



Universidade Federal
de São João del-Rei

GEIZA MARIA VIEIRA ALVES

**TRIGO IRRIGADO PARA SILAGEM EM REGIÃO DO CERRADO
MINEIRO**

**SETE LAGOAS
2023**

GEIZA MARIA VIEIRA ALVES

**TRIGO IRRIGADO PARA SILAGEM EM REGIÃO DO CERRADO
MINEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Júnior
Coorientadora: Dr^a. Fernanda de Kássia Gomes
Coorientador: Prof. Dr. Frederick Mendes Aguiar

**SETE LAGOAS
2023**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A474t Alves, GEIZA MARIA.
 TRIGO IRRIGADO PARA SILAGEM EM REGIÃO DO CERRADO
MINEIRO / GEIZA MARIA Alves ; orientador João Carlos
Ferreira Borges Júnior. -- Sete Lagoas, 2023.
 115 p.

 Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias) -- Universidade Federal de São
João del-Rei, 2023.

 1. Triticum aestivum L.. 2. Irrigação. 3. Silagem.
4. Doenças. I. Ferreira Borges Júnior, João Carlos ,
orient. II. Título.

GEIZA MARIA VIEIRA ALVES

**TRIGO IRRIGADO PARA SILAGEM EM REGIÃO DO CERRADO
MINEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus Sete Lagoas*, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Júnior
Coorientadora: Dr^a. Fernanda de Kássia Gomes
Coorientador: Prof. Dr. Frederick Mendes Aguiar

Sete Lagoas, 31 de outubro de 2023.

Banca examinadora:

Dr^a. Karina Toledo da Silva - EPAMIG

Prof^a. Dr^a. Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella - UFSJ



Documento assinado digitalmente

JOAO CARLOS FERREIRA BORGES JUNIOR

Data: 22/01/2024 22:00:47-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Júnior
Orientador - UFSJ

AGRADECIMENTOS

A Deus, que todos os dias da minha vida me dá forças para nunca desistir, a Ele dedico tudo o que tenho, o que sou e o que eu possa vir a ter ou ser.

Aos meus pais, que são meu alicerce e minha força nos momentos mais difíceis. À minha irmã, a qual tenho o maior amor do mundo, que sempre me motiva e torce pelo meu melhor.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Júnior, pela confiança em mim depositada, ao aceitar ser meu orientador, e por todo auxílio, que foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha coorientadora, Dr^a. Fernanda de Kássia Gomes, pela confiança, pelos ensinamentos, pelo apoio e pelo incentivo, ao longo da execução do trabalho.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Frederick Mendes Aguiar, pelo tempo dispensado a mim, no qual ajudava-me com sugestões e com esclarecimento de dúvidas.

Aos membros da banca, pelo aceite do convite e pela valorosa contribuição, na conclusão desta etapa tão importante.

Às minhas amigas, Anna Luisa, Beatriz Braga e Tays Scheeren pelas conversas e risadas, pela amizade e pela ajuda nos momentos difíceis.

À Universidade Federal de São João del-Rei, pela oportunidade de realização da pós-graduação, a qual que me trouxe crescimentos acadêmico, profissional e pessoal.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À EPAMIG, por me disponibilizar o uso de sua estrutura física e de seus recursos, para parte do desenvolvimento dessa pesquisa.

A todos, que direta ou indiretamente, tiveram alguma participação e que contribuíram para a realização e a finalização deste trabalho, e, conseqüentemente, o encerramento dessa etapa tão sonhada: o meu muito obrigada!!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Designação dos tratamentos iniciais, resultantes da combinação de duas cultivares e cinco níveis de irrigação (ETc = evapotranspiração potencial da cultura).	23
Tabela 2. Descrição detalhada dos tratamentos do experimento oficial (ETc = evapotranspiração potencial da cultura).....	27
Tabela 3. Caracterização química das amostras de solo, da área experimental da coleta de solo (Amostra 1: coletada entre unidades experimentais, e Amostra 2: coletada nas unidades experimentais, à profundidade de 0,15 m), Sete Lagoas, 2023.	29
Tabela 4. Configurações de instalação de gotejadores, quanto à vazão e ao espaçamento, para obtenção de diferentes níveis de irrigação, definidos em relação à evapotranspiração da cultura (ETc).	32
Tabela 5. Valores dos coeficientes de uniformidade, obtidos em campo.	33
Tabela 6. Lâminas de irrigação acumuladas aplicadas, e água total (irrigação + precipitação), durante todo o ciclo do trigo, para os diferentes níveis de irrigação, em Sete Lagoas, MG, para o ano de 2023.....	43
Tabela 7. Resumo das análises de variância das características: florescimento (FLOR), altura de planta (ALT), número de espigas por área (NE), massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca da parte aérea, da cultivar de trigo, Energix 203, submetida à diferentes lâminas de irrigação suplementar. Sete Lagoas, MG, 2023.....	44
Tabela 8. Resumo das análises de variância das características: produtividade de massa de folha (kg ha^{-1}) (YMF), fração de massa seca de folha (MSF, %), fração de massa seca de matéria morta (MSMM, %), fração de massa seca de colmo (MSC, %) e fração de massa seca de espiga (MSE, %), da cultivar de trigo, Energix 203, submetidas à diferentes lâminas de irrigação suplementar. Sete Lagoas, MG, 2023.	44
Tabela 9. Quadro da análise de variância, para a variável florescimento.	44
Tabela 10. Quadro da análise de variância do modelo linear.....	45
Tabela 11. Modelo linear simples para florescimento (dias após a semeadura), em função da lâmina de irrigação total no ciclo (mm).	45
Tabela 12. Resultado da análise de variância, para a variável altura de planta.....	46
Tabela 13. Resultado da análise de variância, para a variável matéria verde da parte aérea. ...	49
Tabela 14. Resultado da análise de variância, para a variável matéria seca da parte aérea.	51
Tabela 15. Resultado da análise de variância, para a variável número de espigas por unidade de área.	53

Tabela 16. Ajuste ao modelo de regressão polinomial de ordem 2, para os dados de produtividade de massa de folha (kg ha^{-1}) (YMF).....	55
Tabela 17. Análise de variância, do modelo de regressão polinomial de ordem 2, para os dados de produtividade de massa de folha (kg ha^{-1}) (YMF).....	55
Tabela 18. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de fração de massa seca de folha (MSF) (%).	56
Tabela 19. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de fração de massa seca de folha (MSF) (%).	57
Tabela 20. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de fração de massa seca de matéria morta (MSMM) (%).	58
Tabela 21. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de fração de massa seca de matéria morta (MSMM) (%).	58
Tabela 22. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de fração de massa seca de colmo (MSC) (%).	59
Tabela 23. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de fração de massa seca de colmo (MSC) (%).	60
Tabela 24. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de fração de massa seca de espiga (MSE) (%).	61
Tabela 25. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de fração de massa seca de espiga (MSE) (%).	61
Tabela 26. Resultado da análise de variância, para a variável produtividade (kg ha^{-1}).	62
Tabela 27. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de produtividade da cultura.	62
Tabela 28. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de produtividade da cultura.	62
Tabela 29. Resultado da análise de variância, para a variável produtividade da água (WIRRI).	65
Tabela 30. Análise de regressão, para o modelo linear, para os dados de produtividade da água (WIRRI).	66
Tabela 31. Análise de variância, do modelo de regressão linear, para os dados de produtividade da água (WIRRI).....	66
Tabela 32. Descrição detalhada dos tratamentos (ETc = evapotranspiração da cultura, ou seja, evapotranspiração potencial).	81

Tabela 33. Configurações de distribuição de gotejadores, para obtenção de diferentes níveis de irrigação.....	84
Tabela 34. Lâminas acumuladas, aplicadas durante todo o ciclo do trigo, para os diferentes níveis de irrigação, em Sete Lagoas, MG, para o ano de 2023.	84
Tabela 35. Tabela com as notas para ferrugem da folha, em relação aos dias após a semeadura (DAS), para a cultivar Energix 203.	88
Tabela 36. Tabela com as notas para mancha amarela, em relação aos dias após a semeadura (DAS).	90
Tabela 37. Tabela com as notas para mancha marrom, em relação aos dias após a semeadura (DAS).	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias mensais de temperaturas máxima, média e mínima do ar, entre 1981-2010, para Sete Lagoas, MG, com base nas informações do INMET.....	21
Figura 2. Médias mensais de precipitação pluvial, de umidade relativa do ar (A) e de insolação total (B), entre 1981-2010, para Sete Lagoas, MG, com base nas informações do INMET....	22
Figura 3. Esquema inicial da disposição dos tratamentos na área experimental, Sete Lagoas, MG, 2023, em que T-01 a T-10 representam os 10 tratamentos, resultantes da combinação de 2 níveis de cultivares e cinco níveis de irrigação.	24
Figura 4. Ocorrência expressiva de plantas invasoras na área do experimento piloto.	25
Figura 5. Teste de germinação para as cultivares de trigo, Energix 203 (A) e MGS Brilhante (B).	26
Figura 6. Esquema da disposição dos tratamentos no experimento principal, Sete Lagoas, MG, 2023.....	28
Figura 7. Ferramenta para construção de sulcos (A) e de linhas de semeadura nas parcelas (B).	30
Figura 8. Esquema da área experimental com sistema de irrigação implantado.....	31
Figura 9. Linha lateral do sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores do tipo botão (A), e manômetro instalado em cavalete, localizado no início do sistema de irrigação, na tubulação da linha principal (B).	33
Figura 10. Espigas em florescimento.....	36
Figura 11. Determinação da altura da planta de trigo no campo.....	37
Figura 12. Acondicionamento em estufa, para obtenção de massa seca (A), e amostra para obtenção da massa verde (B), da parte aérea das plantas de trigo.....	38
Figura 13. Contagem do número de espigas por unidade de área, em gabarito de 0,312 m ² (A) e imagem de espigas, por ocasião do procedimento (B).....	39
Figura 14. Divisão de amostra de material colhido no campo em: lâmina foliar, colmo, material morto e espiga.....	40
Figura 15. Colheita da área útil.....	40
Figura 16. Temperaturas máxima, média e mínima (A), precipitação pluvial, evapotranspiração de referência (ET ₀) e umidade relativa (UR) (B), durante o período de cultivo do trigo (02/06 a 25/08/2023), em Sete Lagoas, MG, 2023.....	42
Figura 17. Irrigação acumulada no decorrer do experimento.....	43

Figura 18. Ajuste de modelo de regressão linear simples, de dados médios de florescimento (dias após a semeadura), em função da lâmina de irrigação total no ciclo (mm).....	45
Figura 19. Boxplot e valores observados para altura de plantas (cm), em relação aos níveis de irrigação total no ciclo (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruzes vermelhas indicam médias e os pontos pretos indicam outliers.....	48
Figura 20. Boxplot e valores observados para de matéria verde da parte aérea (g planta ⁻¹), em relação aos níveis de irrigação total no ciclo (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruzes vermelhas indicam médias e o ponto preto indica um outlier.	50
Figura 21. Boxplot e valores observados para matéria seca da parte aérea (g planta ⁻¹), em relação aos níveis de irrigação total no ciclo (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados e as cruzes vermelhas indicam médias.....	52
Figura 22. Boxplot e valores observados de número de espigas m ⁻² , em relação aos níveis de irrigação total no ciclo (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruzes vermelhas indicam médias e o ponto preto indica um outlier.....	54
Figura 23. Gráfico de análise de regressão, polinomial de ordem 2, de médias de produtividade de massa de folha (kg ha ⁻¹), em relação a lâminas de irrigação.	56
Figura 24. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de fração de massa seca de folha (%), em relação a lâminas de irrigação.	57
Figura 25. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de fração de massa seca de matéria morta (MSMM) (%), em relação às lâminas de irrigação.	59
Figura 26. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de fração de massa seca de colmo (%), em relação as lâminas de irrigação.	60
Figura 27. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de fração de massa seca de espiga (%), em relação às lâminas de irrigação.....	61
Figura 28. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de produtividade, em relação às lâminas de irrigação.	63
Figura 29. Boxplot e pontos observados de produtividade de matéria verde, em relação aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5	

= 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruces vermelhas indicam médias e os pontos pretos indicam um outlier.	64
Figura 30. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, em relação às médias de produtividade de água (WIRRI).	67
Figura 31. Boxplot e pontos observados de produtividade da água (WIRRI), em relação aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruces vermelhas indicam médias e os pontos pretos indicam um outlier.	68
Figura 32. Esquema da disposição dos tratamentos, na área experimental, Sete Lagoas, MG, 2023.....	81
Figura 33. Escala de severidade de sintomas de manchas foliares em trigo, adaptada de Lamari e Bernier (1989). Notas: 1= Pequenos pontos escuros (severidade correspondente a 2%); 2= Pequenos pontos escuros, pouca clorose ou necrose (severidade correspondente a 5%); 3= Pequenas manchas com evidentes anéis de clorose/necrose (severidade correspondente a 10%); 4= Manchas com evidentes anéis de clorose/necrose, algumas coalescendo (severidade correspondente a 20%); 5= Diversas manchas de clorose/necrose coalescentes (severidade correspondente a 60%). O sentido de numeração das notas de 1 a 5 para as imagens, é da esquerda para a direita, respectivamente.....	85
Figura 34. Escala fenológica de Zadocks et al. (1974).	86
Figura 35. Mancha marrom (<i>Bipolaris sorokiniana</i>). Figura A: colônia do patógeno, em meio aveia; Figura B: esporo pigmentado e segmentado em microscopia; Figura C: foto em lupa da parte micelial (filamentos brancos) e dos esporos (pontos escuros) do fungo.....	87
Figura 36. Ferrugem da folha (<i>Puccinia triticina</i>). Figura A: as pústulas na folha; e Figura B: os uredósporos (esporos) do patógeno.	87
Figura 37. Ferrugem da folha (<i>Puccinia triticina</i>), nota 1 de severidade da doença, com pequenas pústulas em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), para a cultivar Energix 203.	89
Figura 38. Mancha amarela (<i>Drechslera tritici-repentis</i>), nota 1 de severidade da doença, com pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), para a cultivar Energix 203, para o nível 3 de irrigação.....	90
Figura 39. Mancha marrom (<i>Bipolaris sorokiniana</i>), pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida) para a Energix 203, nível 2 de irrigação.	92

Figura 40. Ferrugem da folha (<i>Puccinia triticina</i>): Figura A: severidade no início do ciclo da cultura; Figura B: severidade no final do ciclo da cultura do trigo para a cultivar MGS Brilhante.	93
Figura 41. Evolução do índice de severidade médio, para a doença ferrugem da folha (<i>Puccinia triticina</i>), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N3 = 270,4 mm; e N4 = 232,6 mm).....	94
Figura 42. Mancha amarela (<i>Drechslera tritici-repentis</i>), nota 3 de severidade, com pequenas manchas com evidentes anéis de clorose/necrose em plantas de toda a parcela (10% da área foliar atingida), cultivar MGS Brilhante, nível 1 de irrigação.	95
Figura 43. Evolução do índice de severidade médio, para a doença mancha amarela (<i>Drechslera tritici-repentis</i>), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N3 = 270,4 mm; e N4 = 232,6 mm).....	96
Figura 44. Mancha marrom (<i>Bipolaris sorokiniana</i>), nota 1 de severidade, com pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), cultivar MGS Brilhante. ...	97
Figura 45. Evolução do índice de severidade médio, para a doença mancha marrom (<i>Bipolaris sorokiniana</i>), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N3 = 270,4 mm; e N4 = 232,6 mm).....	97
Figura 46. Ferrugem da folha (<i>Puccinia triticina</i>), com nota 5 de severidade, com diversas manchas de clorose ou necrose coalescentes em plantas de toda a parcela (60% da área foliar atingida), ao final do período de avaliação no campo (aproximadamente 60 dias após a semeadura).....	98
Figura 47. Evolução do índice de severidade médio, para a doença ferrugem da folha (<i>Puccinia triticina</i>), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm), para unidades em que houve repetição de semeadura em 29/06/2023.	99
Figura 48. Mancha amarela (<i>Drechslera tritici-repentis</i>), nota 4 de severidade, com manchas com evidentes anéis de clorose/necrose algumas coalescendo (20% da área foliar atingida) em plantas de toda a parcela.....	100
Figura 49. Evolução do índice de severidade médio para a doença mancha amarela (<i>Drechslera tritici-repentis</i>) na cultivar MGS Brilhante em relação aos dias após a semeadura (DAS) e níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm), para unidades em que houve repetição de semeadura em 29/06/2023.	101

Figura 50. Mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), nota 1 de severidade, com pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), para a cultivar MGS Brilhante.

..... 102

Figura 51. Evolução do índice de severidade médio, para a doença mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm), para unidades em que houve repetição de semeadura em 29/06/2023. 102

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUÇÃO GERAL	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
CAPÍTULO 1 - DESEMPENHO DE CULTIVAR DE TRIGO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO	16
1. INTRODUÇÃO	18
2. MATERIAL E MÉTODOS	21
2.1 Localização e caracterização da área experimental	21
2.2 Experimento piloto	22
2.3 Experimento principal.....	25
2.3.1 Teste de germinação	26
2.3.2 Delineamento experimental e tratamentos	27
2.3.3 Caracterização do solo	28
2.3.4 Instalação e condução do experimento	29
2.3.5 Manejo de irrigação	31
2.3.6 Variáveis avaliadas	35
2.3.6.1 Florescimento	35
2.3.6.2 Altura da planta	36
2.3.6.3 Matéria verde e seca da parte aérea	37
2.3.6.4 Número de espigas por unidade de área	38
2.3.6.5 Produção de massa de forragem e frações	39
2.3.6.6 Produtividade da cultura	40
2.3.6.7 Produtividade da água.....	41
2.3.7 Análise estatística	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.1 Variáveis meteorológicas e consumo hídrico.....	41
3.2 Análise estatística – abordagem geral dos resultados	43
3.3 Florescimento	44
3.4 Altura de planta	46
3.5 Matéria verde da parte aérea	49

3.6	Matéria seca da parte aérea	50
3.7	Número de espigas por unidade de área.....	52
3.8	Produção de massa de forragem e frações	55
3.9	Produtividade.....	62
3.10	Produtividade da água.....	65
3.11	Considerações finais	68
4.	CONCLUSÕES.....	70
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
CAPÍTULO 2 - MONITORAMENTO DE DOENÇAS NA CULTURA DO TRIGO (<i>Triticum aestivum</i> L.) PARA SILAGEM, SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO		75
1.	INTRODUÇÃO	77
2.	MATERIAL E MÉTODOS	80
2.1	Instalação e condução do experimento	80
2.2	Material vegetal e seu cultivo.....	82
2.3	Manejo de irrigação	83
2.4	Quantificação das doenças	84
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
3.1	Observações no campo para a cultivar Energix 203.....	88
3.2	Observações no campo para a cultivar MGS Brilhante	92
3.2.1	Parcelas com início na semeadura (02/06/2023)	92
3.2.2	Parcelas com início no reforço da semeadura (29/06/2023)	98
4.	CONCLUSÃO	105
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

TRIGO IRRIGADO PARA SILAGEM EM REGIÃO DO CERRADO MINEIRO

RESUMO - O trigo (*Triticum aestivum*) é um dos cereais mais importantes no cenário da agricultura brasileira. Este trabalho é estruturado em dois capítulos. O experimento foi realizado em condições de campo, entre os meses de junho a agosto de 2023, na Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus Sete Lagoas*, Minas Gerais. Foram avaliadas duas cultivares: a Energix 203 e a MGS Brilhante. O delineamento inicial estudado foi de blocos casualizados com quatro repetições, com cinco níveis de irrigação. O método de irrigação principal utilizado foi o de gotejamento superficial. Além do sistema de irrigação por gotejamento, a área experimental foi também equipada com sistema de irrigação por aspersão, utilizado para irrigação de pré-semeadura e na fase inicial do cultivo, para possibilitar condições adequadas para germinação e para estabelecimento da cultura. No primeiro capítulo foi possível fazer o acompanhamento apenas para a cultivar Energix 203. Não houve influência dos diferentes níveis de irrigação, na produtividade de silagem e na eficiência do uso da água para a cultivar Energix 203. Para as variáveis relacionadas à produção de silagem, não foram identificadas diferenças significativas nas variáveis analisadas, em resposta aos diferentes níveis de lâminas de irrigação, para as variáveis florescimento, altura de planta, número de espigas por área, massa verde da parte aérea, massa seca da parte aérea. A regressão linear simples foi significativa ao nível de 10%, para as variáveis produtividade e produtividade da água, em relação aos níveis de irrigação, e ao nível de 5%, para o florescimento e algumas variáveis de produção de massa de forragem e frações. No segundo capítulo, abordou-se a severidade das doenças ferrugem da folha, mancha amarela e mancha marrom, nas parcelas, em que o acompanhamento foi realizado seguindo escala de notas, utilizando-se a percentagem de severidade na análise dos dados. As cultivares utilizadas para o experimento foram Energix 203 e MGS Brilhante, submetidas aos mesmos cinco níveis de irrigação e ao sistema de irrigação por aspersão. Para a avaliação em relação à severidade de doenças foliares, no ensaio realizado verificou-se uma grande variabilidade de ocorrência de sintomas, em decorrência, principalmente, da susceptibilidade das cultivares em relação às doenças. A cultivar que demonstrou maior susceptibilidade, às doenças relatadas nesse trabalho, foi a cultivar MGS Brilhante. A cultivar Energix 203 obteve melhor desempenho em relação a sua sanidade.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.. Déficit hídrico. Irrigação. Escala diagramática. Doenças.

IRRIGATED WHEAT FOR SILAGE IN THE CERRADO MINEIRO REGION

ABSTRACT: Wheat (*Triticum aestivum*) is one of the most important cereals in Brazilian agriculture. This work is structured into two chapters. The experiment was conducted under field conditions between June and August 2023 at the Federal University of São João del-Rei, Campus Sete Lagoas, Minas Gerais. Two cultivars were evaluated: Energix 203 and MGS Brilhante. The initial design studied was randomized blocks with four replications, with five irrigation levels. The primary irrigation method used was surface drip. In addition to the drip irrigation system, the experimental area was equipped with a sprinkler irrigation system used for pre-sowing irrigation and in the initial cultivation phase to provide adequate germination and crop establishment conditions. In the first chapter, monitoring only the Energix 203 cultivar was possible. Different irrigation levels had no influence on silage productivity and water use efficiency for the Energix 203 cultivar. For variables related to silage production, no significant differences were identified in the variables analyzed in response to the different levels of irrigation depths regarding the variables flowering, plant height, number of ears per area, green mass of the aerial part, and dry mass of the aerial part. The simple linear regression was significant at the 10% level for the productivity and water productivity variables about irrigation levels and at the 5% level for flowering and some forage mass production variables and fractions. In the second chapter, the severity of the diseases leaf rust, yellow spot, and brown spot in the plots was addressed, in which monitoring was carried out according to a rating scale, using the percentage of severity in data analysis. The cultivars used for the experiment were Energix 203 and MGS Brilhante, subjected to the same five irrigation levels and the sprinkler irrigation system. For the assessment of the severity of foliar diseases, in the test carried out, there was a great variability in the occurrence of symptoms, mainly due to the susceptibility of the cultivars to diseases. The cultivar that demonstrated the most significant susceptibility to the diseases reported in this work was the MGS Brilhante cultivar. The Energix 203 cultivar performed better in terms of its health.

Keywords: *Triticum aestivum* L..Water deficit . Irrigation. Diagrammatic scale. Illnesses.

INTRODUÇÃO GERAL

O trigo (*Triticum aestivum*) é um dos cereais mais importantes no cenário da agricultura brasileira. Para explorar o potencial dessa cultura e atender a demanda interna no Brasil, estratégias adequadas quanto ao manejo cultural, à escolha de ambientes de cultivo, de genótipos promissores e de sementes de alta qualidade são necessárias (ABATI et al., 2018).

Por muitos anos o cultivo do trigo se restringiu à Região Sul, principalmente, por causa das condições climáticas (SANTOS et al., 2012). No entanto, com o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas, o uso de irrigação e de sementes de alta qualidade, resultou na expansão desse cereal para outras regiões, como as dos cerrados do Brasil Central (BOSCHINI et al., 2011).

Além da Região Sul, tradicionalmente produtora, o trigo irrigado, no Cerrado, tem hoje importância estratégica. Na região do Brasil Central (Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul e Bahia), o trigo pode ser produzido em dois sistemas de cultivo: de sequeiro ou safrinha, a partir da segunda quinzena de janeiro; e no sistema irrigado, sob pivô central, com semeadura a partir da segunda quinzena de abril (CONAB, 2017).

Para o estabelecimento dessas lavouras são necessárias sementes em grande quantidade e de alta qualidade. Para isso, tecnologias geradas pela pesquisa, principalmente, para o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas às diversas condições de cultivo, têm proporcionado a obtenção de ganhos na produtividade e na qualidade industrial desse cereal (CONAB, 2017).

O sucesso de uma lavoura depende, necessariamente, da escolha correta da cultivar a ser semeada. Particularmente para cereais de inverno, em que a margem de receita obtida, em média, é inferior ao das culturas de verão, a decisão correta é fundamental. Entretanto, a opção por uma cultivar em detrimento às demais caracteriza-se pela complexidade, resultado da interação de diversos fatores (PIRES et al., 2014).

O programa de melhoramento genético do trigo, no Brasil, iniciou-se em 1919, com a criação, pelo Ministério da Agricultura, de estações experimentais no estado do Rio Grande do Sul e do Paraná. A partir de 1925, foram realizados os primeiros cruzamentos artificiais em trigo (CONAB, 2017).

A maioria dos programas de melhoramento no país tem por objetivos: a tolerância à acidez do solo, a resistência às principais doenças do trigo, o aperfeiçoamento do tipo agrônômico, o potencial produtivo e a qualidade tecnológica. Esses programas de

melhoramento buscam a criação de cultivares com bom desempenho agrônômico e industrial (CONAB, 2017).

Na safra 2022/2023, a cultura do trigo alcançou a área de 3.086,2 mil hectares, com uma produção de 10.554,4 mil toneladas (CONAB, 2023), porém o país não é autossuficiente e necessita importar grãos de trigo de outros países como Estados Unidos, Canadá e países do Mercosul, em especial, a Argentina, que é o principal fornecedor de trigo para o Brasil. O trigo é um dos cereais mais importantes para a alimentação humana, ocupando grande parte das terras cultivadas. É uma cultura muito versátil e adaptada às mais diversas condições.

O sucesso da cultura está relacionado ao uso na alimentação humana e animal. Na alimentação humana destaca-se, principalmente, na fabricação de farinha. Por outro lado, na alimentação animal ocorre uma maior flexibilidade de uso, pois destina-se para grãos, duplo propósito, exclusivo ao pastejo, e mais recentemente, na forma de silagem. O trigo, com foco na produção de silagem, torna-se uma alternativa complementar ao uso de silagens de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), tradicionalmente usadas na alimentação de ruminantes, em diferentes sistemas de criação. Devido à importância desse cereal, são necessários estudos que priorizem a exploração do seu potencial de uso na alimentação animal (PORTELA; ARALDI, 2019).

O trigo é uma das culturas de maior adaptação climática. Pesquisas sobre o melhoramento de plantas, nas últimas décadas, com a cultura do trigo no Brasil, possibilitaram obter cultivares adaptadas a ambientes tropicais, no Sudeste, no Centro-Oeste e no Nordeste (EMBRAPA, 2023).

São vários os procedimentos que podem ser adotados como critérios, para se determinar quando e quanto de água deve ser aplicada em uma cultura. A maioria dos critérios se baseia no estado da água, em um ou mais componentes do sistema solo-planta-atmosfera. De acordo com inúmeros pesquisadores, o ideal seria monitorar o grau de deficiência hídrica na própria planta. Muitos indicadores podem ser utilizados para esse fim. Abertura estomática, temperatura de folha, coloração, taxa de transpiração, potencial osmótico, potencial de água, entre outros são parâmetros que poderiam, com boa precisão, fornecer informações para se estabelecer critérios para quantificar as necessidades de água de uma cultura (EMBRAPA, 2023).

