

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESENVOLVIMENTO DA GRAMA BERMUDA TIFWAY EM
DIFERENTES MANEJOS DE IRRIGAÇÃO E DE ADUBAÇÃO**

THOMAS FIORE DE ANDRADE

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU-SP
Agosto - 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESENVOLVIMENTO DA GRAMA BERMUDA TIFWAY EM
DIFERENTES MANEJOS DE IRRIGAÇÃO E DE ADUBAÇÃO**

THOMAS FIORE DE ANDRADE

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

Co-orientador: Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU-SP

Agosto - 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

A553d Andrade, Thomas Fiore de, 1985-
Desenvolvimento da grama bermuda Tifway em diferentes
manejos de irrigação e de adubação / Thomas Fiore de An-
drade. - Botucatu : [s.n.], 2016
xi, 78 f. : fots. color., grafs., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas
Coorientador: Leandro José Grava de Godoy
Inclui bibliografia

1. Gramados. 2. Plantas - Efeito do nitrogênio. 3. So-
los - Teor de nitrogênio. 4. Plantas - Efeito do potás-
sio. 5. Solos - Teor de potássio. I. Villas Bôas, Roberto
Lyra. II. Godoy, Leandro José Grava de. III. Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de
Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DESENVOLVIMENTO DA GRAMA BERMUDA TIFWAY EM DIFERENTES MANEJOS DE IRRIGAÇÃO E DE ADUBAÇÃO

AUTOR: THOMAS FIORE DE ANDRADE

ORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

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

Roberto Lyra Villas Boas

Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS
Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

João Carlos Cury Saad

Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Dirceu Maximino Fernandes

Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Caroline de Moura d'Andréa Mateus

Dra. CAROLINE DE MOURA D ANDRÉA MATEUS
Pós-Doutoranda no Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Luiz Vitor Crepaldi Sanches

Prof. Dr. LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES
Depto de Agronomia, Floricultura e Paisagismo / FIB - Faculdades Integradas de Bauru

Botucatu, 09 de agosto de 2016.

AGRADECIMENTOS

À minha família por todo apoio e força dados durante este período;

Aos meus amigos de Piracicaba, de Botucatu, da FCA e das repúblicas Artrópodos e Zona Azul;

Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas pela oportunidade, confiança, apoio, motivação e ensinamentos;

Ao Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy pela contribuição como co-orientador no desenvolvimento do trabalho;

À Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP) pela infra-estrutura e oportunidade de realizar este curso, em especial ao Departamento de Engenharia Rural e ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais;

Aos funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais por toda ajuda dedicada durante este período;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudos concedida;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelos recursos financeiros concedidos para o desenvolvimento deste projeto;

Aos colegas de pós-graduação e graduação que estiveram sempre juntos comigo durante as coletas e análises realizadas;

E por fim, à todos que não foram citados, mas de alguma forma ajudaram para que este experimento fosse realizado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMO	1
SUMMARY	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1. Gramados esportivos	8
2.2. Adubação em gramados esportivos.....	10
2.2.1. Nitrogênio	10
2.2.2. Potássio	12
2.3. Alternativas para melhorar a recomendação e o parcelamento dos nutrientes	13
2.4. Manejo da irrigação em gramados esportivos.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Caracterização da área experimental	17
3.2. Construção da área experimental	17
3.3. Condução do experimento	19
3.3.1. Tratamentos e delineamento experimental	20
3.3.2. Manejo da irrigação	21
3.3.3. Manejo da adubação	23
3.4. Avaliações	24
3.4.1. Análise química do solo	24
3.4.2. Análise da solução do solo	24
3.4.3. Análise foliar	26
3.4.4. Análises de desenvolvimento do gramado	26
3.4.5. Avaliações da qualidade do gramado	29
3.5. Dados meteorológicos	31
3.6. Análise estatística dos resultados	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Análise química do solo	34

4.2. Análise da solução do solo	39
4.2.1. Nitrogênio	39
4.2.2. Potássio	44
4.2.3. Condutividade elétrica	49
4.2.4. Comportamento da solução do solo ao longo do tempo	54
4.3. Análise foliar	56
4.4. Análises de desenvolvimento do gramado	59
4.4.1. Altura do gramado	59
4.4.2. Massa de matéria seca de aparas	64
4.4.3. Taxa de recuperação do gramado	66
4.5. Avaliações da qualidade do gramado	68
4.5.1. Índice de cor verde	68
4.5.2. Resistência do gramado à tração	72
5. CONCLUSÕES	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

LISTA DE TABELAS

1. Análise granulométrica do solo nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm.....	16
2. Balanço hídrico semanal realizado para definição das lâminas de irrigação	22
3. Quantidades e datas de aplicação dos fertilizantes nitrogenados e potássicos	23
4. Resumo da análise de variância da análise química do solo realizada em setembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio, manejo da irrigação e profundidade da amostragem	35
5. Médias dos resultados da análise de solo realizada em setembro de 2015 em função das doses de potássio.....	36
6. Médias dos resultados da análise de solo realizada em setembro de 2015 em função do manejo da irrigação	36
7. Médias dos resultados da análise de solo realizada em setembro de 2015 em função da profundidade de amostragem	36
8. Resumo da análise de variância da análise química do solo realizada em março de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio, manejo da irrigação e profundidade da amostragem	37
9. Médias dos resultados da análise de solo realizada em março de 2016 em função das doses de potássio	38
10. Médias dos resultados da análise de solo realizada em março de 2016 em função do manejo da irrigação	39
11. Médias dos resultados da análise de solo realizada em março de 2016 em função da profundidade de amostragem	39
12. Resumo da análise de variância da concentração de nitrogênio na solução do solo realizada em outubro e novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	40
13. Resumo da análise de variância da concentração de nitrogênio na solução do solo realizada em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	40
14. Resumo da análise de variância da concentração de nitrogênio na solução do solo realizada em fevereiro e março de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	41

15. Coeficientes das componentes analisadas para nitrogênio na solução do solo	41
16. Médias dos resultados da análise de nitrogênio na solução solo função das doses de nitrogênio aplicadas	42
17. Médias dos resultados da análise de nitrogênio na solução solo função do manejo da irrigação	44
18. Resumo da análise de variância da concentração de potássio na solução do solo realizada em outubro e novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	44
19. Resumo da análise de variância da concentração de potássio na solução do solo realizada em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	45
20. Resumo da análise de variância da concentração de potássio na solução do solo realizada em fevereiro e março de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	45
21. Coeficientes das componentes analisadas para potássio na solução do solo	46
22. Médias dos resultados da análise de potássio na solução solo função das doses de K aplicadas	47
23. Médias dos resultados da análise de potássio na solução solo função das doses de N aplicadas	47
24. Médias dos resultados da análise de potássio na solução solo em função do manejo da irrigação	48
25. Médias dos resultados da análise de potássio na solução solo em função das doses de nitrogênio e potássio aplicadas	48
26. Médias dos resultados da análise de potássio na solução solo função das doses de potássio aplicadas e do manejo de irrigação	49
27. Resumo da análise de variância da condutividade elétrica na solução do solo realizada em outubro e novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	50
28. Resumo da análise de variância da condutividade elétrica na solução do solo realizada em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	50
29. Resumo da análise de variância da condutividade elétrica na solução do solo realizada em fevereiro e março de 2016 em função das doses de nitrogênio,	

potássio e manejo da irrigação	51
30. Coeficientes das componentes analisadas para condutividade elétrica na solução do solo	51
31. Médias dos resultados da análise de condutividade elétrica na solução solo em função das doses de nitrogênio	52
32. Médias dos resultados da análise de condutividade elétrica na solução solo em função das doses de potássio	53
33. Médias dos resultados da análise de condutividade elétrica na solução solo em função do manejo de irrigação	53
34. Médias dos resultados da análise de condutividade elétrica na solução solo em função das doses de potássio aplicadas e do manejo de irrigação	53
35. Resumo da análise de variância para concentração de nitrogênio e potássio na lâmina foliar de grama bermuda nas três épocas de avaliação	56
36. Médias dos resultados das análises de nitrogênio e potássio foliar nos três meses amostrados em função das doses de nitrogênio	57
37. Resumo da análise de variância para análise da altura do gramado nos seis meses avaliados em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	59
38. Médias da altura do gramado em função das doses de nitrogênio em seis épocas de avaliação	60
39. Médias da altura do gramado em função das doses de potássio em seis épocas de avaliação	63
40. Médias da altura do gramado em função do manejo da irrigação em seis épocas de avaliação	64
41. Resumo da análise de variância para análise da matéria natural coletada e da matéria seca em duas épocas de avaliação em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	64
42. Médias dos valores de matéria natural e seca em função das doses de nitrogênio nos dois meses de avaliação	65
43. Médias dos valores de matéria natural e seca em função do manejo da irrigação nos dois meses de avaliação	66
44. Resumo da análise de variância para análise da taxa de recuperação do gramado em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	67
45. Médias dos resultados da análise da taxa de cobertura verde do gramado em	

função das doses de nitrogênio	67
46. Resumo da análise de variância da intensidade de cor verde realizada em outubro e novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	68
47. Resumo da análise de variância da intensidade de cor verde realizada em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	69
48. Resumo da análise de variância da intensidade de cor verde realizada em fevereiro e março de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	69
49. Coeficientes das componentes analisadas para intensidade de cor verde	69
50. Médias dos resultados do índice de cor verde em função das doses de nitrogênio aplicadas	71
51. Resumo da análise de variância para análise de resistência do gramado à tração em duas épocas de avaliação em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação	73
52. Médias dos resultados da análise de resistência à tração do gramado em função das doses de nitrogênio e potássio aplicadas	73

LISTA DE FIGURAS

1. Operações realizadas para construção da área experimental: grade intermediária (a), nivelamento do terreno (b), abertura dos sulcos (c) e instalação do sistema de irrigação (d).....	17
2. Entrada de água (ponto rosa), aspersores (pontos amarelos) e a área molhada dentro da parcela	18
3. Calagem visando elevar a Saturação por Bases a 70% (a) e operação com enxada rotativa (b)	18
4. Implantação do gramado por “spriggs” (a) e área recebendo irrigação logo após a implantação (b)	19
5. Sistema de irrigação por aspersão (a) e controlador para automatização (b)	21
6. Estação meteorológica instalada ao lado da área do experimento	21
7. Extrator de solução do solo desenvolvido para gramados	25
8. Aparelhos para leitura rápida de condutividade elétrica, NO_3^- e K^+	25
9. Corte realizado na bordadura para evitar que a máquina colete aparas da parcela ao lado e os dois cortes realizados dentro da subparcela para coleta das aparas	26
10. Aparelho “Grass Height Prism Gauge” para avaliação da altura do gramado	27
11. Máquina de corte GreenMaster 1000 da Toro	28
12. Plugs de grama retirados para simular dano ao gramado e avaliar a taxa de recuperação	29
13. “Light box” utilizada para padronizar a luminosidade das fotos	29
14. Field Scout CM-1000 Chlorophyll Meter	30
15. “Rotational Resistance Tester” - Deltec Metaal®.....	31
16. Dados diários de temperatura máxima, média e mínima durante todo período do experimento	31
17. Dados diários de radiação solar global durante todo período do experimento	32
18. Dados semanais de precipitação durante todo período do experimento	32
19. Teor de potássio no solo em função das doses de nitrogênio	38
20. Teor de nitrogênio na solução do solo no dia 09/12/2015 em função das doses de nitrogênio	43
21. Teor de nitrogênio na solução do solo no dia 10/03/2016 em função das doses	

de nitrogênio	43
22. Concentração de nitrogênio na solução do solo e precipitação semanal ao longo do tempo	54
23. Concentração de potássio na solução do solo e precipitação semanal ao longo do tempo	54
24. Condutividade elétrica na solução do solo e precipitação semanal ao longo do tempo	55
25. Teor de nitrogênio na folha no mês de dezembro de 2015 em função das doses de nitrogênio	57
26. Teor de nitrogênio na folha no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio	58
27. Teor de potássio na folha no mês de dezembro de 2015 em função das doses de nitrogênio	58
28. Teor de potássio na folha no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio	59
29. Altura do gramado no mês de novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio	61
30. Altura do gramado no mês de dezembro de 2015 em função das doses de nitrogênio	61
31. Altura do gramado no mês de janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio ..	62
32. Altura do gramado no mês de fevereiro de 2016 em função das doses de nitrogênio	62
33. Altura do gramado no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio ...	63
34. Matéria natural no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio	65
35. Matéria seca no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio	66
36. Taxa de cobertura verde do gramado em função das doses de nitrogênio	68
37. Intensidade de cor verde no dia 07/10/2015 em função das doses de nitrogênio	71
38. Intensidade de cor verde no dia 25/11/2015 em função das doses de nitrogênio	72
39. Intensidade de cor verde no dia 06/01/2016 em função das doses de nitrogênio	72

DESENVOLVIMENTO DA GRAMA BERMUDA TIFWAY EM DIFERENTES MANEJOS DE IRRIGAÇÃO E DE ADUBAÇÃO. Botucatu, 2016. 78p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: Thomas Fiore de Andrade

Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

Co-orientador: Leandro José Grava de Godoy

RESUMO

Em gramados esportivos a aplicação de fertilizantes é frequente e em altas quantidades durante todo ano, principalmente devido aos frequentes cortes realizados e conseqüentemente à significativa extração de nutrientes. Atualmente a recomendação da adubação e da irrigação em gramados é subjetiva e baseia-se na experiência dos profissionais e no aspecto visual, o que aumenta muito as chances de erro. Por isso há necessidade de se desenvolver ferramentas e estudar o desenvolvimento do gramado para gerar informações que possam dar o respaldo científico para o profissional fazer as corretas recomendações. Objetivou-se com este trabalho gerar informações técnicas que possam contribuir na recomendação da adubação e no manejo da irrigação e comprovar a possibilidade ou não do uso de extratores de solução do solo em gramados esportivos, técnica já bastante utilizada na fertirrigação. O experimento foi realizado na FCA/UNESP, em Botucatu, onde foram utilizados dois manejos de irrigação, quatro doses de nitrogênio e duas doses de potássio. Os efeitos desses tratamentos sobre o desenvolvimento da grama bermuda Tifway (*Cynodon dactylon* X *Cynodon transvaalensis*) foram analisados e relacionados com os teores de nutrientes nas folhas, solo e solução do solo (coletada através de extratores de solução). O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e 4 repetições. Durante seis meses foram realizadas as seguintes avaliações: análise química do solo, análise da solução do solo, análise foliar, análises do desenvolvimento do gramado e avaliações da qualidade do gramado. O monitoramento da concentração de nutrientes na solução do solo com a utilização de extratores de cápsula porosa se mostrou eficiente para detectar as doses de nitrogênio e potássio aplicadas; a concentração de nitrogênio e potássio na folha, o índice de cor verde e o desenvolvimento do gramado foram maiores

conforme aumentou-se as doses de nitrogênio, porém não houve resposta a doses acima de 562,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹; a dose de 112,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O foi suficiente para manter um gramado bem desenvolvido e com boa coloração verde; a irrigação realizada 3 vezes por semana apresentou teores de nitrogênio e potássio maiores na solução do solo a 10 cm de profundidade em relação à irrigação diária e também promoveu melhor desenvolvimento do gramado.

Palavras-chave: gramados esportivos, tifton 419, adubação nitrogenada, adubação potássica, extrator de solução.

DEVELOPMENT OF BERMUDAGRASS TIFWAY UNDER DIFFERENT FERTILIZER AND IRRIGATION MANAGEMENT. Botucatu, 2016. 78p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Thomas Fiore de Andrade

Advisor: Roberto Lyra Villas Bôas

Co-advisor: Leandro José Grava de Godoy

SUMMARY

In sports turfgrass the fertilization is frequent and at high levels, mainly due to frequent mowing and consequently significant nutrient export. Currently the fertilization and irrigation recommendation on turfgrass is subjected and is based on the experience of the professionals and on the visual aspect, which greatly increases the chances of error. So there is a need to develop tools and to study the development of the turfgrass to produce information that can give professionals the support to make the correct recommendation. Therefore, this work was aimed to generate technical information that may contribute to the fertilizer and irrigation management and prove or not the possibility of porous cup extractors on turfgrass, which is a widely used technique in fertigation. The research project was conducted at FCA/UNESP in Botucatu where two irrigation managements, four nitrogen and two potassium rates were used. The effects of these treatments on the development of the Tifway bermudagrass (*Cynodon dactylon* X *Cynodon transvaalensis*) were analyzed and related with foliar, soil and soil solution analysis. The experimental design was randomized block with split plots and four replications. During six months the following assessments was undertaken: soil, foliar and soil solution analysis, and turfgrass development and quality analyses. Monitoring the concentration of nutrients in the soil solution using porous capsule extractors was efficient to detect the nitrogen and potassium rates; the concentration of nitrogen and potassium in leaf, green color index and the development of the turfgrass were better as the nitrogen rate was increased, but there was no response to rates above 562,5 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N; the rate of 112,5 kg ha⁻¹ year⁻¹ of K₂O was enough to keep a well-developed lawn and with good color; irrigation made 3 times a week had higher levels of nitrogen and potassium in the

soil solution at 10 cm depth compared to daily irrigation and also promoted better development of the turfgrass.

Keywords: sports field, Tifton 419, nitrogen fertilization, potassium fertilization, extractors of soil solution.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Confederação brasileira de golfe (CBG), existem no Brasil 119 clubes de golfe, sendo 47 no estado de São Paulo. Um campo de golfe pode ocupar, em média, 500.000 m² e a maior parte dessa área deve ser gramada, proporcionando um local agradável e adequado à prática do esporte (BEARD, 1973). O número de campos de golfe no Brasil vem crescendo nos últimos anos, visto que em 1998 havia apenas 46 campos (ISTO É, 2008). Existem ainda 558 estádios oficiais de futebol no Brasil, cujos campos possuem área média de 10.000 m² (GODOY & VILLAS BÔAS, 2005), além de inúmeros campos de treinamento e lazer.

A grama bermuda, especificamente híbridos interespecíficos de *Cynodon dactylon* X *Cynodon transvaalensis* como a Tifway (também conhecida como Tifton 419), é a espécie mais utilizada para fins esportivos devido a seu alto poder de recuperação em áreas danificadas com frequência. Devido a seu vigoroso crescimento, ela é altamente exigente em adubação, irrigação e cortes, que são as três principais operações num gramado esportivo. Este crescimento exige a realização de cortes frequentes e a retirada das aparas (*clipping*) do local significa a retirada também de nutrientes, o que torna a adubação uma prática muito importante. Segundo McCarty (2006), a quantidade de adubos, principalmente nitrogenados, utilizada em um campo de golfe é superior quando comparada a de grandes culturas, como milho e cana-de-açúcar, e também de culturas mais exigentes, como algumas hortaliças.

O nutriente exigido em maior quantidade em gramados é o nitrogênio. A adubação nitrogenada proporciona um gramado de alta densidade e

coloração verde escura, o que é muito desejável do ponto de vista estético, porém a aplicação em excesso pode gerar problemas como a lixiviação para camadas mais profundas do solo, podendo alcançar o lençol freático e o contaminar. O excesso na adubação nitrogenada também pode estimular o crescimento vegetativo e um gramado com folhas muito altas torna o jogo mais lento, o que exigiria um número maior de cortes, além de aumentar a susceptibilidade da grama ao ataque de patógenos e pragas, devido à maior área foliar.

Mesmo efeito não tem sido observado em relação à adubação potássica. Este elemento não tem proporcionado maior crescimento vegetativo e coloração verde mais escura, porém alguns estudos têm mostrado efeito do potássio relacionado à mecanismos de estresse da planta, aumentando a produção de carboidratos e a resistência a estresses e patógenos.

Em gramados esportivos o manejo adequado da irrigação é fundamental para garantir a qualidade do gramado. Segundo McCarty (2008), os turnos de rega devem ser criteriosamente estudados e aplicados, pois a manutenção da coloração e qualidade do gramado dependem do manejo da água. Um manejo com aplicação de água mais frequente pode diminuir as perdas de nutrientes por lixiviação e manter a umidade adequada na zona radicular por um período maior, entretanto um manejo mais espaçado com lâminas maiores pode estimular o crescimento de raízes em profundidade, uma vez que as raízes se desenvolvem onde há disponibilidade de água e nutrientes, o que pode ser benéfico para as características de resistência e velocidade de recuperação do gramado. De acordo com Beard (1973), um gramado que sofra um pequeno stress por falta de água acaba sendo estimulado ao desenvolvimento radicular em profundidade e isso, a longo prazo, pode significar maior qualidade e menor tempo de recuperação do gramado devido a maior capacidade de absorver água e nutrientes.

