseqüentemente, o recobrimento da área. Doses muito elevadas de N podem, no entanto, levar a um crescimento exagerado de parte aérea em detrimento da raiz, além de deixar a planta suscetível a doenças e ataque de pragas (JONES JUNIOR et al., 1991).

**Tabela 17 - Análise de regressão da taxa de cobertura verde nas datas avaliadas em função das lâminas aplicadas**

Métodos	Média da taxa de cobertura verde, %				Regressã o	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
100 DAIL						
Aspersão	49,9 a	61,8 a	66,5 a	65,4 a	0,05 L	75,5
Gotejamento	61,8 a	64,7 a	60,8 a	77,4 a	ns	-
120 DAIL						
Média	59,8	75,1	73,6	78,9	0,001 L <sup>2</sup>	74,81
130 DAIL						
Aspersão	63,8 a	83,9 a	78,8 a	88,8 a	0,01 L <sup>3</sup>	75,69
Gotejamento	72,1 a	82,5 a	87,9 a	89,3 a	ns	-
145 DAIL						
Média	85,6	96,8	94,5	98,9	0,01 L <sup>4</sup>	69,01
170 DAIL						
Média	93,9	98,4	97,2	99,7	0,05L <sup>5</sup>	70,88
$\hat{y} = 48,095 + 0,102325x^*$		$^4\hat{y} = 84,4875 + 0,075583x^{**}$				
$^2\hat{y} = 57,835625 + 0,112135x^{***}$		$^5\hat{y} = 93,285625 + 0,031985x^*$				
$^3\hat{y} = 61,39375 + 0,15754x^{**}$						

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## 5.5 Comprimento da raiz mais longa

O comprimento da maior raiz não gerou diferença significativa entre os tratamentos, ou seja, a aspersão e o gotejamento, bem como as diferentes lâminas não apresentaram diferenças significativas (Tabelas 18, 19 e 20). Um dos motivos pode ser a capacidade de resposta da planta à parte aérea em detrimento da raiz, conforme discutido anteriormente.

Pode ter ocorrido, também, que durante a retirada da amostra de solo contendo as raízes, as mesmas tenham se rompido, dificultando a remoção de toda a massa em profundidade. Em áreas de gramado esportivo onde são colocados o “top soil”,

um colchão de areia onde a grama irá desenvolver o sistema radicular, a remoção com trado amostrador específico é muito simples e a observação do sistema radicular é visual, porém neste caso o gramado se desenvolveu sobre solo de textura média, o que pode ter dificultado seu crescimento em profundidade bem como a sua amostragem para visualizar as possíveis diferenças.

**Tabela 18 - Análise de variância do comprimento da raiz mais longa em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Comprimento da raiz da grama
DAII	190
	----- p - valor -----
Método (M)	0,865
Lâmina (L)	0,738
M x L	0,116
CV1, %	25,53
CV 2, %	24,37

**Tabela 19 - Médias do comprimento da raiz mais longa em função dos tratamentos**

Comprimento da raiz mais longa do gramado ao final do experimento (CRL)	
DAII	190
Métodos	Comprimento da raiz, cm
Aspersão (água residuária - AR)	14,8 a
Gotejamento (água residuária - AR)	15,1 a
Aspersão (água tratada - AT)	12,7 aA
Gotejamento (água tratada - AT)	14,9 aA
Aspersão (100 % AR)	17,6 A
Gotejamento (100% AR)	12,4 A

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

**Tabela 20 - Análise de regressão do comprimento da raiz mais longa ao final do experimento em função das lâminas aplicadas**

Métodos	Média do comprimento da raiz mais longa, cm				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
	Final do experimento					
Aspersão	13,3 a	17,6 a	14,1 a	14,2 a	ns	-
Gotejamento	14,8 a	12,4 a	17,9 a	15,1 a	ns	-

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## 5.6 Massa seca da raiz

De modo semelhante ao comprimento de raízes, a massa seca de raízes não foi diferente entre os tratamentos. A massa seca de raiz variou de 13 a 18 gramas por área amostrada de 2,25 m<sup>2</sup>. Nota-se que, diferente da parte aérea, a raiz não é um órgão responsivo à variação de água e macronutrientes, conforme já discutido, a maior resposta em massa ocorre para parte aérea, com exceção do nitrogênio que pode gerar um desbalanço entre parte aérea/ raízes e estolões como verificado por Silva (2016).

Backes (2008), verificou efeito linear crescente dos micronutrientes Cu e Zn nos rizomas + estolões em função das doses de lodo de esgoto e efeito quadrático para os micronutrientes Fe e Mn.

Godoy (2005) concluiu que doses maiores que 400 kg N ha<sup>-1</sup> reduziram a quantidade de massa seca nas raízes e rizomas na grama esmeralda.

**Tabela 21 - Análise de variância da massa seca da raiz em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Massa seca da raiz da grama
DAII	190
	----- p - valor -----
Método (M)	0,865
Lâmina (L)	0,738
M x L	0,116
CV1, %	25,53
CV 2, %	24,37

**Tabela 22 - Média da massa seca da raiz em função dos tratamentos**

Massa seca da raiz do gramado ao final do experimento	
DAII	190
Métodos	Massa seca da raiz, g
Aspersão (água residuária - AR)	14,8 a
Gotejamento (água residuária - AR)	15,1 a
Aspersão (água tratada - AT)	12,7 aA
Gotejamento (água tratada - AT)	14,9 aA
Aspersão (100 % AR)	17,6 A
Gotejamento (100% AR)	12,4 A

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

**Tabela 23 - Análise de regressão da matéria seca da raiz ao final do experimento em função das lâminas aplicadas**

Métodos	Média da massa seca da raiz, g				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
Final do experimento						
Aspersão	13,3 a	17,6 a	14,1 a	14,2 a	ns	-
Gotejamento	14,8 a	12,4 a	17,9 a	15,1 a	ns	-

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

### 5.7 Tração superficial do gramado

Os resultados de tração superficial do gramado expressam de forma indireta a formação de raízes, rizomas e estolões. Quanto maior a presença dessas estruturas da grama esmeralda, maior será a resistência da grama para romper-se em um jogo ou durante o corte do tapete. Neste caso, os tratamentos indicaram pouca variação entre os tratamentos, ficando a força de tração entre 42 e 55 Nm. Esses dados corroboram com a pouca variação entre o tamanho da maior raiz e a massa seca de raízes.