Na região do Brasil Central, em lavouras tritícolas sem irrigação, o requerimento hídrico da cultura é plenamente atendido pela precipitação pluvial. Contudo, nessa região, no período

de inverno, as chuvas são esporádicas, irregulares e insuficientes, o que afeta a disponibilidade de água no solo (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

À medida que o solo seca e o conteúdo de água é reduzido, conseqüentemente, o potencial matricial é também reduzido, tornando-se mais difícil a absorção de água pelos vegetais, condicionando a planta a uma situação de déficit hídrico, o que acarreta estresse hídrico (BORTOLINI, 2016).

O estresse hídrico ocorre quando a quantidade de água extraída pela planta é insuficiente para recuperar a perda via transpiração, o que afeta processos fisiológicos, impedindo a expressão do potencial genético pleno da cultura. Por serem organismos sésseis, as plantas desenvolveram a capacidade de ajuste, em resposta às condições desfavoráveis à sua sobrevivência, como a restrição hídrica (BIANCHI, 2016; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Quanto à sensibilidade ao déficit hídrico, por ter origem em regiões áridas, a cultura do trigo é moderadamente resistente. Contudo, alguns estádios de desenvolvimento da planta são bastante afetados, por variações na quantidade de água disponível. O período de formação de órgãos reprodutivos e de florescimento é a fase mais sensível à disponibilidade de água no solo. Restrições hídricas impostas nesse período, especialmente na ocasião de pré-antese, podem comprometer o rendimento tanto em termos quantitativos como qualitativos (SANTOS et al., 2012; CUNHA et al., 2015).

Trigos de duplo propósito, são genótipos especiais, que em geral, possuem a fase vegetativa mais longa do que os trigos convencionais de primavera, e em razão disso, durante certo período do ciclo de desenvolvimento podem ser desfolhados (seja por pastejo direto ou por cortes mecânicos), sem que haja o comprometimento do ponto de crescimento do meristema apical. Assim, possibilita-se que, além da oferta de forragem verde, especialmente para ruminantes, na época de maior carência alimentar para esses animais, também haja a produção de grãos com padrão de comercialização, para fins industriais.

Com relação aos parâmetros bromatológicos é necessário que a espécie escolhida tenha teores adequados de energia, de proteína (PB), de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), pois eles influenciarão diretamente no consumo e no desempenho dos animais, além de apresentar boa aceitabilidade e baixo custo de produção. Com relação ao teor energético é necessário alto percentual de carboidratos não fibrosos (CNF), visto que é o amido, o principal liberador de energia para o organismo dos animais (PORTELA; ARALDI, 2019).

Cultivares de trigo, que são selecionadas para silagem, são as mais promissoras em termos de rendimento, de ensilabilidade e de valor nutritivo, incluindo variedades de

maturação precoce e tardia (DEL DUCA, 1994; FONTANELI, 2005; FONTANELI et al., 2012; DE MORI et al., 2016).

A alta intensidade de doenças, historicamente é apontada como parte dos principais fatores limitantes à alta produtividade (REIS; CASA, 2005). As doenças com maior potencial de dano, na cultura do trigo, são as que atacam a espiga e as folhas (REIS; CASA, 2005). No Brasil, as doenças mais importantes são o oídio (*Blumeria graminis f. sp. tritici (DC.) Speer*), as ferrugens do colmo (*Puccinia graminis f. sp. tritici Pers.*) e da folha (*Puccinia triticina Erikss.*), a mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis Died.*) em folhas, e a giberela (*Fusarium graminearum complex species*) e a brusone (*Magnaporthe oryzae Triticum pathotype Couch and Kohn*) em espigas (CUNHA et al., 2016). O manejo destas doenças envolve medidas profiláticas, resistência genética e controle químico (CUNHA et al., 2016).

Os dois capítulos discutidos neste trabalho discorrem sobre temas relevantes à pesquisa em Ciências Agrárias, ligados a necessidade das propriedades rurais, de melhorar a eficácia de seus sistemas produtivos. Devido à diversidade climática encontrada no Brasil, cada região tem suas particularidades na produção das culturas. A produção de forragem de qualidade, para alimentação dos animais, é uma das alternativas de conservação mais utilizadas atualmente em nosso país, por isso a importância de estudos acerca deste tema.

Assim como a questão climática, a alta intensidade de doenças na cultura do trigo, é apontada como um dos principais fatores limitantes à alta produtividade da cultura. As doenças com maior potencial de dano, na cultura do trigo, são as que atacam as folhas. É importante avaliar estratégias que diminuam a severidade das doenças foliares, para a garantia de produtividade das lavouras.

Nesse cenário de instabilidade climática e de limitação de recursos hídricos, elevar a produção de trigo requer estratégias de investimento em tecnologias de cultivo, que possam refletir em incremento de produtividade. Com isso, este trabalho visa destacar em dois capítulos, os principais fatores relacionados ao estabelecimento e à produção da cultura do trigo irrigado, onde o primeiro capítulo discorre sobre o uso da irrigação, em relação ao desenvolvimento da cultura, determinando a influência dos diferentes níveis de irrigação à produtividade de silagem e à produtividade da água. O segundo capítulo, além dos principais fatores relacionados ao cultivo, destaca o monitoramento das doenças na cultura, em relação às diferentes lâminas de irrigação, avaliando a sanidade, a suscetibilidade e a qualidade das cultivares em estudo, com o intuito de estabelecer propostas que influenciem na produtividade e na qualidade da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABATI, J.; BRZEZINSKI, C.R.; ZUCARELI, C.; FOLONI, J.S.S.; HENNING, F.A.. Growth and yield of wheat in response to seed vigor and sowing densities. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 891 – 899, 2018.
- BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; SILVA, M. A.. **Adaptação das plantas ao déficit hídrico**. Acta Iguazu, Cascavel-PR, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016.
- BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L.. **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2015. 260 p.
- BORTOLINI, D.. **Estimativa da retenção e disponibilidade de água em solos de Santa Catarina**. 2016. 211 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina - Udesc, Lages, SC, 2016.
- BOSCHINI, A. P. M.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. P. DE; MIRANDA, M. Z. DE; FAGIOLI, M.. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p.450-457, 2011.
- CONAB. **A cultura do trigo**. Brasília, DF, Conab, 2017. 218 p.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v. 11, n. 3**, Brasília-DF, 2023. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>.
- CUNHA, G. R.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M.; DE BONA, F.; SANTI, A.; PIRES, J. L. F.; DALMAGO G. A.. **Necessidades edafoclimáticas**. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L.. (Ed.). **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. Cap. 3, p. 56-72.
- CUNHA, G.R.; CAIERÃO, E.; ROSA, A.C.. (Eds.). **Informações técnicas para trigo e triticales – safra 2016/ 9ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de trigo e triticales**. Passo Fundo, RS: Biotrigo Genética, 2016. 228 p.
- DE MORI, C.; ANTUNES, JM.; FAE, GS.; ACOSTA, A. S.. **Trigo: O produtor pergunta, a Embrapa responde**, Brasília, DF: Embrapa, 2016.
- DEL DUCA, L. J. A.; GUARIENTI, E. M.; CUNHA, G.; RODRIGUES, O.. **Experimentação de trigo em semeadura antecipada na região tritícola III do Rio Grande do Sul (1992-93)**. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 17, 1994, Passo Fundo. Resumos... Passo Fundo, RS: Embrapa-CNPT, 1994. p. 126.
- EMBRAPA. **A cultura do trigo irrigado no sistema plantio direto**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/215235/1/circ78.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2023.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H.P.; ÁVILA, A. **Avaliação de cereais de inverno para rendimento de forragem verde, silagem e grãos, sob plantio direto**. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Ponta Grossa, PR, 2005. p.3-6.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R.S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. 2 ed. Embrapa Trigo, 2012.

PIRES, J. L. F.. **Cultivo de Trigo**. Passo Fundo, RS: Embrapa, 2014. 354 p.

PORTELA, C. L.; ARALDI, D. F.. **Trigo para a Produção de Silagem: Revisão de Literatura**. XXIV Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, Cruz Alta, RS, nov. 2019.

REIS, E. M.; CASA, R.T.. **Doenças do trigo**. In: KIMATI, H; A, L.; R, J. A. M.; B, F. A.; CAMARGO, L. E. A.. (Eds.). Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas. São Paulo, SP: Editora Agronômica Ceres, 2005. p. 631-638.

SANTOS, D.; GUIMARÃES, V.F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S.L.; MACEDO JÚNIOR, E.K.. **Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 8, p. 836-842, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.. **Fisiologia Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre, RS: Artmed, p. 83-95, 2017.

CAPÍTULO 1 - DESEMPENHO DE CULTIVAR DE TRIGO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO: O trigo é uma cultura em expansão no país, sendo importante para o sistema de produção por meio da rotação de culturas. Por ser uma cultura de outono/inverno, tem grande potencial de expansão, principalmente, como rotação com soja e milho. O trigo é apto para uso na forma de silagem, como substituto parcial ao milho e ao sorgo, na alimentação de ruminantes. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos diferentes níveis de irrigação, no desenvolvimento, na produtividade de silagem e na produtividade da água para a cultivar estudada (Energix 203), em função de cinco níveis de irrigação utilizados. O experimento foi realizado em condições de campo, entre os meses de junho a agosto de 2023, na Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus Sete Lagoas*, Minas Gerais. Anteriormente, um experimento piloto de campo foi desenvolvido entre abril e maio de 2023. Fatores de campo impossibilitaram a execução do delineamento estatístico inicialmente planejado, em esquema fatorial de duas cultivares (MGS Brilhante e Energix 203) e cinco níveis de irrigação, em blocos casualizados com 4 repetições. Devido a isso, o delineamento estudado foi de blocos casualizados com quatro repetições, com cinco níveis de irrigação. O método de irrigação principal usado, foi o de gotejamento superficial. Não houve diferença significativa ao nível 5% de probabilidade pela ANOVA, para as variáveis florescimento, altura, número de espigas por área, matéria verde e seca da parte aérea, em relação às lâminas de irrigação utilizadas. Foram identificadas significâncias para as análises de regressão de florescimento e de algumas variáveis de produção de massa de forragem e frações ao nível de 5%. Para as variáveis produtividade e produtividade da água, ocorreu significância ao nível de 10%, e não significância, ao nível de 5%, com base na análise de regressão. Desta forma, visando superar algumas dificuldades encontradas em campo, sugere-se a continuidade de estudos, alterando-se algumas diretrizes do experimento.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.. Forragem. Produtividade da cultura. Produtividade da Água.

CHAPTER 1 - PERFORMANCE OF WHEAT CULTIVATION FOR SILAGE PRODUCTION UNDER DIFFERENT IRRIGATION BLADES

ABSTRACT: Wheat is an expanding crop in the country, necessary for the production system through crop rotation. As an autumn/winter crop, it has excellent potential for expansion, mainly as a rotation with soybeans and corn. Wheat is suitable for use in the form of silage as a partial replacement for corn and sorghum in ruminant feed. This work aimed to evaluate the influence of different irrigation levels on the studied cultivar's development, silage productivity, and water productivity (energix 203), depending on the five irrigation levels used. The experiment was conducted under field conditions between June and August 2023, at the Federal University of São João del-Rei, Campus Sete Lagoas, Minas Gerais. Previously, a pilot field experiment was carried out between April and May 2023. Field factors made it impossible to carry out the initially planned statistical design, in a factorial scheme of two cultivars (MGS Brilhante and Energix 203) and five irrigation levels, in randomized blocks, with 4 repetitions. Due to this, the study design was randomized blocks with four replications, with five irrigation levels. The primary irrigation method used was surface drip. There was no significant difference at the 5% probability level by ANOVA for the variables flowering, height, number of ears per area, green matter and shoot dryness, about the irrigation depths used. Significances were identified for the regression flowering regression analyses and some forage mass production variables and fractions at the 5% level. Based on the regression analysis, the productivity and water productivity variables, were significance at 10% and no-significance at 5%. Therefore, continuing studies and changing some experiment guidelines are suggested to overcome some difficulties encountered in the field.

Keywords: *Triticum aestivum* L.. Forage. Culture productivity. Water Productivity.

1. INTRODUÇÃO

Duas espécies de trigo, *Triticum durum* L. e *Triticum aestivum* L., são cultivadas em maior escala, mundialmente, sendo a última, a espécie de maior importância mundial, a qual é cultivada no Brasil (HANSON et al., 1982; BREZOLIN et al., 2017). O trigo, representante da família Poaceae, é cultivado há mais de 11 mil anos a.C. no Oriente Médio e, posteriormente, na Europa. Sua origem se deu no Crescente Fértil (Irã), onde se tem os registros de cultivo de trigo para pão, estando diretamente relacionado ao desenvolvimento da civilização humana (HANSON et al., 1982; DE MORI et al., 2016).

Há relatos de que a introdução do trigo, no Brasil, ocorreu por ocasião da colonização do país no século XVI (SCHEEREN et al., 2011). O trigo teve seu primeiro registro de cultivo, nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro. Mais tarde, passou a ser cultivado em Minas Gerais, na Bahia e no Rio Grande do Sul, encontrando nesse último, um clima mais favorável ao seu desenvolvimento (SILVA et al., 1996).

O trigo é uma cultura em expansão no país, sendo importante para o sistema de produção por meio da rotação de culturas. Por ser uma cultura de outono/inverno, tem grande potencial de expansão, principalmente, como rotação com soja e com milho (DE MORI et al., 2016; BARBIERI et al., 2019). O trigo cultivado no Brasil é principalmente destinado, à alimentação humana, no preparo de pães, de farinhas e de biscoitos (SCHEUER et al., 2011). É utilizado na alimentação animal, em menor quantidade, na forma de forragem e de silagens, mas também como grãos em substituição ao milho e à soja. Na região Sul, o trigo é considerado uma excelente alternativa para alimentação animal, no inverno (WESENDONCK et al., 2013; DE MORI et al., 2016).

Além de componente importante de sistemas de produção que envolvem outras espécies vegetais ou animais, o trigo é, estrategicamente, relevante para o Brasil. A consolidação de uma triticultura competitiva no país, seja ela para o alcance da autossuficiência na produção desse cereal, seja para a exportação, passa pela análise dos benefícios para a economia nacional (PIRES et al., 2014).

A seleção de cultivares com alto potencial produtivo, com elevada estabilidade de produção, com alta capacidade de adaptação às condições ambientais, aliada às qualidades agronômicas (estatura, ciclo, resistência à pragas e à doenças, qualidades nutricionais e industriais, entre outras), é o principal objetivo da maioria dos programas de melhoramento genético (CONAB, 2017).

A produção e o uso de silagem de gramíneas, em rotação de culturas, contribuem para vários serviços do ecossistema, como melhoria da qualidade do solo, sequestro de carbono e controle de pragas e de plantas daninhas (FONTANELI; FONTANELI, 2009; WEIBHUHN et al., 2017). Para resultados satisfatórios, para a produção de silagem, é necessário serem feitas uma boa compactação, e, conseqüentemente, uma boa fermentação, onde o material deverá ser bem picado, evitando-se presença de fibras longas. Colheita tardia, após o estágio de grão pastoso, dificulta a quebra dos grãos, e reflete negativamente, na qualidade da silagem (PIRES et al., 2014).

Para tal, é necessário que a silagem seja produzida de maneira satisfatória, com elevada produção de matéria seca, de proteína bruta e de energia, que apresente alta digestibilidade, e que possua baixa concentração de fibra no período da colheita, para favorecer a fermentação da massa ensilada, com o intuito de promover uma adequada conversão de valor nutricional e um desempenho produtivo em produção animal, em que se dá pelo consumo da silagem, em relação ao ganho de peso do animal.

A Energix 203 é uma cultivar desenvolvida pela empresa Biotrigo, lançada em 2020, para as regiões Sul e Sudeste, criada com objetivo de atender à: uma demanda comum entre os pecuaristas; escassez de alimentação durante períodos de baixa oferta; perdas de produtividade; e seca. Essa cultivar, apresenta inovação tecnológica para produção de silagem e de pré-secado, com o aproveitamento da planta inteira. É um mix de cultivares de trigo para silagem e para pré-secado, que tem em comum algumas particularidades, a ausência de aristas, por isso tem alta palatabilidade; elevadas digestibilidade e qualidade nutricional; e é fonte rica de proteína e de energia (BIOTRIGO, 2023).

A MGS Brilhante foi indicada pelos pesquisadores, para o cultivo em sequeiro em Minas Gerais, em Goiás e no Distrito Federal, durante a XIII Reunião da Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo, realizada em Goiânia – Goiás, em dezembro de 2004. É uma cultivar desenvolvida pela EPAMIG, promissora para a produção de silagem, no outono e no inverno, em Minas Gerais e em outras regiões tropicais do Brasil. A variedade é recomendada para o cultivo de sequeiro (FRONZA et al., 2005).

São vários os procedimentos, que podem ser adotados como critérios, para se determinar quando e quanto de água deve ser aplicada em uma cultura. A maioria dos critérios baseia-se no potencial da água, em um ou mais componentes do sistema solo-planta-atmosfera. De acordo com inúmeros pesquisadores, o ideal seria monitorar o grau de deficiência hídrica na planta. As produtividades médias, das culturas irrigadas, chegam a ser três vezes maiores que as das

culturas de sequeiro. Embora seja uma cultura relativamente tolerante ao déficit hídrico, alguns estádios de desenvolvimento são bastante afetados pelo estresse hídrico. Desses estádios, o de enchimento de grãos tem sido relatado como o de maior sensibilidade ao déficit hídrico (MOREIRA et al., 2006).

A expansão das fronteiras agrícolas no Cerrado, decorrente do crescimento da área irrigada, intensifica os conflitos pelo uso da água, o que se torna ainda mais significativo em uma região que já enfrenta a escassez de recursos hídricos (ANA, 2013; FISHER et al., 2016; SPERA et al., 2016).

Em condições de Cerrado, são largas as variações de consumo de água do trigo, em decorrência da cultivar plantada, das condições atmosféricas e das diferenças adotadas no manejo do plantio e da irrigação, a depender também da modelagem utilizada para estimar a demanda requerida (AZEVEDO, 1988; LUCHIARI JR. et al., 1997; GUERRA et al., 2003; BOSCHINI et al., 2011; SOUZA, 2016; LOPES et al., 2019).

Geralmente, a exigência de água pelo cultivo do trigo, ao longo do ciclo, depende do seu potencial produtivo. A cultura do trigo requer em média 300 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, podendo variar com as condições climáticas da região de cultivo (PEREIRA, 2018). A irrigação é uma tecnologia importante na agricultura, cujo objetivo é suprir a demanda hídrica, seja plenamente ou parcialmente. Com um manejo adequado, um sistema de irrigação deve proporcionar maior eficiência no uso de água, aumentando a produtividade das culturas, diminuindo os custos de produção, e conseqüentemente, proporcionando maior retorno dos investimentos.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso da irrigação, em relação à cultivar de trigo Energix 203, quanto ao desenvolvimento da cultura, à produtividade e à produtividade da água. Buscou-se avaliar a influência dos diferentes níveis de irrigação, na produtividade de silagem e na eficiência no uso da água, para a cultivar estudada, em função dos níveis de irrigação utilizados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em condições de campo, entre os meses de maio a setembro de 2023, na Universidade Federal de São João del-Rei, em Sete Lagoas, Minas Gerais. As coordenadas geográficas são 19°28'4" de latitude Sul e 44°14'52" de longitude Oeste, com nível altimétrico de 761 m. O experimento foi conduzido em duas fases: o experimento piloto (21/04/2023 a 29/05/2023), e o experimento principal (02/06/2023 a 25/08/2023).

O clima é classificado como Cwa, tropical, conforme classificação de Köppen & Geiger (1928). Há muito menos pluviosidade no inverno que no verão, a estação chuvosa é de outubro a março, e a estação seca, é de abril a setembro, caracterizando o verão chuvoso e o inverno seco (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual é de 22°C, e a precipitação média anual é de 1.363 mm, com o período chuvoso iniciando em outubro, e o seco em abril (FERREIRA e SOUZA, 2011).

Nas Figuras 1 e 2, são apresentados os gráficos, de médias mensais, de temperaturas mínima, máxima e média; de precipitação; de umidade relativa do ar e de horas de brilho solar, de um período de 30 anos (1981-2010), com base nas informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

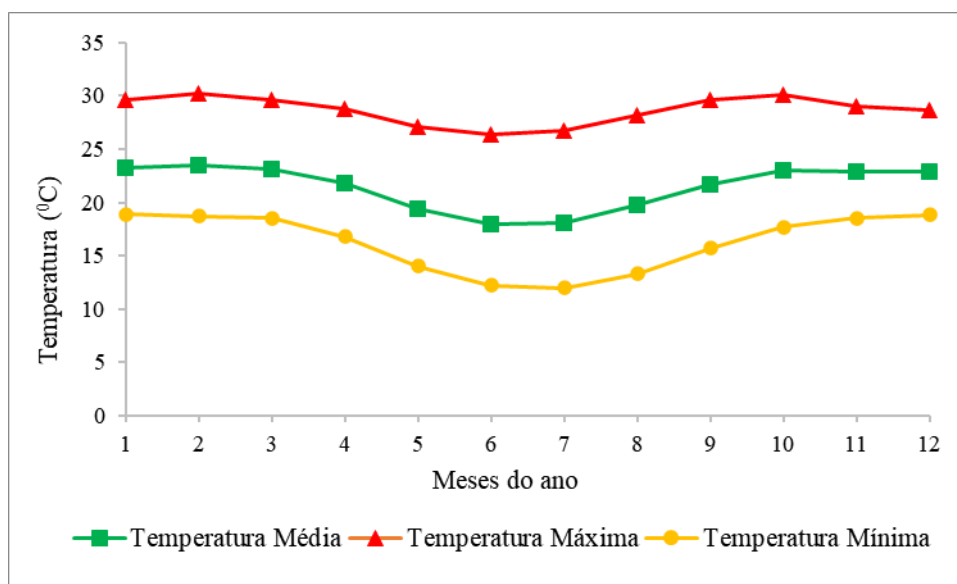


Figura 1. Médias mensais de temperaturas máxima, média e mínima do ar, entre 1981-2010, para Sete Lagoas, MG, com base nas informações do INMET.

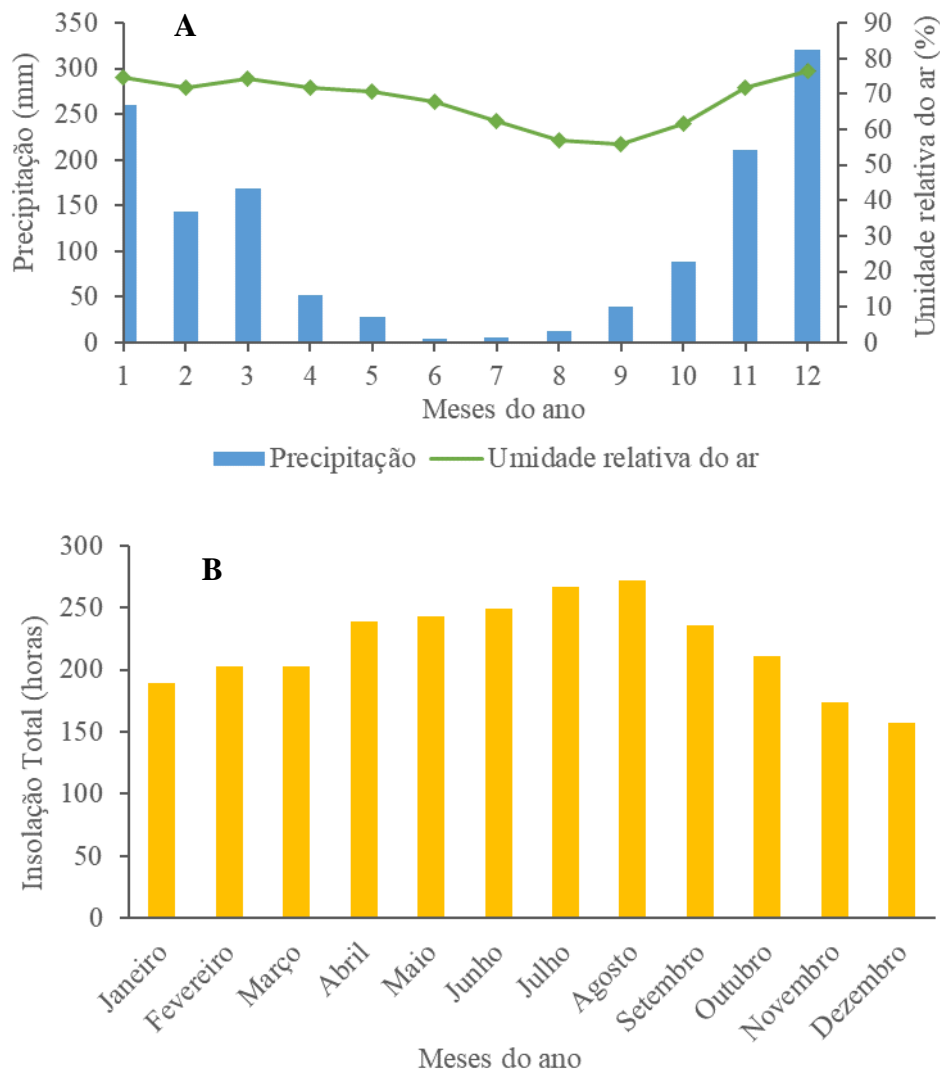


Figura 2. Médias mensais de precipitação pluvial, de umidade relativa do ar (A) e de insolação total (B), entre 1981-2010, para Sete Lagoas, MG, com base nas informações do INMET.

2.2 Experimento piloto

Um primeiro experimento de campo foi iniciado em abril de 2023. No entanto, ele teve que ser finalizado por fatores que impossibilitaram o avanço do cultivo, os quais serão abordados adiante. Assim, este ensaio inicial foi considerado como um experimento piloto.

O objetivo proposto, por ocasião do experimento piloto, foi avaliar o desempenho agrônômico de duas cultivares de trigo, para produção de silagem, sob diferentes lâminas de irrigação, em região do Cerrado Mineiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5. Foram consideradas 2 cultivares e 5 níveis de irrigação, cujas unidades experimentais foram distribuídas em 4 blocos. As duas cultivares foram a MGS

Brilhante e a Energix 203. A designação dos tratamentos, resultantes da combinação dos fatores cultivar e irrigação, é apresentada na Tabela 1. O croqui da área do experimento piloto é apresentado na Figura 3. As unidades experimentais tiveram 1,4 m x 5,0 m de área, contendo 7 fileiras de plantas espaçadas em 0,2 m.

Tabela 1. Designação dos tratamentos iniciais, resultantes da combinação de duas cultivares e cinco níveis de irrigação (ETc = evapotranspiração potencial da cultura).

Tratamento	Cultivar	Nível de irrigação
T1	Energix 203	Reposição de 120% da ETc
T2	Energix 203	Reposição de 100% da ETc
T3	Energix 203	Reposição de 80% da ETc
T4	Energix 203	Reposição de 60% da ETc
T5	Energix 203	Reposição de 40% da ETc
T6	MGS Brilhante	Reposição de 120% da ETc
T7	MGS Brilhante	Reposição de 100% da ETc
T8	MGS Brilhante	Reposição de 80% da ETc
T9	MGS Brilhante	Reposição de 60% da ETc
T10	MGS Brilhante	Reposição de 40% da ETc



Figura 3. Esquema inicial da disposição dos tratamentos na área experimental, Sete Lagoas, MG, 2023, em que T-01 a T-10 representam os 10 tratamentos, resultantes da combinação de 2 níveis de cultivares e cinco níveis de irrigação.

O método de irrigação foi o de gotejamento, havendo duas linhas laterais, espaçadas em 0,6 m por unidade experimental. Detalhes sobre o sistema de irrigação, serão apresentados posteriormente, quando for relatado o experimento principal.

A semeadura, para o experimento piloto, ocorreu no dia 21 de abril de 2023, sendo realizado anteriormente, o preparo do solo e a adubação de plantio. No preparo do solo foi feita a retirada da palhada, com o implemento ancinho. Foi feita uma aração com arado de disco, sendo a regulagem do arado a 20 cm. Também fez-se uma gradagem com grade niveladora. Usou-se o sulcador com regulagem a 40 cm. Os sulcos, para semeadura nas parcelas, foram feitos manualmente, utilizando-se uma ferramenta com distância de 20 cm entre as pontas dos sulcadores.