Diferente da maioria das culturas, onde o objetivo é maximizar a produtividade de maneira econômica, em gramados esportivos busca-se realizar o manejo ideal da adubação e da irrigação para obter-se um gramado com boa aparência, que permita o desenvolvimento ideal do jogo, tenha rápida recuperação e que não necessite de cortes tão frequentes. Atualmente no Brasil esse manejo é muito subjetivo e baseia-se na experiência dos profissionais, em informações de outros países e nas tentativas práticas (erros e acertos), por isso é fundamental o respaldo científico, através da geração de informações e desenvolvimento de técnicas para melhorar a recomendação da adubação e

irrigação em gramados esportivos. Por isso, objetivou-se com este trabalho monitorar a solução do solo e avaliar o desenvolvimento e a qualidade da grama bermuda Tifway (*C. dactylon* x *C. transvaalensis*) submetida a diferentes manejos de adubação e irrigação visando gerar informações e técnicas que possam auxiliar no manejo de gramados esportivos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Gramados esportivos

Os gramados foram desenvolvidos pelo homem visando melhorar o ambiente. Quanto mais a tecnologia foi avançando, mais vastamente os gramados foram sendo utilizados, tendo importância funcional, ornamental e de recreação. Muitos esportes e atividades ao ar livre utilizam gramados, incluindo baseball, cricket, hockey, futebol americano, golfe, tênis, lacrosse, polo, corridas, rugby, tiro e futebol. Os gramados proporcionam efeito de amortecimento que reduz lesões às pessoas que estão praticando a atividade, particularmente nos esportes mais intensos como futebol americano, rugby e futebol (BEARD, 1973).

A avaliação da qualidade de um gramado é uma atividade bastante complexa, pois este é um termo relativo que varia de acordo com o tipo de grama, época do ano, a proposta para a qual a grama está sendo utilizada e a pessoa que está avaliando. As principais características de qualidade de um gramado são uniformidade, densidade, textura, hábito de crescimento e coloração (BEARD, 1973).

Para se ter um gramado de qualidade é extremamente importante a escolha da espécie de grama correta de acordo com a utilização que será dada a esse gramado e ao clima. Existem as gramas de climas frios como a bluegrass, ryegrass e bentgrass, que se desenvolvem melhor em regiões com temperaturas mais baixas e as gramas de clima quente como a bermuda, zoysia e santo agostinho, que se desenvolvem melhor em regiões de clima quente.

No Brasil as gramas de clima frio são utilizadas somente em “overseeding”, que é a semeadura de gramas de clima frio durante o inverno em gramados onde esteja implantada uma grama de clima quente. Enquanto as temperaturas estiverem baixas, a grama de inverno vai manter a qualidade do gramado e, conforme a temperatura aumenta, ela morre e a grama de verão volta a predominar na área.

Portanto, as gramas mais utilizadas no Brasil são as de clima quente e, em gramados esportivos, a principal espécie utilizada é a bermuda. De acordo com Boyd (1990), a capacidade de recuperação e a tolerância ao pisoteio são as principais características que fazem da bermuda a espécie favorita para campos esportivos.

O híbrido mais comum para uso em campos atléticos é o Tifway, também conhecido como " Tifton 419", que é um cruzamento entre *Cynodon transvaalensis* e *Cynodon dactylon*. Sua cor verde escuro, de textura média e hábito de crescimento agressivo o tornaram o gramado mais comumente escolhido para campos esportivos do sul dos Estados Unidos, que é uma região com clima mais quente. A grama Tifway espalha-se rapidamente e forma um gramado denso que é bastante resistente ao tráfego pesado, o que é frequentemente associado com campos esportivos (ADAMS & GIBBS, 1994).

A grama bermuda Tifway foi a primeira grama melhorada de propagação vegetativa amplamente utilizada. Ela foi desenvolvida pelo Dr. Glenn W. Burton e liberada pela Estação Experimental das Planícies Costeiras da Geórgia, Tifton, GA, em 1960 (BURTON, 1966). O número da parcela experimental da Tifway foi a 419 (a parcela 419 no experimento de seleção original) e muitas pessoas se referem a ela como Tifton 419, ou simplesmente como 419. A Tifway ($2n = 27$) é um híbrido interespecífico - *Cynodon transvaalensis* ($2n = 18$) x *Cynodon dactylon* ($2n = 36$) - e não produz sementes ou pólen viável. É importante notar que a Tifway desenvolve inflorescências, mas as suas flores são consideradas estéreis, por isso a propagação é realizada apenas vegetativamente através de tapetes de grama ou estolões (“spriggs”). A Tifway é a principal variedade de grama bermuda escolhida para os campos esportivos e campos de golfe com grama de estação quente espalhadas pelo mundo entre as latitudes 35S e 35N (ELSNER, 2010).

2.2. Adubação em gramados esportivos

Campos esportivos possuem intensidade de uso muito maior em relação aos gramados em geral e sua adubação, assim como as outras práticas de manutenção, também é mais intensa para que o gramado tenha condição de atender as exigências do esporte a ser praticado, com qualidade e sem risco aos usuários. Por isso, a adubação adequada é um componente crítico da gestão de gramados esportivos.

Pela característica de crescimento dos gramados, que cobrem toda área onde forem implantados, o sistema radicular acaba sendo também bastante extenso e espalhado por toda área, formando uma situação perfeita para a absorção de nutrientes devido a grande quantidade de raízes em contato com o solo.

As gramas possuem exigência nutricional semelhante às demais plantas, necessitando de todos os macronutrientes (N, P K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Mn, B, Cu, Zn e Mo) essenciais para o seu desenvolvimento. Os níveis de fertilidade afetam cor, forma, densidade, vigor e os níveis de estresse (MADISON, 1971).

Para a maioria das culturas a nutrição é muito importante para garantir uma boa produtividade, seja de grãos, frutos, folhas e raízes. No entanto, para as gramas ou gramados, as características produtivas não são as mais importantes e sim as características qualitativas como boa coloração, densidade e resistência a doenças. Assim, a adubação deve ser planejada para atendê-las.

2.2.1. Nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente mais importante na nutrição de gramas e exigido em quantidades muito maiores que qualquer outro nutriente. Além disso, é um elemento que apresenta dinâmica muito complexa nos solos, podendo ser perdido através da lixiviação (água percola no perfil do solo levando o N) ou na forma de gás (por desnitrificação ou volatilização), ficar indisponível para as plantas por um período por estar sendo utilizado na estrutura de microrganismos do solo (imobilização) ou ser liberado no solo através da mineralização de materiais orgânicos. (GODOY & VILLAS BÔAS, 2003).

O nitrogênio é componente de aminoácidos, nucleotídeos, ácidos nucleicos, hormônios e clorofila (MARSCHNER, 1995). A adubação nitrogenada é

necessária para manter o gramado denso, persistente e com boa estética, sendo capaz de suportar pragas, doenças e estresses ambientais (CHRISTIANS, 2004).

De acordo com Carrow et al. (2011), a aplicação de nitrogênio afeta inúmeras respostas do gramado incluindo a cor, crescimento e densidade da parte aérea, crescimento das raízes, rizomas e estolões, reserva de carboidratos, tolerância a baixas temperaturas, resistência a seca, tolerância e capacidade de recuperação ao pisoteio e acúmulo de palha (formação de colchão - “thatch”).

Os gramados que recebem uma dose maior de N apresentam uma maior densidade e um crescimento mais rápido da parte aérea (JOHNSON, 2003). Esta característica é muito importante nos sistemas de produção de gramas no qual se deseja produzir os tapetes em menor tempo possível para aumentar a produtividade da área. No entanto, para campos esportivos este crescimento rápido não é desejado, pois aumenta a necessidade de cortes para manter o gramado em uma altura baixa para não atrapalhar a rolagem da bola e cortes muito frequentes elevam o custo de manutenção do gramado.

Avaliando o estabelecimento de um gramado com bermuda “Tifway” e “TifSport”, Guertal et al. (2009) concluíram que a densidade da parte aérea aumentou com o aumento da dose de N, porém a massa seca dos estolões e dos rizomas diminuíram. Frank et al. (2002) avaliando a formação de um gramado de “buffalograss” e Hickey e Hume (2003) avaliando o estabelecimento de um gramado de “browntop bentgrass” também encontraram que a dose ideal de N para a formação do gramado não foi a dose mais alta utilizada.

O crescimento excessivo também leva a formação de um colchão (“thatch”), uma camada formada por rizomas, estolões e materiais orgânicos em decomposição que podem prejudicar a aeração do solo e a penetração de água e nutrientes.

Outro problema do excesso de N é tornar as gramas mais susceptíveis ao ataque de patógenos (microorganismos causadores de doença) e pragas, devido ao maior crescimento das folhas que ficam com uma cutícula mais fina, o que pode favorecer o aparecimento de doenças como a rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*) nas gramas zoysias e santo agostinho e “Pythium blight” na grama *zoysia matrella*. Não só o excesso, mas a deficiência de N também pode gerar problemas e tornar as gramas mais suscetíveis ao ataque de *Sclerotinia homeocarpa* (“dollar spot”), por exemplo, principalmente a grama bermuda (GODOY & VILLAS BÔAS, 2003).

Diversos autores recomendam diferentes quantidades de nitrogênio a ser aplicado num gramado esportivo. Portanto, o ideal é que se acompanhe frequentemente a situação nutricional do solo e da planta para realizar um programa balanceado de adubação nitrogenada de acordo com as condições de cada gramado.

2.2.2. Potássio

Por não proporcionar aumento no desenvolvimento da parte aérea ou das raízes, nem coloração verde mais intensa, na década de 80, nos Estados Unidos, os fertilizantes utilizados nos gramados possuíam baixa concentração de potássio (3 a 4 % de K). Atualmente, com as pesquisas realizadas que revelaram os efeitos da aplicação de potássio aumentando a resistência dos gramados ao tráfego ou pisoteio, baixas temperaturas, estresse hídrico e aumentando a resistência aos patógenos, os fertilizantes utilizados possuem uma concentração alta de K (15 a 30%) (CHRISTIANS, 1998).

Todos estes efeitos do potássio são explicados pela principal função do K na planta: é o principal regulador da abertura e fechamento dos estômatos das folhas. Os estômatos são minúsculas aberturas na lâmina foliar por onde entra o CO₂ utilizado, juntamente, com a água e a energia da radiação solar, na produção de carboidratos pela planta durante o processo fotossintético, e também por onde a planta perde água na forma de vapor. Portanto, quando as plantas estão com os estômatos abertos maior poderá ser a entrada de CO₂ e maior a saída de vapor de água. Plantas com um bom estado nutricional de K podem regular melhor a abertura e fechamento dos estômatos de modo a permitir maior entrada de CO₂ e reduzir as perdas de vapor de água com a redução da água na disponibilidade de água no solo (GODOY & VILLAS BÔAS, 2003).

Peacock et al. (1997) não reportaram aumento na qualidade do gramado, cor, enraizamento ou tolerância ao frio em bermuda Tifgreen sob doses crescentes de potássio. Conforme observaram Sartain (2002) e Webster e Ebdon (2005), o aumento da dose da adubação potássica aumenta a concentração de potássio no tecido, porém esse aumento de potássio no tecido nem sempre está correlacionado com maior produção de aparas ou com crescimento da parte aérea.

Apesar de os efeitos do potássio nos gramados terem sido bastante estudados, não há consenso entre os pesquisadores a respeito de como conduzir a adubação potássica em gramados esportivos.

2.3. Alternativas para melhorar a recomendação e o parcelamento dos nutrientes

A adubação em gramados é tema de muitas pesquisas e é bastante difícil chegar-se a conclusões de doses ideais pois isso depende muito da espécie de grama utilizada, da intensidade de uso e manutenção do gramado, do clima, da época do ano e do solo ou substrato, sendo que existem situações em que a grama é cultivada em areia (campos de futebol e greens de golfe) e situações em que a grama é cultivada em solo extremamente argiloso e compactado (produção de tapetes). Portanto, é essencial que seja feito um monitoramento das condições nutricionais do solo e da planta para que a recomendação possa ser feita de maneira adequada.

A maneira mais utilizada para a realização da recomendação de adubação é através dos resultados de análise de solo e foliar. Tais métodos apresentam viabilidade questionável quanto a sua utilização em função da demanda de grande quantidade de tempo desde a coleta das amostras até a obtenção de resultados, por isso essas análises acabam sendo feitas de maneira esporádica. Portanto, há interesse por buscar ferramentas que possibilitem a obtenção de informações mais rápidas sobre as condições de solo e estado nutricional das plantas. Tais ferramentas, aliadas as análises de solo e foliar, podem auxiliar na obtenção de dados que possam fornecer subsídios para a realização de ajustes necessários ao programa de adubação com o objetivo de atender as necessidades nutricionais das plantas nas condições locais de cultivo.

Apesar de a fertirrigação não ser uma técnica muito utilizada em gramados esportivos, a necessidade de manutenção de um gramado de alta qualidade exige que a adubação seja feita de forma parcelada, semelhante ao que ocorre na fertirrigação. Quando a adubação é feita de maneira parcelada existe a possibilidade de se fazer uma recomendação mais precisa, corrigindo qualquer falta ou excesso de nutrientes que possa ocorrer. Porém a recomendação em gramados esportivos geralmente é definida baseada em análises foliar e de solo realizadas com pouca frequência ou feita baseada na experiência do profissional, o que diminui o potencial dessa técnica.

Mateus (2011), avaliando a extração de nutrientes pela grama bermuda “Tifdwarf” em dois campos de golfe no estado de São Paulo, detectou que a aplicação de fertilizantes nitrogenados por ano nos dois campos é muito diferente (355,7 kg ha⁻¹ e 1019,1 kg ha⁻¹), sendo que a espécie de grama utilizada é a mesma e a

concentração de N na folha nos dois é muito semelhante. A autora conclui que possivelmente em ambos os campos de golfe a absorção de N foi semelhante, portanto nem todo o N aplicado foi utilizado, sendo grande parte perdida por lixiviação, volatilização, desnitrificação ou imobilização. Análises realizadas com mais frequência poderiam ter evitado esse uso excessivo de nitrogênio, diminuindo os custos de manutenção e proporcionando um gramado com maior qualidade.

O uso de extratores de solução do solo é uma técnica já bastante utilizada em outras culturas como flores, frutas e hortaliças, com o objetivo de melhorar a eficiência da fertirrigação. Uma das vantagens atribuídas à fertirrigação é o aumento da eficiência do uso dos nutrientes pelas plantas devido, principalmente, ao maior parcelamento da adubação, atendendo melhor a demanda da planta ao longo do ciclo.

A absorção dos nutrientes N, P e K pelas plantas se dá na forma iônica dos mesmos, que estão dissolvidos na solução do solo. Portanto, determinar a concentração desses íons em solução do solo nos fornece uma estimativa da taxa de perdas e ganhos desses nutrientes, bem como se há lixiviação e uma posterior contaminação de recursos hídricos pelos mesmos (CRUZ et al., 2008).

Avaliando a solução do solo em citros sob fertirrigação, Souza (2010) afirmou que desde a primeira coleta a solução já discriminava os tratamentos para muitas variáveis analisadas, enquanto a análise de solo passou a discriminar melhor os tratamentos somente depois de quase dois anos.

Segundo Bar-Yousef (1991), existe a necessidade de pesquisas visando o desenvolvimento de métodos que permitam detectar pequenas variações no estado nutricional das plantas e na concentração de nutrientes na solução do solo para que estas possam ser corrigidas assim que forem observadas. Silva (2002) comenta que a obtenção da solução do solo, por meio de cápsula porosa é complexa, tornando-se necessários estudos visando avaliar a precisão e a possibilidade da utilização desta metodologia para as diferentes culturas.

2.4. Manejo da irrigação em gramados esportivos

Muitas pesquisas têm sido feitas com relação a necessidade hídrica de gramados, porém o foco principal geralmente é a quantidade de água a ser aplicada. No entanto, um grande problema que vem sendo observado em gramados esportivos é a

concentração de raízes na região mais superficial do solo. Durante a Copa do Mundo de 2014 os técnicos responsáveis pelos gramados relataram que o gramado não tinha resistência e muitas placas se soltavam durante o jogo. Em dias de jogo chegam a ser feitas 6 irrigações num mesmo dia para manter o gramado molhado e melhorar as condições de rolamento da bola e assim aumentar a velocidade do jogo.

Há especulações alternativas sobre o impacto da irrigação sobre o desenvolvimento radicular e qualidade do gramado. Uma hipótese é que irrigações frequentes são necessárias para estimular o rápido crescimento radicular, embora haja a possibilidade de que tal manejo possa diminuir o enraizamento em profundidade no solo. A segunda hipótese é que irrigações infrequentes ou irrigações deficitárias podem estimular o rápido desenvolvimento da raiz para alcançar camadas profundas do solo, onde pode conter água armazenada e portanto possibilitaria redução na lâmina de irrigação.

Segundo Beard (1973), uma irrigação muito frequente pode ser tão prejudicial ao vigor e qualidade do gramado quanto uma irrigação insuficiente. Uma grande quantidade da água aplicada é perdida por evaporação quando a irrigação é feita com alta frequência e o gramado apresenta redução do teor de clorofila, redução da suculência, aumento na concentração de raízes superficiais e redução no crescimento de raízes em profundidade.

Avaliando o desenvolvimento radicular na implantação de tapetes de gramas de clima quente sob diferentes lâminas e frequências de irrigação, Sinclair e Schreffler (2011) observaram que não houve diferença no desenvolvimento radicular para qualquer uma das gramas para os tratamentos com frequência de irrigação diária, duas vezes por semana e uma vez por semana. Porém Slavens et al. (2011), utilizando três frequências de irrigação em *Poa annua* L. observaram que com menor frequência de irrigação a grama apresentou maior potencial de crescimento e diminuição do desenvolvimento de inflorescência e Fu e Dernoeden (2009) usaram mini-rizotrons para documentar que a irrigação frequente de bentgrass (*Agrostis stolonifera* L.) resultou em maior número e comprimento de raízes do que o tratamento com irrigação diária.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O presente experimento foi conduzido em área experimental de aproximadamente 484 m² construída no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP (Faculdade de Ciências Agrônomicas/Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”), Campus de Botucatu (latitude Sul de 22° 51’ 03”; longitude Oeste de 48° 25’ 37”; 786 metros de altitude). O clima da região de acordo com Cunha et al. (1999) é definido como Temperado (Mesotérmico) segundo critério adotado por Köppen, baseando-se em médias históricas de 27 anos (1971 a 1998) de observações feitas na Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) de textura média (Tabela 1).

Tabela 1. Análise granulométrica do solo nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm.

Profundidade (cm)	Areia			Argila	Silte	Umid. (%)	Textura
	Grossa	Fina	Total				
	(g/Kg)						
0-20	348	441	789	164	47	----	Média
20-40	361	447	808	158	34	----	Média

3.2. Construção da área experimental

Foi construída uma área experimental no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP com o objetivo de ser uma área permanente para desenvolvimento de pesquisas em gramados esportivos. Essa área tem aproximadamente 1400 m² e foi dividida em onze quadros de 121 m², cada um com irrigação independente, possibilitando a realização de onze experimentos ao mesmo tempo, sendo utilizados 4 quadros neste experimento.

Para a construção da área foram realizadas diversas operações. Primeiramente foi utilizada uma grade intermediária (Figura 1a) para posteriormente ser realizado o nivelamento do terreno (Figura 1b). Com o terreno nivelado, foram abertas valetas (Figura 1c) para instalação da tubulação do sistema de irrigação (Figura 1d).



Figura 1. Operações realizadas para construção da área experimental: grade intermediária (a), nivelamento do terreno (b), abertura dos sulcos (c) e instalação do sistema de irrigação (d).

Os equipamentos de irrigação e automação foram doados pela empresa Rain Bird®. O sistema instalado é setorizado, permitindo manejos de irrigação diferentes em cada quadro de 11 m x 11 m, que possui 4 aspersores escamoteáveis fazendo

a irrigação num ângulo de 90° , sendo que o jato atinge o outro aspersor, havendo portanto 100% de sobreposição (Figura 2).

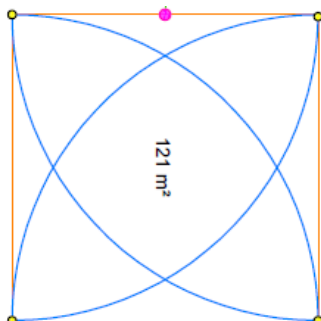


Figura 2. Entrada de água (ponto rosa), aspersores (pontos amarelos) e a área molhada dentro da parcela.