**Tabela 24 - Análise de variância da tração superficial no gramado em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Tração superficial no gramado
DAII	190
	----- p - valor -----
Método (M)	0,208
Lâmina (L)	0,341
M x L	0,542
CV1, %	17,86
CV 2, %	13,83

Para um gramado ser considerado bom, a FIFA (2017) recomenda que sua tração superficial (“rotational resistance”) apresente valores entre 25 e 50 Nm, no entanto, um gramado ideal deve apresentar valores entre 35 e 45 Nm.

O sistema de gotejamento encontra-se dentro da classificação do gramado bom para aplicação de AR (Tabela 25) e aplicando-se somente AT, independente do sistema de irrigação, o gramado pode ser classificado como ideal. Isso se deve a maior quantidade de nutrientes fornecidos pela AR que gerou um aumento na tração superficial e resultou em um gramado mais forte e resistente.

Andrade (2016) e Silva (2016) também encontraram valores de tração superficial superiores ao recomendado para a grama bermuda implantada em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) de textura média, o mesmo deste trabalho. Entretanto, os gramados esportivos oficiais, normalmente, são implantados em areia onde a resistência à tração, presumivelmente, seja menor.

**Tabela 25 - Média tração superficial no gramado em função dos tratamentos**

Tração superficial do gramado ao final do experimento	
DAII	190
Métodos	Tração superficial, Nm
Aspersão (água residuária - AR)	55,2 a
Gotejamento (água residuária - AR)	49,9 a
Aspersão (água tratada - AT)	44,8 aA
Gotejamento (água tratada - AT)	42,3 aB
Aspersão (100 % AR)	53,3 A
Gotejamento (100% AR)	54,5 A

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

**Tabela 26 - Análise de regressão da tração superficial no gramado ao final do experimento em função das lâminas aplicadas**

Métodos	Tração superficial no gramado, Nm				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
190 DAII						
Aspersão	53,0 a	53,3 a	54,8 a	59,8 a	ns	-
Gotejamento	46,3 a	54,5 a	47,0 a	51,8 a	ns	-

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

### 5.8 Coliforme fecal (*Escherichia coli*)

A AR utilizada continha coliformes fecais e a sua aplicação sobre um gramado pode gerar contaminação, mesmo que por algumas horas ou dias, dependendo das condições climáticas, principalmente temperatura. Através do número mais provável (NMP), foi analisado a quantidade de coliforme total e fecal (*Escherichia coli*) no tecido vegetal do gramado para 100 ml.

Damasceno (2015) verificou que para eliminar tanto coliformes fecais como *Escherichia coli* presentes em amostras de água foi necessária uma temperatura de 55°C por uma hora.

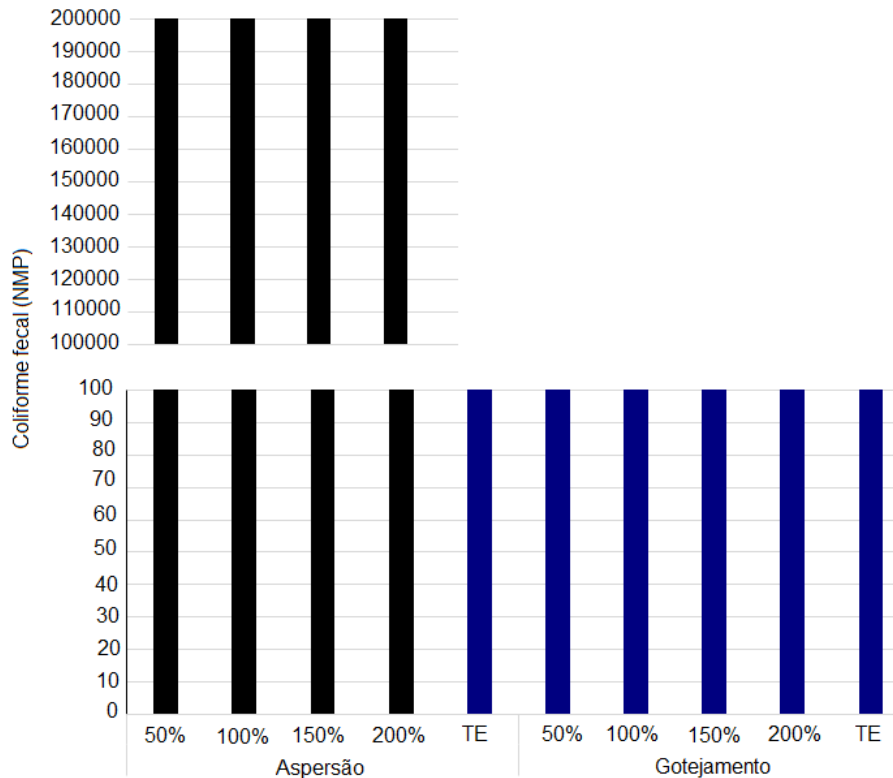
Javara (2005) utilizando um coletor solar plano para tratamento com a energia solar para a desinfecção da água conseguiu, em 99% dos casos, remover coliformes com temperaturas maiores que 55°C durante 60 minutos, 65°C durante 30 minutos e 75°C durante 15 minutos. Esse mesmo autor, concluiu que a desinfecção solar é eficiente para remoção de coliformes fecais e totais em menos de quatro horas considerando o período das 10 às 15 horas, na cidade de Botucatu, que apresentou uma radiação solar superior a 3000 Wh m<sup>-2</sup>.

Nos resultados onde foi avaliado o número mais provável (NMP) de coliformes total e fecal os resultados foram bastante distintos entre os sistemas de irrigação. Na aplicação de AR por aspersão, a leitura do NMP gerou resultados no limite superior da tabela de leitura, ou seja, 214,3 x 10<sup>-4</sup> NMP/ 100ml, o contrário ocorreu para a aplicação por gotejamento, onde os valores encontrados foram inferiores a 100 NMP/ 100ml, valores encontrados também no tratamento controle, sem uso de AR.