Foram aplicados 300 kg ha⁻¹ do adubo formulado 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), na adubação de plantio. A aplicação foi realizada na linha dos sulcos. Após a aplicação do adubo, este foi coberto com fina camada de solo, para evitar o contato com as sementes.

A semeadura foi feita de forma manual, com cerca de 70 sementes por metro linear de sulco. Devido à observação de falhas expressivas, no processo de germinação, foi efetuada uma ressemeadura das duas cultivares, principalmente nas bordaduras, nos dias 28 e 29 de abril de 2023.

Algumas adversidades impuseram dificuldades à continuidade do ensaio inicial, implicando na interrupção dos procedimentos, passando essa fase a ser considerada como experimento piloto. Somando-se à baixa taxa de germinação, houve alta incidência de plantas daninhas (Figura 4). Para interrupção do experimento, foi feita a aplicação do herbicida Roundup Original Mais (3,5 L ha⁻¹), no dia 24/05/2023. Os restos culturais foram retirados por meio de capina e de ancinho em 29/05/2023, liberando a área para nova semeadura. Durante o experimento piloto, houve um total de 30 mm de chuvas, a temperatura média foi de 20,5°C (mínima de 7,6°C e máxima de 30,1°C) e a média da umidade relativa diária foi igual a 66,6% (mínima de 52,1% e máxima de 77,7%).



Figura 4. Ocorrência expressiva de plantas invasoras na área do experimento piloto.

2.3 Experimento principal

O experimento principal foi realizado em condições de campo, entre 24/05/2023 e 25/08/2023.

2.3.1 Teste de germinação

Considerando-se as falhas observadas na emergência de plantas, no experimento piloto, foi realizado um teste de germinação no dia 19 de junho de 2023 com as duas cultivares, a MGS Brilhante e a Energix 203, para determinação do vigor das sementes. O teste de germinação foi feito com a utilização de 200 sementes, de cada cultivar, dividido em quatro subamostras de 50 sementes. As sementes da cultivar Energix 203 foram fornecidas previamente tratadas, já as sementes da cultivar MGS Brilhante foram fornecidas sem tratamento prévio.

Na Figura 5, ilustra-se o procedimento de preparo para o teste de germinação. As sementes foram colocadas em papéis umedecidos com água destilada, equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, e logo em seguida, elas foram transferidas para o germinador à temperatura de 20°C. A Primeira Contagem de Germinação (PCG) foi feita no quarto dia após a semeadura em papel. A avaliação foi realizada no oitavo dia após a semeadura, considerando a porcentagem de plântulas. Os resultados foram expressos em porcentagens de plântulas normais (BRASIL, 2009).

A PCG teve como resultado 71,5% de sementes germinadas, para a cultivar MGS Brilhante. A cultivar Energix 203 obteve um percentual de 92,5% de sementes germinadas. Para o oitavo dia após a semeadura, sendo o último dia de avaliação, foram obtidas as taxas de germinação de 79% de sementes germinadas para a MGS Brilhante, e 96% de sementes germinadas para a Energix 203.

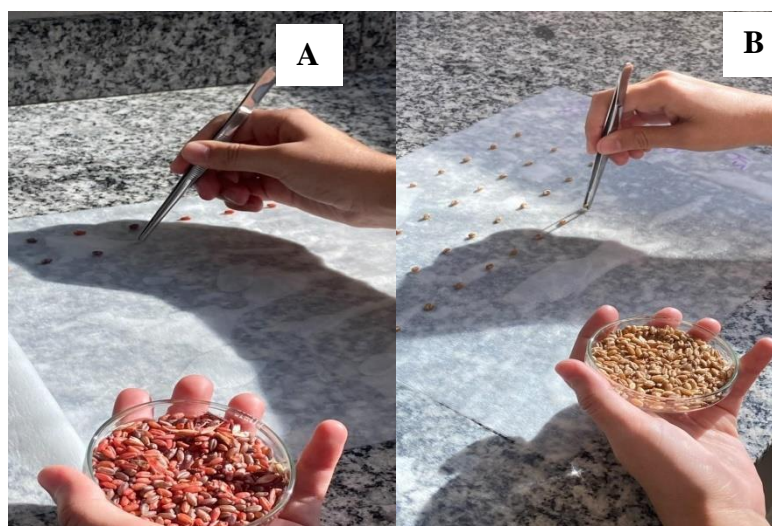


Figura 5. Teste de germinação para as cultivares de trigo, Energix 203 (A) e MGS Brilhante (B).

2.3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Inicialmente, planejou-se o experimento principal com o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5. Como fatores, seriam duas cultivares e cinco níveis de irrigação, em quatro blocos casualizados. As cultivares consideradas foram a Energix 203 e a MGS Brilhante. Os cinco níveis de irrigação tiveram como referência os percentuais de 120%, 100%, 80%, 60% e 40% de reposição da evapotranspiração potencial da cultura. Entretanto, novamente constatou-se uma perda de estande expressiva, para as unidades experimentais, com a cultivar MGS Brilhante, mesmo com a ressemeadura. Entre as possíveis causas, destaca-se o forte ataque de pombos na área do experimento. Em relação a este fator, tentou-se ainda o uso de sombrites colocados sobre a superfície do solo, em diferentes configurações. Sombrites de malhas menos densas não impediram a retirada de sementes por pombos. Outro possível fator, que pode ter impactado no não estabelecimento para a cultivar MGS Brilhante, em várias unidades experimentais, foi a menor taxa de germinação, conforme constatou-se em teste (item 2.3.1).

O delineamento experimental, e o conseqüente objetivo desse estudo, tiveram que ser adequados à realidade de campo. Utilizou-se para o experimento principal o delineamento experimental em blocos casualizados, sendo o fator único os níveis de irrigação, aplicados ao genótipo de trigo Energix 203. Foram considerados cinco níveis de irrigação (120%, 100%, 80%, 60% e 40% de reposição da evapotranspiração da cultura), com quatro repetições, totalizando 5 tratamentos (Tabela 2), perfazendo o total de 20 parcelas experimentais (Figura 6), com alterações em relação ao esquema inicial da disposição dos tratamentos apresentado no tópico 2.2.

Tabela 2. Descrição detalhada dos tratamentos do experimento oficial (ETc = evapotranspiração potencial da cultura).

Tratamentos	Cultivar	Nível de irrigação
1	Energix 203	Reposição de 120% da ETc
2	Energix 203	Reposição de 100% da ETc
3	Energix 203	Reposição de 80% da ETc
4	Energix 203	Reposição de 60% da ETc
5	Energix 203	Reposição de 40% da ETc

As parcelas experimentais foram constituídas de 7 fileiras de plantas, com 5 m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,2 m, sendo as 5 centrais, consideradas como úteis

para coleta de dados. Como bordadura, concebeu-se a primeira e a sétima fileira de plantas, além de 1,0 m nas extremidades da unidade experimento. A área útil resultante foi de 3,0 m².

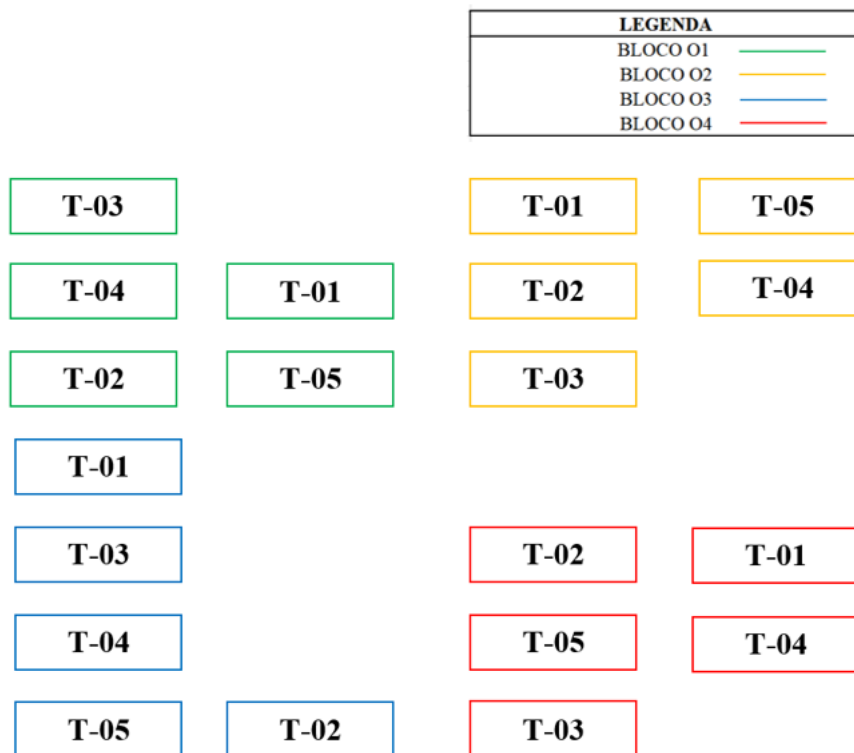


Figura 6. Esquema da disposição dos tratamentos no experimento principal, Sete Lagoas, MG, 2023.

2.3.3 Caracterização do solo

O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. A análise química do solo foi realizada em junho de 2023, a partir de amostras retiradas na área do experimento. Foram realizadas duas coletas de solo, com trado holandês, em uma profundidade de 0,15 m, para representação da camada de 0 a 0,3 m, de amostras deformadas. A primeira amostragem foi feita entre as parcelas experimentais, com 10 amostras simples para formar uma amostra composta. A segunda amostragem de solo foi realizada dentro das parcelas experimentais, com 10 amostras simples para formar uma amostra composta. As amostras de solo foram enviadas para o Laboratório Labras Análises Ambientais e Agrícolas para caracterização química (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização química das amostras de solo, da área experimental da coleta de solo (Amostra 1: coletada entre unidades experimentais, e Amostra 2: coletada nas unidades experimentais, à profundidade de 0,15 m), Sete Lagoas, 2023.

Parâmetro	Unidade	Amostra	
		1	2
Na ⁺	(mg dm ⁻³)	11	12
K ⁺	(mg dm ⁻³)	55	82
S-SO ₄ ²⁻	(mg dm ⁻³)	3,88	6,66
P meh.	(mg dm ⁻³)	11,7	14,8
Ca ²⁺	(cmolc dm ⁻³)	5,54	5,50
Mg ²⁺	(cmolc dm ⁻³)	0,6	0,5
B	(mg dm ⁻³)	0,15	0,19
Zn	(mg dm ⁻³)	1,6	1,9
Mn	(mg dm ⁻³)	52,2	55,0
Cu	(mg dm ⁻³)	0,8	0,8
Fe	(mg dm ⁻³)	45,0	44,0
Al ³⁺	(cmolc dm ⁻³)	0,0	0,0
H+Al	(cmolc dm ⁻³)	3,10	2,80
M.O.	(dag kg ⁻¹)	3,0	2,4
C.O.	(dag kg ⁻¹)	1,8	1,4
C.E.	(µS.cm ⁻¹)	55,6	61,1
V	(%)	67	69
pH H ₂ O		5,9	5,8

(*)V = Sat. Base; P,K,Na = Mehlich⁻¹; S-SO₄²⁻ = [Fosfato monobásico Cálcio 0,01 mol L⁻¹; Ca, Mg, Al = [KCl 1 mol L⁻¹]; H+Al = [Solução Tampão SMP pH 7,5]; B = [BaCl₂. 2H₂O 0,125% à quente]; Cu, Fe, Mn, Zn = DTPA ou Mehlich 1; C.E. = condutividade elétrica.

2.3.4 Instalação e condução do experimento

No preparo do solo foi feita a retirada da palhada, com o implemento do ancinho. Foram realizadas operações mecanizadas com arado de disco, com regulagem a 0,2 m, gradagem com grade niveladora, e sulcagem, com o sulcador com hastes espaçadas a 0,4 m. Os sulcos para recebimento da sementeira em linha, nas parcelas, foram feitos manualmente, com uma ferramenta com distância de 0,2 m entre as pontas dos sulcadores (Figura 7A e 7B).

Aplicou-se 300 kg ha⁻¹ do adubo formulado 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O) na adubação de plantio, no dia 01 de junho de 2023. Posteriormente, para controle das plantas invasoras foi aplicado na área o herbicida Basagran (1,5 L ha⁻¹) no dia 12 de julho de 2023 com pulverizador costal. Também foi feita a remoção de plantas invasoras com capina manual, em especial nas áreas entre parcelas experimentais.

A adubação de cobertura com nitrogênio foi realizada utilizando-se N na fonte Ureia, sendo feita em uma aplicação 96 kg ha^{-1} aplicados no estágio do perfilhamento, na data 21 de julho de 2023, por meio de pulverizador costal.



Figura 7. Ferramenta para construção de sulcos (A) e de linhas de semeadura nas parcelas (B).

A cultura foi semeada manualmente, com espaçamento de 0,20 m entrelinhas, em uma profundidade de aproximadamente 2 cm, com uma densidade de 70 sementes por metro linear, sendo a semeadura realizada no dia 02 de junho de 2023. Houve reforços de semeadura, feita no dia 29 de junho de 2023, pelo motivo de forte ataque de pombos na área. Para atenuar o ataque de pombos, foi utilizado sombrite, porém, mesmo com o reforço e com a utilização dessa técnica, algumas parcelas da cultivar MGS Brilhante, não tiveram êxito no estande. Conforme abordado anteriormente, o experimento prosseguiu com o estudo focado na cultivar Energix 203.

No manejo fitossanitário, utilizou-se o inseticida Klorpan (800 mL ha^{-1}), após ter sido notada a presença de insetos como cigarrinhas, vaquinha verde amarela (*Diabrotica speciosa*), pulgão-da-espiga-do-trigo (*Sitobion avenae*) e o percevejo-verde (*Nezara viridula*), tendo sido feita a aplicação no dia 20 de julho de 2023, sendo a dosagem de 50 mL ha^{-1} . A aplicação do inseticida foi realizada com pulverizador costal. Além disso, foi feito o controle de formigas com o uso do inseticida Mirex-SD.

Durante a condução do experimento, foi feito o registro das informações meteorológicas de: temperaturas máxima e mínima, umidade do ar, radiação e velocidade do vento, obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação meteorológica automática Sete Lagoas, MG, código A569. A precipitação pluvial também foi localmente registrada, através de um pluviômetro instalado próximo à área experimental.

A colheita foi realizada manualmente e individualmente, por unidade experimental, nos dias 24 e 25 de agosto de 2023, aos 82 e 83 dias após a sementeira, quando os grãos se encontravam entre os estádios de grão leitoso e de grão pastoso, com um percentual médio de 39,3% de matéria seca das plantas. Foram feitas aferições em plantas de bordadura, para teor de matéria seca, nas semanas anteriores à colheita. A pesagem do material colhido foi realizada na área do experimento, imediatamente após a colheita. Posteriormente, o material colhido foi levado para a EPAMIG, para separação do material para as avaliações.

2.3.5 Manejo de irrigação

O método de irrigação principal utilizado, foi o de gotejamento superficial. Cada parcela experimental contou com duas linhas laterais, espaçadas entre si com 0,6 m e com 5,8 m de comprimento total, considerando a conexão à linha de derivação, e excedente para dobra final (Figura 8). O comprimento efetivo de cada linha lateral, correspondeu ao comprimento da parcela experimental (5 m).

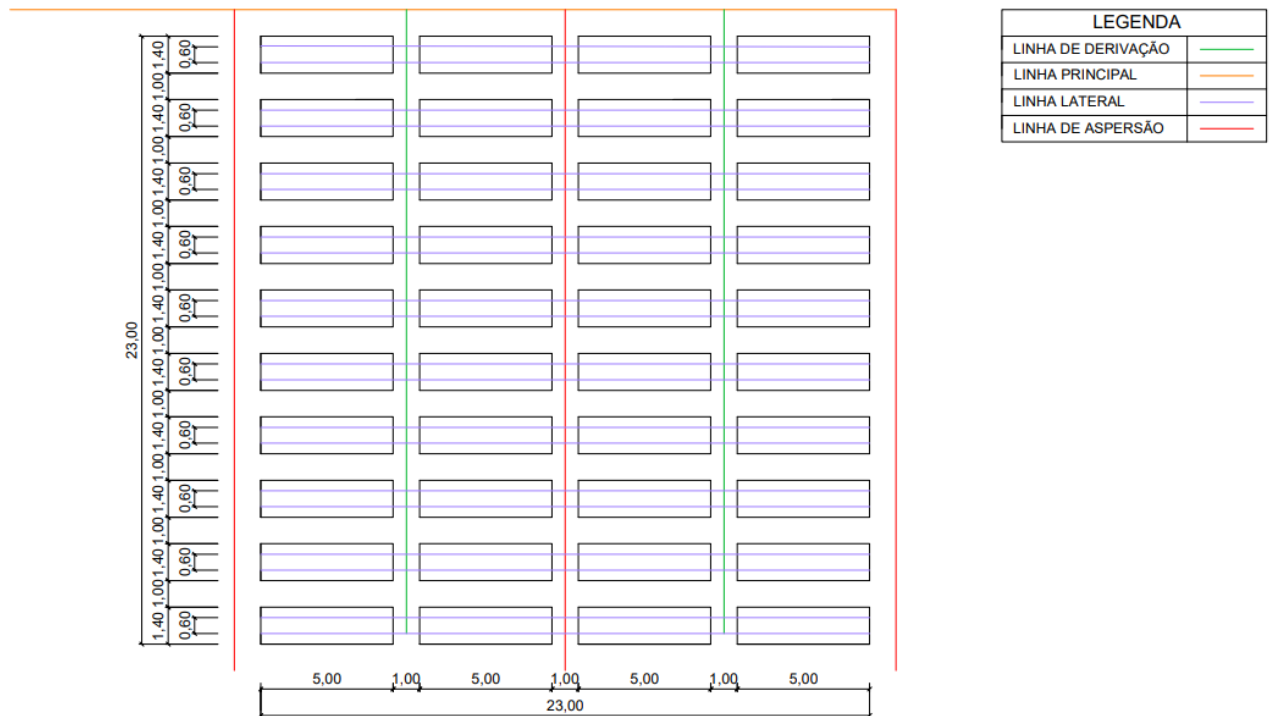


Figura 8. Esquema da área experimental com sistema de irrigação implantado.

Além do sistema de irrigação por gotejamento, a área experimental foi também equipada com sistema de irrigação por aspersão, em espaçamento de 12 m x 12 m. Exceto o aspersor no centro da área (marca Agropolo, modelo NY-25), os demais aspersores nas laterais e nas arestas

da área foram setoriais (Agropolo, modelo NY-23 S). O sistema de irrigação por aspersão, foi utilizado para irrigação de pré-semeadura, e na fase inicial do cultivo, para possibilitar condições adequadas para germinação e para estabelecimento da cultura. As irrigações por aspersão também foram realizadas, na ressemeadura, e um dia após a aplicação do inseticida Klorpan. No período do cultivo, as irrigações por aspersão iniciaram em 02 de junho de 2023, e foram finalizadas em 19 de junho de 2023. Os demais eventos de aspersão, foram nos dias 30 de junho e 01, 03 e 21 de julho de 2023.

A irrigação por gotejamento foi realizada diariamente, exceto aos domingos. O sistema de irrigação por gotejamento, foi provido de gotejadores autocompensantes (Figura 9A), da marca Netafim e do modelo PCJ LCNL, do tipo botão.

A abertura da vazão, para a área a ser irrigada, era feita por uma única válvula de gaveta, localizada no cavalete instalado no início do sistema de irrigação conjunto (gotejamento e aspersão). Os tempos de irrigação foram iguais, para todas as parcelas experimentais. Os níveis de irrigação foram diferenciados, nas parcelas experimentais, com base em combinações de espaçamento entre gotejadores e vazões dos gotejadores (Tabela 4).

Tabela 4. Configurações de instalação de gotejadores, quanto à vazão e ao espaçamento, para obtenção de diferentes níveis de irrigação, definidos em relação à evapotranspiração da cultura (ETc).

Nível de irrigação	Porcentagem alvo em relação à ETc	Vazão nominal do gotejador (L h ⁻¹)	Espaçamento entre gotejadores na linha lateral (m)
1	120%	4,0	0,39
2	100%	2,0	0,23
3	80%	2,0	0,29
4	60%	2,0	0,39
5	40%	1,2	0,35

A pressão foi medida por meio de manômetro de Bourdon, instalado no cavalete inicial do sistema de irrigação (Figura 9B), antes da linha principal, tendo sido considerada, como referência para a operação, a carga de pressão de 20 m.c.a.

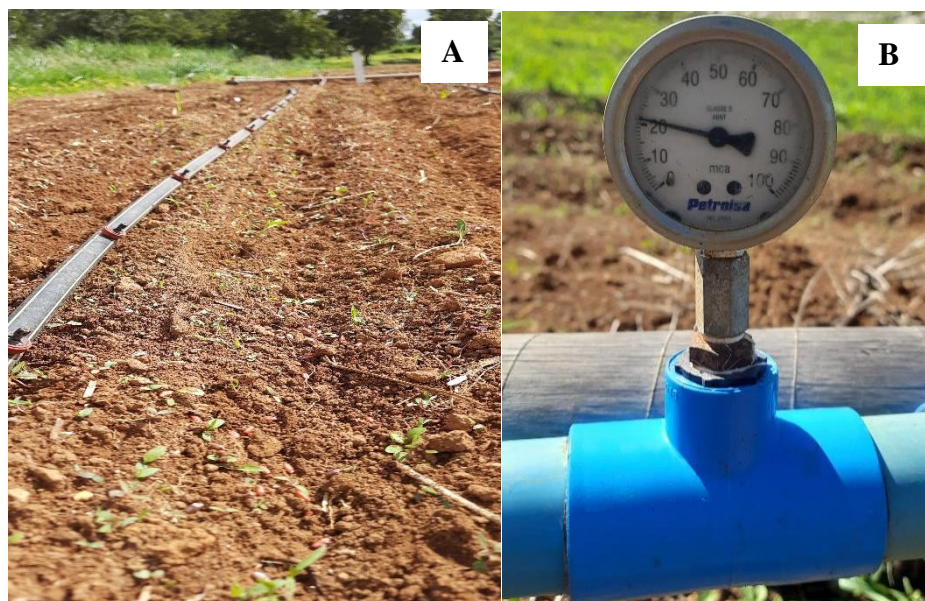


Figura 9. Linha lateral do sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores do tipo botão (A), e manômetro instalado em cavalete, localizado no início do sistema de irrigação, na tubulação da linha principal (B).

O sistema de irrigação por gotejamento, foi avaliado em campo, quanto à uniformidade, no dia 25 de abril de 2023. Também foi realizada uma checagem em apenas uma parcela, feita em 06 de junho de 2023. Foram calculados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Distribuição (CD).

O procedimento para avaliação das vazões de gotejadores foi adaptado para a área do experimento. O teste de uniformidade foi feito medindo-se o volume por minuto, de três gotejadores aleatórios, de cada parcela, com o auxílio de béquer e de proveta, sendo esse procedimento realizado em todas as 40 parcelas, totalizando 120 gotejadores. Com base no referencial indicado por Bernardo et al. (2006), os valores do CUC, do sistema de irrigação por gotejamento, estão classificados como excelente, pois são superiores a 90%. Verificou-se variações das vazões médias, medidas em relação às nominais dos gotejadores (Tabela 5), entre 7,3% e 5,2%.

Tabela 5. Valores dos coeficientes de uniformidade, obtidos em campo.

Vazão nominal do gotejador (L h ⁻¹)	Vazão média medida do gotejador (L h ⁻¹)	CUC (%)	CD (%)
1,2	1,29	93,3	87,0
2,0	2,04	94,1	88,3
4,0	3,79	94,8	92,0

Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC); Coeficiente de Distribuição (CD).

O sistema de irrigação por aspersão também foi avaliado em campo, quanto à uniformidade e à lâmina média coletada ao nível do solo, em 19 de junho de 2023. Por sorteio, foi definido um dos blocos, sendo colocada uma malha de coletores no espaçamento de 3 m x 3 m. O teste teve duração de uma hora. A lâmina média coletada foi igual a 5,1 mm (taxa de aplicação de 5,1 mm h⁻¹). O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) calculado foi de 79,5 %.

A demanda hídrica da cultura foi estimada com base na evapotranspiração potencial da cultura (ET_c), a partir do produto entre o coeficiente de cultura (K_c) e a evapotranspiração de referência (ET₀, mm dia⁻¹):

$$ET_c = K_c ET_0 \quad (1)$$

Para as parcelas experimentais do nível 2 (100% da ET_c, Tabela 4), com base na vazão total dos gotejadores, na parcela e na área da parcela, obteve-se a taxa de aplicação de 12,5 mm h⁻¹. Assim, o tempo de irrigação era então calculado, dividindo-se a ET_c pela taxa de aplicação. Ao tempo de irrigação foram acrescentados 5 minutos, necessários para garantir a estabilidade da operação do sistema de irrigação. Além disso, considerou-se a eficiência de aplicação de água do sistema de 95%.

A ET₀ diária foi determinada segundo a metodologia de Penman-Monteith (Equação 2) (ALLEN et al., 1998; PEREIRA et al., 2015), processada com o programa Excel®, a partir dos dados meteorológicos diários (radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar), obtidos de uma estação meteorológica (A569) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (2)$$

Em que: Δ = declividade da curva de pressão de saturação (kPa °C⁻¹); R_n = saldo de radiação à superfície (MJ m⁻² d⁻¹); G = fluxo de calor sensível no solo (MJ m⁻² d⁻¹); γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹); T = temperatura média do ar, tomada a 2 m de altura (°C); U₂ = velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s = pressão de saturação de vapor (kPa); e_a = pressão atual de vapor (kPa).

Em relação ao Kc do trigo, nos estádios inicial, médio e final, os valores no boletim FAO 56 são, respectivamente, 0,7, 1,15 e 0,4. Contudo, em condições de cobertura parcial do solo (fase inicial), a evaporação da água do solo representou a maior parte da evapotranspiração da cultura. Dessa forma, conforme o Boletim FAO 56 (ALLEN et al., 1998), o Kc inicial foi ajustado, adotando-se o valor de 1,15, recomendado para solo de textura média, com irrigação frequente e com lâminas aplicadas inferiores a 10 mm.

A irrigação foi feita utilizando a água fornecida pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), de Sete Lagoas, MG. O fornecimento de água foi interrompido, para todos os tratamentos, apenas no início da maturidade fisiológica do trigo (82 após a semeadura).

2.3.6 Variáveis avaliadas

As avaliações realizadas, referentes às características de desenvolvimento e à produção da cultura do trigo, foram divididas em: florescimento, altura de planta, número de espigas, matérias verde e seca da parte aérea, produção de forragem por amostragem, produtividade e produtividade da água.

2.3.6.1 Florescimento

O florescimento foi obtido a partir da contagem do número de dias transcorridos, entre a semeadura e o florescimento de 50% das espigas, de cada parcela, e então, determinada a média para as parcelas. Na Figura 10, é apresentada uma situação de campo, por ocasião da verificação do florescimento.



Figura 10. Espigas em florescimento.

2.3.6.2 Altura da planta

No estágio de pré-colheita, com 81 dias após a semeadura, em 23 de agosto de 2023, foi realizada a medida da altura das plantas, em seis plantas ao acaso, representativas da área útil, sendo essas medidas feitas com mira topográfica e considerando a distância do colo até o ápice da espiga (Figura 11).



Figura 11. Determinação da altura da planta de trigo no campo.

2.3.6.3 Matérias verde e seca da parte aérea

Após a maturação, com 82 dias após a semeadura, seis plantas de cada parcela foram seccionadas na região da base do perfilho. A parte aérea foi pesada para determinar a massa verde e, após esse procedimento, o material fresco coletado foi acondicionado em sacos de papel Kraft, previamente identificados, e levados à estufa a 60°C, por três dias, para a obtenção da massa seca da parte aérea (Figura 12).