Após a instalação do sistema de irrigação foi realizada análise química e física do solo para realização da correção da acidez visando elevar a saturação por bases a 70% (Figura 3a) e adubação de formação do gramado. Uma operação com enxada rotativa foi realizada para incorporar o calcário no solo e para destorroar o terreno, permitindo que fosse feito o nivelamento manual e retiradas de pedras e objetos que dificultassem o manejo do gramado (Figura 3b).



Figura 3. Operações de incorporação do calcário (a) e destorroamento do solo com enxada rotativa (b).

O gramado foi implantado por “spriggs” (Figura 4a), que são rizomas e estolões espalhados pelo solo. Esse processo permite grande velocidade de plantio, e melhor qualidade final, por não haver “emendas” de grama com relação ao sistema tradicional de plantio por tapetes. Além disso, não traz o solo de onde a grama foi

cultivada, o que diminui a chance de contaminação com plantas daninhas e patógenos. Após a colocação dos “spriggs”, a irrigação foi acionada para manter a umidade e garantir o estabelecimento (Figura 4b).



Figura 4. Implantação do gramado por “spriggs” (a) e área recebendo irrigação logo após a implantação (b).

A grama utilizada é um híbrido de *Cynodon dactylon* X *Cynodon transvaalensis* denominada bermuda Tifway ou Tifton 419, produzida por uma fazenda da empresa Itograss® em Sampaio Correa-RJ e a implantação foi realizada em janeiro de 2014. Durante o período de implantação do gramado foi realizada a manutenção pós-plantio, que é necessária para garantir o desenvolvimento e crescimento da grama. Nesta fase foram realizadas atividades como controle de plantas daninhas, controle fitossanitário, cortes do gramado para estimular o crescimento horizontal, aeração do solo, passagem de rolo liso, controle da irrigação e adubações iniciais para garantir o estabelecimento do gramado. Após o gramado estar totalmente fechado e uniforme, essas atividades continuaram a ser realizadas e devem continuar como manutenção de rotina da área experimental.

3.3. Condução do experimento

Os tratamentos foram aplicados de setembro de 2014 a abril de 2016, porém para o desenvolvimento desta tese foram utilizados dados coletados de setembro de 2015 a abril de 2016.

3.3.1. Tratamentos e delineamento experimental

Foram três fatores envolvidos nos tratamentos: irrigação e adubação potássica e nitrogenada. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com parcelas subdividas e quatro repetições, com tratamentos em fatorial, sendo o fator irrigação nas parcelas e o fator adubação nas subparcelas. Cada parcela teve a dimensão de 11 m x 11 m com 1 metro de bordadura, resultando em uma área útil de 10 m x 10 m (100 m²) e cada subparcela teve a dimensão de 2,0 m x 2,25 m (4,5 m²).

Os tratamentos foram constituídos de dois manejos de irrigação, quatro doses de nitrogênio e duas doses de potássio, totalizando 16 tratamentos que foram conduzidos de setembro de 2015 a abril de 2016.

Os tratamentos de irrigação foram definidos pela frequência de irrigação. Uma irrigação mais frequente com uma lâmina menor mantém a umidade do solo, o que pode favorecer o desenvolvimento do gramado, porém uma irrigação com um intervalo maior e com lâminas maiores deixa o gramado alguns dias sem receber irrigação, o que pode favorecer o desenvolvimento radicular em profundidade e esse manejo pode influenciar a qualidade do gramado. Por isso os tratamentos do fator irrigação foram:

- **Irrigação 1** → irrigação diária (lâmina semanal dividida de 7 aplicações)
- **Irrigação 2** → irrigação 3 vezes por semana (lâmina semanal dividida de 3 aplicações)

Os tratamentos das subparcelas são resultado de um fatorial de quatro doses de nitrogênio (25%, 75%, 125% e 175% da dose total recomendada) utilizando como fonte o nitrato de amônio (33% de N) e duas doses de potássio (50% e 150% da dose total recomendada) utilizando como fonte o cloreto de potássio (60% de K₂O), totalizando 8 tratamentos:

- **Adubação 1** → N1 x K1 (25% da dose de N x 50% da dose de K₂O)
- **Adubação 2** → N2 X K1 (75% da dose de N x 50% da dose de K₂O)
- **Adubação 3** → N3 X K1 (125% da dose de N x 50% da dose de K₂O)
- **Adubação 4** → N4 X K1 (175% da dose de N x 50% da dose de K₂O)
- **Adubação 5** → N1 x K2 (25% da dose de N x 150% da dose de K₂O)
- **Adubação 6** → N2 X K2 (75% da dose de N x 150% da dose de K₂O)

- **Adubação 7** → N3 X K2 (125% da dose de N x 150% da dose de K₂O)
- **Adubação 8** → N4 X K2 (175% da dose de N x 150% da dose de K₂O)

3.3.2. Manejo da irrigação

Foi utilizado um sistema de irrigação por aspersão (Figura 5a), com rotores escamoteáveis modelo 5000 Plus da empresa Rain Bird®, conectados a um controlador que era programado para realizar a irrigação automaticamente (Figura 5b).



Figura 5. Sistema de irrigação por aspersão (a) e controlador para automatização (b).

A lâmina de irrigação foi calculada semanalmente de acordo com os dados obtidos em uma estação meteorológica instalada ao lado do experimento (Figura 6) utilizando o método do tanque classe A. A partir desse método a lâmina de evapotranspiração é calculada diariamente e é feito o balanço hídrico semanal subtraindo a precipitação das lâminas de evapotranspiração para se estimar a lâmina a ser aplicada durante a semana (Tabela 2). Essa lâmina foi dividida em sete aplicações no caso do Tratamento 1 e em três aplicações no caso do Tratamento 2.



Figura 6. Estação meteorológica instalada ao lado da área do experimento.

Tabela 2. Balanço hídrico semanal realizado para definição das lâminas de irrigação.

	Evapotranspiração (mm)	Precipitação (mm)	Balanço Hídrico (mm)
09/10/2015	34,5	17,2	17,3
16/10/2015	35,1	10,6	24,5
23/10/2015	37,3	18,4	18,8
30/10/2015	25,7	9,8	15,8
06/11/2015	20,6	73,3	-52,7
13/11/2015	25,1	15,7	9,3
20/11/2015	29,9	36,0	-6,2
27/11/2015	19,9	71,9	-52,1
04/12/2015	29,1	26,9	2,1
11/12/2015	28,8	11,7	17,1
18/12/2015	35,3	58,3	-23,1
25/12/2015	31,1	55,0	-23,9
01/01/2016	21,5	159,6	-138,1
08/01/2016	35,9	25,7	10,2
15/01/2016	11,8	276,2	-264,5
22/01/2016	39,2	0,0	39,2
29/01/2016	32,1	103,7	-71,6
05/02/2016	36,6	57,3	-20,8
12/02/2016	34,5	66,8	-32,3
19/02/2016	38,4	78,8	-40,4
26/02/2016	14,2	131,6	-117,5
04/03/2016	18,6	82,9	-64,3
11/03/2016	26,6	35,7	-9,1
18/03/2016	34,8	42,1	-7,3
25/03/2016	27,9	12,8	15,0
01/04/2016	32,6	2,5	30,2
08/04/2016	34,4	0,0	34,4
15/04/2016	31,4	0,0	31,4
22/04/2016	31,6	0,0	31,6
29/04/2016	22,9	27,4	-4,5
06/05/2016	24,6	0,0	24,6
13/05/2016	16,0	7,5	8,5

Nas semanas onde o balanço hídrico foi negativo, foi determinada uma lâmina mínima para que os tratamentos fossem mantidos e nos dias em que houve precipitação, não foi realizada irrigação pois o controlador possuía um sensor de chuva que o desligava automaticamente.

3.3.3. Manejo da adubação

Baseando-se em Godoy et al. (2012) e levando em consideração as características do solo e do manejo do gramado, a dose de nitrogênio foi calculada em 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹. A dose de potássio foi baseada na dose de nitrogênio. Geralmente para doses superiores a 350 kg ha⁻¹ de N a relação utilizada é de 1:0,5, portanto a dose total de K₂O utilizada foi de 225 kg ha⁻¹. As adubações foram realizadas mensalmente, no início de cada mês, aplicadas a lanço e parceladas levando em consideração os períodos de maior exigência, de acordo com as estações do ano:

- 25% na Primavera
- 35% no Verão
- 25% no Outono
- 15% no Inverno

Considerou-se para este experimento as estações da Primavera (outubro a dezembro) e Verão (janeiro a março) e, portanto, nos três primeiros meses foram aplicados 25% e nos três últimos 35% da adubação anual (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidades e datas de aplicação dos fertilizantes nitrogenados e potássicos.

Tratamento	Dose Total	Primavera			Dose Total	Verão		
		Data da aplicação				Data da aplicação		
		06/10	03/11	01/12		05/01	02/02	01/03
kg de N ha ⁻¹								
N1 - 25%	28,1	9,4	9,4	9,4	39,4	13,1	13,1	13,1
N2 - 75%	84,4	28,1	28,1	28,1	118,1	39,4	39,4	39,4
N3 - 125%	140,6	46,9	46,9	46,9	196,9	65,6	65,6	65,6
N4 - 175 %	196,8	65,6	65,6	65,6	275,6	91,9	91,9	91,9
kg de K ₂ O ha ⁻¹								
K1 - 50%	28,1	9,4	9,4	9,4	39,4	13,1	13,1	13,1
K2 - 150%	84,4	28,1	28,1	28,1	118,1	39,4	39,4	39,4

3.4. Avaliações

3.4.1. Análise química do solo

Foram realizadas duas amostragens de solo, sendo uma em setembro de 2015 (antes do início do experimento) e uma em março de 2016 (após o término do experimento) com o objetivo de avaliar o comportamento dos nutrientes no solo de acordo com os tratamentos. Estas amostras foram retiradas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm e foram obtidas através da homogeneização de 3 amostras simples de cada subparcela.

Estas amostras foram retiradas com um trado utilizado em gramados e acondicionadas em bandejas sendo levadas devidamente identificadas a uma casa de vegetação onde foram mantidas até a secagem para posteriormente serem passadas em peneira de malha de 2 mm. Após esse processo, foram colocadas em sacos de papel e analisadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA (Faculdade de Ciências Agrônomicas / Unesp / Botucatu) para a realização das análises de matéria orgânica, pH, H+Al, P, K, Ca, Mg, SB, CTC e V% pela metodologia descrita por Rajj et al. (2001). De posse destes resultados, também foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%).

3.4.2. Análise da solução do solo

Foi realizado o monitoramento de íons da solução do solo através de extratores de solução, uma técnica amplamente difundida em outras culturas, principalmente em sistemas fertirrigados, porém em gramados esportivos os extratores não podem ficar expostos, pois impedem a realização do jogo além de dificultar as operações de corte. Para isso foi desenvolvido um extrator de solução que fica abaixo do nível do gramado, no mesmo nível dos aspersores, possibilitando assim o seu uso sem restrição para práticas esportivas e de manejo.

Cada extrator foi composto por um tubo de PVC conectado a uma cápsula de cerâmica porosa na extremidade inferior e a um tubo de acrílico e uma rolha de silicone na extremidade superior (Figura 7). Os extratores foram instalados com o auxílio

de um trado, de maneira que o centro da cápsula ficasse a 10 cm de profundidade, região onde há maior concentração de raízes. Foi instalado um extrator por subparcela, totalizando 64 extratores.



Figura 7. Extrator de solução do solo desenvolvido para gramados esportivos.

As coletas de solução do solo foram realizadas uma vez por semana. Para aplicação do vácuo foi utilizada uma seringa de 60 ml com uma agulha que perfura a rolha de silicone e retira o ar de dentro do extrator. O vácuo era realizado aproximadamente quatro horas após a irrigação e, após duas horas, a solução era coletada. Para coletar a solução a rolha era retirada e com um tubo de nylon conectado a uma seringa de 20 ml a solução era coletada de dentro do extrator. Essa solução foi submetida a análises de condutividade elétrica e teor de NO_3^- e K^+ com a utilização de kits de leitura rápida (Figura 8) que permitem o conhecimento imediato, no próprio campo, da concentração de NO_3^- e K^+ na solução do solo.

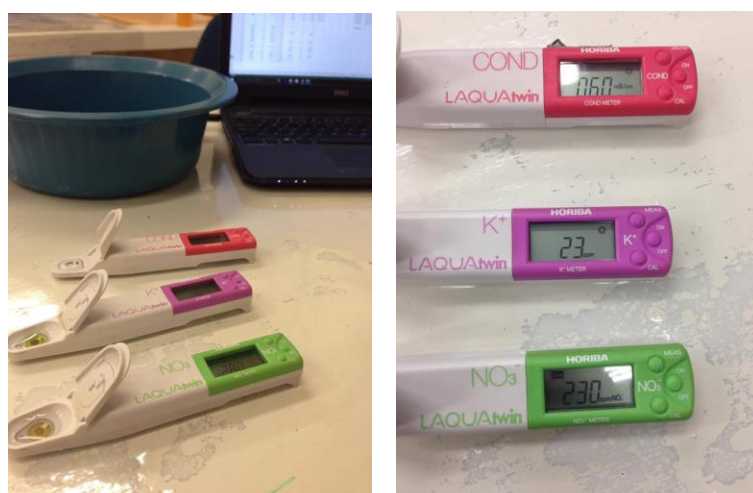


Figura 8. Aparelhos para leitura rápida de condutividade elétrica, NO_3^- e K^+ .

3.4.3. Análise foliar

Foi coletada trimestralmente, nos meses de setembro, dezembro e março, uma amostra das aparas de grama para determinação da concentração de macronutrientes, de acordo com metodologia modificada de Malavolta et al. (1997).

Foi realizado um corte na bordadura (Figura 9) para evitar que a máquina coletasse a grama da outra parcela. A altura de corte para amostragem foi a adotada normalmente durante todo o experimento (18 mm) e foram feitas duas passagens com a máquina, totalizando uma área coletada de 1,83 m².



Figura 9. Corte realizado na bordadura para evitar que a máquina colete aparas da parcela ao lado e os dois cortes realizados dentro da subparcela para coleta das aparas.

Após a coleta as amostras foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa a 65°C. Foi utilizada uma balança de precisão para verificar a massa antes e após a secagem para quantificação da matéria seca produzida. Após a secagem o tecido foliar foi moído e enviado para o Laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA (Faculdade de Ciências Agrônomicas / Unesp / Botucatu) para a determinação da concentração dos nutrientes.

3.4.4. Análises de desenvolvimento do gramado

O desenvolvimento do gramado tem importância fundamental, pois se um gramado cresce demais, isso pode acarretar em uma maior necessidade de cortes e se

um gramado não tem um desenvolvimento adequado, ele pode não se recuperar após os jogos da maneira desejada. Por isso foram realizadas as seguintes avaliações:

1) Altura do Gramado

Um gramado que se desenvolva rapidamente no sentido vertical pode tornar o jogo mais lento além de exigir maior número de cortes que são operações mecanizadas e com custo. Portanto foram realizadas avaliações da altura da grama através de um aparelho chamado “Grass Height Prism Gauge” (Figura 10). Essas avaliações foram realizadas ao final de cada mês, 7 dias após o último corte, sendo feita a média de duas leituras em cada subparcela.



Figura 10. Aparelho “Grass Height Prism Gauge” para avaliação da altura do gramado.

O corte foi realizado utilizando-se a máquina GreenMaster 1000 da empresa Toro® (Figura 11) deixando o gramado com 18 mm de altura, dentro da faixa de 10 a 18 mm recomendada por Tápia (2003). A frequência de cortes depende da época do ano: nos períodos com temperatura mais alta foi necessária maior frequência de corte, pois o gramado cresce mais rapidamente, assim como em períodos com menores temperaturas o crescimento do gramado foi mais lento, necessitando de menos cortes.



Figura 11. Máquina de corte GreenMaster 1000 da Toro®.

2) Massa de matéria seca das aparas

A quantificação da matéria seca foi realizada como descrito no item ‘Análise foliar’, sendo que as aparas coletadas foram colocadas em balança de precisão e o valor da massa de matéria seca encontrado na área conhecida (gramas por 1,83m²) foi transformado em quilogramas por hectare.

3) Taxa de recuperação do gramado

Nos esportes uma situação frequente é a danificação do gramado como, por exemplo, pela chuteira (futebol) e taco (golfe). Assim, a rápida recuperação da área danificada é de extrema importância para manter a qualidade do gramado e permitir novos jogos em pouco tempo.

A avaliação do tempo de recuperação do gramado foi realizada em abril, ao final do experimento, utilizando metodologia semelhante a utilizada por Karcher et al. (2005). Para simular o efeito do jogo foram retirados, com um trado, dois “plugs” de mesmo tamanho em cada subparcela (Figura 12).



Figura 12. Plugs de grama retirados para simular dano ao gramado e avaliar a taxa de recuperação.

Foram realizadas fotografias da área onde foram retirados os plugs utilizando um celular modelo “iphone 5” com câmera de 8 Mp, fixado em uma estrutura denominada “light box” (Figura 13), semelhante a produzida por Peterson et al. (2011). Essa estrutura é uma caixa totalmente vedada e com lâmpadas conectadas a uma bateria, com o objetivo de uniformizar a luminosidade e a área fotografada em todos os tratamentos. Essas imagens foram transferidas para um computador e foi utilizado o software Sigma Scan Pro 5.0 para indicar a taxa de cobertura verde do gramado.



Figura 13. “Light box” utilizada para padronizar a luminosidade das fotos.

3.4.5. Avaliações da qualidade do gramado

Em gramados esportivos são de extrema importância os parâmetros que demonstrem a qualidade do gramado para o ideal desenvolvimento do jogo. Por isso foram realizadas as seguintes avaliações:

1) Índice de cor verde

A coloração do gramado é um importante fator estético e também pode indicar indiretamente o teor de clorofila na folha, o que pode ser relacionado com o teor de nitrogênio.

Por isso foi utilizado o medidor portátil Field Scout CM-1000 Chlorophyll Meter (Figura 14), que tem como princípio de funcionamento a reflectância de luz, sendo a leitura realizada através de um feixe de luz, sem que haja o contato da folha com o aparelho, não havendo assim a necessidade de se destacar a folha da grama.

A determinação do índice de cor verde da folha (ICV) foi realizada semanalmente sendo que o valor foi obtido através da média de 4 leituras por subparcela, obtidas paralelamente à superfície do gramado, em mesma altura.



Figura 14. Field Scout CM-1000 Chlorophyll Meter.

2) Resistência do gramado à tração

A resistência do gramado à tração é uma importante característica em gramados esportivos. Para evitar lesões aos jogadores é importante que o gramado não prenda o pé do jogador quando este realizar algum movimento mais brusco, porém também é importante que o gramado não seja fraco demais e se solte facilmente, prejudicando assim a jogabilidade.

Foi empregado um aparelho específico, medidor de torque (Nm), denominado “Rotational Resistance Tester” - Deltec Metaal[®] (Figura 15), colocado e girado sobre a superfície da grama. O resultado é o torque necessário para deslocar ou

“rasgar” a grama, demonstrando a resistência do gramado aos danos causados pelo jogo. As avaliações foram realizadas trimestralmente, em dezembro de 2015 e março de 2016.



Figura 15. “Rotational Resistance Tester” - Deltec Metaal®.

3.5. Dados meteorológicos

Foram coletados dados diários de temperatura máxima, média e mínima (Figura 16), radiação solar global (Figura 17) e precipitação (Figura 18) durante o período do experimento para auxiliar na discussão dos resultados.