A aplicação por gotejamento subsuperficial pode dificultar o acesso dos patógenos a superfície do solo, mantendo-os próximos ao emissor, no solo e não no tecido vegetal.

Os valores encontrados permitem inferir que a aplicação de água via gotejamento, mesmo com elevado teor de coliformes, não chega a atingir a parte aérea, servindo como uma proteção da planta e de quem dela se beneficia.

**Figura 32 - Avaliação de coliforme fecal (*Escherichia coli*) no tecido vegetal do gramado**



## 5.9 Análise foliar

Os teores foliares de nutrientes variaram com os métodos de irrigação para N, P, K e S, principalmente em avaliação ao final do ciclo, o mesmo ocorrendo para lâmina. Os teores de Ca e Mg nas folhas de grama esmeralda não foram afetados pelos tratamentos. Para o P, houve interação entre métodos de aplicação de água e lâminas aplicadas (Tabela 27).

A água de reuso aplicada, conforme pode ser avaliada na Tabela 4, apresenta concentrações elevadas de vários nutrientes. Com a aplicação contínua dessa água através da irrigação houve o aumento significativo dos teores desses nutrientes na planta, reflexo direto da quantidade de nutrientes aplicados via água. Para o fósforo, onde houve interação método x lâmina, os teores foram mais elevados na aspersão. Uma justificativa para este resultado pode estar relacionada com a baixa mobilidade do P no solo, limitando a absorção de P por plantas mais próximas a linha gotejadora.

Apesar da concentração de Ca na água ser elevada, o teor desse nutriente no solo foi aumentado principalmente pela calagem aplicada antes da instalação dos

tapetes de grama, o que explica não se observar diferenças entre os tratamentos para Ca. No caso do Mg, além do fornecimento deste nutriente pelo calcário (carbonato de Ca e Mg), a água de reuso utilizada também apresenta baixo teor.

Para os micronutrientes (Tabela 28), poucos efeitos significativos em relação aos métodos e lâminas de água de reuso aplicada foram observados. Pode-se destaca, no entanto, na avaliação ocorrida no meio do ciclo, para os teores de Fe e Mn que foram diferentes significativamente para os métodos e as lâminas aplicadas. Nesta avaliação, para ambos os micronutrientes, os teores foram mais elevados quando a irrigação ocorreu por aspersão em relação ao gotejamento (Tabela 30).

**Tabela 27 - Análise de variância dos macronutrientes no tecido vegetal em duas coletas em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Análise foliar dos macronutrientes no meio (M) e final (F) do experimento											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
Nutrientes	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
	-----p - valor-----											
Método (M)	0,898	0,010	0,008	0,204	0,193	0,031	0,272	0,631	0,495	0,314	0,439	0,010
Lâmina (L)	0,001	0,013	0,001	0,001	0,043	0,039	0,850	0,454	0,436	0,052	0,583	0,034
M x L	0,324	0,565	0,039	0,048	0,480	0,869	0,301	0,504	0,125	0,598	0,770	0,533
CV1, %	3,29	4,6	4,82	8,18	11,75	6,71	37,45	33,74	15,74	12,83	7,25	2,23
CV 2, %	6,42	6,54	11,05	8,98	9,55	8,98	28,05	24,69	14,03	11,19	5,78	5,35

**Tabela 28 - Análise de variância dos micronutrientes no tecido vegetal em duas coletas em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Análise foliar dos micronutrientes no meio (M) e final (F) do experimento									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
Nutrientes	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
	-----p - valor-----									
Método (M)	0,001	0,273	0,267	0,174	0,018	0,149	0,021	0,802	0,264	0,062
Lâmina (L)	0,769	0,104	0,366	0,033	0,047	0,590	0,011	0,928	0,616	0,001
M x L	0,577	0,815	0,939	0,451	0,390	0,995	0,516	0,976	0,765	0,458
CV1, %	23,44	4,2	7,78	9,72	35,90	43,75	11,71	21,17	13,41	8,98
CV 2, %	17,58	7,82	10,22	8,56	54,5	76,1	11,21	20,71	8,26	7,45

As concentrações de N, P e K foram mais elevadas ao final do ciclo, justificada pela maior lâmina aplicada e, conseqüentemente, maior quantidade de nutrientes foram depositadas no solo e absorvidas pela grama (Tabela 29).

Utilizando a AR os teores de N, K e S ao final do ciclo foram mais elevados na grama com o sistema de gotejamento, sendo que o contrário ocorreu para P em avaliação ao final do ciclo. O gotejamento promoveu maiores concentrações para N,



K e S em função de localizarem o nutriente próximo a linha de gotejamento, onde se observou maior crescimento e intensidade da cor da grama.

Com a aplicação de AT os teores de nutrientes foram sempre mais baixos em relação a AR, exceto para Ca e Mg, conforme já discutido. Porém quando se considera a aplicação de 100% da ET, ambos sistemas de irrigação apresentaram resultados semelhantes (Tabela 29).

As lâminas de água de reuso aplicadas promoveram respostas lineares em relação ao teor de N nas aparas de grama na avaliação no meio do experimento. Os teores foram crescentes com as doses, atingindo um máximo de 26,1 g de N kg<sup>-1</sup> de massa seca. Já na avaliação ocorrida ao final do experimento não se observa este efeito. Os teores nas aparas atingiram valores de 27,4 a 30,8 g de N kg<sup>-1</sup> de massa de matéria seca e, portanto, a lâmina de 50% já forneceu N em quantidade suficiente para nutrir a grama, atingindo valores adequados desse nutriente como discutido por Godoy et al. (2007).

Para N, não se observou diferença entre os sistemas de irrigação. Sabe-se que o N é muito móvel no solo e, portanto, esse nutriente atingi as raízes da grama independente do sistema de irrigação, diferente do observado pelo P que pela baixa mobilidade não conseguiu nutrir a grama de forma adequada. Certamente, neste caso o P ficou muito próximo ao gotejamento, afetando a nutrição de plantas localizadas mais distante da fita gotejadora. Para P, apesar de haver resultado de teores mais elevado para lâmina de 50% ao final do ciclo, as demais lâminas não demonstram uma tendência como a observada para aspersão ao meio do ciclo.