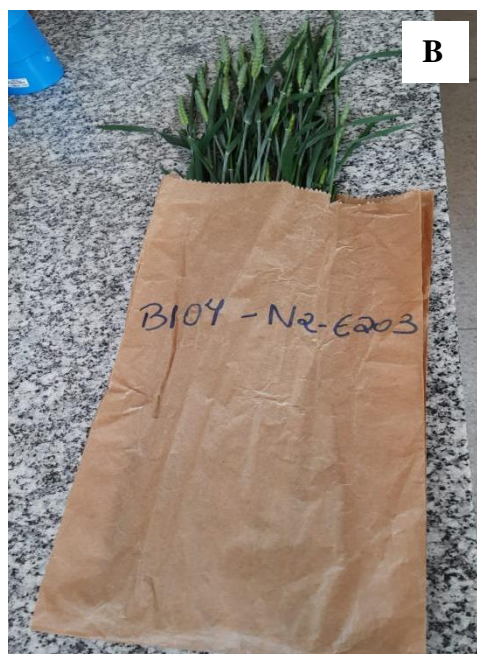


Figura 12. Acondicionamento em estufa, para obtenção de massa seca (A), e amostra para obtenção da massa verde (B), da parte aérea das plantas de trigo.

2.3.6.4 Número de espigas por unidade de área

O número de espigas por unidade de área, foi determinado aos 81 dias após a semeadura, em 23 de agosto de 2023, pelo total de espigas contidas em 0,312 m². Foi utilizado um gabarito de dimensões 0,52 m x 0,52 m, mas que efetivamente amostrava uma área de 0,52 m x 0,6 m, para a avaliação, devido às três fileiras de plantas acondicionadas na amostra (Figura 13).



Figura 13. Contagem do número de espigas por unidade de área, em gabarito de 0,312 m² (A) e imagem de espigas, por ocasião do procedimento (B).

2.3.6.5 Produção de massa de forragem e frações

O trigo foi avaliado e colhido quando o teor de matéria seca, atingiu a média de 39,30%. Visando a corroborar outras análises feitas em campo, foi colhido material para análises a serem feitas na EPAMIG. A produção por área foi avaliada, com auxílio de uma moldura de 0,52 m x 0,52 m, mas na qual apenas duas fileiras de plantas foram acondicionadas, e o material coletado ao nível do solo. Assim, a área efetiva de cada amostra foi de 0,208 m². As amostragens foram realizadas nas 20 unidades experimentais, com a cultivar Energix 203, em áreas que representavam as condições médias do dossel (altura e cobertura). Logo após o corte, as amostras foram pesadas. O material foi enviado para a EPAMIG Centro-Oeste, Prudente de Morais, MG, e os componentes morfológicos foram separados.

A amostra foi pesada e dividida em: lâmina foliar, colmo, material morto e espiga (Figura 14). Posteriormente, foram feitas as pesagens dessas diferentes frações. Foram retiradas subamostras representativas de cada fração. Subamostras de plantas inteiras foram pesadas e levadas para estufa, de circulação forçada de ar, a 55°C, até atingir um peso constante para obtenção da matéria seca.



Figura 14. Divisão de amostra de material colhido no campo em: lâmina foliar, colmo, material morto e espiga.

2.3.6.6 Produtividade da cultura

Para determinar a produtividade de material verde, a ser destinado para silagem, designada como produtividade da cultura, as plantas contidas na área útil de 3 m², com 5 linhas centrais de cada unidade experimental, foram colhidas manualmente (Figura 15), com auxílio da ferramenta foice serrilhada. Na sequência, as plantas foram pesadas, ainda na área do experimento, logo após o corte, para determinação do peso fresco. Por fim, o resultado foi extrapolado para a área referente a um hectare.



Figura 15. Colheita da área útil.

2.3.6.7 Produtividade da água

A produtividade da água, também conhecida como eficiência do uso da água, foi obtida por meio da razão entre a produtividade atingida pela cultura, e a quantidade de água utilizada efetivamente na irrigação, ao longo do ciclo da cultura:

$$WIRRI = \frac{Y}{TIRRI} \quad (3)$$

Em que: WIRRI = produtividade da água de irrigação (kg m^{-3}); Y = produtividade da cultura (kg ha^{-1}); e TIRRI = total de água aplicada via irrigação ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), efetivamente disponibilizada na zona radicular.

2.3.7 Análise estatística

Os dados obtidos, referentes às avaliações, foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% de probabilidade. Para análises posteriores à ANOVA, aplicou-se a análise de regressão linear simples. Todas as análises foram realizadas por meio do pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2018), no software R versão 4.3.1 (R Core Team 2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis meteorológicas e consumo hídrico

Durante o experimento, a temperatura média diária do ar ficou entre $14,1^{\circ}\text{C}$ a $23,6^{\circ}\text{C}$, parcialmente dentro da faixa ótima, que é entre 15°C a 20°C , para o desenvolvimento do trigo. A temperatura mínima observada foi de $4,6^{\circ}\text{C}$, registrada no mês de julho de 2023, quando as plantas estavam no estágio de alongamento (Figura 16A).

Ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento do trigo, as precipitações somaram 15,0 mm. A umidade relativa média diária variou de 51,5% a 81,3%, com média no período igual a 61,4%. A evapotranspiração de referência (ET₀), no período de cultivo, atingiu um máximo de $3,8 \text{ mm dia}^{-1}$, e um mínimo de $1,3 \text{ mm dia}^{-1}$, correspondente aos 83 e 15 dias após a semeadura do trigo, respectivamente (Figura 16B). A média da ET₀ durante o ciclo foi de $2,8 \text{ mm dia}^{-1}$.

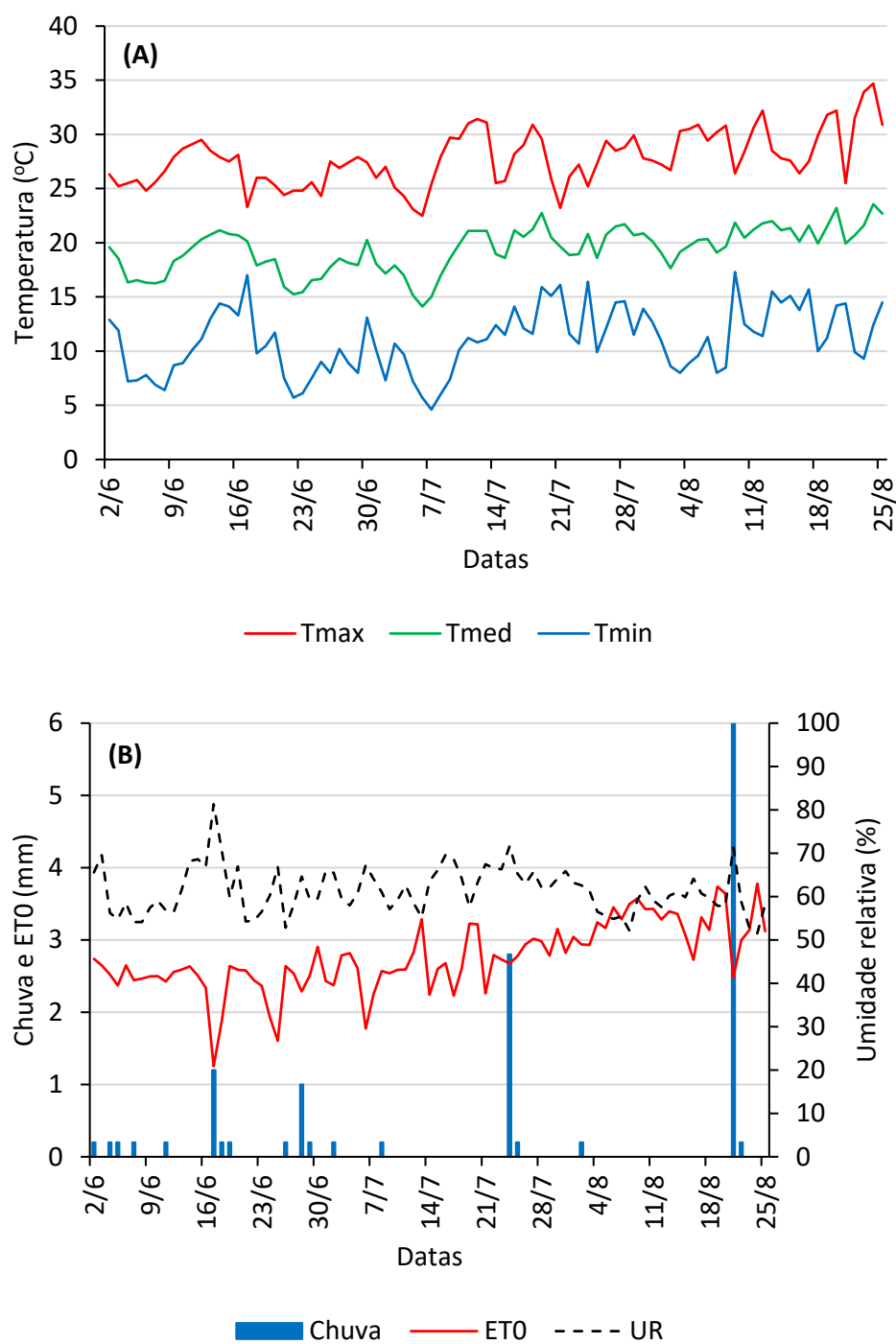


Figura 16. Temperaturas máxima, média e mínima (A), precipitação pluvial, evapotranspiração de referência (ET0) e umidade relativa (UR) (B), durante o período de cultivo do trigo (02/06 a 25/08/2023), em Sete Lagoas, MG, 2023.

Na Tabela 6, são apresentados os níveis de irrigação acumulada, ao final do ciclo, e a quantidade total de água, somando-se irrigação e total de precipitação pluvial. Na Figura 17,

são apresentados gráficos de irrigação acumulada, no decorrer do experimento, para os cinco níveis de irrigação. A variação das lâminas foi iniciada em 18 dias após a semeadura.

Tabela 6. Lâminas de irrigação acumuladas aplicadas, e água total (irrigação + precipitação), durante todo o ciclo do trigo, para os diferentes níveis de irrigação, em Sete Lagoas, MG, para o ano de 2023.

Nível de irrigação (ETc)	Irrigação acumulada (mm)	Água total (mm)
120%	330,6	345,6
100%	308,3	323,3
80%	270,4	285,4
60%	232,6	247,6
40%	198,8	213,8

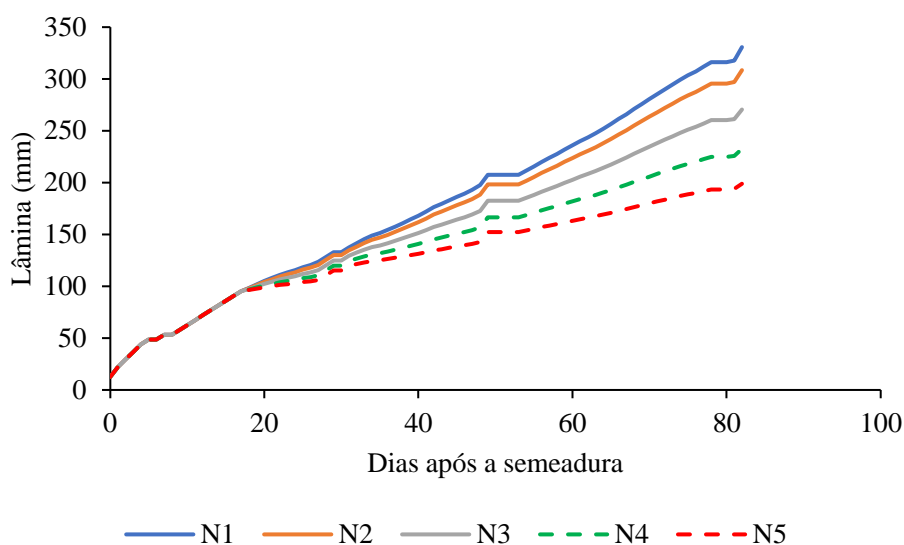


Figura 17. Irrigação acumulada no decorrer do experimento.

3.2 Análise estatística – abordagem geral dos resultados

As análises de variância foram conduzidas para a cultivar Energix 203, tendo indicado que, para as variáveis dependentes: florescimento, altura de planta, número de espigas, massas verde e seca da parte aérea, produtividade da cultura e produtividade da água, não houve diferença significativa, em resposta aos níveis irrigação (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo das análises de variância das características: florescimento (FLOR), altura de planta (ALT), número de espigas por área (NE), massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca da parte aérea, da cultivar de trigo, Energix 203, submetida à diferentes lâminas de irrigação suplementar. Sete Lagoas, MG, 2023.

Fonte de variação	FLOR	ALT	NE	MVPA	MSPA	PROD	WIRRI
Tratamento	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Bloco	NS	*	NS	*	*	NS	NS
CV =	1,75%	5,68%	18,53%	26,23%	35,41%	21,12%	17,86%

NS: não significativo; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Contudo, foram identificadas significâncias para as análises de regressão, de algumas variáveis de produção de massa de forragem e frações, conforme abordado na Tabela 8.

Tabela 8. Resumo das análises de variância das características: produtividade de massa de folha (kg ha^{-1}) (YMF), fração de massa seca de folha (MSF, %), fração de massa seca de matéria morta (MSMM, %), fração de massa seca de colmo (MSC, %) e fração de massa seca de espiga (MSE, %), da cultivar de trigo, Energix 203, submetidas à diferentes lâminas de irrigação suplementar. Sete Lagoas, MG, 2023.

Fonte de variação	YMF	MSF	MSMM	MSC	MSE
Tratamento	*	*	*	*	*
Bloco	*	NS	NS	*	*
CV =	19,91%	16,75%	38,88%	5,31%	13,37%

NS: não significativo; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

3.3 Florescimento

Para a variável florescimento, não houve diferença estatística, para a cultivar Energix 203, em resposta às lâminas de irrigação (Tabela 8). A análise de regressão linear simples (modelo linear) foi significativa, valor-p igual a 0,0296 (Tabela 9).

Tabela 9. Quadro da análise de variância, para a variável florescimento.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	8,8	2,200	1,7368	0,2065
Bloco	3	8,8	2,9333	2,3158	0,1275
Resíduo	12	15,2	1,2667		
Total	19	32,8			
CV =		1,75%			

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

Tabela 10. Quadro da análise de variância do modelo linear.

	GL	SQ	QM	Fc	valor.p
Efeito linear	1	7,7206	7,7206	6,1	0,02956
Desvios de regressão	3	1,0794	0,3598	0,28	0,83599
Resíduos	12	15,200	1,2667		

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

O coeficiente angular, do modelo de regressão linear simples, foi significativo (Figura 18 e Tabela 10), indicando uma relação linear positiva entre dias após a semeadura, para florescimento e para níveis de irrigação. Condições estressantes, seja a deficiência hídrica ou excesso de água, ocasionam perturbações nos processos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos nos vegetais, que podem alterar o desenvolvimento fenológico das plantas (LOPES e LIMA, 2015).

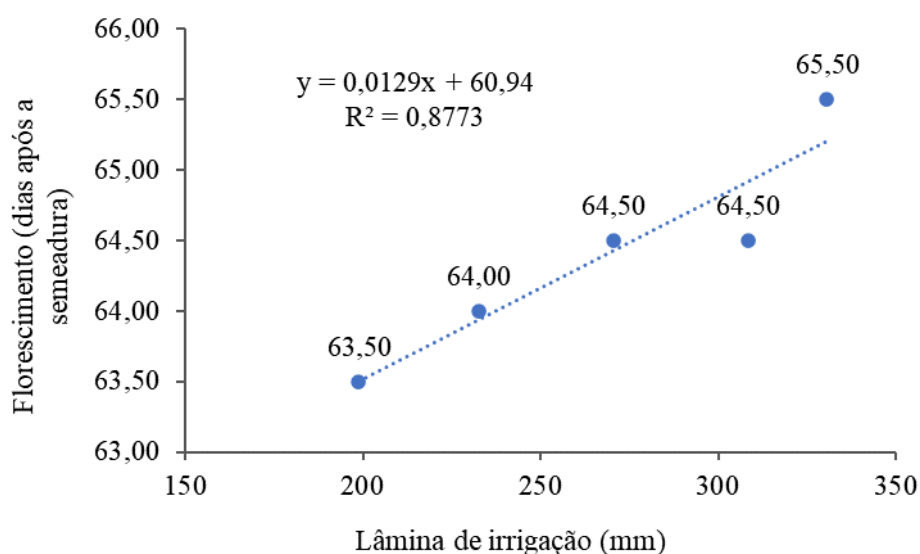


Figura 18. Ajuste de modelo de regressão linear simples, de dados médios de florescimento (dias após a semeadura), em função da lâmina de irrigação total no ciclo (mm).

Tabela 11. Modelo linear simples para florescimento (dias após a semeadura), em função da lâmina de irrigação total no ciclo (mm).

	Estimativa	Erro.padrão	tc	valor-p
b0	60,9397	1,424	42,7952	0
b1	0,0129	0,0052	2,4689	0,0296

Para o florescimento, o máximo registrado para os níveis 1 e 2 foi de 67 dias após a semeadura, e para os níveis 3, 4 e 5 foi de 65 DAS. O mínimo para o nível 1 de irrigação, foi de 65, enquanto que para os outros quatro níveis foi de 63 DAS.

Para os níveis de irrigação mais elevados, a cultura do trigo permaneceu mais tempo na fase vegetativa. Isso também se dá pelo propósito da cultivar, em que para a produção de silagem, o recomendado são cultivares com os estádios vegetativos mais prolongados, o que pode ter interferido no prolongamento de dias, para atingir o estágio de florescimento. Este fato foi observado em campo, onde algumas unidades experimentais dos níveis 1 e 2 de irrigação, ainda estavam na fase de florescimento aos 82 e 83 dias após a semeadura, data em que foi realizada a colheita.

Pereira (2018), estudando o balanço de energia, consumo hídrico e coeficiente de cultivo do trigo, no sudeste brasileiro, na área experimental da fazenda Areão, situada no *Campus* da Escola Superior Luiz de Queiroz-USP, para produção do trigo tipo pão, notou que o estágio de florescimento se deu dos 58 aos 77 dias após a semeadura, que a fase fenológica durou 20 dias, e que a temperatura média do ar, durante o estágio, foi de 18,05°C. Ruaro (2022), avaliando o uso de plantas de cobertura de solo, na entressafra milho-trigo, no noroeste do Rio Grande do Sul, utilizou trigo-mourisco para cobertura de solo, para a avaliação da variável florescimento, e observou que a cultura atingiu pleno florescimento aos 58 dias DAS.

3.4 Altura de planta

Não houve efeito significativo entre os tratamentos, para a variável altura de planta, conforme os resultados da ANOVA, apresentados na Tabela 12. Houve efeito significativo apenas para os blocos, onde as médias das alturas dos blocos 1, 2, 3 e 4 são, respectivamente, 90, 85, 93 e 96 cm.

Tabela 12. Resultado da análise de variância, para a variável altura de planta.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	138,7	34,675	1,2886	0,3284
Bloco	3	338,6	112,867	4,1945	0,0302
Resíduo	12	322,9	26,908		
Total	19	800,2			
CV =		5,68%			

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A altura da planta influencia no rendimento total de biomassa, e no valor nutritivo da forragem, principalmente, no teor de proteína bruta (PB) e na quantidade de fibras (TEIXEIRA; FONTANELI, 2017).

Na Figura 19, são apresentados os valores observados e o gráfico de boxplot, para a altura de planta, em relação aos níveis de irrigação. As médias registradas em relação à altura de planta (cm), para os níveis de irrigação 1, 2, 3, 4 e 5, foram, respectivamente, 91, 96, 91, 91 e 87 cm.

A maior altura observada, foi igual a 106 cm, e ocorreu em uma parcela do nível 2 de irrigação, representando 100% da ETc. A máxima altura percebida, para os níveis 1, 3 e 5, foi igual a 94 cm. Para o nível 4, 96 cm foi a máxima altura avaliada. Os valores mínimos, para os níveis 1 e 4 de irrigação, foram de 83 cm, enquanto para o nível 2, foi de 91 cm. Para os níveis 3 e 5, os valores mínimos foram, respectivamente, 84 e 74 cm.

Corrêa (2018), analisando o desempenho de 30 cultivares de trigo, em condições de estresses térmico (calor) e hídrico (seca), obteve para a característica altura de plantas, que a cultivar com maior média foi a IAC 5 Maringá, apresentando plantas superiores a 1 m, o que pode ser considerado uma desvantagem, se o intuito for o cultivo de trigo irrigado, pois em áreas irrigadas é necessário que o genótipo apresente pequeno porte, pois as cultivares de porte alto são passíveis de acamamento (FORNASIERI FILHO, 2008).

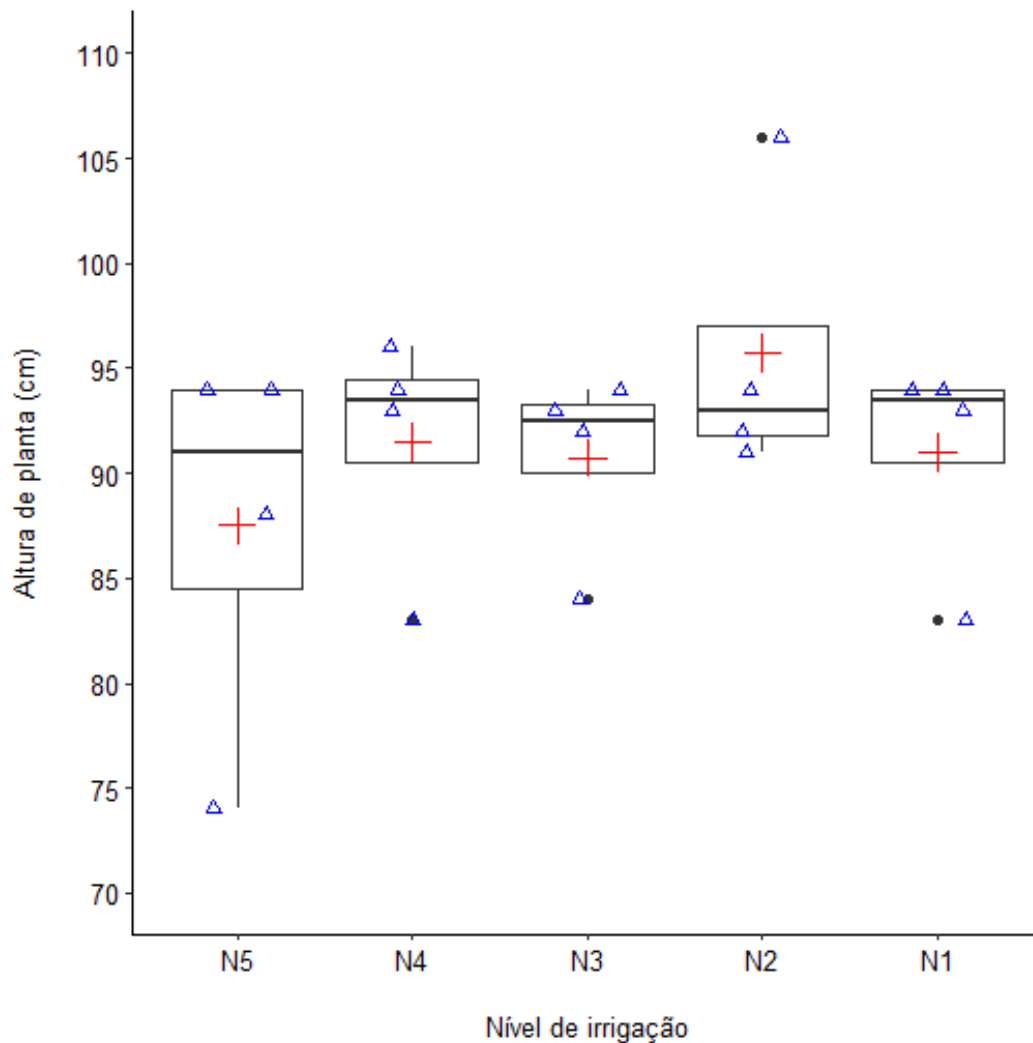


Figura 19. Boxplot e valores observados para altura de plantas (cm), em relação aos níveis de irrigação total no ciclo (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruces vermelhas indicam médias e os pontos pretos indicam outliers.

Batista (2017), avaliou o efeito do regime hídrico, no desempenho agrônomo e em características morfofisiológicas, de 10 genótipos de trigo, sendo um deles o MGS Brilhante, para 5 lâminas de irrigação por aspersão. O autor encontrou os menores valores de altura nos genótipos, de cultivo irrigado, BRS 254 (60,87 cm), PF 080492 (62,92 cm), CPAC 0544 (63,47 cm) e BRS 264 (66,28 cm), que diferenciaram estatisticamente, do MGS Brilhante (77,43 cm), do PF 37 (73,83 cm) e do PF 62 (72,78 cm). Para o respectivo trabalho, a lâmina de 438 mm promoveu maiores valores na altura das plantas (80,96 cm), diferindo-se das demais, e as lâminas de 533, de 297 e de 202 mm, apresentaram valores semelhantes na altura das plantas.

Assim como no experimento, aqui estudado, no ano de 2022, Camilo (2023), encontrou alturas médias de 100,9 cm e de 81,0 cm, para o BRS 404 e o ORS Feroz, respectivamente.

Neste estudo, houve efeito significativo da lâmina de irrigação, sobre a altura de plantas: a maior altura média de plantas, foi igual a 98,7 cm, para a lâmina de irrigação total de 377 mm, e a menor, foi igual a 81,6 cm, para a lâmina de irrigação total, igual a 172 mm.

3.5 Matéria verde da parte aérea

Na Tabela 13, são apresentados os resultados da análise de variância, para a matéria verde da parte aérea. A cultivar não apresentou respostas distintas para esta variável, quanto aos níveis de irrigação. Para esta variável, houve diferença significativa para os blocos, em que as médias de matéria verde de parte aérea, dos blocos 1, 2, 3 e 4 foram, respectivamente, 35,0, 41,1, 25,9, 41,3, e 36,0 g planta⁻¹.

Tabela 13. Resultado da análise de variância, para a variável matéria verde da parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	625,9	156,49	1,7717	0,199347
Bloco	3	2972,8	990,95	11,219	0,000851
Resíduo	12	1059,9	88,33		
Total	19	4658,7			
CV =	26,23%				

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A planta altera suas características morfofisiológicas, quando submetida às condições adversas de estresse. Assim, em resposta aos diferentes níveis de irrigação em estudo, é possível que as plantas acumularam água em seus tecidos, com a diminuição da lâmina de água utilizada.

Na Figura 20, pode-se observar grande variação nos valores de massa verde registrados, entre 9,5 g planta⁻¹, obtido para o nível 5 de irrigação, e 66,8 g planta⁻¹, verificado para o nível 4. A menor variação, dentro dos níveis de irrigação, foi observada para o nível 1. As médias obtidas foram 35,0, 41,1, 25,9, 41,3 e 36,0 g planta⁻¹, para os níveis 1 a 5, respectivamente.