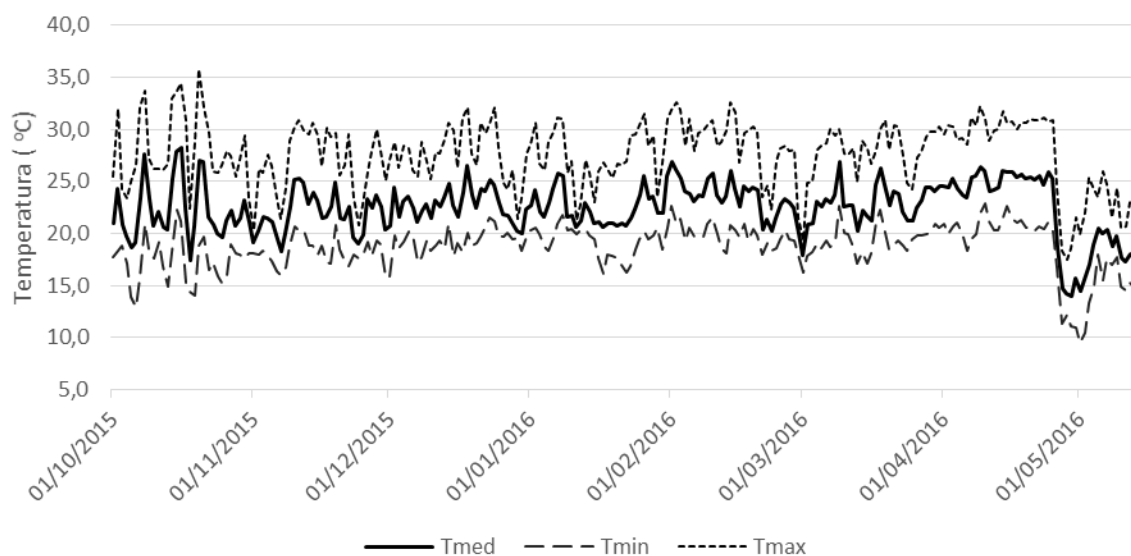


Figura 16. Dados diários de temperatura máxima, média e mínima durante todo período do experimento.

Segundo Santiago (2001), citado por Silva (2007), as gramíneas entram em processo de dormência em temperaturas menores que 20°C. Como pode ser observado na Figura 16, a temperatura média ficou praticamente durante todo período acima desta temperatura, portanto este não foi um fator limitante ao desenvolvimento do gramado.

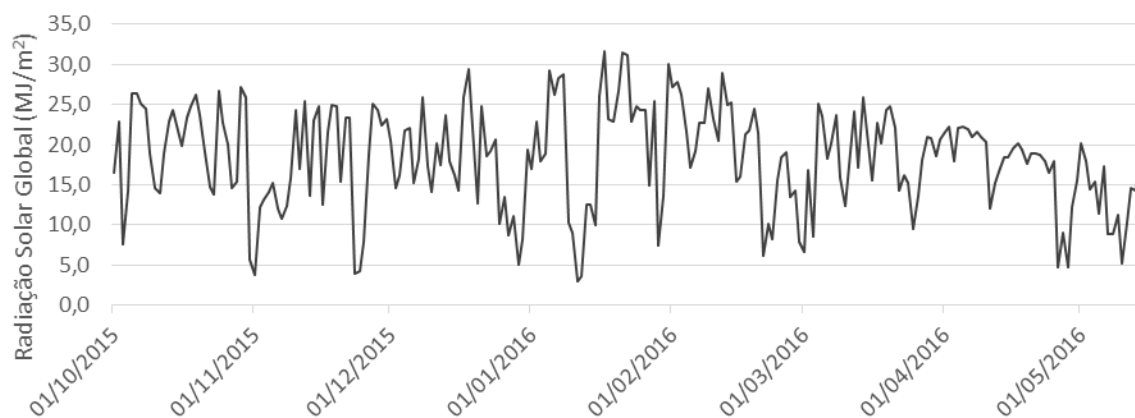


Figura 17. Dados diários de radiação solar global durante todo período do experimento.

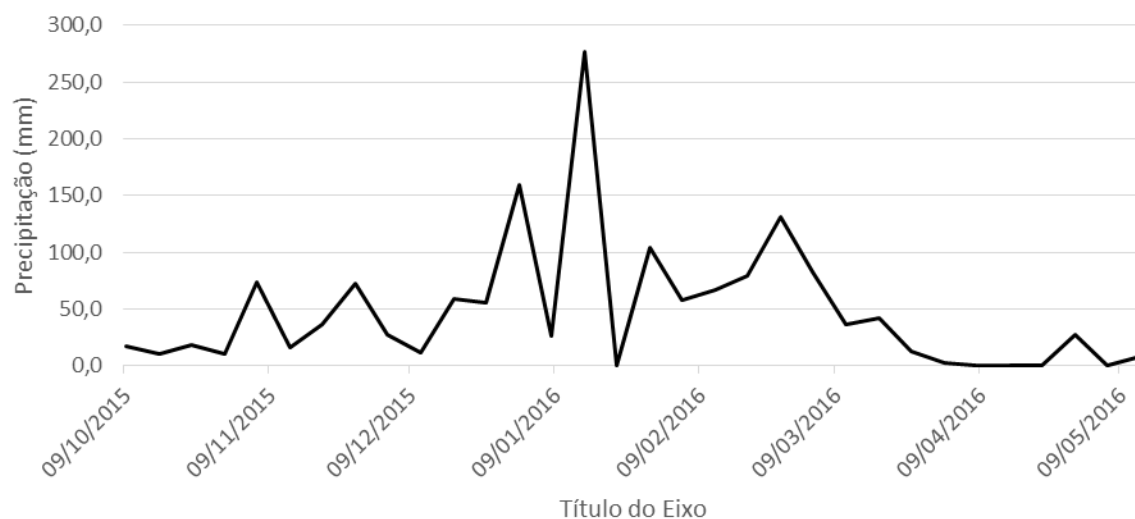


Figura 18. Dados semanais de precipitação durante todo período do experimento.

3.6. Análise estatística dos resultados

Os resultados foram submetidos à análise de variância complementada com o teste Tukey a 5% de probabilidade no programa computacional Minitab® 16 e, quando significativas para as doses de nitrogênio, foram submetidas à análise de regressão, onde foi utilizado o programa SAS para encontrar o ponto máximo da função “brokenline”.

Para as variáveis avaliadas semanalmente foi realizada análise de componentes principais visando reduzir o número de dimensões e tornar a análise dos dados mais administrável (GREEN et al., 2011). Foi utilizado o valor da variância acumulado de 0,8 como referência e selecionadas as variáveis que apresentavam no mínimo 0,3 de coeficiente das componentes principais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise química de solo

Na Tabela 4 podem ser observados os resultados da análise de variância para a análise química de solo do mês de setembro de 2015. Houve efeito significativo das doses de potássio no teor de potássio no solo, o manejo da irrigação teve influência significativa em quase todos os fatores analisados, com exceção da matéria orgânica e do fósforo e houve diferença significativa entre as duas profundidades para o pH, matéria orgânica, potássio e cálcio. As doses de nitrogênio não influenciaram nos fatores analisados.

Como pode ser visto na Tabela 5, as doses de potássio, que já vinham sendo aplicadas há 6 meses, representaram uma diferença no solo, onde a dose maior apresentou um valor de $1,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K no solo e a dose menor apresentou um valor de $0,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

O manejo da irrigação teve influência em quase todos os fatores, sendo que a irrigação diária apresentou maiores valores de H+Al e potássio e menores valores de pH, cálcio, magnésio, soma de bases, CTC e V% (Tabela 6). As adubações potássica e nitrogenada, por terem sido feitas de maneira parcelada, podem ter concentrado os elementos mais superficialmente no tratamento com irrigação diária, onde provavelmente houve menor lixiviação em comparação com a irrigação feita três vezes por semana com lâminas maiores. O nitrato de amônio, usado como fonte de nitrogênio, tem como característica a acidificação do solo, o que pode explicar o maior valor de H+Al e os

menores valores de pH e V% nos tratamentos com irrigação diária. Já os teores de cálcio e magnésio podem ter sido menores na irrigação diária pois, como nesse tratamento as raízes devem ter se concentrado mais superficialmente e não houve adubação com esses elementos, a planta absorveu mais nessa camada, reduzindo os teores no solo, enquanto no tratamento com irrigação a cada três dias as raízes podem ter se desenvolvido mais em profundidade, aproveitando os nutrientes de um volume maior de solo.

Tabela 4. Resumo da análise de variância da análise de solo realizada em setembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio, manejo da irrigação e profundidade da amostragem.

Causas de Variação	pH	MO	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	p									
N	0,997 ns	0,476 ns	0,744 ns	0,973 ns	0,133 ns	0,936 ns	0,907 ns	0,946 ns	0,933 ns	0,991 ns
K	0,906 ns	0,874 ns	0,860 ns	0,822 ns	0,000 *	0,622 ns	0,282 ns	0,616 ns	0,600 ns	0,946 ns
I	0,000 *	0,402 ns	0,569 ns	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,001 *	0,000 *
P	0,043 *	0,000 *	0,781 ns	0,130 ns	0,000 *	0,757 *	0,640 ns	0,857 ns	0,482 ns	0,187 ns
N*K	0,869 ns	0,514 ns	0,945 ns	0,906 ns	0,307 ns	0,593 ns	0,882 ns	0,601 ns	0,569 ns	0,658 ns
N*I	0,855 ns	0,409 ns	0,904 ns	0,750 ns	0,942 ns	0,968 ns	0,876 ns	0,962 ns	0,899 ns	0,841 ns
N*P	0,976 ns	0,908 ns	0,966 ns	0,904 ns	0,395 ns	0,998 ns	0,489 ns	0,999 ns	0,989 ns	0,947 ns
K*I	0,612 ns	0,632 ns	0,387 ns	0,485 ns	0,434 ns	0,483 ns	0,429 ns	0,455 ns	0,267 ns	0,627 ns
K*P	0,911 ns	0,782 ns	0,623 ns	0,790 ns	0,626 ns	0,609 ns	0,857 ns	0,646 ns	0,644 ns	0,902 ns
I*P	0,926 ns	0,837 ns	0,969 ns	0,388 ns	0,687 ns	0,822 ns	0,429 ns	0,891 ns	0,659 ns	0,838 ns
N*K*I	0,868 ns	0,834 ns	0,734 ns	0,892 ns	0,789 ns	0,819 ns	0,883 ns	0,829 ns	0,835 ns	0,853 ns
N*I*P	0,988 ns	0,695 ns	0,835 ns	0,948 ns	0,638 ns	0,943 ns	0,767 ns	0,940 ns	0,955 ns	0,960 ns
K*I*P	0,961 ns	0,653 ns	0,656 ns	0,870 ns	0,386 ns	0,646 ns	0,943 ns	0,666 ns	0,571 ns	0,947 ns
N*K*P	0,981 ns	0,812 ns	0,769 ns	0,956 ns	0,687 ns	0,944 ns	0,922 ns	0,934 ns	0,893 ns	0,988 ns
N*K*I*										
P	0,997 ns	0,809 ns	0,968 ns	0,992 ns	0,697 ns	0,988 ns	0,978 ns	0,992 ns	0,976 ns	0,998 ns
CV (%)	16,4	19,7	101,8	66,7	33,8	68,4	124,4	67,3	44,4	33,7

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação; P - profundidade.

Tabela 5. Médias dos resultados da análise de solo realizada em setembro de 2015 em função das doses de potássio.

Doses de K kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	pH	MO g dm ⁻³	P_{resina} mg dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				-----			mmolc dm ⁻³	-----		
112,5	6,3 A	19 A	27 A	16 A	0,9 B	56 A	3 A	60 A	76 A	72 A
337,5	6,4 A	19 A	28 A	16 A	1,4 A	53 A	3 A	57 A	73 A	72 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Tabela 6. Médias dos resultados da análise de solo realizada em setembro de 2015 em função do manejo da irrigação.

Frequência de Irrigação	pH	MO g dm ⁻³	P_{resina} mg dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				-----			mmolc dm ⁻³	-----		
Diária	5,9 B	20 A	26 A	21 A	1,3 A	41 B	2 B	44 B	65 B	61 B
3 / semana	6,8 A	19 A	29 A	11 B	1,0 B	68 A	5 A	73 A	85 A	83 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Quanto à profundidade, na Tabela 7 é possível perceber que na camada de 0-10 cm os valores de pH, matéria orgânica e potássio são maiores em relação à camada de 10-20 cm. Num gramado esportivo há o chamado “tatch”, um acúmulo de matéria orgânica na camada entre a parte aérea e os estolões que eleva o seu teor na superfície. Em relação ao potássio, este elemento foi aplicado de forma parcelada, o que pode ter reduzido o efeito de lixiviação e aumentado sua concentração superficialmente.

Tabela 7. Médias dos resultados da análise de solo realizada em setembro de 2015 em função da profundidade de amostragem.

Profundidade	pH	MO g dm ⁻³	P_{resina} mg dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				-----			mmolc dm ⁻³	-----		
0 - 10 cm	6,5 A	21 A	27 A	15 A	1,4 A	53 A	3 A	58 A	73 A	75 A
10 - 20 cm	6,2 B	18 B	28 A	17 A	0,9 B	55 A	3 A	59 A	76 A	69 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Na Tabela 8 podem ser observados os resultados da análise de variância para a análise química de solo do mês de março de 2016. Houve efeito significativo das doses de nitrogênio e potássio no teor de potássio no solo, o manejo da irrigação teve influência significativa em quase todos os fatores analisados, com exceção

da matéria orgânica, fósforo, potássio e magnésio e houve diferença significativa nas duas profundidades para o pH, matéria orgânica, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases e CTC.

Tabela 8. Resumo da análise de variância da análise química do solo realizada em março de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio, manejo da irrigação e profundidade da amostragem.

Causas de Variação	pH	MO	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	p									
N	0,642 ns	0,749 ns	0,779 ns	0,262 ns	0,035 *	0,527 ns	0,233 ns	0,403 ns	0,349 ns	0,517 ns										
K	0,562 ns	0,667 ns	0,373 ns	0,829 ns	0,000 *	0,703 ns	0,782 ns	0,594 ns	0,918 ns	0,642 ns										
I	0,000 *	0,772 ns	0,362 ns	0,000 *	0,064 ns	0,000 *	0,295 ns	0,000 *	0,000 *	0,000 *										
P	0,019 *	0,000 *	0,280 ns	0,070 ns	0,000 *	0,001 *	0,022 *	0,003 *	0,013 *	0,054 ns										
N*K	0,273 ns	0,203 ns	0,816 ns	0,519 ns	0,762 ns	0,311 ns	0,442 ns	0,277 ns	0,481 ns	0,367 ns										
N*I	0,405 ns	0,610 ns	0,588 ns	0,440 ns	0,132 ns	0,512 ns	0,552 ns	0,421 ns	0,731 ns	0,622 ns										
N*P	0,759 ns	0,823 ns	0,988 ns	0,672 ns	0,560 ns	0,591 ns	0,508 ns	0,631 ns	0,705 ns	0,547 ns										
K*I	0,613 ns	0,268 ns	0,579 ns	0,469 ns	0,461 ns	0,606 ns	0,128 ns	0,733 ns	0,469 ns	0,552 ns										
K*P	0,730 ns	0,233 ns	0,939 ns	0,402 ns	0,422 ns	0,762 ns	0,253 ns	0,716 ns	0,764 ns	0,464 ns										
I*P	0,126 ns	0,152 ns	0,809 ns	0,391 ns	0,215 ns	0,202 ns	0,057 ns	0,143 ns	0,424 ns	0,139 ns										
N*K*I	0,827 ns	0,362 ns	0,435 ns	0,532 ns	0,981 ns	0,897 ns	0,858 ns	0,917 ns	0,715 ns	0,749 ns										
N*I*P	0,905 ns	0,437 ns	1,000 ns	0,929 ns	0,564 ns	0,954 ns	0,346 ns	0,970 ns	0,922 ns	0,936 ns										
K*I*P	0,478 ns	0,180 ns	0,575 ns	0,902 ns	0,958 ns	0,784 ns	0,714 ns	0,839 ns	0,433 ns	0,662 ns										
N*K*P	0,931 ns	0,709 ns	0,983 ns	0,890 ns	0,377 ns	0,701 ns	0,828 ns	0,747 ns	0,496 ns	0,911 ns										
N*K*I*																				
P	0,829 ns	0,564 ns	0,965 ns	0,938 ns	0,955 ns	0,630 ns	0,692 ns	0,643 ns	0,865 ns	0,814 ns										
CV (%)	11,7	18,2	81,7	42,9	30,2	59	72,7	53,9	37	24,6										

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Como pode ser visto na Tabela 9, as doses de potássio aplicadas representaram diferença no solo, onde a dose maior apresentou um valor de 1,4 mmol_c dm⁻³ de K no solo e a dose menor apresentou um valor de 0,7 mmol_c dm⁻³.

Tabela 9. Médias dos resultados da análise de solo realizada em março de 2016 em função das doses de potássio.

Doses de K kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	pH	MO g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
112,5	6,3 A	17 A	25 A	15 A	0,7 B	41 A	3 A	45 A	63 A	69 A
337,5	6,4 A	17 A	28 A	16 A	1,4 A	43 A	3 A	47 A	63 A	70 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

As doses de nitrogênio também tiveram influência nos valores de potássio no solo, porém de forma inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a dose, menores os valores de potássio no solo (Figura 19). Isso pode ter ocorrido devido ao maior desenvolvimento da grama quando recebeu maiores doses de nitrogênio, o que a fez absorver maior quantidades de potássio e reduzir assim seu teor no solo.

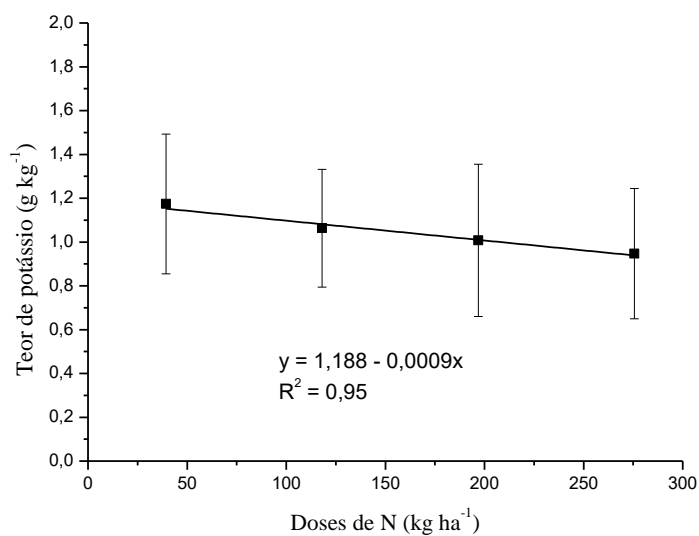


Figura 19. Teor de potássio no solo em função das doses de nitrogênio.

Quanto ao manejo da irrigação, a irrigação diária apresentou maiores valores de H+Al e menores valores de pH, cálcio, soma de bases, CTC e V% (Tabela 10). Os resultados foram muito semelhantes aos observados na primeira avaliação, em setembro de 2015, comprovando o que foi discutido.

Tabela 10. Médias dos resultados da análise de solo realizada em março de 2016 em função do manejo da irrigação.

Frequência de Irrigação	pH	MO	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmolc dm ⁻³ -----						
Diária	6,0 B	17 A	25 A	18 A	1,1 A	31 B	3 A	36 B	55 B	62 B
3 / semana	6,7 A	17 A	28 A	13 B	1,0 A	53 A	3 A	57 A	71 A	77 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Na tabela 11 é possível perceber que na camada de 0-10 cm os valores de matéria orgânica, potássio e magnésio são maiores em relação à camada de 10-20 cm. A formação do “tatch” e a adubação potássica realizada de forma parcelada podem novamente ter sido responsáveis por estes valores elevados na camada mais superficial.

Tabela 11. Médias dos resultados da análise de solo realizada em março de 2016 em função da profundidade de amostragem.

Profundidade e	pH	MO	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
		g dm ⁻³	mg ₃ dm ⁻³	----- mmolc dm ⁻³ -----						
0 - 10 cm	6,2 B	19 A	29 A	17 A	1,3 A	35 B	4 A	40 B	58 B	67 B
10 - 20 cm	6,5 A	15 B	25 A	15 A	0,8 B	49 A	3 B	53 A	68 A	72 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Houve diferença de comportamento do pH nesta avaliação em relação à realizada em setembro de 2015, onde o valor foi maior na camada de 0-10 cm, enquanto nesta o valor é maior na camada de 10-20 cm. O que pode ter ocorrido é que, após mais seis meses de aplicação de nitrato de amônio, sua característica acidificante pode ter se intensificado, reduzindo o pH do solo na camada mais superficial.

4.2. Análise da solução do solo

4.2.1. Nitrogênio

Nas Tabelas 12 a 14 podem ser observados os resultados da análise de variância para a análise de nitrogênio na solução do solo nos 24 momentos de coleta. Em 15 coletas houve efeito significativo das doses de nitrogênio na sua concentração no

solo. Em relação à adubação potássica, somente em um momento houve diferença significativa e, quanto ao manejo da irrigação, apenas em quatro momentos foi possível diferenciar significativamente.

Utilizando o método da análise de componentes principais, foram selecionados os momentos em que os resultados mostraram maior variabilidade (Tabela 15). Utilizando-se a nota de corte 0,300, os momentos selecionados foram 28/10, 25/11, 02/12, 09/12 e 10/03.