**Tabela 29 - Média dos macronutrientes do tecido vegetal em duas coletas em função dos tratamentos**

Análise foliar de macronutrientes do tecido vegetal no meio (M) e final (F) do experimento												
Nutrientes	N		P		K		Ca		Mg		S	
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Métodos	Média das análises, g Kg <sup>-1</sup>											
Asp. - AR	24,4 a	27,5 b	2,0 a	2,6 a	10,6	15,3 b	4,9	3,8	1,4	1,3	2,1	1,5 b
Gotej. - AR	24,4 a	30,3 a	1,8 b	2,8 a	11,3	16,7 a	5,8	3,5	1,5	1,4	2,2	1,6 a
Asp. - AT	21,6 aB	19,6 aB	1,7 aA	2,0 aA	9,0 A	10,6 aB	6,4	3,3	1,6	1,15 A	2,0	1,3 aB
Gotej. - AT	17,3 bB	16,2 bB	1,6 aB	1,6 bB	7,3 B	9,1 aB	6,1	4,0	1,3	1,15 B	2,1	1,3 aB
Asp. (100% AR)	24,5 A	26,4 A	1,9 A	2,0 A	10,3 A	14,6 A	4,5	4,5	1,3	1,4 A	2,1	1,5 A
Gotej.(100%AR)	23,7 A	28,4 A	1,9 A	2,1 A	11,5 A	15,8 A	6,7	3,5	1,5	1,3A	2,2	1,6 A

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residual pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

**Tabela 30 - Média dos micronutrientes do tecido vegetal em função dos tratamentos**

Análise foliar de micronutrientes do tecido vegetal no meio (M) e final (F) do experimento										
Nutrientes	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Métodos	Média das análises, mg kg <sup>-1</sup>									
Asp. - AR	4,3b	65,9	13,1	16,9	1957,9 a	438,9	99,9a	55,4 a	22,8 a	23,8
Gotej. - AR	12,1 a	67,2	13,6	17,9	1059,0 b	592,8	83,1 b	54,3 a	21,4 a	26,1
Asp. - AT	5,5 b	67,7	14,3	21,5	4135,5 a	859,8	112,3 a	63,0 b	23,0 a	26,0
Gotej. - AT	13,9 a	63,4	13,5	20,5	2655,8 a	926,3	85,8 b	72,5 a	20,3 b	23,0
Asp. (100% AR)	3,9	65,9	12,8	16,8	1583,0	630,0	102,0	56,8	23,5	22,5
Gotej.(100%AR)	12,0	64,5	13,3	17,0	908,8	438,3	84,5	55,0	21,5	23,0

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

Foi observado efeito linear em função das lâminas de AR para K e Mg quando aplicado via aspersão. Para gotejamento não foi significativa a regressão (Tabela 31).

Portanto, notou-se o efeito de incremento de N, P, K e Mg no solo em função das lâminas de água de reuso aplicada, sendo que para P, K e Mg a aspersão gerou maiores teores nas folhas de grama.

Para os micronutrientes, os teores de Fe e Mn apresentaram diminuição de concentração no meio do experimento com o aumento das lâminas aplicadas. Uma explicação para este efeito está ligada a solubilidade desses dois micronutrientes que são aumentadas com a lâmina, passando de Fe e Mn oxidado para reduzido. Com isso, este nutriente pode ser lixiviado no solo com maior facilidade a medida que o maior volume é aplicado.

**Tabela 31 - Análise de regressão dos macronutrientes no tecido vegetal ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas**

Métodos	Média dos macronutrientes, g kg <sup>-1</sup>				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
N - Meio do experimento						
<b>Média</b>	21,9	24,1	25,4	26,1	0,001 L	94,93
N - Final do experimento						
<b>Média</b>	28,4	27,4	30,8	29,1	ns	-
P - Meio do experimento						
<b>Aspersão</b>	1,6 a	1,9 a	2,3 a	2,4 a	0,001 L <sup>2</sup>	96,89
<b>Gotejamento</b>	1,7 a	1,9 a	1,8 b	1,9 b	ns	-
P - Final do experimento						
<b>Aspersão</b>	3,0 b	2,0 a	3,4 a	2,1 a	ns	-
<b>Gotejamento</b>	3,5 a	2,1 a	3,2 a	2,3 a	0,001 L <sup>3</sup>	21,55
K - Meio do experimento						
<b>Aspersão</b>	9,5 a	10,3 a	11,3 a	11,4a	0,05 L <sup>4</sup>	90,62
<b>Gotejamento</b>	10,7 a	11,5 a	11,1 a	12,1 a	ns	-
K - Final do experimento						
<b>Média</b>	15,7	15,2	17,3	15,8	ns	-
Ca - Meio do experimento						
<b>Média</b>	5,5	5,6	5,0	5,3	ns	-
Ca - Final do experimento						
<b>Média</b>	3,7	4,0	3,5	3,3	ns	-
Mg - Meio do experimento						
<b>Aspersão</b>	1,3 a	1,3 a	1,5 a	1,6 a	0,05 L <sup>5</sup>	94,6
<b>Gotejamento</b>	1,5 a	1,5 a	1,4 a	1,5 a	ns	-
Mg - Final do experimento						
<b>Média</b>	1,4	1,4	1,4	1,3	ns	-
S - Meio do experimento						
<b>Média</b>	2,1	2,1	2,1	2,2	ns	-
S - Final do experimento						
<b>Média</b>	1,5	1,6	1,5	1,5	ns	-
<b><math>\hat{y} = 20,9125 + 0,027738x^{***}</math></b>			<b><math>{}^4\hat{y} = 1,125 + 0,00235x^*</math></b>			
<b><math>{}^2\hat{y} = 1,39875 + 0,00512x^{***}</math></b>			<b><math>{}^5\hat{y} = 3,1625 - 0,003628x^{***}</math></b>			
<b><math>{}^3\hat{y} = 8,95 + 0,013x^*</math></b>						

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 32 - Análise de regressão dos micronutrientes no tecido vegetal ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas