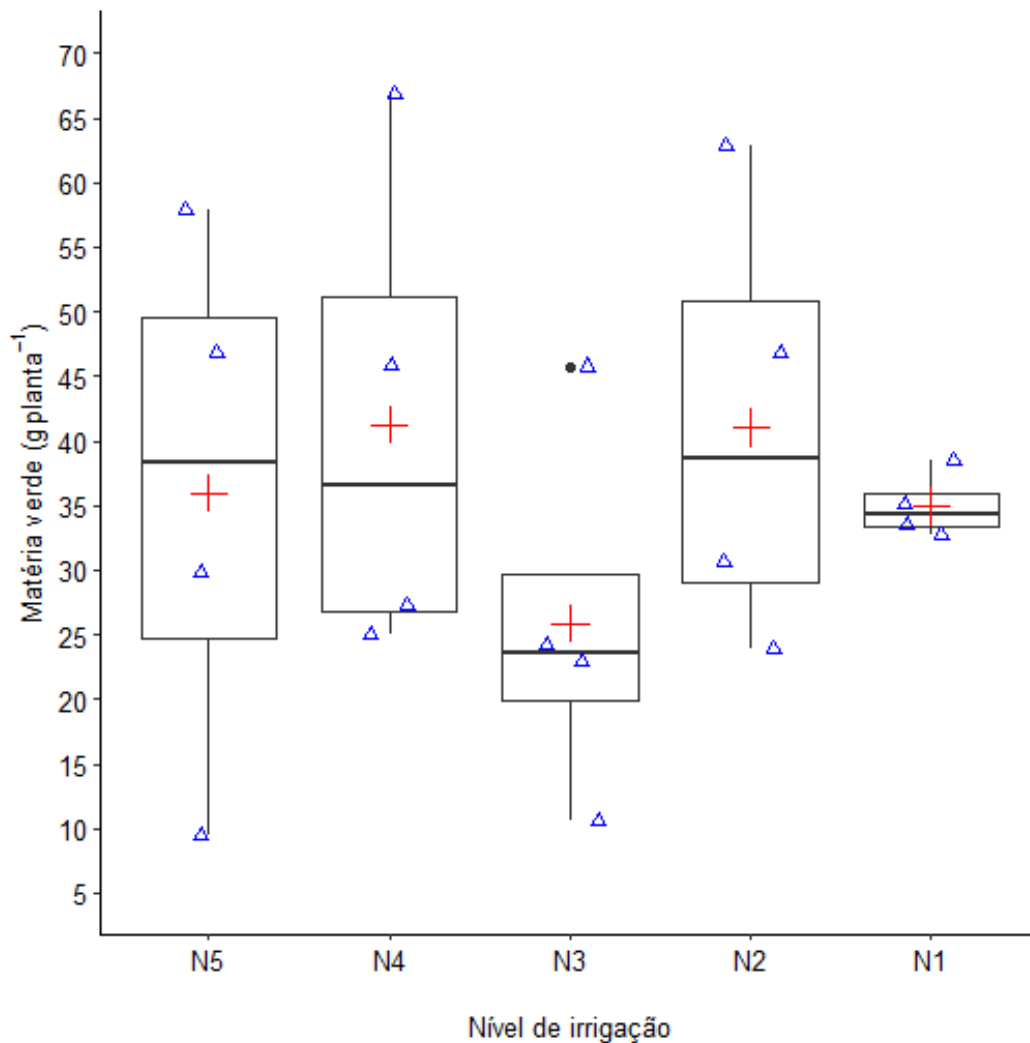


Figura 20. Boxplot e valores observados para de matéria verde da parte aérea (g planta^{-1}), em relação aos níveis de irrigação total no ciclo (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruces vermelhas indicam médias e o ponto preto indica um outlier.

Ferreira et al. (2020), avaliando os diferentes níveis de irrigação, em relação à produtividade de biomassa fresca e seca, para produção de silagem, e à produtividade da água para a cultura do milho solteiro, e consorciado com gramíneas forrageiras, destacaram que não foram observados efeitos significativos ($p > 0,05$), das diferentes lâminas de irrigação na produtividade de biomassa fresca e seca para silagem. Os maiores valores de produtividade de biomassa fresca e seca, para produção de silagem, de 22,96 e de 6,05 t ha^{-1} , respectivamente, foram verificados para lâminas de irrigação correspondentes a 81% a 95%, da ET0.

3.6 Matéria seca da parte aérea

Na Tabela 14, são apresentados os resultados para a ANOVA, para a variável matéria seca da parte aérea. Não foi constatada diferença significativa para a cultivar, em relação aos

níveis de irrigação. Houve efeito significativo apenas para os blocos, em que as médias de matéria seca da parte aérea dos blocos 1, 2, 3 e 4, foram, respectivamente, 11,4, 12,7, 9,2, 16,4 e 11,6 g planta⁻¹.

Tabela 14. Resultado da análise de variância, para a variável matéria seca da parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	112,58	28,146	1,4877	0,26675
Bloco	3	467,65	155,883	8,2396	0,00303
Resíduo	12	227,02	18,919		
Total	19	807,26			
CV =	35,41%				

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A produção de silagem de alta qualidade, é dependente de fatores controláveis e incontroláveis. Os fatores de silagem que estão sob o controle do agricultor são: espécies de forragem, fase de maturidade ou teor de matéria seca da forragem na hora da colheita, tipo de armazenamento, estrutura e o uso ou não de aditivos para silagem. Fatores incontroláveis são relacionados com o clima, específicos para cada região, quente ou fria, podendo afetar negativamente a produção, e a utilização da silagem, bem como o teor de matéria seca na hora da colheita, para o sucesso da fermentação (BERNARDES et al., 2018).

Na Figura 21, são apresentados os valores observados e o gráfico de boxplot, que espelha o que foi expressado na Figura 20, para a matéria verde. Novamente, a menor variabilidade entre os valores observados, nos quatro blocos, ocorreu para o nível 1 de irrigação. As médias registradas, para a matéria seca da parte aérea (g), nos níveis 1 a 5, foram, respectivamente, 11,4, 12,7, 9,2, 16,4 e 11,6 g planta⁻¹. Os máximos registrados variaram de 15,2 a 32,8 g planta⁻¹, para os níveis de irrigação 3 e 4, respectivamente. Quanto aos valores mínimos, variaram de 3,7 a 9,3 g planta⁻¹, respectivamente, para os níveis 3 e 1.

Com o objetivo de avaliar a produtividade e a qualidade de silagens de trigo, isolado e em consórcio com ervilha forrageira, Pauli (2022), observou o menor valor médio de matéria seca, para a cultura do trigo solteiro, com 4,99 t ha⁻¹, sendo o único que diferiu estatisticamente, dos demais tratamentos, que foram o cultivo da ervilha solteira e o consórcio entre as duas culturas, com diferentes proporções.

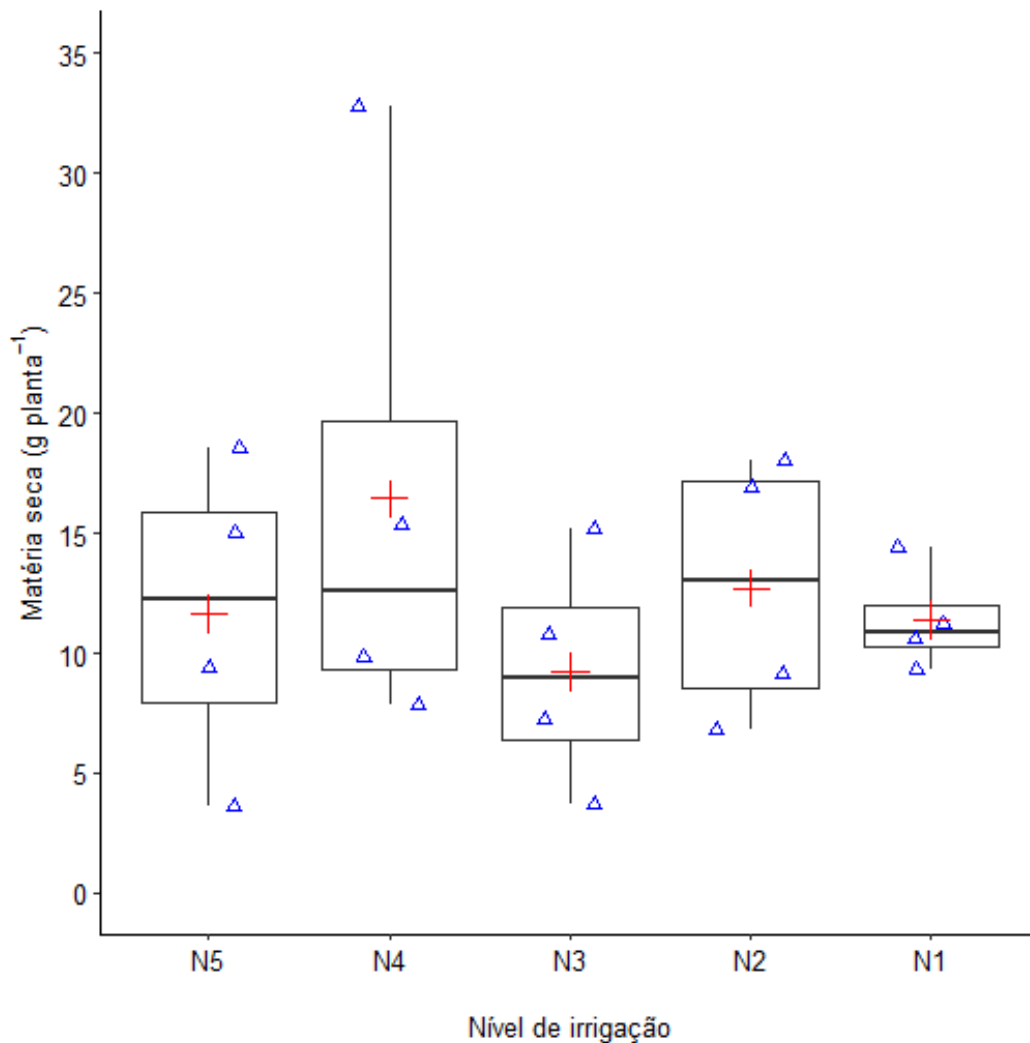


Figura 21. Boxplot e valores observados para matéria seca da parte aérea (g planta^{-1}), em relação aos níveis de irrigação total no ciclo (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados e as cruzes vermelhas indicam médias.

Dividindo-se os valores de matéria seca pelos de matéria verde, foram calculados os teores médios de matéria seca, iguais a 32%, 31%, 36%, 37% e 33%, respectivamente, para os níveis de irrigação 1 a 5.

3.7 Número de espigas por unidade de área

O número de espigas por unidade de área, não apresentou diferença estatística, na comparação entre as lâminas de irrigação, com base na análise de variância (Tabela 15).

Tabela 15. Resultado da análise de variância, para a variável número de espigas por unidade de área.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	2259,3	564,820	0,7132	0,5987
Bloco	3	2142,6	714,2	0,9018	0,4688
Resíduo	12	9503,9	791,99		
Total	19	13905,8			
CV =		18,53%			

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A análise de regressão linear simples, não foi significativa para a variável número de espigas por unidade de área, ou seja, o modelo linear não explica o comportamento desta variável, em função dos níveis de irrigação.

As médias registradas para o número de espigas (m^2), nos níveis 1, 2, 3, 4 e 5, são, respectivamente, 512, 527, 465, 498 e 433 espigas m^{-2} . O máximo registrado para os níveis 1, 2, 3, 4 e 5, são, respectivamente, 574, 641, 567, 590 e 545 espigas m^{-2} . Os valores mínimos para os níveis 1, 2, 3, 4 e 5, são, respectivamente, 410, 378, 337, 417 e 356 espigas m^{-2} (Figura 23).

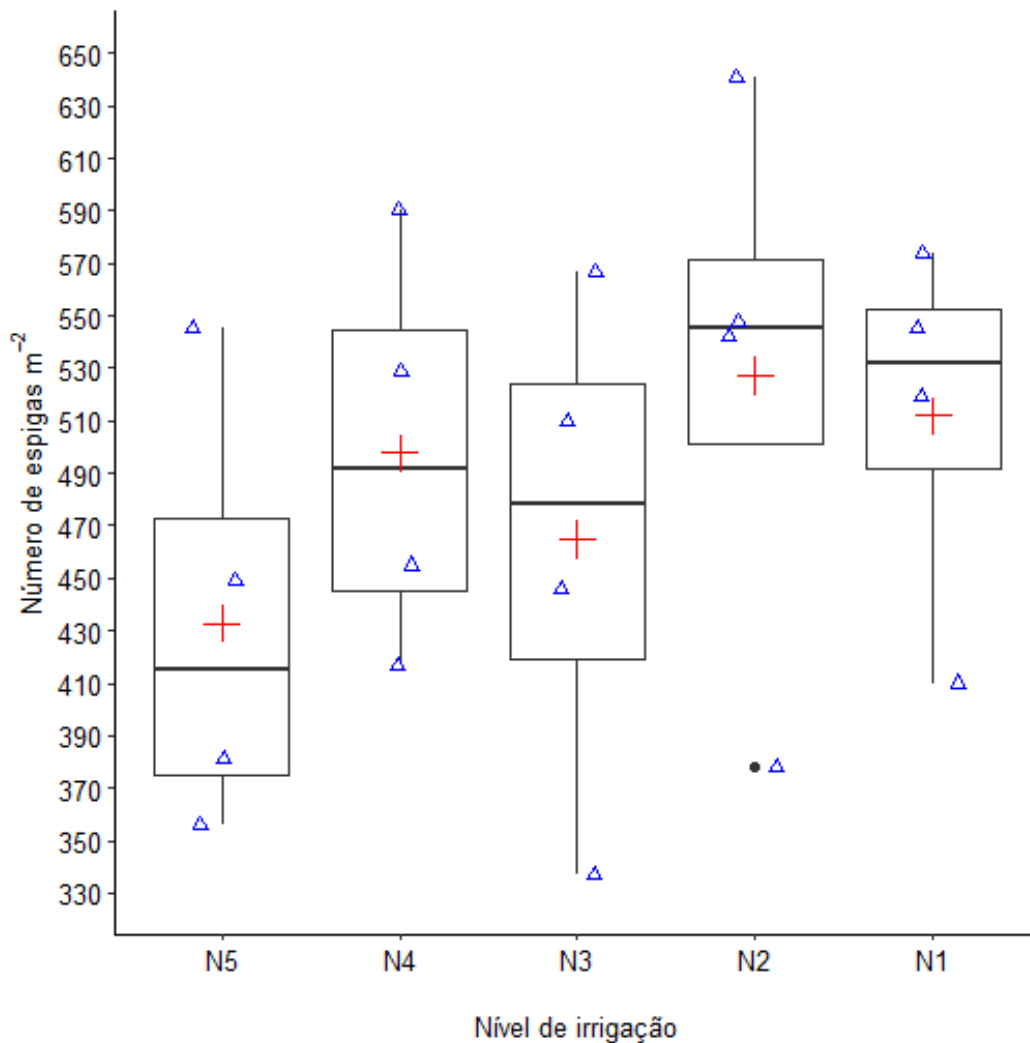


Figura 22. Boxplot e valores observados de número de espigas m^{-2} , em relação aos níveis de irrigação total no ciclo (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruces vermelhas indicam médias e o ponto preto indica um outlier.

Batista (2017), trabalhando com o potencial de tolerância à seca, de 10 genótipos de trigo e soja, em condição de cerrado, encontrou, para a variável número de espigas, diferenças estatísticas, na comparação entre as lâminas e os genótipos Brilhante, PF 0100660 e PF 080492. Para os dois primeiros genótipos, os números das espigas produzidas pela lâmina 533 mm, foram superiores, estatisticamente, aos valores medidos na menor lâmina 184 mm. O PF 080492, apresentou número de espigas mais elevados na lâmina 438 mm (664,33 espigas m^{-2}), quando comparado aos valores encontrados nas lâminas 202 mm (403,00 espigas m^{-2}) e 184 mm (312,67 espigas m^{-2}). Os genótipos que melhor se destacaram, para essa variável, foram o BR 18, o PF 37 e o PF 62, que conservaram o número de espigas mais elevado, que os demais genótipos, simultaneamente, e em todas as lâminas aplicadas, e sem diminuir com o estresse.

3.8 Produção de massa de forragem e frações

Os resultados das análises de variância, para produção de massa fresca, das diferentes frações (lâmina foliar, colmo, material morto e espiga), nas análises realizadas na EPAMIG, encontram-se nas tabelas abaixo. Para as variáveis: produtividade de massa de colmo (kg ha^{-1}), produtividade de massa de matéria morta (kg ha^{-1}) e produtividade de massa de espiga (kg ha^{-1}), não houve diferença estatística, entre a cultivar e as lâminas de água. Houve diferença significativa, para produção de massa de forragem, para cinco variáveis, assim como houve diferenças significativas para os blocos.

Para a variável produtividade de massa de folha (kg ha^{-1}) (YMF), foi constatada diferença significativa, em relação aos níveis de irrigação, ao nível de 5%, pela análise de variância (Tabela 17). Foi realizada a análise de regressão, em que o coeficiente do modelo de regressão polinomial de ordem 2, foi significativo ao nível de 5%, que resultou em um valor-p igual a 0,04064. O coeficiente de determinação, obtido na regressão polinomial de ordem 2, foi igual a 0,976 (Tabela 16). O ponto de máximo, conforme o modelo de regressão polinomial, ocorreu para a lâmina de 291 mm, equivalente a 1290 kg ha^{-1} de produção de massa de folha.

Tabela 16. Ajuste ao modelo de regressão polinomial de ordem 2, para os dados de produtividade de massa de folha (kg ha^{-1}) (YMF).

	Estimativa	Erro.padrão	tc	valor.p
b0	-4.181,79	1.934,80	-2,1614	0,0516
b1	37,6032	14,9728	2,5114	0,0273
b2	-0,0646	0,0282	-2,2939	0,0406
R2	0,976879			

Tabela 17. Análise de variância, do modelo de regressão polinomial de ordem 2, para os dados de produtividade de massa de folha (kg ha^{-1}) (YMF).

	GL	SQ	QM	Fc	valor.p
Efeito linear	1	516.122,60	516.122,60	10,66	0,00676
Efeito quadrático	1	254.673,80	254.673,80	5,26	0,04064
Desvios de regressão	2	18.243,65	9.121,82	0,19	0,83062
Resíduos	12	580.769,40	48.397,45		

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A maior média de produtividade, de massa de folha (1301 kg ha^{-1}), foi notada para o nível 3 de irrigação (270,4 mm). O modelo polinomial de ordem 2 é apresentado, graficamente, na Figura 23.

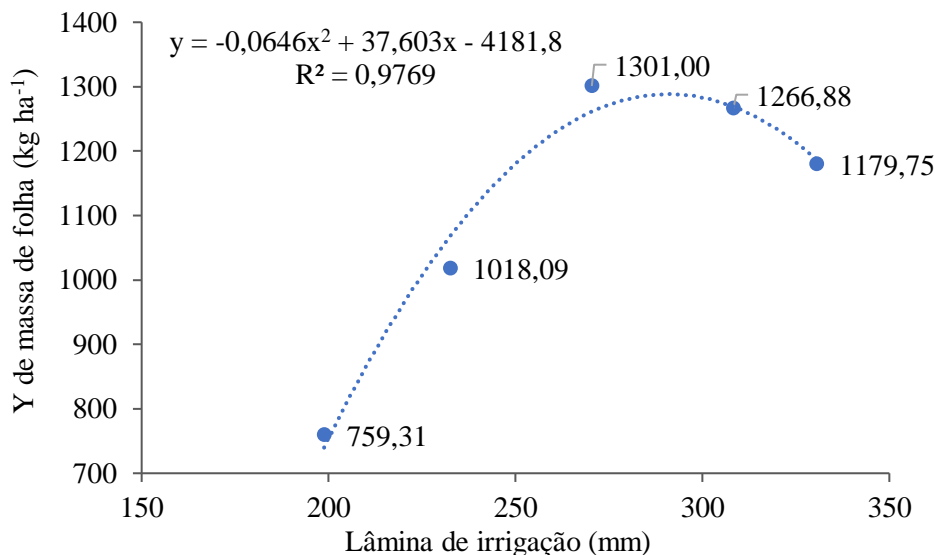


Figura 23. Gráfico de análise de regressão, polinomial de ordem 2, de médias de produtividade de massa de folha (kg ha^{-1}), em relação a lâminas de irrigação.

Conforme se observa nas Tabelas 18 e 19, para a variável fração de massa seca de folha (MSF %), foi constatada diferença significativa, em relação aos níveis de irrigação, ao nível de 5%, pela análise de variância. Foi realizada a análise de regressão linear, que resultou em um valor-p igual a 0,0018 para o coeficiente angular da reta de regressão, indicando significância, ao nível de 5%. O coeficiente de determinação, obtido na regressão linear, foi igual a 0,839 (Tabela 18). O máximo valor de fração de massa seca de folha (MSF) (%), conforme o modelo ajustado, foi de 17,2% de quantidade de massa seca de folha, em relação à planta inteira. O mínimo valor de fração de massa seca de folha (MSF) (%), conforme o modelo ajustado, foi de 11,3% de quantidade de massa seca de folha, em relação à planta inteira.

Tabela 18. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de fração de massa seca de folha (MSF) (%).

	Estimativa	Erro.padrão	tc	valor.p
b0	2,4563	3,0565	0,8036	0,4372
b1	0,0446	0,0112	3,9776	0,0018
R2	0,839244			

Tabela 19. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de fração de massa seca de folha (MSF) (%).

	GL	SQ	QM	Fc	valor.p
Efeito linear	1	92,3302	92,3302	15,82	0,00183
Desvios de regressão	3	17,6857	5,8952	1,01	0,42205
Resíduos	12	70,0311	5,8359		

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A maior média de fração de massa seca de folha (17,3%), foi observada para o nível 2 de irrigação (308,3 mm). O modelo linear indica uma expectativa de aumento, na fração de massa seca de folha, para valores mais elevados de total de irrigação, no ciclo da cultura (Figura 24).

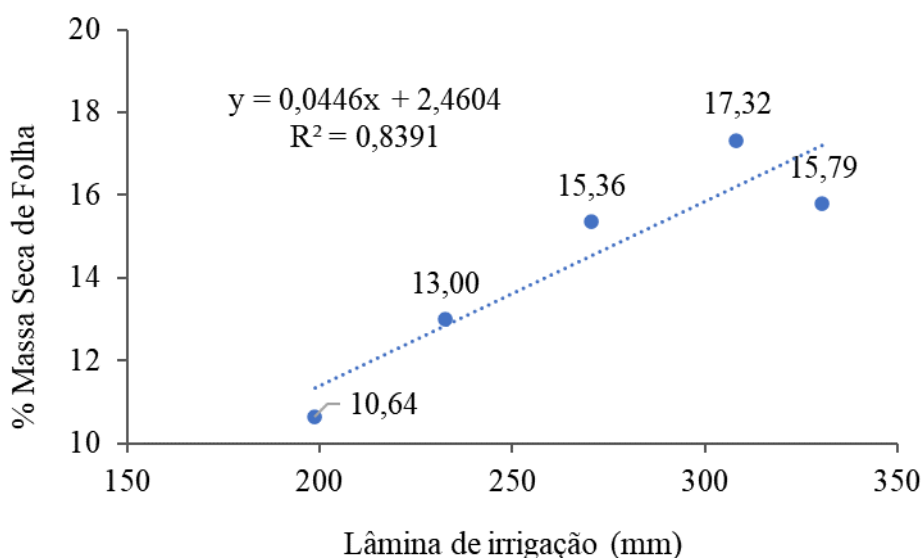


Figura 24. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de fração de massa seca de folha (%), em relação a lâminas de irrigação.

Para a fração de massa seca de matéria morta (MSMM) (%), foi constatada diferença significativa, em relação aos níveis de irrigação, ao nível de 5%, pela análise de variância (Tabelas 20 e 21). Foi realizada a análise de regressão linear, que resultou em um valor-p igual a 0,0045, para o coeficiente angular da reta de regressão, indicando significância ao nível de 5%. O coeficiente de determinação, obtido na regressão linear, foi igual a 0,848 (Tabela 20). O

máximo valor de produtividade, conforme o modelo ajustado, foi de 4,6% para o nível 5 de irrigação (198,8 mm).

Tabela 20. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de fração de massa seca de matéria morta (MSMM) (%).

	Estimativa	Erro.padrão	tc	valor.p
b0	8,6113	1,5763	5,463	0,0001
b1	-0,0202	0,0058	-3,4849	0,0045
R2	0,848379			

Tabela 21. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de fração de massa seca de matéria morta (MSMM) (%).

	GL	SQ	QM	Fc	valor.p
Efeito linear	1	18,8498	18,8498	12,14	0,00451
Desvios de regressão	3	3,3688	1,1229	0,72	0,55714
Resíduos	12	18,6255	1,5521		

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A Figura 25, demonstra a maior média de fração de massa seca de matéria morta, observada para os níveis 4 e 5 de irrigação (232,6 mm e 198,8 mm). O modelo linear indica uma expectativa de aumento na fração de massa seca de matéria morta, para as menores lâminas de irrigação, no ciclo da cultura.

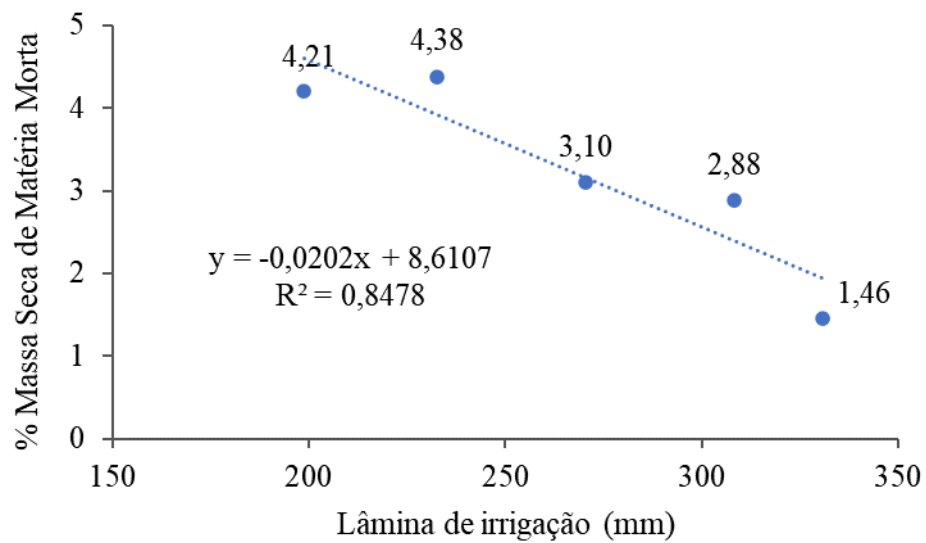


Figura 25. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de fração de massa seca de matéria morta (MSMM) (%), em relação às lâminas de irrigação.

Para a variável fração de massa seca de colmo (MSC) (%), foi constatada diferença significativa, em relação aos níveis de irrigação, ao nível de 5%, pela análise de variância (Tabelas 22 e 23). Foi realizada a análise de regressão linear, que resultou em um valor-p igual a 0,0068, para o coeficiente angular da reta de regressão, indicando significância ao nível de 5%. O coeficiente de determinação, obtido na regressão linear, foi igual a 0,842 (Tabela 22). O máximo valor de produtividade, conforme o modelo ajustado, foi de 51,7% para o nível 1 de irrigação (330,6 mm).

Tabela 22. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de fração de massa seca de colmo (MSC) (%).

	Estimativa	Erro.padrão	tc	valor.p
b0	38,5684	3,3079	11,6596	0
b1	0,0396	0,0121	3,2622	0,0068
R2	0,842204			

Tabela 23. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de fração de massa seca de colmo (MSC) (%).

	GL	SQ	QM	Fc	valor.p
Efeito linear	1	72,74	72,74	10,64	0,0068
Desvios de regressão	3	13,6286	4,5429	0,66	0,58962
Resíduos	12	82,0218	6,8351		

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A maior média de fração de massa seca de colmo (52%), foi observada para o nível 2 de irrigação (308,3 mm). O modelo linear, indica uma expectativa de aumento para essa variável, para valores mais elevados de total de irrigação, no ciclo da cultura (Figura 26).

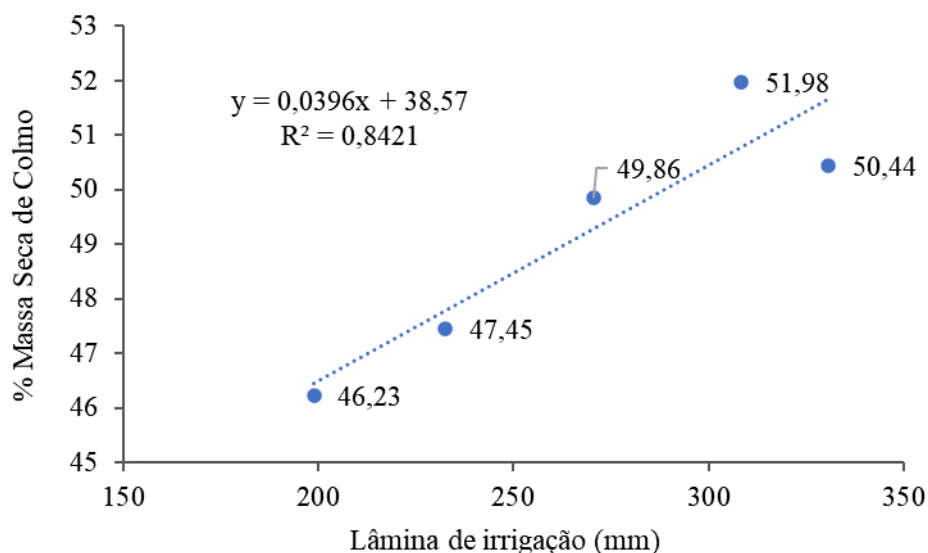


Figura 26. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de fração de massa seca de colmo (%), em relação as lâminas de irrigação.