Tabela 12. Resumo da análise de variância da concentração de nitrogênio na solução do solo realizada em outubro e novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	07/10	14/10	21/10	28/10	04/11	11/11	18/11	25/11
	P							
N	0,185 ns	0,000 *	0,002 *	0,320 ns	0,189 ns	0,000 *	0,006 *	0,209 ns
K	0,791 ns	0,511 ns	0,441 ns	0,903 ns	0,802 ns	0,372 ns	0,977 ns	0,730 ns
I	0,146 ns	0,379 ns	0,753 ns	0,340 ns	0,037 *	0,243 ns	0,246 ns	0,344 ns
N*K	0,995 ns	0,963 ns	0,918 ns	0,951 ns	0,949 ns	0,364 ns	0,971 ns	0,980 ns
N*I	0,978 ns	0,843 ns	0,896 ns	0,953 ns	0,632 ns	0,906 ns	0,530 ns	0,966 ns
K*I	0,860 ns	0,065 ns	0,108 ns	0,773 ns	0,647 ns	0,042 *	0,830 ns	0,697 ns
N*K*I	0,963 ns	0,069 ns	0,126 ns	0,989 ns	0,928 ns	0,101 ns	0,968 ns	0,993 ns
CV (%)	47,2	60,1	79,2	54,6	77,2	33,6	62,3	69,8

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Tabela 13. Resumo da análise de variância da concentração de nitrogênio na solução do solo realizada em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	02/12	09/12	16/12	23/12	06/01	13/01	20/01	27/01
	p							
N	0,053 ns	0,000 *	0,005 *	0,180 ns	0,000 *	0,000 *	0,004 *	0,015 *
K	0,799 ns	0,672 ns	0,921 ns	0,830 ns	0,349 ns	0,632 ns	0,412 ns	0,893 ns
I	0,072 ns	0,015 *	0,209 ns	0,341 ns	0,662 ns	0,431 ns	0,219 ns	0,001 *
N*K	0,966 ns	0,994 ns	0,977 ns	0,964 ns	0,974 ns	0,905 ns	0,959 ns	0,989 ns
N*I	0,453 ns	0,393 ns	0,531 ns	0,970 ns	0,229 ns	0,819 ns	0,428 ns	0,048 *
K*I	0,926 ns	0,679 ns	0,873 ns	0,791 ns	0,243 ns	0,057 ns	0,976 ns	0,666 ns
N*K*I	0,975 ns	0,985 ns	0,974 ns	0,981 ns	0,891 ns	0,083 ns	0,980 ns	1,000 ns
CV (%)	74,7	32,5	61,3	54,9	32,8	61,5	54,6	50,7

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Tabela 14. Resumo da análise de variância da concentração de nitrogênio na solução do solo realizada em fevereiro e março de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	03/02	10/02	17/02	24/02	02/03	10/03	16/03	23/03
	p							
N	0,301 ns	0,000 *	0,001 *	0,156 ns	0,235 ns	0,000 *	0,002 *	0,000 *
K	0,808 ns	0,529 ns	0,493 ns	0,996 ns	0,848 ns	0,031 *	0,541 ns	0,652 ns
I	0,231 ns	0,387 ns	0,818 ns	0,258 ns	0,260 ns	0,048 *	0,694 ns	0,530 ns
N*K	0,981 ns	0,960 ns	0,911 ns	0,934 ns	0,989 ns	0,110 ns	0,898 ns	0,935 ns
N*I	0,935 ns	0,856 ns	0,890 ns	0,966 ns	0,931 ns	0,558 ns	0,900 ns	0,646 ns
K*I	0,780 ns	0,065 ns	0,127 ns	0,676 ns	0,731 ns	0,416 ns	0,107 ns	0,012 *
N*K*I	0,974 ns	0,067 ns	0,101 ns	0,976 ns	0,984 ns	0,837 ns	0,138 ns	0,013 *
CV (%)	63,2	59,1	78,2	56,7	65,0	29,9	79,0	34,4

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Tabela 15. Coeficientes das componentes analisadas para nitrogênio na solução do solo.

Avaliações	PC1	PC2	PC3
07/10	0,230	-0,277	0,014
14/10	0,244	0,214	-0,197
21/10	0,238	0,211	-0,228
28/10	0,219	-0,307	-0,060
04/11	0,114	0,027	0,273
11/11	0,210	0,148	0,118
18/11	0,185	0,076	0,214
25/11	0,221	-0,300	-0,047
02/12	0,126	0,032	0,310
09/12	0,139	0,090	0,424
16/12	0,187	0,081	0,216
23/12	0,225	-0,295	-0,050
06/01	0,111	0,118	0,227
13/01	0,245	0,209	-0,197
20/01	0,174	-0,001	0,099
27/01	0,137	-0,038	0,178
03/02	0,224	-0,297	-0,063
10/02	0,244	0,216	-0,194
17/02	0,240	0,210	-0,223
24/02	0,223	-0,294	-0,041
02/03	0,224	-0,297	-0,059
10/03	0,166	0,114	0,404
16/03	0,236	0,216	-0,226

23/03	0,225	0,214	0,020
Variância	0,484	0,189	0,096
Variância Acumulada	0,484	0,673	0,768

pc – dimensões dos componentes principais

Nota-se que nas coletas realizadas logo após uma adubação (09/12 e 10/03) é observada diferença significativa entre os tratamentos, com os teores de nitrogênio aumentando conforme o aumento das doses. Esse comportamento fica claro ao analisar as Figuras 20 e 21, mostrando que a análise da solução do solo extraída por cápsulas porosas foi eficiente na detecção do teor de N no solo logo após a adubação. No dia 02/12 não há diferença significativa, porém, o valor de p é 0,053, ou seja, muito próximo de ser significativo ($p < 0,05$), tanto que os tratamentos são diferenciados por letras (Tabela 16). Essa coleta (02/12) ocorreu no dia seguinte a uma adubação e pode ter ocorrido de o fertilizante não ter se solubilizado totalmente.

Ao final de cada ciclo de adubação, ou seja, nas últimas coletas de cada mês e antes de ser feita a adubação do mês seguinte (28/10, 25/11), não é detectado o efeito das doses de nitrogênio, o que sugere que nos tratamentos que receberam mais nitrogênio a planta absorveu mais e, conseqüentemente, se desenvolveu mais, chegando a igualar os níveis na solução do solo em todos os tratamentos ao final de cada mês.

Tabela 16. Médias dos resultados da análise de nitrogênio na solução do solo em função das doses de nitrogênio aplicadas.

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	28/10	25/11	02/12	09/12	10/03
	mg L ⁻¹				
112,5	35 A	25 A	26 B	25 B	43 B
337,5	37 A	28 A	40 AB	32 B	56 B
562,5	37 A	28 A	45 AB	50 B	86 B
787,5	44 A	33 A	56 A	141 A	158 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

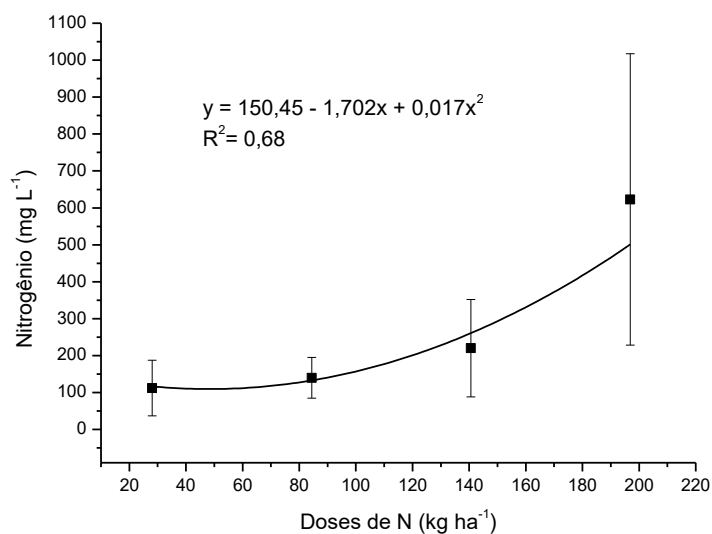


Figura 20. Teor de nitrogênio na solução do solo no dia 09/12/2015 em função das doses de nitrogênio.

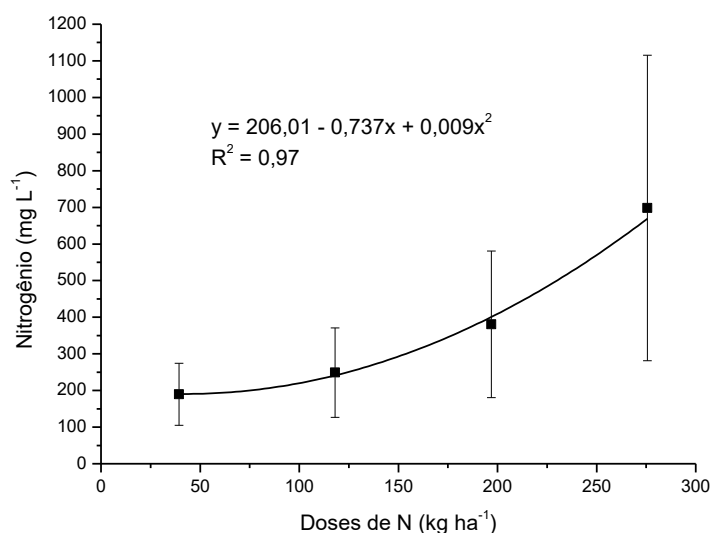


Figura 21. Teor de nitrogênio na solução do solo no dia 10/03/2016 em função das doses de nitrogênio.

Conforme pode ser observado na Tabela 17, nos dias 09/12 e 10/03 as parcelas em que foi realizada irrigação diária apresentaram valores menores de nitrogênio na solução do solo e nos outros momentos não houve diferença significativa. Devido ao espaçamento da irrigação, é possível que no manejo 3 vezes por semana a planta tenha desenvolvido mais raízes em profundidade, extraindo nutrientes de uma área maior de solo e, assim, não reduzido tanto os níveis na camada de 0-10 cm, onde estava instalado

o extrator de solução, enquanto no manejo com irrigação diária as raízes possivelmente se concentraram mais superficialmente, reduzindo os teores de nutrientes nessa camada.

Tabela 17. Médias dos resultados da análise de nitrogênio na solução solo função do manejo da irrigação.

Frequência de Irrigação	28/10	25/11	02/12	09/12	10/03
	mg L ⁻¹				
Diária	37 A	27 A	49 A	46 B	72 B
3 / semana	40 A	29 A	35 A	77 A	99 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

4.2.2. Potássio

Nas Tabelas 18 a 20 podem ser observados os resultados da análise de variância para a análise de potássio na solução do solo nos 24 momentos de coleta. Em todas as coletas houve efeito significativo das doses de potássio na sua concentração no solo. Em relação à adubação nitrogenada, em oito momentos houve diferença significativa e, quanto ao manejo da irrigação, em sete momentos foi possível diferenciar significativamente.

Tabela 18. Resumo da análise de variância da concentração de potássio na solução do solo realizada em outubro e novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	07/10	14/10	21/10	28/10	04/11	11/11	18/11	25/11
p								
N	0,034 *	0,302 ns	0,159 ns	0,031 *	0,698 ns	0,298 ns	0,176 ns	0,021 *
K	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *
I	0,063 ns	0,151 ns	0,075 ns	0,065 ns	0,222 ns	0,763 ns	0,492 ns	0,050 ns
N*K	0,147 ns	0,739 ns	0,215 ns	0,156 ns	0,096 ns	0,191 ns	0,405 ns	0,535 ns
N*I	0,708 ns	0,623 ns	0,335 ns	0,689 ns	0,584 ns	0,689 ns	0,920 ns	0,805 ns
K*I	0,374 ns	0,270 ns	0,616 ns	0,355 ns	0,636 ns	0,460 ns	0,623 ns	0,357 ns
N*K*I	0,896 ns	0,930 ns	0,973 ns	0,867 ns	0,294 ns	0,532 ns	0,473 ns	0,900 ns
CV (%)	43,5	36,2	31,9	43,1	32,0	45,7	63,2	42,5

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Tabela 19. Resumo da análise de variância da concentração de potássio na solução do solo realizada em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	02/12	09/12	16/12	23/12	06/01	13/01	20/01	27/01
	p							
N	0,734 ns	0,732 ns	0,170 ns	0,086 ns	0,162 ns	0,230 ns	0,066 ns	0,019 *
K	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *
I	0,181 ns	0,105 ns	0,522 ns	0,009 *	0,000 *	0,208 ns	0,020 *	0,001 *
N*K	0,110 ns	0,312 ns	0,453 ns	0,281 ns	0,619 ns	0,809 ns	0,611 ns	0,301 ns
N*I	0,621 ns	0,603 ns	0,916 ns	0,862 ns	0,840 ns	0,533 ns	0,483 ns	0,180 ns
K*I	0,653 ns	0,391 ns	0,706 ns	0,333 ns	0,000 *	0,297 ns	0,240 ns	0,006 *
N*K*I	0,325 ns	0,274 ns	0,546 ns	0,675 ns	0,154 ns	0,901 ns	0,432 ns	0,171 ns
CV (%)	31,6	152,2	54,9	72,4	29,7	37,6	92,0	110,1

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Tabela 20. Resumo da análise de variância da concentração de potássio na solução do solo realizada em fevereiro e março de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	03/02	10/02	17/02	24/02	02/03	10/03	16/03	23/03
	p							
N	0,027 *	0,291 ns	0,104 ns	0,027 *	0,044 *	0,006 *	0,169 ns	0,189 ns
K	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *
I	0,073 ns	0,146 ns	0,032 *	0,063 ns	0,096 ns	0,001 *	0,045 *	0,473 ns
N*K	0,137 ns	0,739 ns	0,180 ns	0,112 ns	0,198 ns	0,047 *	0,142 ns	0,910 ns
N*I	0,671 ns	0,594 ns	0,322 ns	0,699 ns	0,699 ns	0,066 ns	0,201 ns	0,567 ns
K*I	0,313 ns	0,250 ns	0,799 ns	0,291 ns	0,321 ns	0,001 *	0,798 ns	0,306 ns
N*K*I	0,957 ns	0,960 ns	0,980 ns	0,854 ns	0,952 n	0,017 *	0,980 ns	0,320 ns
CV (%)	44,6	37,9	30,9	41,5	41,0	25,1	29,1	38,7

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Utilizando o método da análise de componentes principais, foram selecionados os momentos em que os resultados mostraram maior variabilidade (Tabela 21). Utilizando-se a nota de corte 0,300, os momentos selecionados foram 04/11, 11/11, 02/12, 06/01, 20/01 e 10/03.

Tabela 21. Coeficientes das componentes analisadas para potássio na solução do solo.

Avaliações	PC1	PC2	PC3
07/10	0,229	-0,249	-0,199
14/10	0,207	0,147	0,092
21/10	0,228	0,054	0,061
28/10	0,230	-0,247	-0,194
04/11	0,172	-0,184	0,431
11/11	0,159	-0,088	0,430
18/11	0,197	-0,098	0,133
25/11	0,220	-0,241	-0,236
02/12	0,172	-0,180	0,432
09/12	0,181	0,072	0,156
16/12	0,197	-0,095	0,139
23/12	0,202	0,119	-0,232
06/01	0,185	0,303	-0,052
13/01	0,207	0,143	0,091
20/01	0,198	0,333	-0,054
27/01	0,185	0,297	-0,135
03/02	0,226	-0,254	-0,204
10/02	0,206	0,158	0,077
17/02	0,229	0,079	0,059
24/02	0,228	-0,248	-0,196
02/03	0,228	-0,239	-0,203
10/03	0,177	0,326	-0,122
16/03	0,228	0,071	0,068
23/03	0,180	0,213	-0,017
Variância	0,649	0,077	0,064
Variância Acumulada	0,649	0,726	0,791

pc – dimensões dos componentes principais

Conforme pode-se observar na Tabela 22, em todos os momentos foram observados teores de potássio maiores no tratamento que recebeu maior dose, mostrando que a análise da solução do solo extraída por cápsulas porosas foi eficiente na detecção do teor de potássio no solo. Porém, diferente do que ocorreu com o nitrogênio, os teores de K continuaram mostrando diferença inclusive no final do ciclo de adubação, ao final do mês.

Tabela 22. Médias dos resultados da análise de potássio na solução solo função das doses de K aplicadas.

Doses de K kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	04/11	11/11	02/12	06/01	20/01	10/03
	mg L ⁻¹					
112,5	11 B	9 B	6 B	6 B	5 B	8 B
337,5	21 A	25 A	11 A	11 A	8 A	14 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Isso pode indicar que, diferente do nitrogênio, o potássio não limita e não estimula o desenvolvimento do gramado, uma vez que, independente da concentração deste elemento no solo, a planta vai absorver a mesma quantidade.

Em relação às doses de nitrogênio, apenas na coleta do dia 10/03 houve diferença significativa nos teores de potássio. Observando-se a Tabela 23, é possível notar uma tendência de redução no teor de K conforme aumenta-se as doses de nitrogênio. Isso pode ocorrer pois, nos tratamentos que receberam mais nitrogênio, houve maior crescimento das plantas e, com isso, a absorção de potássio também foi maior, reduzindo seu teor na solução do solo, como foi observado na análise química do solo.

Tabela 23. Médias dos resultados da análise de potássio na solução do solo em função das doses de N aplicadas.

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	04/11	11/11	02/12	06/01	20/01	10/03
	mg L ⁻¹					
112,5	15 A	15 A	8 A	10 A	7 A	12 AB
337,5	17 A	15 A	9 A	10 A	8 A	16 A
562,5	15 A	21 A	8 A	7 A	5 A	7 B
787,5	17 A	18 A	9 A	7 A	5 A	9 B

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Houve variação significativa nos teores de K no solo em relação ao manejo da irrigação nas coletas dos dias 06/01, 20/01 e 10/03. Como pode ser visto na Tabela 24, os teores de K são menores no manejo de irrigação diário, possivelmente pelo mesmo motivo ocorrido com a concentração de nitrogênio.

Tabela 24. Médias dos resultados da análise de potássio na solução do solo em função do manejo da irrigação.

Frequência de Irrigação	04/11	11/11	02/12	06/01	20/01	10/03
	mg L ⁻¹					
Diária	17 A	17 A	9 A	6 B	5 B	8 B
3 / semana	15 A	17 A	8 A	11 A	8 A	14 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

De acordo com as Tabelas 19 e 20, houve interação entre as doses de potássio e o manejo da irrigação nas coletas dos dias 06/01 e 10/03 e entre as doses de nitrogênio e potássio na coleta do dia 10/03.

O teor de potássio na dose maior (337,5 kg ha⁻¹ de K₂O) é sempre superior à dose menor, mostrando que o equipamento foi eficiente na detecção do teor de potássio na solução do solo (Tabela 25). Porém, na menor dose de potássio, independente da dose de nitrogênio, o teor de potássio no solo permanece o mesmo. Como os teores são muito baixos (2 a 4 mg L⁻¹), talvez a diferença também tenha sido pequena e o equipamento pode não ter detectado. Já na maior dose de potássio foi possível detectar que os teores do elemento na solução do solo variam de acordo com as doses de nitrogênio, sendo o tratamento 3 (562,5 kg ha⁻¹ de N) o que apresentou o menor valor.

Tabela 25. Médias dos resultados da análise de potássio na solução do solo em função das doses de nitrogênio e potássio aplicadas.

Dose de N kg ha ⁻¹	Dose de K (kg ha ⁻¹)	
	112,5	337,5
mg L ⁻¹		
112,5	4 A b	20 AB a
337,5	4 A b	27 A a
562,5	3 A b	11 BC a
787,5	2 A b	17 AB a

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Comportamento semelhante é observado quando analisamos a interação entre as doses de potássio e o manejo da irrigação no teor de potássio no solo (Tabela 26). Os valores são sempre superiores no tratamento que recebeu maior dose de potássio e, no tratamento que recebeu a menor dose, não há diferença, independente do

manejo de irrigação. Porém, quando aplicada a maior dose de potássio é possível identificar que o manejo três vezes por semana apresentou teores de potássio no solo maiores nas duas datas amostradas.

Tabela 26. Médias dos resultados da análise de potássio na solução do solo em função das doses de potássio aplicadas e do manejo de irrigação.