Métodos	Média dos micronutrientes, mg kg <sup>-1</sup>				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
<b>B - Meio do experimento</b>						
Média	8,3	7,9	8,6	8,0	ns	-
<b>B - Final do experimento</b>						
Média	70,7	65,2	64,6	65,8	ns	-
<b>Cu - Meio do experimento</b>						
Média	13,3	13,3	13,4	13,5	ns	-
<b>Cu - Final do experimento</b>						
Média	17,5	16,9	18,8	16,5	ns	-
<b>Fe - Meio do experimento</b>						
Aspersão	3159,8 a	1481,3a	1583,0 a	1607,5 a	0,05 L	53,61
Gotejamento	1400,0 b	1090,3 a	908,8 a	837,0 a	ns	-
<b>Fe - Final do experimento</b>						
Média	668,3	531,6	438,0	425,4	ns	-
<b>Mn - Meio do experimento</b>						
Aspersão	114,8 a	102,0 a	93,3 a	89,8 a	0,01 L <sup>2</sup>	94,23
Gotejamento	89,3 b	84,5 b	79,3 a	79,3 a	ns	-
<b>Mn - Final do experimento</b>						
Média	55,6	55,9	55,3	52,5	ns	-
<b>Zn - Meio do experimento</b>						
Média	22,1	22,5	22,4	21,4	ns	-
<b>Zn - Final do experimento</b>						
Média	25,8	22,8	27,6	23,9	ns	-
$\hat{y} = 3096,625 - 9,11x^*$			${}^2\hat{y} = 120,875 - 0,1675x^{**}$			

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## 5.10 Análise química do solo

Na análise química do solo observou-se diferenças entre os métodos de irrigação apenas para pH, Al e S ao final do ciclo. No entanto, as variações observadas foram pouco expressivas, denotando que os sistemas de irrigação não foram marcantes nos parâmetros químicos avaliados.

De modo semelhante, as diferentes lâminas aplicadas geraram efeito linear para gotejamento ao final do experimento, com uma diferença de 0,1 mmol de K dm<sup>-3</sup> e para CTC que variou de 63,7 a 76,7 mmolcdm<sup>-3</sup> da lâmina maior para a menor. Para micronutrientes, as diferenças observadas entre as lâminas não foram significativas.

Apesar de se esperar a contribuição da água de reuso nas características do solo, isto não foi observado quando se compara aspersão AT, gotejamento AT x aspersão AR e gotejamento AR. Deve-se, no entanto, considerar que a grama

removeu grande parte destes nutrientes aplicados, gerando inclusive diferenças na quantidade de aparas em função da lâmina aplicada.

A grama cortada mensalmente na área foi removida, e com ela, os nutrientes absorvidos do solo. Portanto, apesar da maior remoção de nutrientes das aparas no tratamento com maior lâmina, os teores de solo permanecerem semelhantes àqueles com menor lâmina.

**Tabela 33 - Análise de variância da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Análise química do solo no meio (M) e final (F) do experimento											
	pH		M.O		Presina		Al <sup>3+</sup>		H + Al		K	
Nutrientes	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
	-----p - valor-----											
Método (M)	0,312	0,032	0,598	0,807	0,597	0,428	0,356	0,025	0,378	0,178	0,244	0,881
Lâmina (L)	0,681	0,011	0,955	0,040	0,787	0,726	0,481	0,020	0,664	0,018	0,996	0,237
M x L	0,844	0,675	0,269	0,554	0,363	0,314	0,900	0,627	0,944	0,125	0,914	0,216
CV1, %	2,99	1,2	12,34	15,93	41,12	74,80	46,76	43,44	11,34	18,1	24,30	29,79
CV 2, %	5,22	5,04	16,67	18,35	35,83	72,16	102,13	88,98	18,35	19,57	22,21	22,26

**Tabela 34 - Análise de variância da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Análise química do solo no meio (M) e final (F) do experimento											
	Ca		Mg		SB		CTC		V%		S	
Nutrientes	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
	-----p - valor-----											
Método (M)	0,428	0,755	0,118	0,958	0,181	0,797	0,175	0,538	0,341	0,058	0,330	0,044
Lâmina (L)	0,534	0,005	0,049	0,023	0,262	0,009	0,377	0,742	0,300	0,002	0,751	0,350
M x L	0,420	0,171	0,680	0,313	0,488	0,201	0,579	0,035	0,725	0,416	0,866	0,737
CV1, %	33,12	28,70	22,69	15,4	21,42	23,69	13,41	19,73	10,82	8,03	37,57	28,21
CV 2, %	40,3	25,18	36,26	30,0	35,63	25,02	16,61	12,36	23,41	18,28	27,07	54,31

**Tabela 35 - Análise de variância da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos**

Fontes de variação	Análise química do solo no meio (M) e final (F) do experimento									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
Nutrientes	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
	-----p - valor-----									
Método (M)	0,228	0,959	0,405	0,916	0,078	0,126	0,968	0,583	0,329	0,973
Lâmina (L)	0,040	0,639	0,493	0,021	0,735	0,489	0,921	0,193	0,735	0,001
M x L	0,611	0,437	0,543	0,178	0,399	0,193	0,385	0,224	0,525	0,249
CV1, %	21,91	15,94	87,02	67,09	8,60	27,74	53,7	57,92	109,1	61,27
CV 2, %	9,35	12,97	69,27	34,11	18,85	42,21	36,86	43,16	95,8	31,63

**Tabela 36 - Média dos nutrientes da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos**

Análise química do solo no meio (M) e final (F) do experimento												
Nutrientes	pH		M.O		Presina		Al <sup>3+</sup>		H + Al		K	
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Métodos	CaCl <sub>2</sub>		g dm <sup>3</sup>		mg dm <sup>3</sup>		Média dos nutrientes, mmolc dm <sup>3</sup>					
Asp. - AR	4,9	4,8 b	21,8	34,9	14,9	10,5	1,2	1,3 a	33,8	38,8	1,3	1,0
Gotej. - AR	5,0	4,9 a	22,3	35,5	16,2	13,4	1,0	0,7 b	32,4	34,7	1,2	1,0
Asp. - AT	4,9	4,8 a	19,4	37,5	14,6	11,7	1,2	0,9 a	33,5	36,7	1,1	1,2
Gotej. - AT	4,9	4,6 a	17,8	30,5	30,5	15,6	1,2	1,9 a	33,1	40,8	1,0	0,9
Asp. (100% AR)	4,9	4,7	19,5	33,3	13,6	7,9	1,2	1,8	33,2	39,4	1,3	0,9
Gotej.(100%AR)	5,0	4,6	24,0	28,9	16,7	19,7	0,6	1,5	33,4	43,3	1,2	1,1