Nas Tabelas 24 e 25, observa-se que foi constatada diferença significativa, em relação aos níveis de irrigação ao nível de 5%, pela análise de variância, para a variável fração de massa seca de espiga (MSE) (%). Foi realizada a análise de regressão linear, que resultou em um valor-p igual a 0,0091, para o coeficiente angular da reta de regressão, indicando significância ao nível de 5%. O coeficiente de determinação, obtido na regressão linear, foi igual a 0,691 (Tabela 24). O máximo valor de fração de massa seca de espiga, conforme o modelo ajustado, foi de 37,6% para o nível 5 de irrigação (198,8 mm).

Tabela 24. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de fração de massa seca de espiga (MSE) (%).

	Estimativa	Erro.padrão	tc	valor.p
b0	50,355	5,6147	8,9684	0
b1	-0,064	0,0206	-3,1076	0,0091
R2	0,69193			

Tabela 25. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de fração de massa seca de espiga (MSE) (%).

	GL	SQ	QM	Fc	valor.p
Efeito linear	1	190,1726	190,1726	9,66	0,00906
Desvios de regressão	3	84,6712	28,2237	1,43	0,28169
Resíduos	12	236,3102	19,6925		

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A Figura 27, demonstra a maior média de fração de massa seca de espiga (39%), sendo evidenciada para o nível 5 de irrigação (198,8 mm).

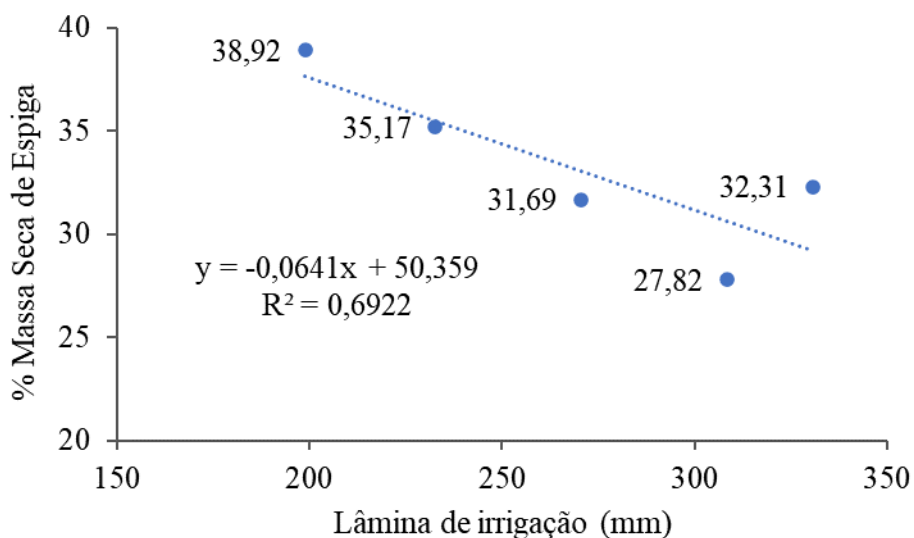


Figura 27. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de fração de massa seca de espiga (%), em relação às lâminas de irrigação.

WEINBERG et al. (2008), justificam que no decorrer do ciclo da cultura, ocorre aumento no teor de matéria seca da planta, gerado pelo aumento da participação de grãos na forragem, destinada à silagem. Esta mudança no teor de matéria seca, tem implicação não

somente na participação dos componentes da forrageira, como também no valor nutritivo da silagem (OLIVEIRA, 2014).

3.9 Produtividade

Para a variável produtividade, não foi constatada diferença significativa, em relação aos níveis de irrigação, ao nível de 5%, pela análise de variância (Tabela 26). Foi realizada a análise de regressão linear, que resultou em um valor-p igual a 0,0755, para o coeficiente angular da reta de regressão, indicando significância ao nível de 10%, e não significância ao nível de 5% (Tabela 27 e 28, Figura 28). O coeficiente de determinação, obtido na regressão linear, foi igual a 0,747. O máximo valor de produtividade, conforme o modelo ajustado, foi de 24.802,8 kg ha⁻¹.

Tabela 26. Resultado da análise de variância, para a variável produtividade (kg ha⁻¹).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	110989517	27747379	1,2666	0,33610
Bloco	3	123137829	41045943	1,8736	0,1879
Resíduo	12	262887020	21907252		
Total	19	497014365			
CV =	21,12%				

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

Tabela 27. Ajuste ao modelo de regressão linear, para os dados de produtividade da cultura.

	Estimativa	Erro.padrão	tc	valor-p
b0	10819,5	5922,00	1,8270	0,0927
b1	42,2967	21,74	1,9458	0,0755

Tabela 28. Análise de variância, do modelo de regressão linear simples, para os dados de produtividade da cultura.

	GL	SQ	QM	Fc	valor-p
Efeito linear	1	82.940,795	82.940,795	3,79	0,0755
Desvios de regressão	3	28.048,722	9.349,574	0,43	0,7374
Resíduos	12	262.887,020	21.907,252		

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

A maior média de produtividade (24.967,7 kg ha⁻¹), foi detectada para o nível 2 de irrigação (308,3 mm). Apesar da redução na produtividade média obtida, para o nível mais elevado de irrigação (Figura 28), o modelo linear indica uma expectativa de aumento na produtividade, para valores mais elevados de total de irrigação, no ciclo da cultura.

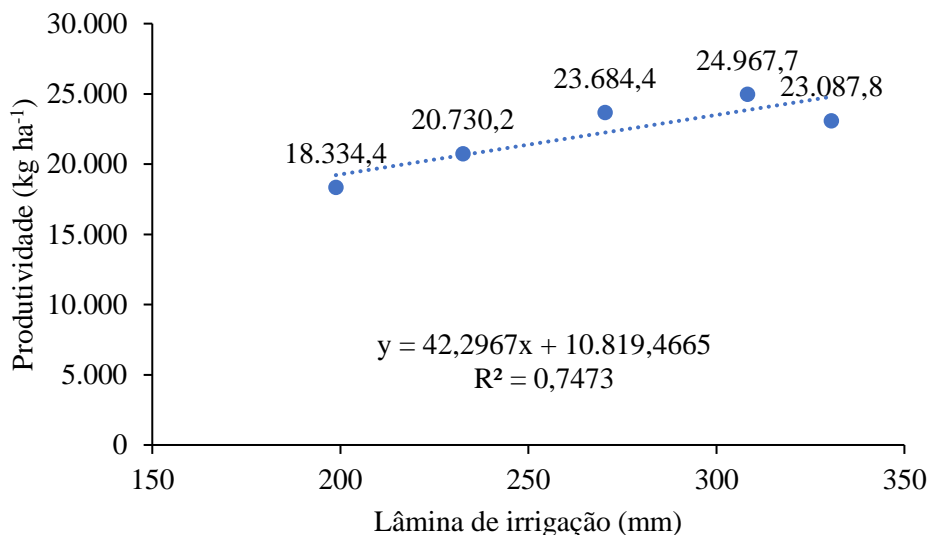


Figura 28. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, de médias de produtividade, em relação às lâminas de irrigação.

Na Figura 29, é apresentado o boxplot e os valores observados de produtividade, da cultura para silagem. Os valores máximos obtidos, foram identificados como outliers, sendo 34.631,1 kg ha⁻¹, para o nível 1, e 34.017,7 kg ha⁻¹, para o nível 2 de irrigação. Os valores máximos, podem ser um indicativo de que maiores médias poderiam ter sido obtidas, caso não houvesse perdas na fase de germinação, acarretadas pelo ataque de pombos, entre outros fatores. O mínimo geral foi notado para o nível 5 de irrigação, igual a 15.617,7 kg ha⁻¹.

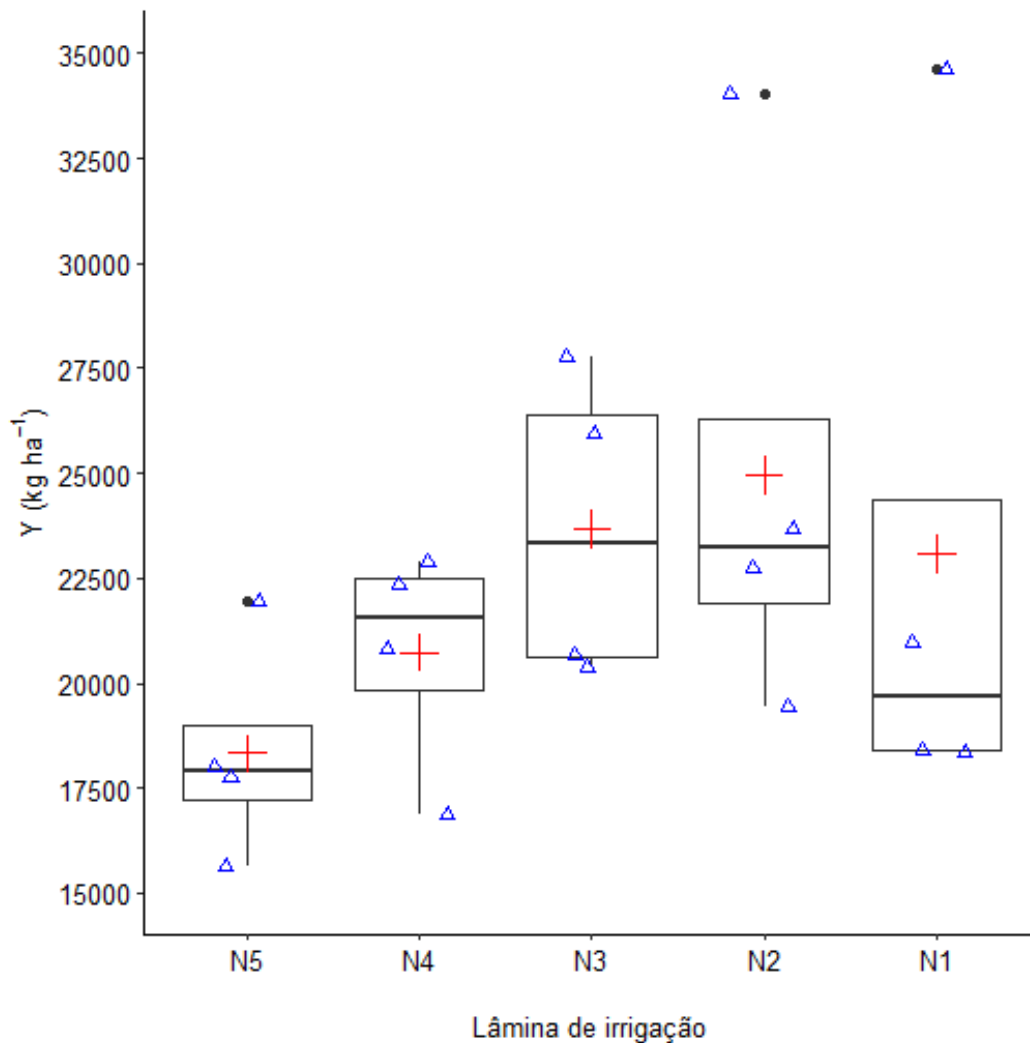


Figura 29. Boxplot e pontos observados de produtividade de matéria verde, em relação aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruces vermelhas indicam médias e os pontos pretos indicam um outlier.

Carletto et al. (2020), obtiveram diferença significativa na produção de matéria verde, de forragem ensilável de trigo cv. BRS Umbu, avaliando a produção de biomassa e o valor nutricional da forragem do trigo, sob influência de regime de cortes sucessivos, em que destacaram que essa resposta se deu, em virtude da diminuição da altura de planta, que ocasiona por consequência, a redução da quantidade de matéria verde, produzida por hectare.

Resultado similar, foi encontrado em Leão (2016), onde houve diferença significativa entre os tratamentos, devido ao regime de cortes da cultura do trigo, para a produção de silagem. Nesse estudo, para o primeiro corte, a produção de massa de forragem verde foi de 4.048 kg ha⁻¹, já para o segundo corte, a produção de massa de forragem verde foi de 11.760 kg ha⁻¹.

3.10 Produtividade da água

A produtividade de água (produção de matéria verde para silagem por unidade volumétrica de água de irrigação) não apresentou diferença estatística, como efeito da aplicação dos diferentes níveis de lâminas de irrigação, com base na análise de variância (Tabela 29).

Tabela 29. Resultado da análise de variância, para a variável produtividade da água (WIRRI).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	12,653	3,1632	1,4066	0,29024
Bloco	3	17,29	5,7632	2,5629	0,1036
Resíduo	12	26,985	2,2488		
Total	19	56,928			
CV =		17,86%			

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

Na análise de regressão linear, obteve-se o valor-p igual a 0,0510, para o coeficiente angular (significativo ao nível de 10% de probabilidade), e coeficiente de determinação igual a 0,835 (Tabela 30 e 31 e Figura 30). Em relação aos valores médios de WIRRI observados, alcançou-se um máximo de 9,22 kg m⁻³, para a lâmina de irrigação igual a 198,8 mm (nível 5), e um mínimo igual a 6,98 kg m⁻³, para a lâmina de 330,6 mm (nível 1). O valor máximo, no modelo de regressão linear, foi 9,44 kg m⁻³, obtido para o nível 5 de irrigação.

O modelo linear obtido, indicou uma relação decrescente de WIRRI, em relação à lâmina de irrigação total. Esta relação linear tem sido verificada em estudos aplicados para diferentes culturas.

Ferreira et al. (2020), avaliaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade de biomassa seca, para produção de silagem de milho, no sistema solteiro e consorciado, com duas cultivares de braquiária, na segunda safra. O experimento foi implantado na estação experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, em 2019. Foi analisado o efeito de seis níveis de irrigação, obtidos com o emprego de um sistema de aspersão, com distribuição dos aspersores em linha (line-source). Os autores observaram o efeito significativo ($p < 0,05$) das lâminas aplicadas na produtividade da água para silagem, com valores de produtividade da água variando de 1,74 kg m⁻³ a 3,76 kg m⁻³, para as lâminas de L1 a L6 (352 mm, 335,6 mm, 300,9 mm, 253,2 mm, 199,0 mm e 151,8mm). Foi verificado que a lâmina de irrigação, proporcionou efeito quadrático sobre essa variável, apresentando tendência

decrecente com o incremento das lâminas, até o nível 93% da ET0 (352 mm), correspondente ao valor de 1,86 kg m⁻³ de produtividade da água.

Também na área da EMBRAPA Milho e Sorgo, Oliveira et al. (2021), evidenciaram valores máximos de produtividade da água de irrigação, para a produção de biomassa para silagem de milho, iguais a 24,6 e a 9,9 kg m⁻³, respectivamente, para os anos de 2018 e de 2019.

Tabela 30. Análise de regressão, para o modelo linear, para os dados de produtividade da água (WIRRI).

	Estimativa	Erro.padrão	tc	valor-p
b0	12,4430	1,8975	6,5577	0,00003
b1	-0,0151	0,0070	-2,1675	0,0510
R²	0,835			

Tabela 31. Análise de variância, do modelo de regressão linear, para os dados de produtividade da água (WIRRI).

	GL	SQ	QM	Fc	valor-p
Efeito linear	1	10,5653	10,5653	4,7	0,05102
Desvios de regressão	3	2,0875	0,6958	0,31	0,81821
Resíduos	12	26,9851	2,2488		

GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; Pr>Fc: valor-p.

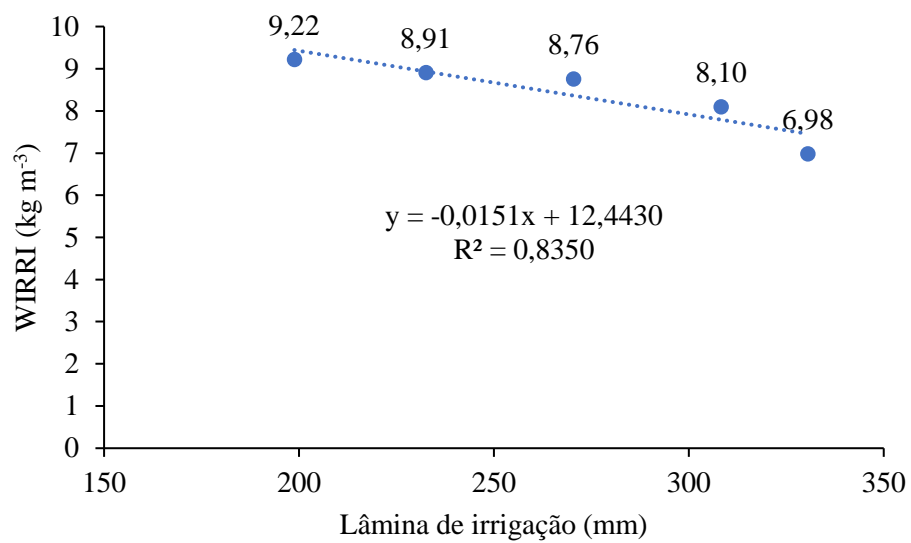


Figura 30. Gráfico de análise de regressão, para o modelo linear, em relação às médias de produtividade de água (WIRRI).

Na Figura 31, é apresentado o boxplot e o conjunto de dados observados, para a produtividade da água. O mínimo valor de WIRRI foi igual a 5,55 kg m⁻³, encontrado para o nível 1 de irrigação. O máximo geral foi de 11,04 kg m⁻³, notado para o nível 5 de irrigação.

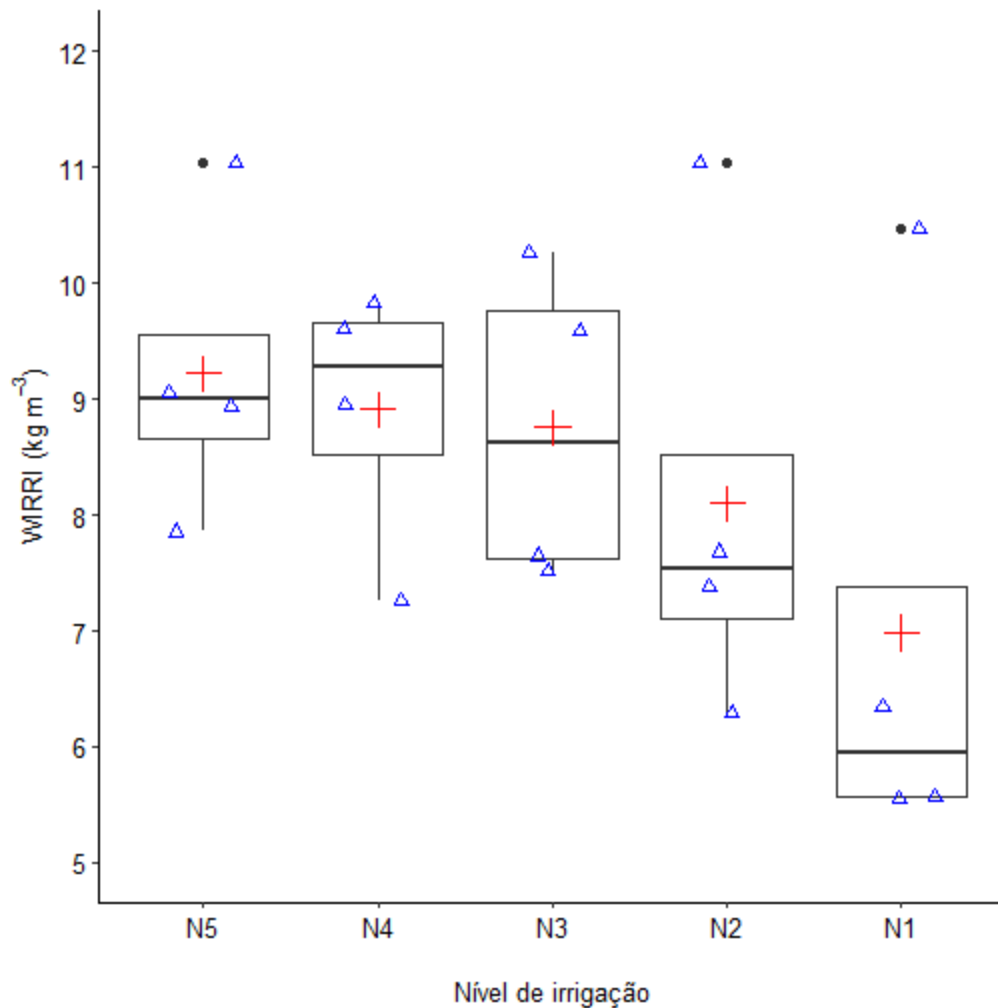


Figura 31. Boxplot e pontos observados de produtividade da água (WIRRI), em relação aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm). Os triângulos azuis representam os valores observados, as cruzes vermelhas indicam médias e os pontos pretos indicam um outlier.

3.11 Considerações finais

Apesar da não significância estatística, observada nas análises de variância de algumas variáveis, houve significância para os coeficientes angulares, nos modelos de regressão linear simples, para as variáveis produtividade e produtividade da água, ao nível de 10%, e para algumas variáveis de produção de massa de forragem e frações, ao nível de 5%. Para a variável florescimento (dias após a semeadura), a análise de regressão linear simples foi significativa ao nível de 5%. Desta forma, sugere-se a continuidade de estudos, com variação em algumas diretrizes do experimento.

Como possíveis causas para a não significância identificada na ANOVA, para as variáveis testadas, têm-se: (i) devido ao período relativamente curto do experimento para silagem, não houve tempo para manifestação dos efeitos das diferenças nos níveis de irrigação,

considerando também que houve um período inicial de irrigação igualitária, para estabelecimento da cultura; e (ii) nas irrigações concomitantes, pelos métodos de irrigação por aspersão e por gotejamento, considerou-se a ocorrência de perdas por percolação, que, em certo nível, podem ter constituído fontes hídricas localizadas mais profundas no perfil do solo, que puderam ser acessadas em fases mais avançadas do ciclo da cultura, com o desenvolvimento radicular.

Um dos aspectos que deve ser analisado em trabalhos posteriores, é o aumento da profundidade de semeadura, buscando-se menor vulnerabilidade quanto ao ataque de pombos, na fase de germinação, para evitar perdas de produtividade, devido à redução no número de plantas por unidade de área.

A técnica de irrigação por gotejamento possibilitou, de forma prática, a aplicação diferenciada das lâminas de irrigação, mantendo-se um único ponto de abertura de vazão, para toda a área do experimento, com o mesmo tempo de aplicação da irrigação. Assim, o croqui do sistema de irrigação utilizado, para a área experimental, mostrou-se viável para a proposta do estudo. Entretanto, em experimentos futuros, apesar do período reduzido de utilização da irrigação, por aspersão, no início do experimento, e em alguns poucos eventos após, recomenda-se que essa seja feita, de forma independente da irrigação por gotejamento.

A irrigação com déficit deve também ser analisada segundo a análise financeira, objetivando-se identificar qual ponto, definido por lâmina de irrigação e por produtividade, conduz a um retorno financeiro otimizado. Sugere-se pesquisas adicionais, envolvendo os aspectos financeiros, associados à produção e à irrigação com déficit, preferencialmente, associados à análise de risco.

Outros estudos se fazem necessários, para a validação científica do uso estratégico da silagem de trigo, que podem ser um incentivo para que o produtor a utilize na alimentação animal. Uma vez sendo bem utilizada, a silagem de trigo pode desempenhar um importante papel na produção animal, e com isso, também pode melhorar a renda do produtor.

4. CONCLUSÕES

Não foram identificadas diferenças significativas, nas variáveis analisadas em resposta aos diferentes níveis de lâminas de irrigação, por meio das análises de variância, para as variáveis florescimento, altura de planta, número de espigas por área, massa verde da parte aérea, massa seca da parte aérea, produtividade de silagem e produtividade da água.

Para a variável produtividade de massa de folha (kg ha^{-1}), o modelo de regressão polinomial de ordem 2, foi significativo, ao nível de 5%. Já para as variáveis fração de massa seca de folha, fração de massa seca de matéria morta, fração de massa seca de colmo e fração de massa seca de espiga, da cultivar de trigo Energix 203, a regressão linear simples foi significativa, ao nível de 5%.

A regressão linear simples, foi significativa, ao nível de 5%, para número de dias após a semeadura, para o florescimento, e, ao nível de 10%, para as variáveis produtividade e produtividade da água, em relação aos níveis de irrigação. Para as duas primeiras variáveis, a relação com o total de irrigação foi crescente. Para a produtividade da água, houve decréscimo, comparativamente, ao aumento nos níveis de irrigação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília, DF, 2013. 252 p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M.. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 308 p. (**FAO Irrigation and Drainage, 56**).

ALVARES C. A.; STAPE JL., SENTELHAS PC., DE MORAES GONÇALVES JL., SPAROVEK. G.. (2013). Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22, 711-728.

AZEVEDO, J. A. **Níveis de tensão de água no solo e suspensão da irrigação em três períodos de crescimento do trigo irrigado em solo de cerrado: efeito sobre a produtividade, componentes de produção, desenvolvimento e uso de água**. 1988. 157 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 1988.

BARBIERI, M.; DOSSIN, M. F.; NORA, D. D.; SANTOS, W. B.; BEVILACQUA, C. B.; ANDRADE, N.; BOENI, M.; DEUSCHLE, D.; JACQUES R. J. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 122-134, 2019.

BATISTA, F. P. S.. **Potencial de tolerância à seca de genótipos de trigo e soja em condição de cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, DF, 2017, 180 p. Tese de Doutorado.

BERNARDES, T. F.; DANIEL, J. L. P.; ADESOGAN, A. T.; MCALLISTER, T. A.. et al. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. **Journal of Dairy Science**, 101, n. 5, p. 4001-4019, 2018.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.. **Manual de Irrigação**. 8ª Ed. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2006, 625 p.

BIOTRIGO Nutrição Animal. Disponível em: <https://biotrigo.com.br/nutricao-animal/energix-203/>. Acesso em: 22 mar. 2023.

BOSCHINI, A. P. M.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. P.; MIRANDA, M. Z.; FAGIOLI, M.. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p. 450–457, 2011.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p.

BREZOLIN, A. P.; LIMA, A. R. C. D. L.; GRINKE, L. F.; PRETTO, R.; SILVA, D. R. D.; SILVA, J. A. G. D. A.. Predição do rendimento de grãos frente as doses e épocas do fornecimento de nitrogênio no sistema soja/trigo. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 5, n. 1, 2017.

CAMILO, J. A.. **Desempenho agrônômico de cultivares de trigo em diferentes níveis de irrigação no Cerrado Mineiro**. 2023. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG, 2023.

CARLETTO, R.; LEÃO, G. M.; NEUMANN, M.; HORST, E. H.. Influência do regime de cortes sobre a produção e valor nutricional de trigo cv. BRS Umbu para forragem. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 254-262, 30 set. 2020. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages -SC. <http://dx.doi.org/10.5965/223811711932020254>.

CONAB. **A cultura do trigo**. Brasília, DF: Conab, 2017. 218 p.

CORRÊA, A. A. P.. **Desempenho de cultivares de trigo em condições de estresses térmico e hídrico**. 2018. 71 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP, 2018.

DE MORI, C.; ANTUNES, JM.; FAE, GS.; ACOSTA, A. da S.. **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**, Brasília, DF: Embrapa, 2016.

FERREIRA, W. P. M.; SOUZA, C.F.. **Caracterização climática das séries temporais de temperatura e precipitação pluvial em Sete Lagoas, MG**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 33 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).

FERREIRA, FN.; OLIVEIRA, ICM.; ANDRADE, C. de LT de.; RESENDE, RMS.; SOUZA, IRP de. **Produção de silagem de milho sob diferentes lâminas de irrigação**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 25 p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 206.

FISHER, M. L.; CUNHA, T. ROCHA. DA.; ROSANELI, C. F.; BICUDO, R. M.; SGANZERLA, A.. Crise hídrica em publicações científicas: olhares da bioética ambiental. **Revista Ambiente & Água**, v.11, n.3, p. 586-600, 2016.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.. **Qualidade de forragem**. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R.S. Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região Sul-Brasileira. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. Cap.1, p. 25-31.