Doses de K kg ha ⁻¹	Manejo da Irrigação			
	06/01/2016		10/03/2016	
	Diária	3 / semana	Diária	3 / semana
112,5	3 B a	3 B a	3 B a	3 B a
337,5	9 A b	19 A a	13 A b	25 A a

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas iguais na linha para a mesma data de avaliação não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

4.2.3. Condutividade elétrica

Nas tabelas 27 a 29 podem ser observados os resultados da análise de variância para a análise de condutividade elétrica na solução do solo nos 24 momentos de coleta. Em 15 coletas houve efeito significativo das doses de potássio na condutividade elétrica da solução do solo. Em relação à adubação nitrogenada, em sete momentos houve diferença significativa e, quanto ao manejo da irrigação, em 14 momentos foi possível diferenciar significativamente.

Utilizando o método da análise de componentes principais, foram selecionados os momentos em que os resultados mostraram maior variabilidade (Tabela 30). Utilizando-se a nota de corte 0,300, os momentos selecionados foram 14/10, 11/11, 09/12 e 23/03.

Tabela 27. Resumo da análise de variância da condutividade elétrica na solução do solo realizada em outubro e novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	07/10	14/10	21/10	28/10	04/11	11/11	18/11	25/11
	p							
N	0,931 ns	0,023 *	0,144 ns	0,907 ns	0,183 ns	0,061 ns	0,201 ns	0,910 ns
K	0,046 *	0,000 *	0,005 *	0,075 ns	0,462 ns	0,026 *	0,099 ns	0,076 ns
I	0,001 *	0,126 ns	0,152 ns	0,001 *	0,160 ns	0,024 *	0,000 *	0,001 *
N*K	0,915 ns	0,771 ns	0,809 ns	0,974 ns	0,684 ns	0,208 ns	0,377 ns	0,977 ns
N*I	0,980 ns	0,561 ns	0,549 ns	0,942 ns	0,954 ns	0,889 ns	0,994 ns	0,941 ns
K*I	0,885 ns	0,749 ns	0,424 ns	0,727 ns	0,422 ns	0,080 ns	0,547 ns	0,731 ns
N*K*I	0,719 ns	0,832 ns	0,606 ns	0,753 ns	0,974 ns	0,582 ns	0,404 ns	0,765 ns
CV (%)	67,1	44,3	50,2	67	45,7	57,4	64,9	68

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Tabela 28. Resumo da análise de variância da condutividade elétrica na solução do solo realizada em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	02/12	09/12	16/12	23/12	06/01	13/01	20/01	27/01
	p							
N	0,179 ns	0,000 *	0,655 ns	0,870 ns	0,925 ns	0,031 *	0,023 *	0,658 ns
K	0,459 ns	0,021 *	0,178 ns	0,097 ns	0,046 *	0,000 *	0,000 *	0,073 ns
I	0,167 ns	0,002 *	0,000 *	0,000 *	0,001 *	0,171 ns	0,060 ns	0,001 *
N*K	0,688 ns	0,797 ns	0,355 ns	0,921 ns	0,921 ns	0,725 ns	0,971 ns	0,894 ns
N*I	0,951 ns	0,850 ns	0,998 ns	0,945 ns	0,980 ns	0,619 ns	0,231 ns	0,932 ns
K*I	0,409 ns	0,376 ns	0,520 ns	0,841 ns	0,872 ns	0,807 ns	0,898 ns	0,872 ns
N*K*I	0,975 ns	0,512 ns	0,629 ns	0,778 ns	0,733 ns	0,831 ns	0,448 ns	0,660 ns
CV (%)	45,7	42,1	80,1	66,9	67,2	46,7	43,9	62,9

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Tabela 29. Resumo da análise de variância da condutividade elétrica na solução do solo realizada em fevereiro e março de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	03/02	10/02	17/02	24/02	02/03	10/03	16/03	23/03
	p							
N	0,725 ns	0,014 *	0,056 ns	0,694 ns	0,434 ns	0,000 *	0,080 ns	0,000 *
K	0,038 *	0,000 *	0,005 *	0,059 ns	0,009 *	0,000 *	0,006 *	0,028 *
I	0,001 *	0,067 ns	0,111 ns	0,000 *	0,005 *	0,002 *	0,150 ns	0,101 ns
N*K	0,927 ns	0,794 ns	0,917 ns	0,981 ns	0,966 ns	0,020 *	0,925 ns	0,636 ns
N*I	0,986 ns	0,700 ns	0,819 ns	0,959 ns	0,957 ns	0,705 ns	0,723 ns	0,572 ns
K*I	0,712 ns	0,712 ns	0,460 ns	0,694 ns	0,991 ns	0,821 ns	0,538 ns	0,019 *
N*K*I	0,768 ns	0,940 ns	0,825 ns	0,951 ns	0,838 ns	0,274 ns	0,695 ns	0,443 ns
CV (%)	64,6	41,5	49,4	64,9	64,1	26,5	48,7	41,2

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Tabela 30. Coeficientes das componentes analisadas para condutividade elétrica na solução do solo.

Avaliações	PC1	PC2	PC3
07/10	0,23	-0,211	0,126
14/10	0,199	0,313	0,165
21/10	0,201	0,296	0,150
28/10	0,232	-0,210	0,113
04/11	0,187	-0,009	-0,286
11/11	0,153	0,067	-0,361
18/11	0,193	-0,111	-0,182
25/11	0,233	-0,210	0,115
02/12	0,187	-0,008	-0,285
09/12	0,161	0,025	-0,441
16/12	0,191	-0,155	-0,138
23/12	0,233	-0,207	0,083
06/01	0,23	-0,209	0,128
13/01	0,203	0,298	0,149
20/01	0,172	0,293	0,037
27/01	0,224	-0,140	0,065
03/02	0,231	-0,188	0,102
10/02	0,204	0,289	0,149
17/02	0,212	0,271	0,097
24/02	0,236	-0,173	0,124
02/03	0,226	-0,176	0,095
10/03	0,173	0,061	-0,221

16/03	0,206	0,283	0,112
23/03	0,138	0,149	-0,436
Variância	0,631	0,135	0,066
Variância Acumulada	0,631	0,767	0,833

pc – dimensões dos componentes principais

Conforme pode-se observar nas Tabelas 31 e 32, somente na coleta do dia 11/11 não houve diferença significativa em relação às doses de nitrogênio, porém nos outros a condutividade elétrica aumenta de acordo com o aumento das doses de nitrogênio e em todos os momentos foram observados valores de condutividade elétrica maiores nos tratamentos que receberam maior dose de potássio. As fontes utilizadas para o fornecimento de N e K (nitrato de amônio e cloreto de potássio) promovem salinização do solo e a elevação da condutividade elétrica de acordo com o aumento das doses mostra que a análise da solução do solo extraída por cápsulas porosas foi eficiente na detecção destas variações.

Houve variação significativa da condutividade elétrica da solução do solo em relação ao manejo da irrigação nas coletas dos dias 11/11 e 09/12. Como pode ser visto na Tabela 33, os valores são menores no manejo de irrigação diário. Como já foi visto na concentração de N e K, que apresentaram comportamento semelhante, possivelmente no manejo diário a concentração radicular foi maior superficialmente, fazendo com que a concentração de nutrientes nessa área fosse reduzida e, conseqüentemente, a condutividade elétrica fosse menor.

Tabela 31. Médias dos resultados da análise de condutividade elétrica na solução do solo em função das doses de nitrogênio.

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	14/10	11/11	09/12	23/03
	dS m ⁻¹			
112,5	0,7 B	0,7 A	0,5 B	0,3 C
337,5	0,7 AB	0,6 A	0,4 B	0,4 BC
562,5	0,8 AB	0,9 A	0,5 B	0,5 B
787,5	1,0 A	1,0 A	0,9 A	0,7 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Tabela 32. Médias dos resultados da análise de condutividade elétrica na solução do solo em função das doses de potássio.

Doses de K kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	14/10	11/11	09/12	23/03
	dS m ⁻¹			
112,5	0,6 B	0,7 B	0,5 B	0,5 B
337,5	0,9 A	0,9 A	0,7 A	0,6 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Tabela 33. Médias dos resultados da análise de condutividade elétrica na solução do solo em função do manejo de irrigação.

Frequência de Irrigação	14/10	11/11	09/12	23/03
	dS m ⁻¹			
Diária	0,7 A	0,7 B	0,5 B	0,5 A
3 / semana	0,8 A	0,9 A	0,7 A	0,6 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

De acordo com a Tabela 29, houve interação entre as doses de potássio e o manejo da irrigação na coleta do dia 23/03.

A condutividade elétrica na solução do solo foi maior no tratamento que recebeu maior dose de potássio em relação a que recebeu menor dose e também foi maior no tratamento de irrigação três vezes por semana em relação ao que recebeu irrigação diária (Tabela 34). Isso comprova o que já foi discutido anteriormente, de a análise da solução foi eficiente na detecção dos efeitos da aplicação de uma dose maior de potássio no solo e que no tratamento que recebeu irrigação diária os teores de nutrientes na camada superficial foram menores, provavelmente devido a maior concentração de raízes nessa região, o que aumentou a absorção de nutrientes.

Tabela 34. Médias dos resultados da análise de condutividade elétrica na solução do solo em função das doses de potássio aplicadas e do manejo de irrigação.

Doses de K kg ha ⁻¹	Manejo da Irrigação	
	Diária	3 / semana
	dS m ⁻¹	
112,5	0,5 A a	0,4 B a
337,5	0,5 A b	0,7 A a

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

4.2.4. Comportamento da solução do solo ao longo do tempo

As datas das adubações e precipitações foram os fatores levados em consideração para discutir o comportamento da solução do solo ao longo do tempo. As adubações foram realizadas no início de cada mês e as precipitações semanais estão representadas nas figuras 22 a 24.

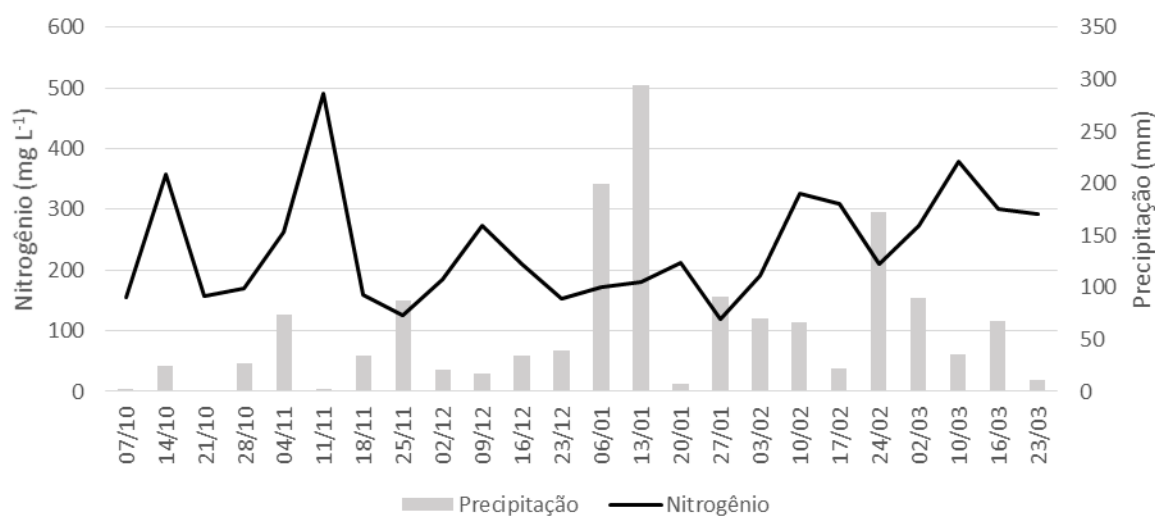


Figura 22. Concentração de nitrogênio na solução do solo e precipitação semanal ao longo do tempo.

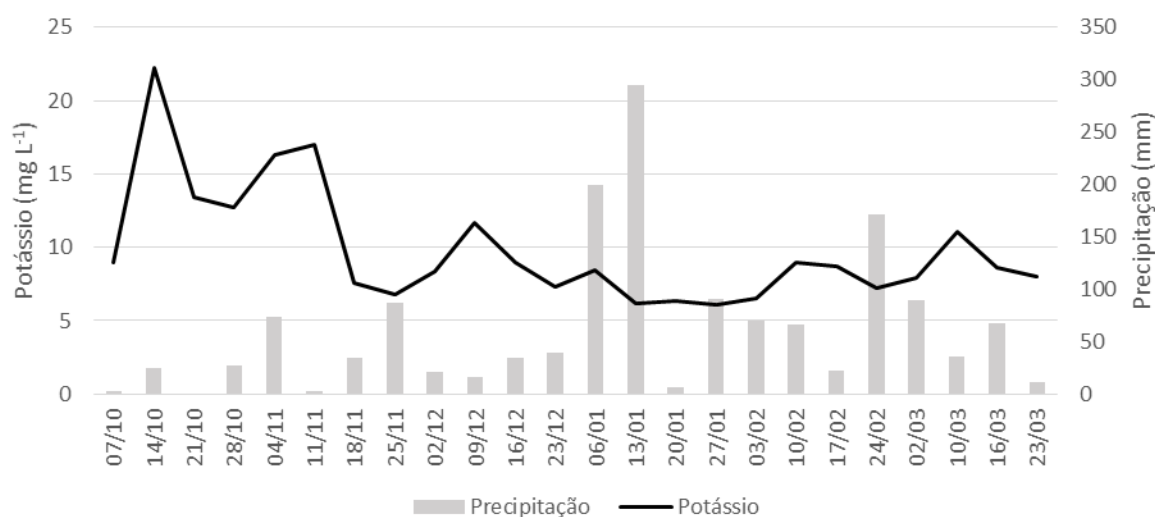


Figura 23. Concentração de potássio na solução do solo e precipitação semanal ao longo do tempo.

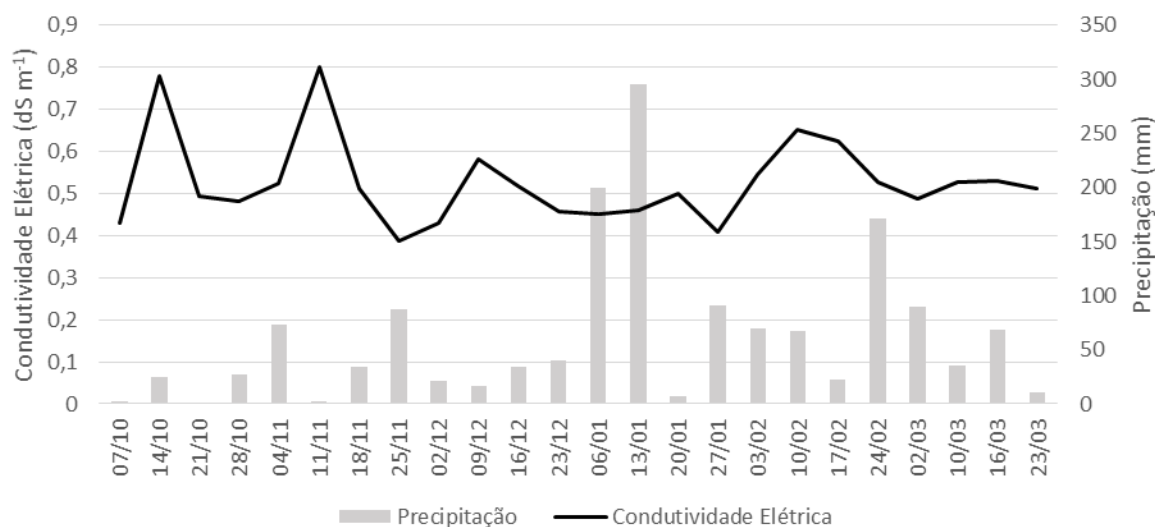


Figura 24. Condutividade elétrica na solução do solo e precipitação semanal ao longo do tempo.

Em geral, o comportamento é uniforme para nitrogênio, potássio e condutividade elétrica. Os valores aumentam muito quando é feita uma adubação e vão diminuindo gradualmente até a próxima adubação. Esse comportamento ocorre pela grande exigência nutricional da grama bermuda e sugere que a adubação poderia ser feita de maneira ainda mais parcelada, diminuindo essa variação.

Uma exceção a esse comportamento ocorre em janeiro de 2016, pois neste mês não há o grande aumento nos teores de nitrogênio e potássio após a adubação. Isso provavelmente ocorreu devido às chuvas ocorridas no período de 24/12 a 13/01, onde houve precipitação de 495 mm, o que provavelmente promoveu lixiviação dos nutrientes e consequente redução da sua concentração na camada onde estavam instalados os extratores de solução.

Por esse motivo é de extrema importância a utilização de ferramentas que possam monitorar a situação nutricional da solução do solo de acordo com fatores climáticos, extração pela planta, entre outros. Para melhor recomendação da adubação os extratores de cápsula porosa se mostraram uma ferramenta eficaz neste monitoramento.

4.3. Análise foliar

Na Tabela 35 podem ser observados os resultados da análise de variância para a análise foliar realizada nos meses de setembro de 2015, dezembro de 2015 e março de 2016.

Houve efeito significativo das doses de nitrogênio nos teores de nitrogênio e potássio na folha nas avaliações realizadas em dezembro de 2015 e março de 2016. O manejo da irrigação influenciou significativamente nos teores de potássio na folha na avaliação de dezembro de 2015. Não houve influência das doses de potássio nos teores de nitrogênio e potássio na folha.

Tabela 35. Resumo da análise de variância para concentração de nitrogênio e potássio na lâmina foliar de grama bermuda nas três épocas de avaliação.

Causas de Variação	Nitrogênio			Potássio		
	Set/2015	Dez/2015	Mar/2016	Set/2015	Dez/2015	Mar/2016
	p					
N	0,086 ns	0,000 *	0,000 *	0,097 ns	0,010 *	0,000 *
K	0,777 ns	0,255 ns	0,906 ns	0,406 ns	0,155 ns	0,148 ns
I	0,750 ns	0,303 ns	0,647 ns	0,059 ns	0,000 *	0,080 ns
N*K	0,471 ns	0,471 ns	0,758 ns	0,901 ns	0,958 ns	0,834 ns
N*I	0,558 ns	0,472 ns	0,424 ns	0,523 ns	0,549 ns	0,884 ns
K*I	0,794 ns	0,919 ns	0,977 ns	0,606 ns	0,757 ns	0,463 ns
N*K*I	0,548 ns	0,659 ns	0,936 ns	0,561 ns	0,961 ns	0,962 ns
CV (%)	6,6	5,2	7	9,3	10	8,9

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Como pode ser observado na Tabela 36, tanto os teores de nitrogênio como os de potássio na folha nas avaliações de dezembro de 2015 e março de 2016 aumentam conforme aumenta-se as doses de nitrogênio aplicadas. Porém, analisando as Figuras 25 a 28, é possível ver que esse aumento não é linear, tendo sempre um ponto de máximo entre os tratamentos 2 (75%) e 3 (125%), ou seja, maiores doses de adubação nitrogenada a partir dessa faixa não vão significar aumento nos teores de nitrogênio e potássio na folha, o que indica que a dose calculada inicialmente como recomendada (100%) atendeu às necessidades da planta.

Tabela 36. Médias dos resultados das análises de nitrogênio e potássio foliar nos três meses amostrados em função das doses de nitrogênio.

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Nitrogênio			Potássio		
	Set/2015	Dez/2015	Mar/2016	Set/2015	Dez/2015	Mar/2016
112,5	37 A	32 B	28 C	13 A	16 B	11 B
337,5	35 A	33 B	30 B	13 A	17 AB	12 AB
562,5	36 A	36 A	32 A	13 A	18 A	13 A
787,5	37 A	38 A	33 A	14 A	18 A	13 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

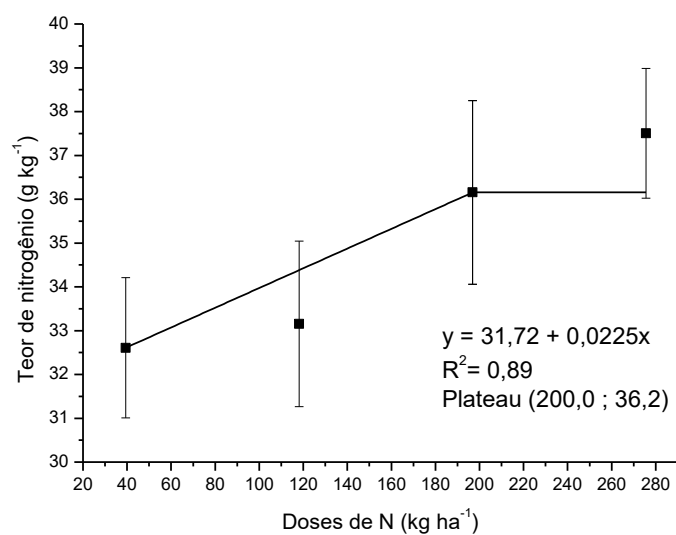


Figura 25. Teor de nitrogênio na folha no mês de dezembro de 2015 em função das doses de nitrogênio.