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

**Tabela 37 - Média dos nutrientes da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos**

Análise química do solo no meio (M) e final (F) do experimento												
Nutrientes	Ca		Mg		SB		CTC		V%		S	
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Métodos	Média dos nutrientes, mmolc dm <sup>3</sup>						dm <sup>3</sup>		V%		mg dm <sup>3</sup>	
Asp. - AR	18,9	21,4	11,2	9,9	31,4	32,2	65,2	71,0	47,2	44,9	38,7	21,7 a
Gotej. - AR	17,0	22,1	9,4	9,9	27,6	33,0	60,0	67,7	45,2	48,9	45,2	15,5 b
Asp. - AT	15,6	23,3	9,9	10,9	26,6	35,3	60,1	72,0	44,0	48,6	31,4	15,9 a
Gotej. - AT	15,8	18,8	8,9	8,7	25,7	28,4	58,8	69,2	42,7	41,0	46,8	18,3 a
Asp. (100% AR)	21,2	16,7	14,1	8,4	36,6	26,1	69,7	65,5	51,0	40,2	39,9	26,4
Gotej.(100%AR)	19,3	17,0	11,9	9,5	32,4	27,6	65,8	70,9	48,5	39,1	49,3	21,6

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

**Tabela 38 - Média dos micronutrientes da análise química do solo em duas coletas em função dos tratamentos**

Análise química do solo no meio (M) e final (F) do experimento										
Nutrientes	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
Período	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Métodos	Média dos micronutrientes, mg dm <sup>3</sup>									
Asp. - AR	0,21	0,20	3,2	2,7	56,2	56,7	5,9	9,6	0,8	0,8
Gotej. - AR	0,18	0,20	4,4	2,8	51,9	69,7	5,8	10,9	1,3	0,8
Asp. - AT	0,2	0,2	2,5	2,4	46,9	57,6	4,3	9,1	0,8	0,5
Gotej. - AT	0,2	0,2	4,4	1,9	51,1	49,7	4,3	7,2	1,4	0,8
Asp. (100% AR)	0,21	0,20	3,2	2,2	49,3	53,6	5,3	8,5	0,8	0,5
Gotej.(100%AR)	0,19	0,19	6,3	1,7	52,5	56,4	7,0	7,5	1,8	0,4

Média seguida pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem, por contraste, quando comparados o tratamento controle (água tratada) e tratamento com a lâmina 100% de água residuária pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, quando comparados os métodos de irrigação, com o mesmo tipo de água.

**Tabela 39 - Análise de regressão da análise química do solo ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas**

Métodos	Média dos itens avaliados na análise química do solo				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
<b>pH, CaCl<sub>2</sub> - Meio do experimento</b>						
<b>Média</b>	4,9	5,0	4,9	5,0	ns	-
<b>pH, CaCl<sub>2</sub> - Final do experimento</b>						
<b>Média</b>	4,8	4,6	5,1	4,8	ns	-
<b>M.O, g dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
<b>Média</b>	21,8	21,7	22,7	22,0	ns	-
<b>M.O, g dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
<b>Média</b>	39,1	31,1	38,4	32,2	ns	-
<b>Presina, mg dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
<b>Média</b>	16,1	15,2	16,9	14,2	ns	-
<b>Presina, mg dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
<b>Média</b>	11,8	13,8	12,9	9,1	ns	-
<b>Al<sup>3+</sup>, mmolc dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
<b>Média</b>	1,6	0,9	1,0	0,8	ns	-
<b>Al<sup>3+</sup>, mmolc dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
<b>Média</b>	0,9	1,7	0,2	1,3	ns	-
<b>H + Al, mmolc dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
<b>Média</b>	35,1	33,3	32,8	31,3	ns	-
<b>H + Al, mmolc dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
<b>Média</b>	35,2	41,4	30,1	40,4	ns	-
<b>K, mmolc dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
<b>Média</b>	1,3	1,2	1,2	1,3	ns	-
<b>K, mmolc dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
<b>Aspersão</b>	1,1 a	0,9 a	1,0 a	0,7 a	ns	-
<b>Gotejamento</b>	1,1 a	1,1 a	1,0 a	1,0 a	0,05 L	73,4

$$\hat{y} = 1,28375 - 0,002485x^*$$

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 40 - Análise de regressão da análise química do solo ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas

Métodos	Média dos itens avaliados na análise química do solo				Regressão	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
<b>Ca, mmolc dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Média	16,3	20,2	15,8	19,4	ns	-
<b>Ca, mmolc dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Média	22,3	16,9	27,8	20,1	ns	-
<b>Mg, mmolc dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Média	7,6	13,0	9,4	11,3	ns	-
<b>Mg, mmolc dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Média	8,9	8,9	13,0	8,7	ns	-
<b>SB, mmolc dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Média	25,2	34,5	26,4	32,0	ns	-
<b>SB, mmolc dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Média	32,3	26,8	41,7	29,7	ns	-
<b>CTC, mmolc dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Média	60,3	67,8	59,2	63,3	ns	-
<b>CTC, mmolc dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Aspersão	63,7 a	65,5 a	78,2 a	76,7 a	0,05 L	79,40
Gotejamento	71,1 a	70,9 a	65,4 b	63,4 b	ns	-
<b>V, % - Meio do experimento</b>						
Média	40,7	49,8	44,7	49,7	ns	-
<b>V, % - Final do experimento</b>						
Média	47,2	39,6	57,7	43,0	ns	-
<b>S, mg dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Média	38,6	44,6	43,0	41,7	ns	-
<b>S, mg dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Média	17,7	24,0	14,9	17,8	ns	-
<b><math>\hat{y} = 58,115 + 0,103275x^*</math></b>						