FORNASIERI FILHO, D.. **Manual da cultura do trigo**. Funep, Jaboticabal, SP, 2008, 338 p.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; ROCHA, O. C.; EVANGELISTA, W.. Necessidade hídrica no cultivo de feijão, trigo, milho e arroz sob irrigação no bioma Cerrado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 100, 2003.

HANSON, H.; BORLAUG, N. E.; ANDERSON, R. G.. Wheat in the third world. **Routledge**, 1ª ed. New York, 1982, 194p.

LEÃO, G. F. M.. **Estratégias de manejo de cereais de inverno para produção de forragem verde e silagem**. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2016.

LUCHIARI JR., A.; RIHA, S. J.; GOMIDE, R.L.. Energy balance in irrigated wheat in the cerrados region of Central Brazil. **Scientia Agricola**, v. 54, p. 78-88, 1997.

LOPES, J. D.; RODRIGUES, L. N.; IMBUZEIRO, H. M. A.; PRUSKI, F. F.. Performance of SSEBop model for estimating wheat actual evapotranspiration in the Brazilian Savannah region. **International Journal of Remote Sensing**, v. 40, n.18, p. 6930-6947, 2019.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S.. **Fisiologia da Produção**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. 492 p.

MOREIRA, J. A. A.; PEDRA, L. F.; TRINDADE, O. D. M.; CANOVAS, A. D.. **A cultura do trigo irrigado no sistema plantio direto**. Embrapa, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/215235/1/circ78.pdf>.

OLIVEIRA, I. C. M.; ANDRADE, C. L. T.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; SIMEAO, R. M.; SILVA, A. P. C. M.. Technical feasibility of using suboptimal irrigation in maize cropping. **Crop and Pasture Science**, v. 72(5), p. 348-360, 2021.

OLIVEIRA, M.. 2014. **Qualidade de silagens de trigo e milho e desempenho de novilhos confinados**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Maringá, PR: UEM. 75p.

PAULI, G. **Produtividade e qualidade de silagem de trigo e ervilha forrageira, em diferentes proporções de cultivo**. 2022. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC, 2022.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G.; SMITH, M.; RAES, D. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural Water Management**, v. 147 (Jan), p. 4–20, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.031>.

PEREIRA, R. A. A.. **Balço de energia, consumo hídrico e coeficiente de cultivo do trigo no sudeste brasileiro**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Engenharia de Sistemas Agrícolas, Esalq/USP, Piracicaba, SP, 2018.

PIRES, J. L. F. **Cultivo de Trigo**. Passo Fundo, RS: Embrapa, 2014. 354 p.

R Core Team (2023). **_R: A Language and Environment for Statistical Computing_**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

RUARO, E. L.. **Avaliação do uso de plantas de cobertura de solo na entressafra milho-trigo**. 2022. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, São Luiz Gonzaga, RS, 2022.

SCHEEREN, P. L.; CAIERÃO, E.; SÓ e SILVA, M.; BONOW, S.. **Melhoramento de trigo no Brasil**, Embrapa Trigo, 2011.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M.; LIMBERGER, V.. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.

SILVA, D. B. da; GUERRA, A. F.; REIN, T. A.; ANJOS, J. de R. N. dos; ALVES, R. RODRIGUES, G. c, SILVA, I. A. C.. **Trigo para o abastecimento familiar: do plantio à mesa**. Brasília, DF: Embrapa - SPI; Planaltina, DF: Embrapa - CPAC, 1996. 176 p.

SOUZA, J. M. F.. **Aplicação do algoritmo SAFER na obtenção da evapotranspiração atual das culturas em condições de Cerrado**. 2016. 92 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, GO, 2016.

SPERA, S. A.; GALFORD, G. L.; COE, M. T.; MACEDO, M. N.; MUSTARD, J. F.. Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. **Global Change Biology**, v. 22, p. 3405-3413, 2016.

TEIXEIRA, C. E. F.; FONTANELI, R. S.. Chemical bromatological evaluation of biomass for silage of the winter cereals. **Journal of chemistry engineering**, v. 11, p. 152-156, 2017. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/15f8/91731c9cd4ade0f06f02a21a07b909b85f3a.pdf>>.

WEIßHUHN, P.; HELMING, K.; FERRETTI, J.. Research impact assessment in agriculture— A review of approaches and impact areas. **Research Evaluation**, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 36-42, 20 out. 2017. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/reseval/rvx034>.

WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y.; SOLOMON, R.. The quality of commercial wheat silages in Israel. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.92, p. 638-644, 2008.

WESENDONCK, W. R.; KESSLER, A. de M.; RIBEIRO, A. M. L.; SOMENSI, M. L.; BOCKOR, L.; DADALT, J. C.; MONTEIRO, A. N. T. R.; MARX, F. R.. **Valor nutricional e energia metabolizável de subprodutos do trigo utilizados para alimentação de suínos em crescimento**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 48, p. 203-210, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200011>.

CAPÍTULO 2 - MONITORAMENTO DE DOENÇAS NA CULTURA DO TRIGO (*Triticum aestivum* L.) PARA SILAGEM, SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO - A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) pode manifestar diversas doenças, que dependendo da sua incidência e da sua severidade, causam grandes perdas econômicas. A grande maioria dessas doenças é causada por fungos, embora doenças causadas por bactérias e por vírus também, possam causar danos importantes à cultura. Patógenos têm afinidade por determinados tecidos e órgãos de seus hospedeiros. Assim, cada fase de desenvolvimento do trigo tem doenças preferencialmente associadas. Além disso, o ciclo de vida dos patógenos é afetado pelas condições do ambiente. Portanto, este trabalho teve como objetivo monitorar as doenças na cultura do trigo, em relação à diferentes lâminas de irrigação, em região do Cerrado Mineiro, avaliando a sanidade, a suscetibilidade e a qualidade das cultivares em estudo. O experimento foi realizado em condições de campo, entre os meses de maio a agosto de 2023, na Universidade Federal de São João del-Rei, em Sete Lagoas, Minas Gerais. As cultivares utilizadas para o experimento foram MGS Brilhante e Energix 203, submetidas a cinco níveis de irrigação. O sistema de irrigação principal utilizado, foi o de gotejamento superficial. A severidade das doenças, nas parcelas, foi realizada seguindo escala de notas, sendo usada a percentagem de severidade na análise dos dados. O resultado dos ensaios obtidos, em relação à severidade das doenças, foi acompanhado para os estádios fenológicos. Foi observada a ocorrência de três doenças: mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*) e ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), em que a maior severidade das doenças ocorreu no final do ciclo da cultura, onde a cultivar MGS Brilhante demonstrou maior suscetibilidade às doenças, de acordo com as observações feitas em campo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.. Mancha amarela. Mancha marrom. Ferrugem da folha. Escala diagramática.

CHAPTER 2 - MONITORING OF DISEASES IN WHEAT (*Triticum aestivum* L.) CROPPING FOR SILAGE UNDER DIFFERENT IRRIGATION BLADES

ABSTRACT – Wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation can manifest several diseases, which, depending on their incidence and severity, cause significant economic losses. Fungi cause most of these diseases, although diseases caused by bacteria and viruses, can also cause significant damage to the crop. Pathogens have affinity for specific tissues and organs of their hosts. Thus, each stage of wheat development has preferentially associated diseases. Furthermore, the life cycle of pathogens is affected by environmental conditions. Therefore, this work aimed to monitor diseases in wheat crops in relation to different irrigation depths, in the Cerrado Mineiro region, evaluating the health, susceptibility and quality of the cultivars under study. The experiment was conducted under field conditions between May and August 2023, at the Federal University of São João del-Rei, in Sete Lagoas, Minas Gerais. The cultivars used for the experiment were MGS Brilhante and Energix 203, subjected to five irrigation levels. The primary irrigation system used was surface drip. The severity of the diseases in the plots was determined according to a rating scale, with the severity percentage used in data analysis. The test results about the diseases severity were monitored for the phenological stages. The occurrence of three diseases was observed: yellow spot (*Drechslera tritici-repentis*), brown spot (*Bipolaris sorokiniana*) and leaf rust (*Puccinia triticina*), in which the greatest severity of the diseases occurred at the end of the crop cycle, where the cultivar MGS Brilhante demonstrated greater susceptibility to diseases, according to observations made in the field.

Keywords: *Triticum aestivum* L.. Yellow spot. Brown spot. Leaf rust. Diagrammatic scale.

1. INTRODUÇÃO

Considerado como um dos cereais de maior importância na alimentação humana, o trigo pertence à família Poaceae, que engloba aproximadamente 24 espécies, sendo a mais cultivada a *Triticum aestivum* L. (CORREA et al., 2013).

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) pode manifestar diversas doenças, que, dependendo da sua incidência e da sua severidade, causam grandes perdas econômicas. Doenças têm causas abióticas (ação de agentes físico-químicos) ou bióticas (ação de agentes biológicos, patogênicos) (LAU et al., 2020).

A grande maioria dessas doenças é causada por fungos, embora doenças causadas por bactérias e vírus também possam causar danos importantes à cultura. Destaca-se que a ocorrência e a intensidade dessas doenças, no campo, são bastante afetadas pela grande variedade de ambientes que caracteriza o nosso país, com suas dimensões continentais, em relação ao clima, ao solo e à vegetação. Este cenário de diversidade, torna mais difícil a viabilização de sistemas padronizados de controle, resultando em uma condição na qual o local, tem muita importância na tomada de decisões, relativas ao manejo de doenças (MACIEL et al., 2020).

Patógenos têm afinidade por determinados tecidos e órgãos, de seus hospedeiros. Assim, cada fase de desenvolvimento do trigo, tem doenças, preferencialmente, associadas. Além disso, o ciclo de vida dos patógenos é afetado pelas condições do ambiente. O clima de uma região define as doenças predominantes. Portanto, a relação entre o estágio de desenvolvimento da cultura do trigo e as condições de clima de uma região, determina as doenças de maior impacto (LAU et al., 2020).

As manchas foliares em trigo, são doenças de importância econômica global (KREMNEVA et al., 2020). O complexo de manchas foliares em trigo é causado por um grupo de fungos, sendo os principais patógenos *Drechslera tritici-repentis* (mancha bronzeada ou mancha amarela), *Bipolaris sorokiniana* (mancha marrom), *Puccinia triticina* (ferrugem da folha) e *Stagonospora nodorum* (mancha da gluma). Esses patógenos possuem em comum, a alta habilidade saprofítica, os sintomas incluem lesões necróticas com halo clorótico, e possuem capacidade de sobreviver nas sementes e restos culturais (FERNANDES; PICININI, 1999).

Sob condições climáticas favoráveis, a mancha amarela ocorre, geralmente, nos estágios iniciais da cultura. Nas folhas, os sintomas aparecem como lesões elípticas, amareladas ou de aspecto bronzeado, que se expandem para manchas ovais ou em forma de diamante, que coalescem tornando-se de coloração marrom clara a marrom escura (FERNANDES; PICININI,

1999). Em volta das lesões, ocorre halo clorótico, com ponto mais escuro no centro das lesões. As folhas mais velhas apresentam maior severidade da doença, após a emissão da folha bandeira, no entanto, a doença pode surgir desde a emissão das primeiras folhas (MACIEL et al., 2020).

A mancha marrom pode ocorrer em qualquer parte ou estágio de desenvolvimento da planta. Quando o patógeno ataca as raízes, causa a podridão comum das raízes de trigo. Nas folhas, aparecem manchas de formato oval ou alongadas, de coloração marrom-pardo, quase pretas, e circundadas por halo amarelo. Sob condições favoráveis, o fungo progride para a espiga, e os grãos atingidos ficam enrugados, com baixo peso e podem aparentar sintoma de “ponta-preta” (FERNANDES; PICININI, 1999).

A ferrugem da folha, causada por *Puccinia triticina* (= *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*), é uma das principais doenças do trigo, e ocorre em praticamente todas as regiões do mundo onde o cereal é cultivado, é um patógeno obrigatório e não sobrevive em célula viva. As perdas em rendimento dependem do estágio da planta, em que a doença ocorre e, principalmente, da severidade, a qual é função de suscetibilidade da cultivar, da virulência da raça fisiológica e das condições de ambiente (CHAVES et al., 2006). As perdas em rendimento de grãos podem chegar a 50% (REIS et al., 1997).

Os sinais da ferrugem da folha, são caracterizados pela presença de pústulas de formato ovalado, de coloração avermelhada, disseminadas, predominantemente, na região adaxial do limbo foliar (ROELFS et al., 1985).

Esta doença manifesta-se desde o surgimento das primeiras folhas até a maturação da planta. Inicialmente, surgem pequenos urédios arredondados, amarelo-alaranjados, dispostos sem ordenação, de preferência localizados na face superior das folhas, estendendo-se às bainhas. A estas pústulas, com cerca de 1,5 mm de diâmetro, sucedem as pústulas teliais, pretas e ovais. Estas frutificações ficam sempre recobertas pela epiderme até o final do ciclo da planta.

De modo geral, para as doenças do trigo, as principais estratégias de controle são rotação de culturas, uso de cultivares com bom nível de resistência, tratamento de sementes e aplicação de fungicidas na parte aérea. Para o controle efetivo de doenças foliares em trigo, todas as estratégias de manejo devem ser adotadas de forma integrada, visando manter a população dos patógenos abaixo do limiar de dano econômico. É importante conhecer o nível de resistência das cultivares, para o manejo das doenças.

A Energix 203 é uma cultivar desenvolvida pela empresa Biotrigo, lançada em 2020, para as regiões Sul e Sudeste, criada com objetivo de atender à: demanda comum de silagem

entre os pecuaristas; escassez de alimentação, durante períodos de baixa oferta; perdas de produtividade ou seca. Apresenta inovação tecnológica para produção de silagem e de pré-secado, com o aproveitamento da planta inteira. É um mix de cultivares de trigo, para silagem e para pré-secado, que tem em comum algumas particularidades: a ausência de aristas, por isso tem alta palatabilidade; elevada digestibilidade; e qualidade nutricional, e é fonte rica de proteína e de energia (BIOTRIGO, 2023)

A cultivar Energix 203 possui ciclo precoce (em torno de 90 a 100 dias, para ensilar), podendo liberar a área mais cedo para a próxima cultura (milho, soja, feijão), pois o período de semeadura ideal é idêntico ao zoneamento dos trigos comuns. O pré-secado é produzido entre 65 e 75 dias, e a silagem entre 90 a 100 dias pós emergência no período do inverno. Segundo a empresa desenvolvedora, esse material possui: um bom pacote fitossanitário, de fácil manejo; bons níveis de tolerância às principais doenças; moderada resistência para ferrugem da folha e para mancha amarela; ótima sanidade foliar; e boa resistência ao acamamento (BIOTRIGO, 2023).

A MGS Brilhante foi indicada, pelos pesquisadores, para o cultivo em sequeiro em Minas Gerais, em Goiás e no Distrito Federal, durante a XIII Reunião da Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo, realizada em Goiânia – Goiás, em dezembro de 2004 (FRONZA et al., 2005).

A MGS Brilhante é uma cultivar desenvolvida pela EPAMIG, promissora para a produção de silagem, no outono e no inverno, em Minas Gerais, e em outras regiões tropicais do Brasil. A variedade é recomendada para o cultivo de sequeiro, possui entre 90 e 120 centímetros de altura, tolera acamamento e não possui aristas. O ciclo da cultivar é considerado médio, com cerca de 50 dias até o espigamento, e mais 50 dias até a maturação completa (EPAMIG, 2021).

Segundo resultados, de análises realizadas pela EPAMIG, a silagem de trigo produzida com a cultivar MGS Brilhante, no período da entressafra, apresenta valores de proteína entre 9,7 a 12,4%. Além de produzir matéria verde em grande quantidade, por hectare, o que a torna economicamente viável, como alternativa para produção de silagem na safrinha. É uma cultura tolerante ao déficit hídrico, que responde bem à irrigação e que pode produzir três vezes mais, em relação às condições de sequeiro (EPAMIG, 2021).

A cultivar MGS Brilhante apresenta comportamento moderadamente suscetível, em relação à doenças como: brusone; manchas foliares, moderadamente suscetível; ferrugem da

folha, moderadamente resistente; mancha - marrom, moderadamente suscetível (FRONZA et al., 2005).

Assim, este trabalho teve como objetivo monitorar as doenças, na cultura do trigo, em relação à diferentes lâminas de irrigação, em região do Cerrado Mineiro, avaliando a sanidade, a suscetibilidade e a qualidade das cultivares em estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação e condução do experimento

O experimento foi realizado em condições de campo, entre os meses de maio a agosto de 2023, na Universidade Federal de São João del-Rei, em Sete Lagoas, Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são 19°28'4" de latitude Sul e 44°14'52" de longitude Oeste, com nível altimétrico de 761 m.

Foi realizado um experimento teste, anteriormente, ao experimento avaliado neste trabalho. No experimento teste foram utilizadas as cultivares MGS Brilhante e Energix 203, para cinco níveis de irrigação. Devido à algumas adversidades, como ataque de pombos e alta incidência de plantas daninhas, conforme descrito no Capítulo 1, foi decidido reiniciar o experimento para a avaliação das cultivares, em relação às doenças.

Na Figura 32, apresenta-se o esquema do experimento piloto, sendo também utilizado inicialmente, para o experimento principal, com a disposição dos tratamentos na área experimental. Os tratamentos resultaram da combinação entre as duas cultivares e os cinco níveis de irrigação, totalizando dez tratamentos, em um delineamento em blocos casualizados, em quatro blocos (Tabela 32), em esquema fatorial 2 x 5.

Tabela 32. Descrição detalhada dos tratamentos (ETc = evapotranspiração da cultura, ou seja, evapotranspiração potencial).

Tratamento	Cultivar	Nível de Irrigação
T1	Energix 203	Reposição de 120% da ETc
T2	Energix 203	Reposição de 100% da ETc
T3	Energix 203	Reposição de 80% da ETc
T4	Energix 203	Reposição de 60% da ETc
T5	Energix 203	Reposição de 40% da ETc
T6	MGS Brilhante	Reposição de 120% da ETc
T7	MGS Brilhante	Reposição de 100% da ETc
T8	MGS Brilhante	Reposição de 80% da ETc
T9	MGS Brilhante	Reposição de 60% da ETc
T10	MGS Brilhante	Reposição de 40% da ETc



Figura 32. Esquema da disposição dos tratamentos, na área experimental, Sete Lagoas, MG, 2023.

2.2 Material vegetal e seu cultivo

No preparo do solo foi feita a retirada da palhada, com o implemento ancinho. Foi feita uma gradagem, com grade niveladora, regulagem do arado a 20 cm. Foi utilizado também o sulcador, com regulagem a 40 cm. Para serem feitos os sulcos, para semeadura nas parcelas, foi empregue uma ferramenta com distância de 20 cm, entre as pontas dos sulcadores.

As cultivares utilizadas para o experimento foram a MGS Brilhante e a Energix 203. A cultura foi semeada manualmente, com espaçamento de 0,20 m entrelinhas, em uma profundidade de aproximadamente 2 cm, com uma densidade de 70 sementes por metro linear, sendo a semeadura realizada no dia 02 de junho de 2023. Houve reforços de semeadura feitos no dia 29 de junho. Após constatação de atrasos na germinação, foi usado sombrite sobre a superfície do solo, para atenuar o ataque de pombos. Entretanto, mesmo com o reforço e com a utilização de proteção de sombrite, não houve êxito na germinação em algumas parcelas experimentais, com a cultivar MGS Brilhante, havendo forte perda de estande.

Ao constatar-se a impossibilidade de continuidade, na condução de 13 parcelas experimentais para a cultivar MGS Brilhante, o experimento foi realizado apenas com a cultivar Energix 203. As unidades com esta cultivar, não tiveram a perda de estande expressiva, observada na cultivar MGS Brilhante. O tratamento de sementes pode ter sido um fator que explica a maior proteção, notada para a cultivar Energix 203, durante o processo de germinação. Cabe ressaltar, que as sementes da variável MGS Brilhante não receberam tratamento.

De acordo com o resultado da análise do solo, foram aplicados 300 kg ha⁻¹ do adubo formulado 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), na adubação de plantio. Posteriormente, para controle das plantas invasoras, foi aplicado na área o herbicida Basagran (1,5 L ha⁻¹). A adubação de cobertura, com nitrogênio, foi realizada utilizando-se N na fonte Ureia, sendo feita em uma aplicação 96 kg ha⁻¹, aplicados no estágio do perfilhamento. No manejo fitossanitário, utilizou-se o inseticida Klorpan (800 mL ha⁻¹), após ter sido notada a presença de insetos como pulgão-da-espiga-do-trigo (*Sitobion avenae*), percevejo-verde (*Nezara viridula*), vaquinha verde amarela (*Diabrotica speciosa*), e cigarrinhas.

Não foram feitas aplicações de fungicidas, na área, pois o intuito do trabalho foi observar o comportamento das cultivares com a presença de patógenos.

Durante a condução do experimento, foi feito o registro das informações meteorológicas de: temperaturas máxima e mínima, umidade do ar, radiação e velocidade do vento, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A precipitação pluvial também foi localmente registrada, através de um pluviômetro instalado próximo à área experimental.

A colheita da cultivar Energix 2023, foi realizada manualmente e individualmente, por unidade experimental, nos dias 24 e 25 de agosto de 2023, aos 83 e 84 dias após a semeadura, quando os grãos se encontravam entre os estádios de grão leitoso e de grão pastoso, com um percentual médio de 39,30% de matéria seca das plantas. Foram realizadas aferições em plantas de bordadura, para determinação de matéria seca nas semanas anteriores à colheita. Não ocorreu a colheita para a cultivar MGS Brilhante, que ficou em campo uma semana a mais, após a colheita da cultivar Energix 203 para mais um evento de avaliação de doenças.

No Capítulo 1, desta dissertação, são abordados os fatores que acarretaram perdas de unidades experimentais, para a cultivar MGS Brilhante, bem como os impactos quanto ao croqui, delineamento experimental, preparo do solo, monitoramento meteorológico, entre outros.

2.3 Manejo de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial. Cada parcela experimental teve duas linhas laterais, espaçadas em 0,6 m e com 5,8 m de comprimento total, considerando a conexão à linha de derivação e à excedente para dobra final (Capítulo 1, Figura 8). Além do sistema de irrigação por gotejamento, a área experimental foi também equipada com sistema de irrigação por aspersão, que foi utilizado para irrigação de pré-semeadura e na fase inicial do cultivo, para possibilitar condições adequadas para germinação e para estabelecimento da cultura.

A irrigação por gotejamento foi realizada diariamente, exceto aos domingos, através do sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores autocompensantes (Figura 9A), da marca Netafim e do modelo PCJ LCNL, do tipo botão. A abertura da vazão, para a área a ser irrigada, era feita por um único registro, localizado no cavalete, sendo os tempos de irrigação iguais para todas as parcelas experimentais. Os níveis de irrigação foram diferenciados, nas parcelas experimentais, com base em combinações de espaçamento entre gotejadores e vazão dos gotejadores (Tabela 33).

Tabela 33. Configurações de distribuição de gotejadores, para obtenção de diferentes níveis de irrigação.

Nível de irrigação	Porcentagem em relação à ETc	Vazão do gotejador (L h ⁻¹)	Espaçamento entre gotejadores na linha lateral (m)
1	120%	4,0	0,39
2	100%	2,0	0,23
3	80%	2,0	0,29
4	60%	2,0	0,39
5	40%	1,2	0,35

Na Tabela 34, são apresentados os níveis de irrigação, com suas respectivas lâminas, totalizadas para o ciclo e suas porcentagens de referência, em relação à evapotranspiração da cultura.

Tabela 34. Lâminas acumuladas, aplicadas durante todo o ciclo do trigo, para os diferentes níveis de irrigação, em Sete Lagoas, MG, para o ano de 2023.

Nível de irrigação	Irrigação acumulada (mm)	Nível de irrigação (ETc)
1	330,6	120%
2	308,3	100%
3	270,4	80%
4	232,6	60%
5	198,8	40%

2.4 Quantificação das doenças

A severidade das doenças, nas parcelas experimentais, foi realizada por meio de observações com base na escala de notas, adaptada de Lamari e Bernier (1989), sendo utilizada a porcentagem de severidade na análise dos dados (Figura 33).

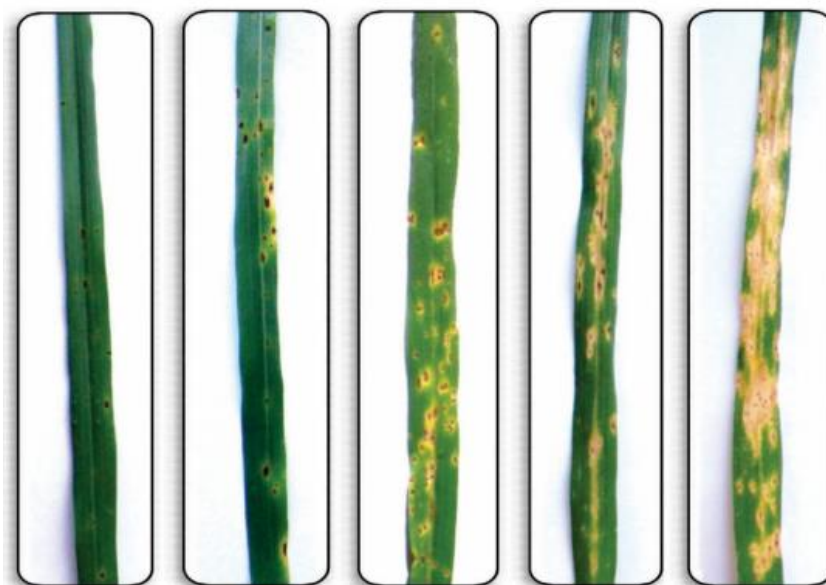


Figura 33. Escala de severidade de sintomas de manchas foliares em trigo, adaptada de Lamari e Bernier (1989). Notas: 1= Pequenos pontos escuros (severidade correspondente a 2%); 2= Pequenos pontos escuros, pouca clorose ou necrose (severidade correspondente a 5%); 3= Pequenas manchas com evidentes anéis de clorose/necrose (severidade correspondente a 10%); 4= Manchas com evidentes anéis de clorose/necrose, algumas coalescendo (severidade correspondente a 20%); 5= Diversas manchas de clorose/necrose coalescentes (severidade correspondente a 60%). O sentido de numeração das notas de 1 a 5 para as imagens, é da esquerda para a direita, respectivamente.

A inoculação das plantas não foi realizada. Portanto, a ocorrência da doença foi devido ao inóculo dos patógenos presentes no ambiente. O monitoramento, da ocorrência das doenças foliares, foi realizado semanalmente após a emergência das plântulas. Para tal, plantas aleatórias por parcela experimental foram avaliadas, quanto à presença ou à ausência de sintomas de doenças.

O resultado dos ensaios obtidos, em relação à severidade das doenças, foi acompanhado pelos estádios fenológicos (Figura 34).

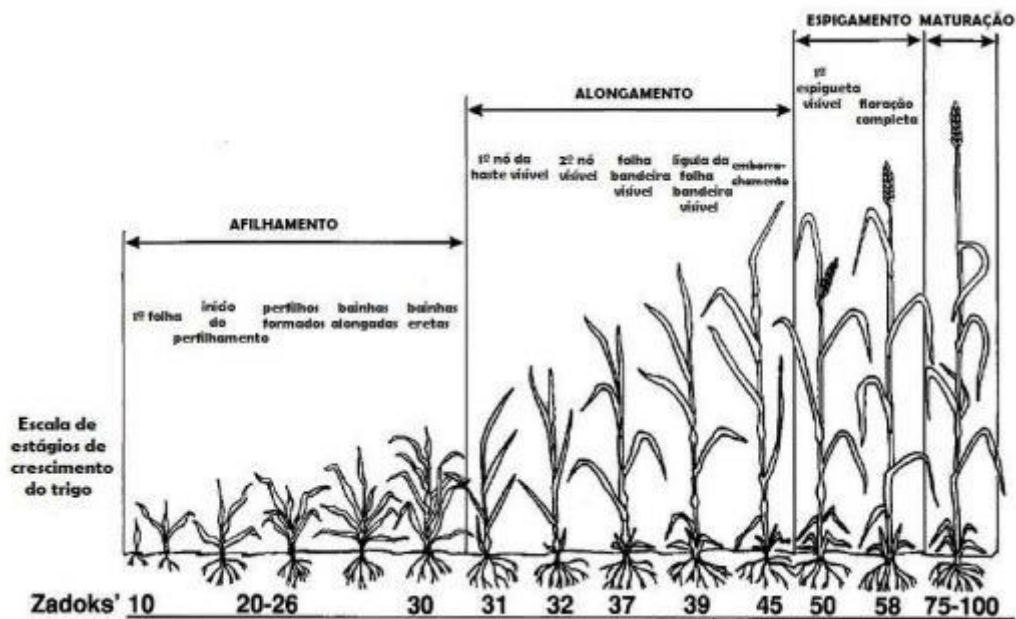


Figura 34. Escala fenológica de Zadoks et al. (1974).