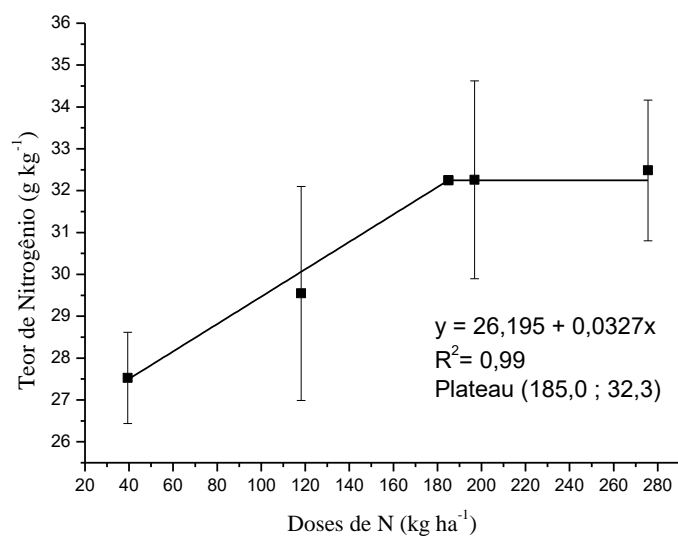


Figura 26. Teor de nitrogênio na folha no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio.

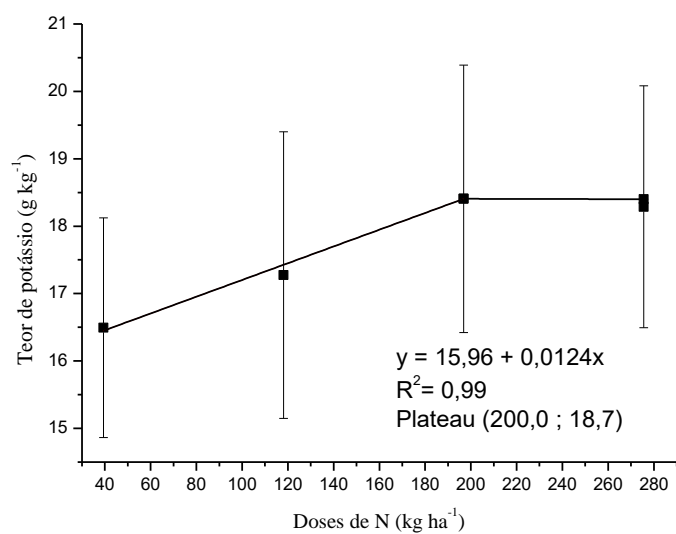


Figura 27. Teor de potássio na folha no mês de dezembro de 2015 em função das doses de nitrogênio.

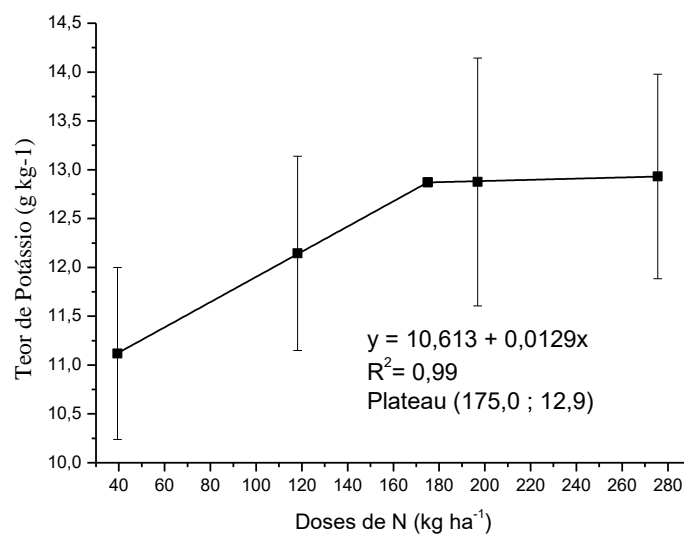


Figura 28. Teor de potássio na folha no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio.

4.4. Análises de desenvolvimento do gramado

4.4.1. Altura do gramado

Na Tabela 37 podem ser observados os resultados da análise de variância para a altura do gramado nos seis meses de coleta.

Tabela 37. Resumo da análise de variância para análise da altura do gramado nos seis meses avaliados em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
	p					
N	0,135 ns	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *
K	0,416 ns	0,061 ns	0,030 *	0,020 *	0,071 ns	0,159 ns
I	0,021 *	0,670 ns	0,051 ns	0,329 ns	0,184 ns	0,167 ns
N*K	0,811 ns	0,528 ns	0,789 ns	0,139 ns	0,900 ns	0,946 ns
N*I	0,827 ns	0,707 ns	0,605 ns	0,936 ns	0,828 ns	0,792 ns
K*I	0,683 ns	0,813 ns	0,208 ns	0,120 ns	0,385 ns	0,404 ns
N*K*I	0,752 ns	0,675 ns	0,419 ns	0,244 ns	0,653 ns	0,658
CV (%)	17,0	14,3	11,4	11,8	15,0	15,1

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Em cinco coletas houve efeito significativo das doses de nitrogênio na altura do gramado. Apenas no mês de outubro, primeiro a ser avaliado, as doses de nitrogênio não representaram aumento na altura do gramado. Nos meses mais frios a grama bermuda tem crescimento menor e, conseqüentemente, responde menos à adubação. Portanto, como o mês de outubro é que apresenta menores temperaturas, esse efeito pode ser notado.

De acordo com a Tabela 38, a altura do gramado tem valores crescentes em função do aumento na dose de nitrogênio. Porém, analisando as figuras de 29 a 33, onde estão representadas as regressões correspondentes a cada mês, com exceção do mês de novembro, o ponto de máximo foi encontrado em doses menores que a dose máxima. Isso significa que, nesses meses, a aplicação de doses maiores de nitrogênio não resultou em maior altura do gramado.

Tabela 38. Médias da altura do gramado em função das doses de nitrogênio em seis épocas de avaliação.

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Out/15	Nov/15	Dez/15	Jan/16	Fev/16	Mar/16
	Mm					
112,5	27 A	24 C	29 B	25 B	27 C	26 C
337,5	28 A	26 BC	30 B	29 A	28 BC	28 BC
562,5	29 A	28 AB	34 A	30 A	32 AB	32 AB
787,5	31 A	31 A	35 A	30 A	33 A	33 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

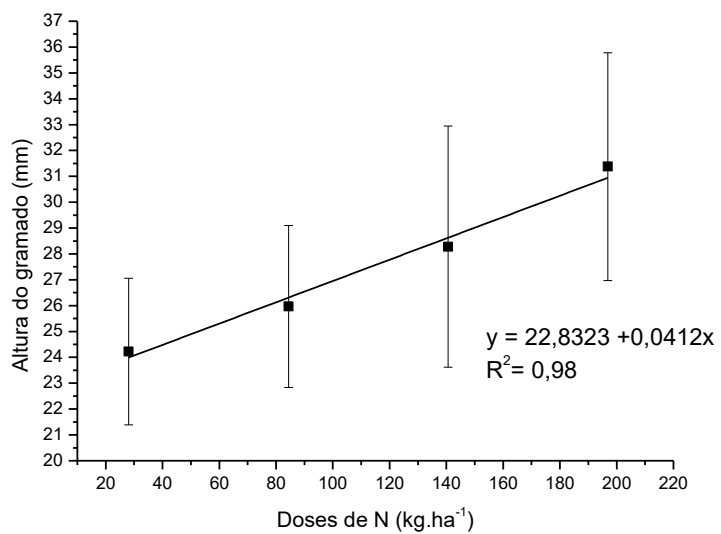


Figura 29. Altura do gramado no mês de novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio.

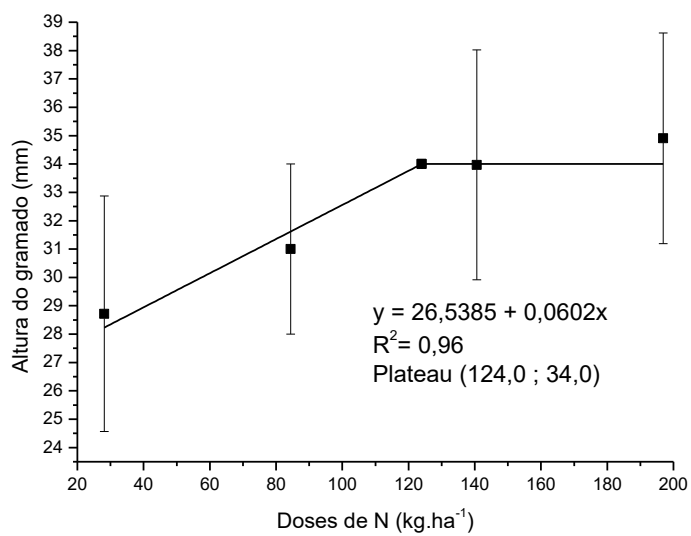


Figura 30. Altura do gramado no mês de dezembro de 2015 em função das doses de nitrogênio.

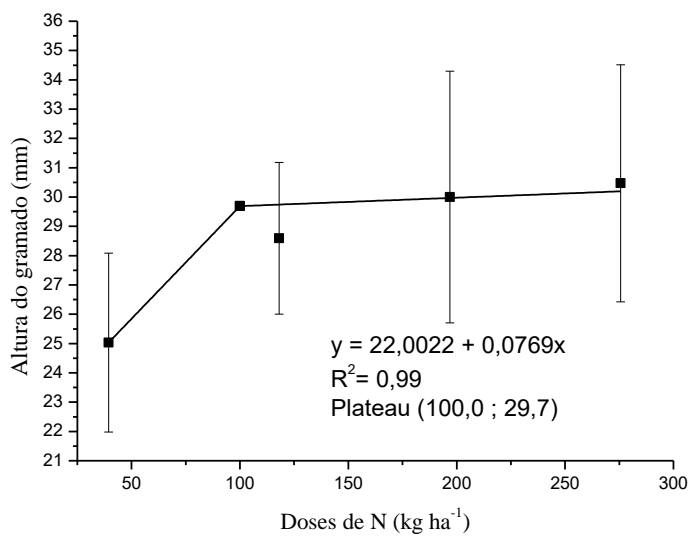


Figura 31. Altura do gramado no mês de janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio.

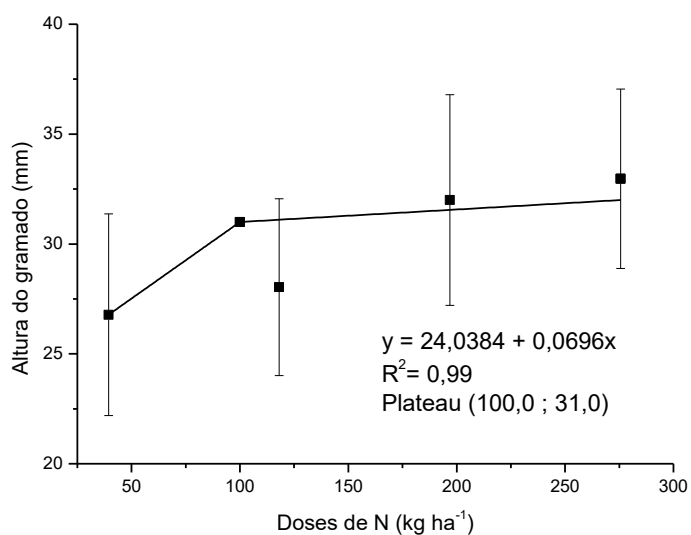


Figura 32. Altura do gramado no mês de fevereiro de 2016 em função das doses de nitrogênio.

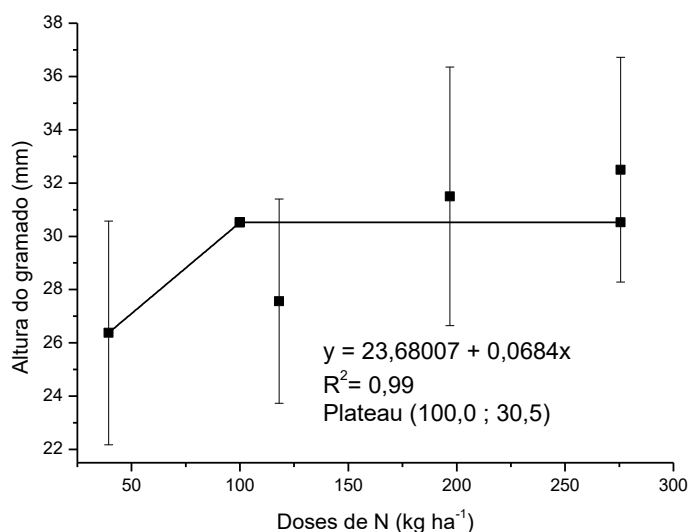


Figura 33. Altura do gramado no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio.

Em relação à adubação potássica, em dois meses houve diferença significativa. Essa diferença foi obtida nos meses de dezembro e janeiro e, como pode ser visto na Tabela 39, os maiores valores de altura ocorreram nas maiores doses de potássio. Esses dois meses têm como características altas precipitações e temperaturas. O desenvolvimento da grama bermuda é maior com altas temperaturas, o que pode ter aumentado a exigência da planta em potássio e, com isso, ter apresentado essa diferença. Outra possibilidade é que, com a maior precipitação (Figura 18), os teores de potássio no solo ficaram menores. Com isso, o tratamento que recebeu maior dose de potássio se sobressaiu e conseguiu fornecer a necessidade adequada para o crescimento do gramado.

Tabela 39. Médias da altura do gramado em função das doses de potássio em seis épocas de avaliação.

Doses de K kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Out/15	Nov/15	Dez/15	Jan/16	Fev/16	Mar/16
	Mm					
112,5	28 A	27 A	31 B	28 B	29 A	29 A
337,5	29 A	28 A	33 A	30 A	31 A	30 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Quanto ao manejo da irrigação, o mês que apresentou diferença significativa foi outubro. Este mês apresentou os menores valores de precipitação, portanto os tratamentos de irrigação tiveram maior influência no crescimento do gramado, sendo

que o tratamento que recebeu água três vezes por semana proporcionou maior altura do gramado (Tabela 40).

Tabela 40. Médias da altura do gramado em função do manejo da irrigação em seis épocas de avaliação.

Frequência de Irrigação	Out/15	Nov/15	Dez/15	Jan/16	Fev/16	Mar/16
	Mm					
Diária	27 B	28 A	31 A	28 A	29 A	29 A
3 / semana	30 A	27 A	33 A	29 A	31 A	30 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

4.4.2. Massa de matéria seca de aparas

Na Tabela 41 podem ser observados os resultados da análise de variância para massa de matéria fresca coletada e matéria seca do gramado nos dois momentos de coleta. Houve diferença significativa das doses de nitrogênio nos valores de matéria fresca e matéria seca para os dois períodos avaliados. A irrigação influenciou significativamente os valores no mês de março de 2016 e as doses de potássio não tiveram influência.

Tabela 41. Resumo da análise de variância para análise da massa de matéria fresca coletada e de matéria seca em duas épocas de avaliação em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	Dezembro/15		Março/16	
	Matéria Fresca	Matéria Seca	Matéria Fresca	Matéria Seca
N	0,000 *	0,000 *	0,001 *	0,018 *
K	0,145 ns	0,087 ns	0,716 ns	0,387 ns
I	0,684 ns	0,319 ns	0,001 *	0,004 *
N*K	0,722 ns	0,850 ns	0,785 ns	0,702 ns
N*I	0,648 ns	0,720 ns	0,586 ns	0,358 ns
K*I	0,298 ns	0,280 ns	0,536 ns	0,853 ns
N*K*I	0,919 ns	0,995 ns	0,355	0,563 ns
CV (%)	24,6	20,4	19,7	17,0

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

De acordo com a Tabela 42, a massa de matéria fresca e de matéria seca têm valores crescentes em função do aumento na dose de nitrogênio. Porém, analisando as figuras 34 e 35 onde estão representadas as regressões correspondentes ao mês de março de 2016, o ponto de máximo foi encontrado em doses menores que a dose máxima. Isso significa que a aplicação de doses maiores de nitrogênio não resultou em maior massa de matéria fresca e seca, confirmando os resultados de altura do gramado.

Tabela 42. Médias dos valores de massa de matéria fresca e seca em função das doses de nitrogênio nos dois meses de avaliação.

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Dezembro/15		Março/16	
	Matéria Fresca	Matéria Seca	Matéria Fresca	Matéria Seca
	kg ha ⁻¹			
112,5	1089,8 B	358,2 C	1363,6 B	523,4 B
337,5	1379,6 B	433,7 BC	1679,4 A	603,0 AB
562,5	1799,5 A	505,5 AB	1782,7 A	607,7 AB
787,5	2043,4 A	573,4 A	1864,0 A	622,3 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

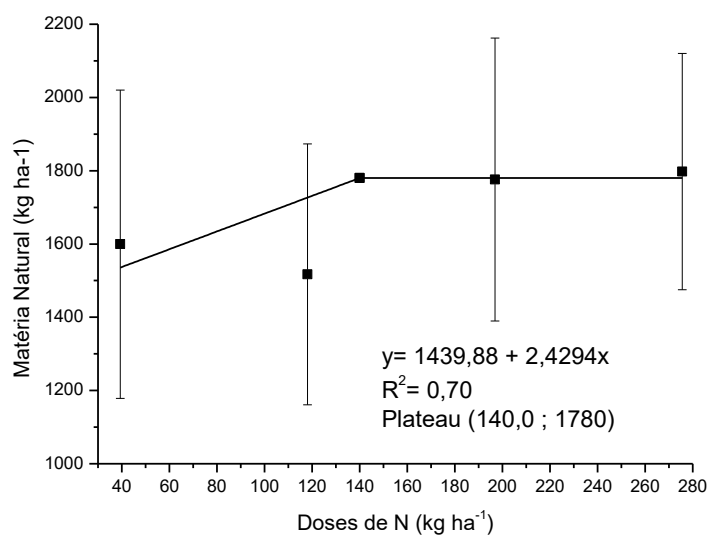


Figura 34. Massa de matéria fresca no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio.

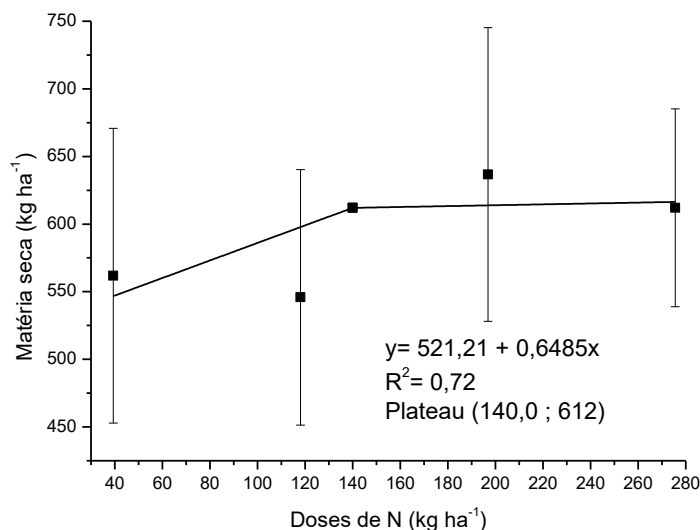


Figura 35. Massa de matéria seca no mês de março de 2016 em função das doses de nitrogênio.

Como pode ser visto na Tabela 43, o manejo da irrigação três vezes por semana promoveu maior produção de matéria fresca e seca. Conforme observado na análise da solução do solo, as quantidades de nitrogênio e potássio na solução do solo nesse manejo de irrigação foram maiores e, portanto, podem ter promovido um maior desenvolvimento do gramado.

Tabela 43. Médias dos valores de massa de matéria fresca e seca em função do manejo da irrigação nos dois meses de avaliação.

Frequência de Irrigação	Dezembro/15		Março/16	
	Matéria Fresca	Matéria Seca	Matéria Fresca	Matéria Seca
Diária	1595,3 A	456,4 A	1558,1 B	553,8 B
3 / semana	1557,9 A	479,0 A	1786,7 A	624,4 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

4.4.3. Taxa de recuperação do gramado

Na tabela 44 podem ser observados os resultados da análise de variância para a análise da taxa de recuperação do gramado. A avaliação foi feita 14 dias após a retirada dos plugs (14 DARP). As doses de potássio e o manejo de irrigação não

tiveram influência significativa na taxa de recuperação do gramado, diferente do que ocorreu com as doses de nitrogênio.