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Tabela 41 - Análise de regressão da análise química do solo ao meio e final do experimento em função das lâminas aplicadas

Métodos	Média dos itens avaliados na análise química do solo				Regressã o	R <sup>2</sup> (%)
	Lâminas (%)					
	50	100	150	200		
<b>B, mg dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Aspersão	0,19 a	0,21 a	0,20 a	0,23 a	0,05 L	57,29
Gotejament o	0,18 a	0,19 b	0,18 a	0,20 b	ns	-
<b>B, mg dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Média	0,20	0,19	0,20	0,21	ns	-
<b>Cu, mg dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Média	3,5	4,8	2,8	4,2	ns	-
<b>Cu, mg dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Média	3,2	2,0	3,4	2,4	ns	-
<b>Fe, mg dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Média	54,0	50,9	56,4	55,1	ns	-
<b>Fe, mg dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Média	68,6	55,0	72,4	56,7	ns	-
<b>Mn, mg dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Média	5,4	6,2	5,8	5,9	ns	-
<b>Mn, mg dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Média	11,1	8,0	12,7	9,3	ns	-
<b>Zn, mg dm<sup>3</sup> - Meio do experimento</b>						
Média	1,0	1,3	0,8	1,2	ns	-
<b>Zn, mg dm<sup>3</sup> - Final do experimento</b>						
Média	1,1	0,5	0,9	0,7	ns	-

$$\hat{y} = 0,185 + 0,000195x^*$$

L – linear; Q – quadrático; ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativo a 5, 1 e 0,1%; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 42. Quantidade de água residuária doméstica, água de poço e nitrogênio nelas contido, aplicadas durante o ciclo do experimento.**

<b>Aspersão</b>							
<b>Tratamentos</b>	<b>Lâminas (%)</b>	<b>Litros de AR/Tratamento</b>	<b>Litros de AR/subparcela</b>	<b>Média de N (g/L)</b>	<b>N g/tratamento</b>	<b>N g/subparcela</b>	<b>N g/m<sup>2</sup></b>
1	50	2811	703	0,056	157	39	17
2	100	5455	1364	0,056	305	76	34
3	150	7694	1924	0,056	431	108	48
4	200	9761	2440	0,056	547	137	61
Test	100	5822	1456	0,0025	15	4	2
<b>Gotejamento subsuperficial</b>							
1	50	3622	906	0,056	203	51	23
2	100	6072	1518	0,056	340	85	38
3	150	7200	1800	0,056	403	101	45
4	200	9444	2361	0,056	529	132	59
Test	100	5383	1346	0,0025	13	3	1

AR - Água residuária

## 6 CONCLUSÕES

As lâminas de água residuária doméstica aplicadas se mostraram eficiente por conter grandes quantidades de nutrientes e foi significativa em todas as análises realizadas quando comparada com a água tratada.

As lâminas crescentes da aplicação de água de reuso influenciaram nos resultados, sendo os maiores valores nas maiores lâminas, devido à quantidade de nutrientes fornecidos através dessa água.

O método de gotejamento subsuperficial foi mais eficiente em relação ao método de aspersão, apresentando maior comprimento da área foliar, maior índice de cor verde em menor prazo e maior massa seca, devido ao maior aproveitamento dos nutrientes, entre eles o N, porém, nas outras avaliações os métodos de irrigação foram semelhantes.

Através da aplicação da água de reuso via gotejamento subsuperficial mesmo com alto teor de coliforme fecal, dificulta o acesso de patógenos à superfície do solo e não chega a atingir a parte aérea, assim não consta a presença excessiva de *Escherichia coli* no tecido vegetal.



## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. E. P. Coeficiente de cultivo (Kc) e demanda de irrigação. **Revista Irrigação e Tecnologia Moderna**, v. 50, n. 3, p. 47, 2001.
- ALLEN, R. G. et al. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (FAO - Estudio Riego e Drenaje, 56).
- ANDRADE, T. F. **Desenvolvimento da grama bermuda Tifway em diferentes manejos de irrigação e de adubação**. 2016. 95 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu-SP, 2016.
- ANGELAKIS, A.N., M.H.F. MARECOS DE MONTE, L. BONTOUX, and T. ASANO. 1999. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: Need for guidelines. *Water Resour.* 33:2201–2217.
- BACKES, C. et al. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 3, p. 661-668, 2010.
- BACKES, C. **Aplicação e efeito residual do lodo de esgoto em sistemas de produção de tapetes de grama esmeralda**. 2008. 150p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- BASTOS, R. K. X. et al. Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro, RJ. ABES: Projeto PROSAB; 2003, 253 p.
- BOWMAN, D. C.; CHERNEY, C. T.; RUFTY, T. W. Fate and transport of nitrogen applied to six warm-season turfgrasses. **Crop Science**, v. 42, n. 3, p. 833-841, 2002.
- CARRIBEIRO, L. S. **Potencial de água no solo e níveis de compactação para o cultivo de grama esmeralda**. 2010. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu-SP, 2010.
- CARROW, R. N.; WADDINGTON, D. V.; RIEKE, P. E. **Turfgrass Soil Fertility & Chemical Problems: Assessment and Management**. John Wiley & Sons, 2001.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.
- CUNHA, A. H. N. et al. O reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer-Goiânia**, v. 7, n. 13, 2011.

DAMASCENO, A.P.A.B. **Desinfecção de águas servidas através de tratamento térmico utilizando coletor solar**. 2014. 75 p. Tese (Doutorado em Ciências – Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba –SP, 2015.

DAY, A.D., J.A. MCFADYEN, T.C. TUCKER, and C.B. Cluff. 1979. Waste water helps the barley grow! **Water and Wastes Eng.** 16:26–28.

DEVITT, D.A., R.L. MORRIS, M. BAGHZOUZ, and M. LOCKETT. 2005. Water quality changes in golf course irrigation ponds transitioning to reuse water. **HortScience** 40:2151–2156.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ) **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

FIFA. Quality Concept for football turf. Disponível em: <[http://www.fifa.com/mm/document/afdeveloping/pitchequip/fqc\\_football\\_turf\\_folder\\_34\\_2.pdf](http://www.fifa.com/mm/document/afdeveloping/pitchequip/fqc_football_turf_folder_34_2.pdf)>. Acesso em: 8 jun. 2017.