Tabela 44. Resumo da análise de variância para análise da taxa de recuperação do gramado em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	14 DARF p
N	0,000 *
K	0,817 ns
I	0,065 ns
N*K	0,671 ns
N*I	0,214 ns
K*I	0,577 ns
N*K*I	0,862 ns
CV (%)	10,2

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Pode-se observar na tabela 45 que doses maiores de nitrogênio promoveram maior fechamento do gramado em relação às doses menores, porém esse comportamento não é linear, como pode ser visto na Figura 36.

Isso indica que a falta de nitrogênio no solo dificulta e torna mais lento o fechamento do gramado após este ser danificado, porém doses muito elevadas de nitrogênio não representam uma recuperação mais rápida, havendo um limite que estaria próximo do tratamento 3 (562,5 kg ha⁻¹ de N).

Tabela 45. Médias dos resultados da análise da taxa de cobertura verde do gramado em função das doses de nitrogênio.

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	14 DARF %
112,5	76,9 B
337,5	80,2 B
562,5	90,2 A
787,5	92,4 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

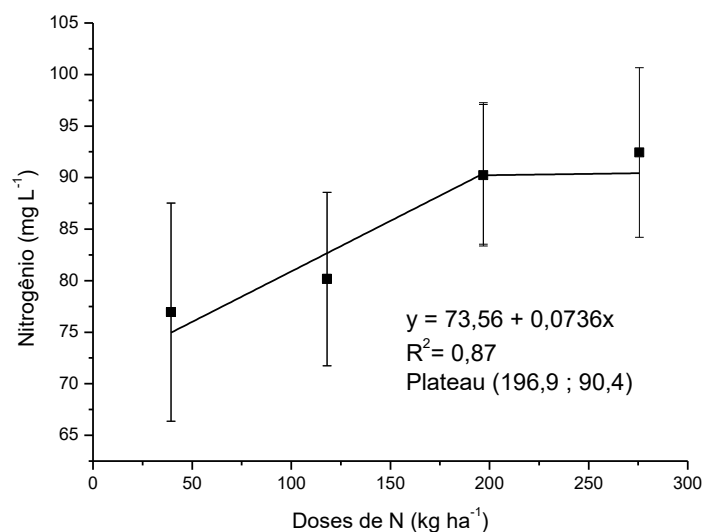


Figura 36. Taxa de cobertura verde do gramado em função das doses de nitrogênio.

4.5. Avaliações da qualidade do gramado

4.5.1. Índice de cor verde

Nas Tabelas 46 a 48 podem ser observados os resultados da análise de variância para a análise do índice de coloração verde nos 24 momentos de coleta. Em 22 coletas houve efeito significativo das doses de nitrogênio na coloração verde do gramado. Em relação à adubação potássica, não houve diferença significativa e, quanto ao manejo da irrigação, apenas em oito momentos foi possível diferenciar significativamente.

Tabela 46. Resumo da análise de variância do índice de cor verde realizada em outubro e novembro de 2015 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	07/10	14/10	21/10	28/10	04/11	11/11	18/11	25/11
	p							
N	0,010 *	0,001 *	0,056 ns	0,153 ns	0,021 *	0,000 *	0,000 *	0,005 *
K	0,435 ns	0,357 ns	0,898 ns	0,761 ns	0,312 ns	0,399 ns	0,128 ns	0,429 ns
I	0,012 *	0,012 *	0,001 *	0,012 *	0,004 *	0,336 ns	0,026 *	0,013 *
N*K	0,831 ns	0,849 ns	0,521 ns	0,672 ns	0,284 ns	0,923 ns	0,961 ns	0,831 ns
N*I	0,627 ns	0,626 ns	0,490 ns	0,697 ns	0,858 ns	0,297 ns	0,472 ns	0,634 ns
K*I	0,462 ns	0,413 ns	0,799 ns	0,526 ns	0,937 ns	0,603 ns	0,984 ns	0,467 ns
N*K*I	0,998	0,996 ns	0,743 ns	0,618 ns	0,615 ns	0,996 ns	0,837 ns	0,998 ns
CV (%)	11,2	11,5	17,3	18,4	11,9	11,4	9,6	11,2

Tabela 47. Resumo da análise de variância da índice de cor verde realizada em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	02/12	09/12	16/12	23/12	06/01	13/01	20/01	27/01
	p							
N	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,002 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *
K	0,476 ns	0,437 ns	0,435 ns	0,445 ns	0,428 ns	0,426 ns	0,393 ns	0,852 ns
I	0,691 ns	0,722 ns	0,717 ns	0,724 ns	0,012 *	0,724 ns	0,664 ns	0,677 ns
N*K	0,850 ns	0,853	0,853 ns	0,853 ns	0,854 ns	0,840 ns	0,805 ns	0,863 ns
N*I	0,869 ns	0,865 ns	0,869 ns	0,865 ns	0,643 ns	0,864 ns	0,854 ns	0,689 ns
K*I	0,767 ns	0,740 ns	0,800 ns	0,730 ns	0,466 ns	0,750 ns	0,668 ns	0,564 ns
N*K*I	0,777 ns	0,790 ns	0,823 ns	0,782 ns	0,998 ns	0,795 ns	0,775 ns	0,381 ns
CV (%)	6,6	6,5	6,7	6,5	11,3	6,5	6,8	8,9

Tabela 48. Resumo da análise de variância da índice de cor verde realizada em fevereiro e março de 2016 em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	03/02	10/02	17/02	24/02	02/03	10/03	16/03	23/03
	p							
N	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *
K	0,465 ns	0,205 ns	0,458 ns	0,428 ns	0,438 ns	0,450 ns	0,429 ns	0,437 ns
I	0,589 ns	0,094 ns	0,730 ns	0,697 ns	0,720 ns	0,727 ns	0,722 ns	0,722 ns
N*K	0,361 ns	0,341 ns	0,864 ns	0,837 ns	0,860 ns	0,869 ns	0,855 ns	0,853 ns
N*I	0,747 ns	0,432 ns	0,873 ns	0,861 ns	0,865 ns	0,875 ns	0,859 ns	0,865 ns
K*I	0,122 ns	0,356 ns	0,758 ns	0,703 ns	0,742 ns	0,749 ns	0,743 ns	0,740 ns
N*K*I	0,972 ns	0,284 ns	0,805 ns	0,773 ns	0,790 ns	0,803 ns	0,792 ns	0,790 ns
CV (%)	9,2	6,2	6,8	6,8	6,7	6,8	6,5	6,6

Utilizando o método da análise de componentes principais, foram selecionados os momentos em que os resultados mostraram maior variabilidade (Tabela 49). Utilizando-se a nota de corte 0,300, os momentos selecionados foram 07/10, 25/11 e 06/01.

Tabela 49. Coeficientes das componentes analisadas para o índice de cor verde.

Avaliações	PC1	PC2
06/10	0,186	-0,323
13/10	0,190	-0,296
20/10	0,155	-0,308
27/10	0,157	-0,285

03/11	0,147	-0,281
10/11	0,188	-0,170
17/11	0,186	-0,141
24/11	0,183	-0,327
01/12	0,233	0,128
08/12	0,231	0,135
15/12	0,231	0,141
22/12	0,232	0,132
05/01	0,186	-0,319
12/01	0,231	0,134
19/01	0,227	0,139
26/01	0,150	-0,038
02/02	0,163	0,033
09/02	0,184	0,254
16/02	0,228	0,148
23/02	0,232	0,137
01/03	0,232	0,135
08/03	0,228	0,154
15/03	0,231	0,134
22/03	0,232	0,134
Variância	0,727	0,117
Variância Acumulada	0,727	0,844

pc – dimensões dos componentes principais

De acordo com a Tabela 50, o índice de cor verde tem valores crescentes em função do aumento na dose de nitrogênio. Porém, analisando as figuras 37 a 39, onde estão representadas as regressões correspondentes a cada momento, o ponto de máximo foi encontrado em doses menores que a dose máxima. Isso significa que a aplicação de doses maiores de nitrogênio não resultou em maior índice de cor verde.

Quando a absorção de nitrogênio pela planta é muito alta, ele se acumula como nitrato e, nesta forma, não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser quantificado pelo medidor de índice de coloração verde (DWYER, 1995). Ou seja, o teor de clorofila varia em função da aplicação de nitrogênio, porém existe um limite.

Tabela 50. Médias dos resultados do índice de cor verde em função das doses de nitrogênio aplicadas.

Doses de N kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	07/10	25/11	06/01
112,5	353 B	443 B	350 B
337,5	379 AB	480 AB	384 AB
562,5	392 AB	497 A	397 A
787,5	404 A	512 A	410 A

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

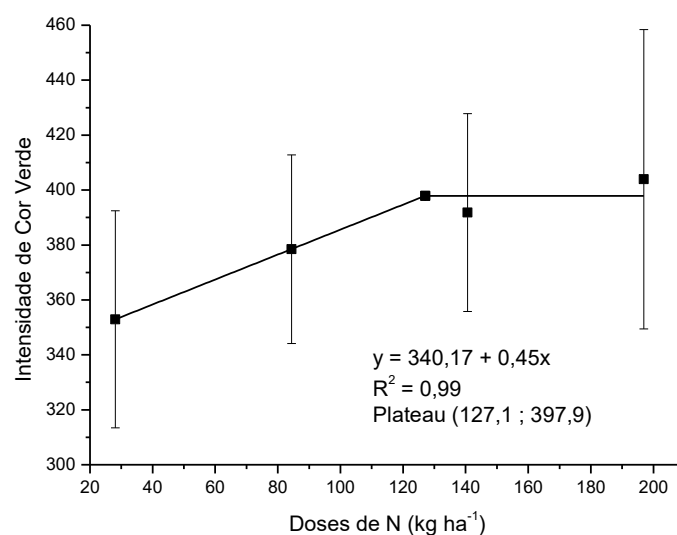


Figura 37. Índice de cor verde no dia 07/10/2015 em função das doses de nitrogênio.

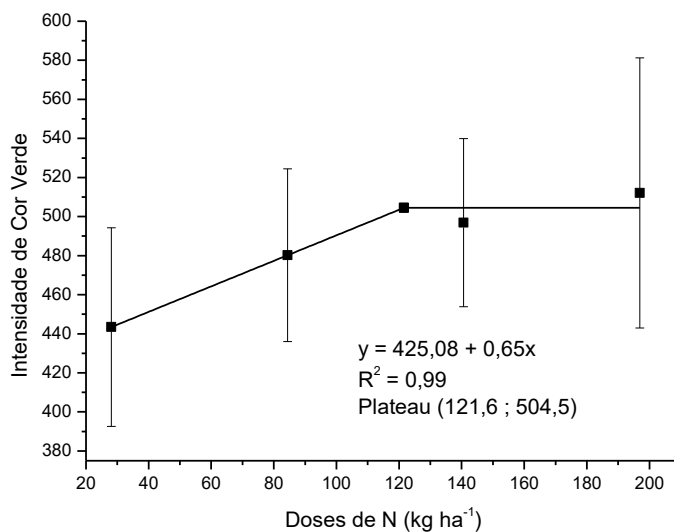


Figura 38. Índice de cor verde no dia 25/11/2015 em função das doses de nitrogênio.

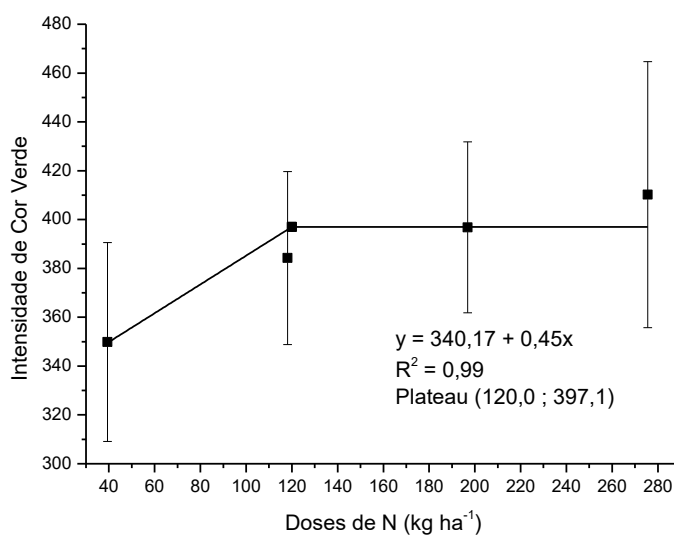


Figura 39. Índice de cor verde no dia 06/01/2016 em função das doses de nitrogênio.

4.5.2. Resistência do gramado à tração

Na tabela 51 podem ser observados os resultados da análise de resistência do gramado à tração nos dois momentos de coleta. Nota-se que não há diferença significativa em relação aos tratamentos, porém há interação entre as doses de nitrogênio e potássio para o mês de março de 2016.

O tratamento que recebeu menor dose de potássio não apresentou diferença significativa de resistência à tração conforme aumentou-se as doses de nitrogênio, porém, quando aplicada a maior dose de potássio, é possível notar que o tratamento que recebeu a menor dose de nitrogênio apresentou a menor resistência à tração (Tabela 52).

Tabela 51. Resumo da análise de variância para análise de resistência do gramado à tração em duas épocas de avaliação em função das doses de nitrogênio, potássio e manejo da irrigação.

Causas de Variação	Dezembro/15	Março/16
	P	
N	0,642 ns	0,599 ns
K	0,166 ns	0,067 ns
I	0,427 ns	0,082 ns
N*K	0,367 ns	0,017 *
N*I	0,490 ns	0,246 ns
K*I	0,652 ns	0,747 ns
N*K*I	0,073 ns	0,729 ns
CV (%)	12,7	8,8

ns - não significativo; * - significativo a 5% pelo teste Tukey; N - doses de nitrogênio; K - doses de potássio; I - frequências de irrigação.

Tabela 52. Médias dos resultados da análise de resistência à tração do gramado em função das doses de nitrogênio e potássio aplicadas.

Dose de N	Dose de K (kg ha ⁻¹)	
	112,5	337,5
kg ha ⁻¹	Nm	
112,5	53 A a	45 B b
337,5	49 A a	53 A a
562,5	52 A a	48 AB a
787,5	51 A a	50 AB a

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

A resistência à tração é a força necessária para romper o gramado e é resultado direto da formação de rizomas e estolões. Quando o fornecimento de potássio foi baixo, não houve diferença, independente da dose de nitrogênio aplicada, porém com o fornecimento adequado de potássio, o gramado que recebeu menor quantidade de

nitrogênio possivelmente desenvolveu menos rizomas e estolões e, assim, teve menor resistência à tração.

Segundo a FIFA (2016), a recomendação é que um gramado bom esteja entre 25 a 50 Nm e um gramado ideal deve estar entre 35 e 45 Nm. Portanto, a resistência à tração da maioria dos tratamentos desse experimento está no limite máximo de um gramado bom e acima do limite para um gramado ideal. Porém, é preciso levar em consideração que este gramado foi implantado em um solo natural, enquanto os gramados esportivos são, geralmente, implantados em areia, onde a resistência à tração provavelmente é menor.

5. CONCLUSÕES

O monitoramento da concentração de nutrientes na solução do solo com a utilização de extratores de cápsula porosa se mostrou eficiente para detectar as doses de nitrogênio e potássio aplicadas.

A concentração de nitrogênio e potássio na folha, o índice de coloração verde e o desenvolvimento do gramado foram maiores conforme aumentou-se as doses de nitrogênio, porém não houve resposta a doses acima de $562,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N (125% da dose total recomendada).

A dose de $112,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O (50% da dose total recomendada) foi suficiente para manter um gramado bem desenvolvido e com boa coloração verde.

A irrigação realizada 3 vezes por semana apresentou teores de nitrogênio e potássio maiores na solução do solo a 10 cm de profundidade em relação à irrigação diária e também promoveu melhor desenvolvimento do gramado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, W.A.; GIBBS, R.J. 1994. Natural Turf for Sport and Amenity: **Science and Practice**. CAB International. Wallingford, U.K.

BAR-YOUSEF, B. Fertilization under drip irrigation. In PALGRAVE, D. A. (Ed.) **Fluid fertilizer: science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 285-329.

BEARD, J. B. **Turfgrass: science and culture**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1973. 235 p.

BOYD, J.W. **Maintaining bermudagrass football fields**. Circular AG-40-190. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, United States Department of Agriculture, and County Governments Cooperating. 1990.

BURTON, G.W. Tifway (Tifton 419) Bermudagrass. **Crop Sci.** 6:93-94. 1966.

CHRISTIANS, N. E. **Fundamental of turfgrass management**. Chelsea: Arbor Press, MI, 1998. 301 p.

CHRISTIANS, N. **Fundamentals of turfgrass management**. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ. 2004.

CUNHA, A.R.; KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E.; SCOBEDO, J.F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu-SP, segundo Koppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999. p.487-491.

FIFA. **Quality Concept for football turf**. Disponível em: <http://www.fifa.com/mm/document/afdeveloping/pitchequip/fqc_football_turf_folder_342.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2016.

FU, J. & P.H. DERNOEDEN. 2009. Creeping bentgrass putting green turf responses to two summer irrigation practices: Rooting and soil temperature. **Crop Sci.** 49:1063–1070.

GODOY, L. J. G., BACKES, C., VILLAS BÔAS, R. L., SANTOS, A. J. M. **Nutrição, adubação e calagem para produção de gramas**. 1 ed. Botucatu: FEPAF, 2012. 139 p.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Produção e consumo de gramas crescem no Brasil. In: AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. 10. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformática, 2005. p. 35-38.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Nutrição e adubação para gramados. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

HICKEY, M.J.; HUME, D.E. Effects of mowing height and nitrogen on a turf tall fescue in comparison to perennial Ryegrass and browtop bent sown alone or in mixtures 1. Establishment. **Journal Turfgrass and Sports Surface Science**, v.79, p.23-32, 2003.

ISTO É. **Golfe tipo exportação**. 2008. Disponível em: <http://www.istoe.com.br/reportagens/4454_GOLFE+TIPO+EXPORTACAO?pathImagem=&path=&actualArea=internalPage>. Acesso em: 14 dez. 2008.

JOHNSON, P.G.; KOENIG, R.T.; KOPP, K.L. Nitrogen, phosphorus and potassium responses and requirements in calcareous sand greens. **Agronomy Journal**, v.95, p.697-702, 2003.

KARCHER, D. E., RICHARDSON, M. D., LANDRETH, J. W., MCCALLA, JR., J. H. Recovery of Bermudagrass Varieties from Divot Injury. **Applied Turfgrass Science**. 2005.

MADISON, J.H. 1971. **Principles of Turfgrass Culture**. Van Nostrand Reinhold Co., NY.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2ed. Piracicaba: POTAFOS (Associação brasileira de pesquisa da potassa e do fosfato), 1997. 317p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, San Diego. 1995.

MATEUS, C. M. D. **Exportação de nutrientes pela grama bermuda Tifdwarf utilizada em greens de campos de golfe**. 2011. 72p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.

MCCARTY, L. B. Tópicos atuais em gramados. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 4., 2008. Botucatu. **Anais...** Botucatu: SIGRA, 2008. p. 43-46.

MCCARTY, L. B. Estratégias de manejo para greens de golfe com grama bermuda Ultradwarf. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 3., 2006, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 2006. 1 CD-ROM.

PEACOCK, C.H., BRUNEAU, A.H., DIPAOLA, J.M. Response of the Cynodon cultivar 'Tifgreen' to potassium fertilization. **Intl. Turf Soc. Res. J.** 1997. 8:1308–1313.

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

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

SARTAIN, J. B. **Potassium requirement for tifway bermudagrass.** Golf Course Management, Lawrence, p. 1-4, jul., 2002.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo.** 136p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SLAVENS, M.R.; JOHNSON, P.G.; BUGBEE, B. Irrigation Frequency Differentially Alters Vegetative Growth and Seed Head Development of Poa annua L. Biotypes. **Crop Science**, VOL. 51. 2011. p.314-322

SOUZA, T. R. **Monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e da solução do solo em sistema de fertirrigação.** 146p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2010.

TAPIA, D. Implantação e manejo de gramados esportivos. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

WEBSTER, D.E.; EBDON, J.S. Effects of nitrogen and potassium fertilization on perennial Ryegrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. **HortScience**, v.40, p.842-849, 2005.