GEROLINETO, E. **Desenvolvimento da grama esmeralda (*Zoysia japonica steud*) sob dois manejos de irrigação**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

GIACOIA NETO, J. Sistemas de Irrigação para Gramados. **Simpósio sobre gramados**, v. 1, 2003. Botucatu, SP. Anais. UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2003.

GODOY, L. J. G. **Adubação nitrogenada para produção de tapete de grama santo agostinho e esmeralda**. 2005. 106 p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Ciência do solo) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu-SP, 2005.

GODOY, L. J. G. et al. Doses de nitrogênio e potássio na produção de grama esmeralda. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n.5, p. 1326-1332, 2007.

GODOY, L. J. G. et al. Nutrição, adubação e calagem para produção de gramas. **Botucatu, FEPAF**, 2012.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Nutrição de gramados. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 3., 2006, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 2006.

GOLOMBEK, C. H. Estresse em gramados e fatores fisiológicos correlatos. In: III SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 2006, Botucatu. Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 2006. Disponível em: <<<http://infograma.com.br/wp-content/uploads/2015/10/Estresse.pdf>>>. Acesso em: 9 jun. 2017.

GORNAT, B.; NOGUEIRA, L.C. Avaliação da economia de água com irrigação localizada convencional e subterrânea em fruteiras tropicais. Disponível em: Acesso em 09 jan. 2017.

GURGEL, R.A.G. Principais espécies e variedades de grama. In: I SIGRA – Simpósio sobre Gramados. 2003, Botucatu, SP. Produção Implantação e Manutenção: **Anais...** Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade estadual Paulista, 2003. 1 CD-ROM.

HUSSAR, G. J.; PARADELA A. L.; BASTOS M. C.; REIS T. K. B.; JONAS T. C.; SERRA W.; GOMES J. P. **Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba.** Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 035-045, jan/dez 2005, 11p.

JAVARA, M.A.G. **Desinfecção da água utilizando aquecimento solar.** 2005. 68 p. Dissertação (Mestrado em agronomia – Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu - SP, 2005.

JONES JUNIOR, J. B. et al. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens: Micro-Macro, 1991. 213 p.

KELLER, J.; BLIESNER, I.D. Sprinkler and trickle irrigation. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p

LEINAUER, B., AND D.A. DEVITT. 2013. Irrigation science and technology. In: B. Horgan, J. Stier, and S. Bonos, editors, Agronomy Monograph 56. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 1075–1133.

LEWIS, CARRIE M.; MAK, JEANNIE L. Comparação de técnicas de filtração de membrana e autoanálise Colilert presença-ausência para análise de coliformes totais e Escherichia coli em amostras de água potável. **Microbiologia aplicada e ambiental**, v. 55, n. 12, p. 3091-3094, 1989.

LIMA et al. **Quantidade de nutrientes extraídos pela grama bermuda em função de doses de nitrogênio.** Biosci. J., Uberlândia, v. 31, n. 5, p. 1432-1440. 2015.

LIMA, C. P. et al. Uso de índices de reflectância das folhas para avaliar o nível de nitrogênio em grama bermuda. **Revista Ciência Rural.** Santa Maria, 2012. v. 42, n. 9. p. 1568-1574.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C; OLIVERA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 317 p.

MATEUS, C. M. D. **Exportação de Nutrientes pela grama bermuda Tifdwarf utilizada em greens de campo de golfe.** 2011. 72 f. Tese (Doutorado em Horticultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência Agrônômicas, Botucatu-SP, 2011.

MEDEIROS, S. de S. et al. Comportamento dos atributos químicos do solo em resposta à aplicação de água residuária de origem doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. suplemento, 2005.

MOTA, F. D. **Lodo de esgoto compostado na produção de tapetes de grama esmeralda e na manutenção de água no solo**. 2016. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

PETERSON, K.; ARNOLD, K. S. BREMER, D. **Custom Light Box for Digital Image Turfgrass Analysis**. K- State Turfgrass Research. 2011. p. 89-91.

SANTOS, A. P. R. dos, **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades físicas e químicas de um argissolo vermelho distrófico cultivado com capim – TIFTON 85**. Dissertação Mestrado; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 95 páginas, 2004.

SANTOS JUNIOR, C. E. F. **Adubação nitrogenada e calagem na produção de gramas esmeralda e bermudas**. 2011. 110 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 2011.

SCHIAVON, M., B. LEINAUER, M. SERENA, R. SALLENAVE, AND B. MAIER. 2013. Establishing tall fescue and Kentucky bluegrass using subsurface irrigation and saline water. **Agron. J.** 105:183–190. doi:10.2134/agronj2012.0187

SEVOSTIANOVA, E.; LEINAUER, B. Subsurface-applied tailored water: combining nutrient benefits with efficient turfgrass irrigation. **Crop Science**, v. 54, n. 5, p. 1926-1938, 2014.

SILVA, D. de F. et al. Influência de distintas lâminas de irrigação no desenvolvimento e na qualidade visual da grama-batatais. **Acta Scientiarum: Technology**, v. 32, n. 1, 2010.

SILVA, D. de F.; OLIVEIRA, R. A. de; COSTA, L. C.; PEREIRA, O. G. CECON, P. R. Influência de lâminas de irrigação na produção de matéria seca da grama esmeralda. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 15, n. 1, p. 07-14, jan./mar., 2007.

SILVA, T. B. G. da. **Desenvolvimento da grama Tifton 419 submetida a distintos manejos de adubação e irrigação**. 2016. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, 2016.

SOUSA, J. T. de. et al. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 89-96, 2006.

VAN DER HOEK, WIM. et al. **Urban wastewater: a valuable resource for agriculture: a case study from Haroonabad, Pakistan**. IWMI, 2002.



RAIJ, B, V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

VASCONCELOS, A. C. M. et al. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Tarumã - SP, 2003, v. 27, p. 849-858.