Após a detecção dos primeiros sintomas da doença, o monitoramento da severidade continuou sendo realizado semanalmente. A quantificação da severidade foi realizada em pontos aleatórios, dentro da área útil da parcela, e os dados expressos, em porcentagem de área foliar total afetada pela doença. Ao final do experimento, quando terminaram as avaliações em campo, o agente causal das doenças foi confirmado por meio das características sintomatológicas da doença, e pela análise morfológica da colônia crescida em placa de Petri, com meio de cultura aveia, e pela morfologia das estruturas reprodutivas do patógeno, utilizando o microscópio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do experimento, a média da temperatura do ar ficou em 19,4°C. A temperatura mínima observada foi de 4,6°C, registrada no mês de julho, e a temperatura máxima do ar foi de 34,7°C, registrada no mês de agosto. Durante todo o ciclo de desenvolvimento do trigo, as precipitações somaram 15,0 mm. A evapotranspiração de referência (ET₀), no período de cultivo, atingiu um máximo de 3,8 mm dia⁻¹, e um mínimo de 1,3 mm dia⁻¹, com média igual a 2,8 mm dia⁻¹. A umidade relativa média diária variou de 51,5% a 81,3%, com média no período igual a 61,4%. Na Figura 16, são apresentadas as variações de elementos meteorológicos, ao longo do ciclo.

A ocorrência de manchas foliares, nas parcelas avaliadas, foram bastante variáveis, em função da condição ambiental, da pressão de inóculo, em cada local, e do grau de

resistência/suscetibilidade, de cada cultivar utilizada. Em nenhum ensaio foi utilizado inoculação de patógeno. Optou-se pela infecção natural das doenças.

Foi observada a ocorrência de três doenças: mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*) (Figura 35 A, B e C), ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) (Figura 36 A e B) e mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), sendo que está, não possível ser identificada em laboratório, sendo identificada apenas em campo.

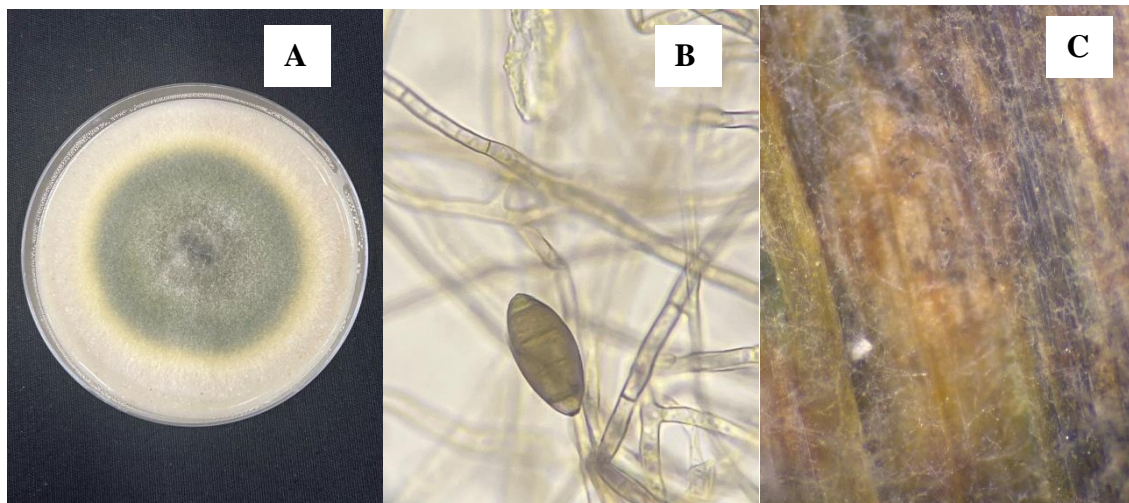


Figura 35. Mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*). Figura A: colônia do patógeno, em meio aveia; Figura B: esporo pigmentado e segmentado em microscopia; Figura C: foto em lupa da parte micelial (filamentos brancos) e dos esporos (pontos escuros) do fungo. Ilustrações: Frederick Mendes Aguiar.

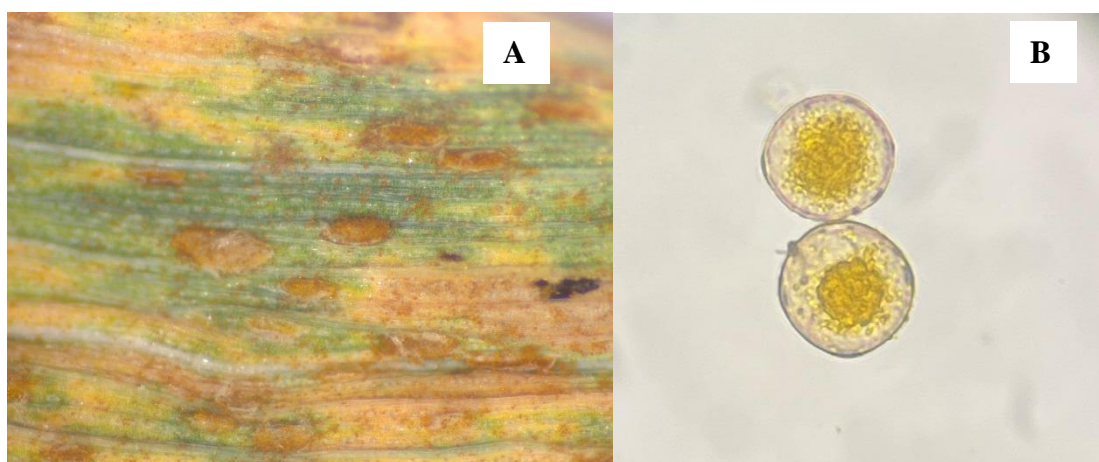


Figura 36. Ferrugem da folha (*Puccinia triticina*). Figura A: as pústulas na folha; e Figura B: os uredósporos (esporos) do patógeno. Ilustrações: Frederick Mendes Aguiar

3.1 Observações no campo para a cultivar Energix 203

Para as parcelas da cultivar Energix 203, com semeadura no dia 02 de junho de 2023, não houve notas elevadas de severidade, em relação à nenhuma doença. Para ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), a cultivar atingiu nota 1, conforme escala indicada na Figura 33, com 59 dias após a semeadura, estando no estágio de espigamento, com pequenas pústulas em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida) (Figura 37). Esta observação foi feita para as parcelas com os níveis 1, 3 e 4 de irrigação.

Tabela 35. Tabela com as notas para ferrugem da folha, em relação aos dias após a semeadura (DAS), para a cultivar Energix 203.

DAS	N1	N2	N3	N4	N5
21	0	0	0	0	0
59	1	0	1	1	0
67	1	1	1	1	0
73	1	1	1	1	0
77	1	2	1	1	0
80	1	2	1	1	0

Níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm).

Para o nível 2 de irrigação, a severidade da doença foi avaliada com nota 2, com pequenas pústulas, pouca clorose ou necrose, em plantas de toda a parcela (5% da área foliar atingida), com 80 dias após a semeadura, em estágio de maturação, sendo na semana da colheita. Para o nível 5 de irrigação, não houve incidência da doença (Tabela 35).



Figura 37. Ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), nota 1 de severidade da doença, com pequenas pústulas em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), para a cultivar Energix 203.

Alves et al. (2015), trabalhando com escala diagramática, para a ferrugem da folha do trigo, analisaram coletas de folhas da cultivar BRS 254, em campo experimental, naturalmente infestado, da Universidade Estadual de Viçosa, Viçosa-MG. A cultivar foi desenvolvida pela Embrapa Trigo, foi recomendada para o estado de Minas Gerais e apresenta suscetibilidade à ferrugem da folha do trigo. Os autores observaram que 28% das folhas avaliadas, apresentaram uma porcentagem de severidade entre 0,02% e 1,0%, e apenas 4% das folhas avaliadas, apresentaram severidade mais elevada para a *Puccinia triticina*, que é um fungo biotrófico, isto é, que não leva a folha a senescência.

Para a mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), notou-se a nota 1 de severidade para a cultivar Energix 203, aos 67 dias após a semeadura, para os níveis 1, 2 e 5 de irrigação. Esta nota da escala diagramática se manteve, até os 80 dias após a semeadura. Para o nível 3 de, ocorreu sintoma da doença com 80 dias após a semeadura, sendo na semana da colheita (Figura 38).

A incidência da doença foi detectada, com 80 dias após a semeadura, na semana da colheita, atingindo nota 1 de severidade, para o nível 3 de irrigação. Para o nível 4 de irrigação (reposição de 60% da ETC), não se observou incidência da doença (Tabela 36).



Figura 38. Mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), nota 1 de severidade da doença, com pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), para a cultivar Energix 203, para o nível 3 de irrigação.

Tabela 36. Tabela com as notas para mancha amarela, em relação aos dias após a semeadura (DAS).

DAS	N1	N2	N3	N4	N5
21	0	0	0	0	0
67	1	1	0	0	1
73	1	1	0	0	1
77	1	1	0	0	1
80	1	1	1	0	1

Níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm).

Oliveira et al. (2015), estudaram a associação entre a dose e a taxa de aplicação, e o efeito desta interação, na concentração de fungicida da calda de pulverização, para o controle da ferrugem da folha e da mancha amarela do trigo. Eles avaliaram, que o desenvolvimento epidêmico da ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) e da mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*) do trigo, é proveniente da agressividade ou da virulência de cada agente causal, do momento de surgimento dos primeiros esporos e sintomas, da diferença de reação de cada cultivar estudada ao patógeno, e das condições meteorológicas ocorridas durante a condução do experimento.

Para mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), a incidência foi relatada com 38 dias após a semeadura, na fase de alongamento, para os níveis de irrigação 1, 2 e 4. A severidade da

doença se estabeleceu com nota 1, até a semana da colheita, para os correspondentes níveis de irrigação. Para o nível 3 de irrigação, a incidência ocorreu com 80 dias após a semeadura, sendo na semana da colheita, quando também não atingiu grande severidade, ficando em nota 1 da escala para a doença, adaptada de Lamari e Bernier (1989), com pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida) (Tabela 37).

Tabela 37. Tabela com as notas para mancha marrom, em relação aos dias após a semeadura (DAS).

DAS	N1	N2	N3	N4	N5
21	0	0	0	0	0
38	1	1	0	1	0
45	1	1	0	1	0
52	1	1	0	1	0
59	1	1	0	1	1
67	1	1	0	1	1
73	1	1	0	1	1
77	1	1	0	1	1
80	1	1	1	1	1

Níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm).

Para o nível 5 de irrigação, a presença da doença mancha marrom foi identificada com 59 dias após a semeadura, na fase de espigamento, apresentando nota 1 da doença, com pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), mantendo-se assim, até os 80 dias após a semeadura (Figura 39).



Figura 39. Mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida) para a Energix 203, nível 2 de irrigação.

3.2 Observações no campo para a cultivar MGS Brilhante

Para a cultivar MGS Brilhante, a avaliação das doenças no campo, foi dividida em relação às parcelas experimentais, iniciadas na semeadura (02/06/2023), e às parcelas experimentais, com início referente a ressemeadura (29/06/2023). Os primeiros sintomas das doenças, foram visualizados com 31 dias após a semeadura, para a cultivar MGS Brilhante, estando as plantas no início do estágio de alongamento.

Como já citado neste capítulo, ao se constatar a impossibilidade de continuidade na condução de 13 parcelas experimentais, da cultivar MGS Brilhante, houve uma ressemeadura. Ao total seriam 20 parcelas avaliadas, mas apenas sete parcelas foram analisadas, a partir do dia 02 de junho de 2023, referente aos níveis de irrigação: nível 1 (3 parcelas), nível 3 (2 parcelas) e nível 4 (2 parcelas). Para as outras 13 parcelas, foram avaliadas apenas 11, a partir da data da nova semeadura, pois 2 parcelas, mesmo com o reforço, não tiveram êxito em seu estande.

3.2.1 Parcelas com início na semeadura (02/06/2023)

Para as parcelas da cultivar MGS Brilhante remanescentes, após a perda inicial de estandes, com semeadura no dia 02 de junho de 2023, houve alta severidade de ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), no final do ciclo da cultura (Figura 40).

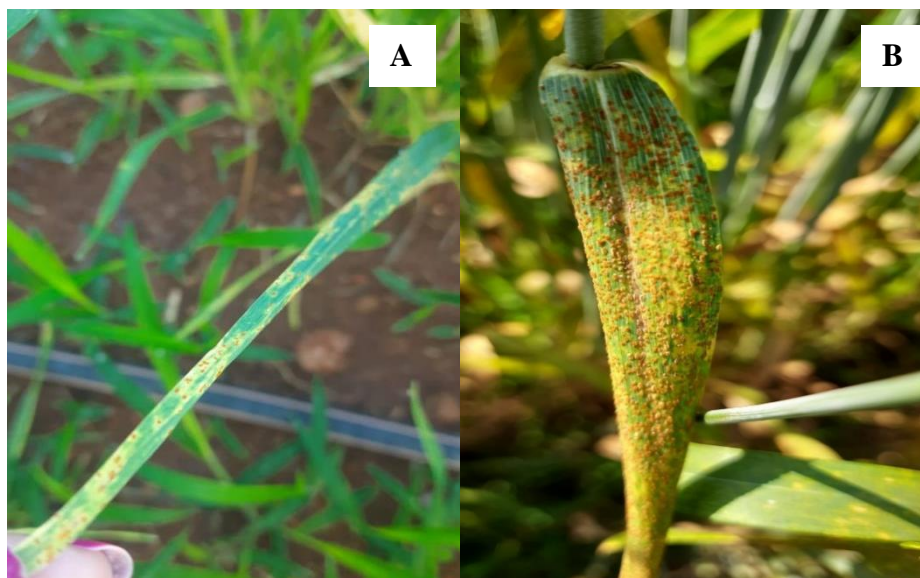


Figura 40. Ferrugem da folha (*Puccinia triticina*): Figura A: severidade no início do ciclo da cultura; Figura B: severidade no final do ciclo da cultura do trigo para a cultivar MGS Brilhante.

A variação de graus de severidade para a doença ferrugem da folha ao longo do ciclo, para os níveis 1, 3 e 4 de irrigação, é apresentada na Figura 41. Para o nível 1 de irrigação, a nota 1 de severidade de acometimento pela doença foi atingida com 45 dias após a semeadura, estando no estágio de alongamento, com pequenas pústulas em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida). Ainda para o nível 1 de irrigação, verificou-se evolução para a nota 5 de severidade da doença, com diversas manchas de clorose ou necrose coalescentes em plantas de toda a parcela (60% da área foliar atingida) com 87 dias após a semeadura, na fase de maturação, podendo ser efeito do microclima favorável a doença proporcionada, pelo alto nível de irrigação e o fechamento das plantas.

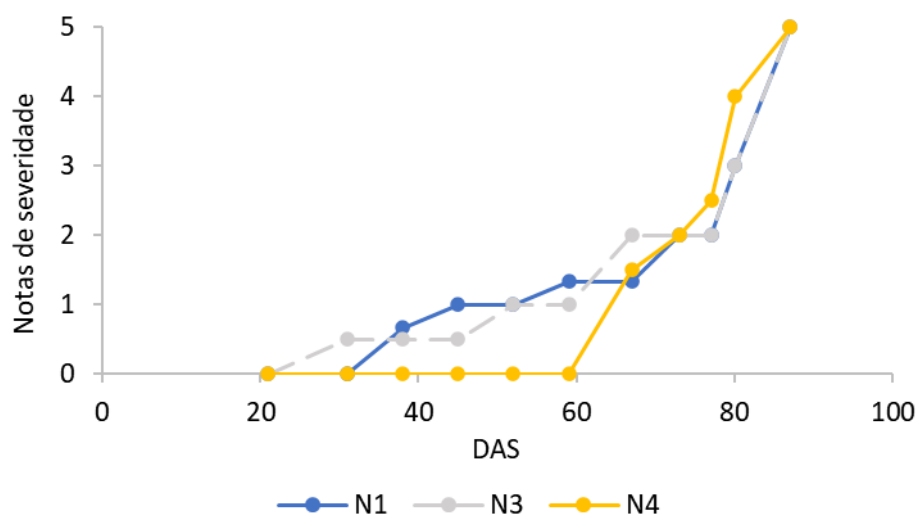


Figura 41. Evolução do índice de severidade médio, para a doença ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N3 = 270,4 mm; e N4 = 232,6 mm).

Assim como, para o nível 1 de irrigação, os níveis 3 e 4 também tiveram aumento significativo no final do ciclo da cultura, evidenciando-se a nota 5 de severidade da doença, indicando 60% da área foliar atingida, com 80 dias após a semeadura, na fase de maturação (Figura 41). Nas observações, portanto, não houve indicativo de efeito diferenciado de níveis de irrigação, sobre a incidência da doença ferrugem na folha. Para os níveis 2 e 5 de irrigação, não houve parcelas para a avaliação, a partir da semeadura em 02 de junho, devido às perdas relatadas anteriormente.

Para infecção pelo patógeno é necessário molhamento foliar contínuo, de cerca de três horas, com faixa de temperatura variando entre 10°C e 30°C, sendo a ótima em 25°C, e a esporulação do fungo, ocorre entre 7 e 10 dias após a germinação dos uredosporos, e a penetração (LAU et al., 2011). Assim, é possível que a irrigação por aspersão, realizada nos dias 28, 29, 31 e 49 após a semeadura, tenha favorecido o estabelecimento da doença. Foi utilizada a irrigação de pré-semeadura e na fase inicial do cultivo, para possibilitar condições adequadas para germinação e estabelecimento da cultura.

Sendo assim, o patógeno obteve todas as condições favoráveis para o seu desenvolvimento na cultura, em que a temperatura média diária do ar ficou entre 14,1°C a 23,6°C. Para a mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), a cultivar apresentou nota 1 de severidade, com 73 dias após a semeadura, na fase de maturação, para os níveis 1, 3 e 4 de irrigação. Aos 80 dias após a semeadura, a nota de severidade teve um aumento significativo, em que para o nível 1 de irrigação, a incidência da doença chegou a nota 3, com pequenas

manchas com evidentes anéis de clorose/necrose em plantas de toda a parcela (10% da área foliar atingida) (Figura 42).

Para o nível 3 de irrigação, a incidência da doença foi avaliada com a nota 2 de severidade, com pequenos pontos escuros, pouca clorose ou necrose em plantas de toda a parcela (5% da área foliar atingida), com 80 dias após a semeadura, na fase de maturação. Para o nível 4 de irrigação, o aumento da severidade foi notório ao longo do ciclo, sendo que em menos de três dias, a doença foi avaliada com nota 4 de severidade, observando-se manchas com evidentes anéis de clorose/necrose, algumas coalescendo, em plantas de toda a parcela (20% da área foliar atingida).



Figura 42. Mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), nota 3 de severidade, com pequenas manchas com evidentes anéis de clorose/necrose em plantas de toda a parcela (10% da área foliar atingida), cultivar MGS Brilhante, nível 1 de irrigação.

Na última avaliação realizada em campo, percebeu-se crescente severidade da doença. Na Figura 43, é apresentado um gráfico, onde se nota que a doença atingiu seu potencial máximo, no final do cultivo, indicando a suscetibilidade da cultivar à doença, assim como ocorreu com a ferrugem da folha. Para os níveis 2 e 5 de irrigação, não houve parcelas para análise.

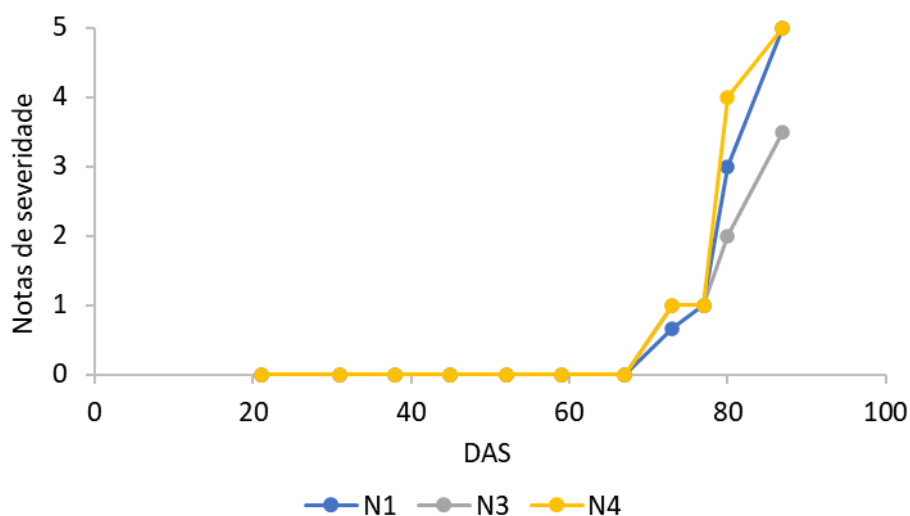


Figura 43. Evolução do índice de severidade médio, para a doença mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N3 = 270,4 mm; e N4 = 232,6 mm).

Para Oliveira et al. (2015), embora o desenvolvimento inicial da ferrugem da folha tenha ocorrido com 50 dias após a semeadura, na cultivar CD 104, utilizada no estudo, bem como o da mancha amarela, ocorrido com 46 dias após a semeadura, na cultivar BRS 208, notas elevadas de severidade, no final do ciclo da cultura, também foram registradas, ultrapassando a porcentagem da nota mais alta da escala diagramática, sendo 90% e 40%, respectivamente, para as duas cultivares. Os autores inferiram que este fato ocorreu pelo aumento no potencial de inóculo do patógeno, decorrente do aumento no número de lesões foliares.

Para mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), a incidência foi relatada com 30 dias após a semeadura, na fase de alongamento, para os níveis de irrigação 1 e 3. A severidade da doença se estabeleceu em nota 1, até o último dia de avaliação, para os correspondentes níveis de irrigação (Figura 44).



Figura 44. Mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), nota 1 de severidade, com pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), cultivar MGS Brilhante.

Para o nível 4 de irrigação, a incidência ocorreu até os 82 dias após a semeadura, onde também não atingiu grande severidade, ficando com nota 1 de severidade da doença, com pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), segundo a escala de severidade de sintomas de manchas foliares em trigo, adaptada de Lamari e Bernier (1989). Para o nível 2, não houve parcelas completas para análise, já para o nível 5 de irrigação, não houve parcelas disponíveis para o acompanhamento da doença (Figura 45).

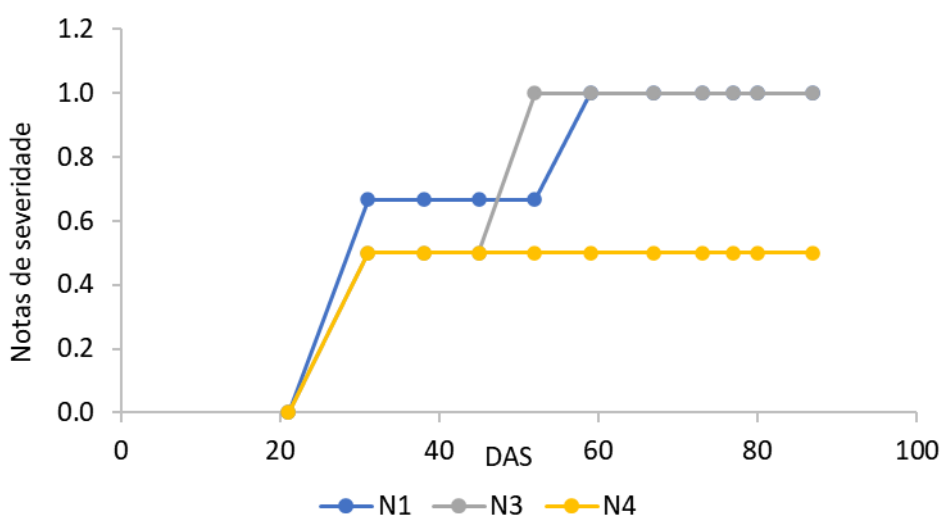


Figura 45. Evolução do índice de severidade médio, para a doença mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N3 = 270,4 mm; e N4 = 232,6 mm).

3.2.2 Parcelas com início no reforço da semeadura (29/06/2023)

Assim como, para as parcelas da cultivar MGS Brilhante, com semeadura realizada no início do mês de junho, para as parcelas com ressemeadura no dia 29 de junho de 2023, também se observou alta severidade de ferrugem da folha (Figura 46).

Para a data supracitada, 13 parcelas experimentais, da cultivar MGS Brilhante, foram avaliadas, onde duas parcelas dos níveis 2 e 3 de irrigação, não tiveram sucesso em seu estande, mesmo com a nova semeadura, e com o uso do sombrite. Diante disso, apenas 11 parcelas foram avaliadas, em relação à severidade das doenças.



Figura 46. Ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), com nota 5 de severidade, com diversas manchas de clorose ou necrose coalescentes em plantas de toda a parcela (60% da área foliar atingida), ao final do período de avaliação no campo (aproximadamente 60 dias após a semeadura).

Para todos os cinco níveis de irrigação, a maior severidade da doença se deu aos 60 dias após a semeadura, sendo o último dia de avaliação, quando as plantas estavam na fase de espigamento (Figura 47).

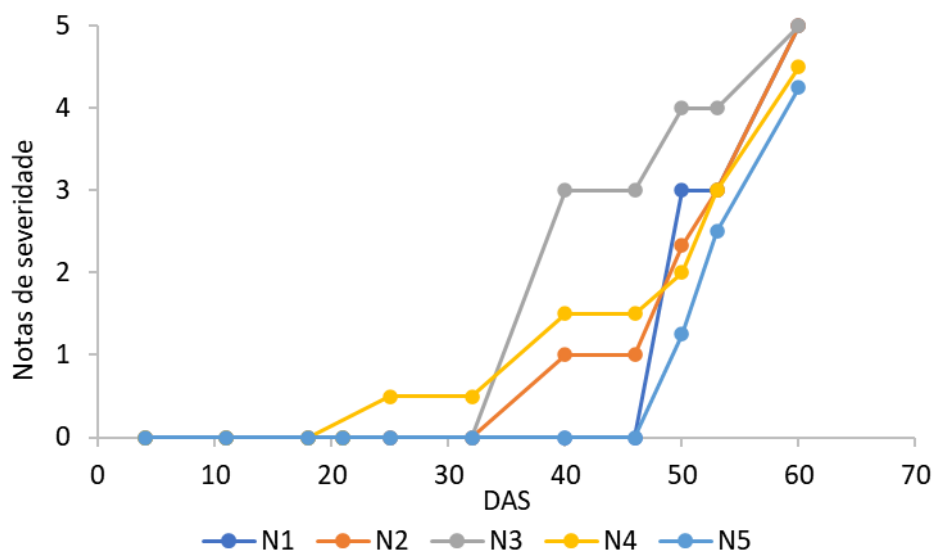


Figura 47. Evolução do índice de severidade médio, para a doença ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm), para unidades em que houve repetição de semeadura em 29/06/2023.

Burg (2018), avaliando o caso da ferrugem para a cultivar Quartzo, para os anos de 2016 e 2017, na área experimental, do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, constatou que quando não foram feitas aplicações de fungicida, houve uma alta severidade da doença, para os dois anos de estudo.

Para a mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), verificou-se nota 1 de severidade, para a cultivar MGS Brilhante, com 40 dias após a semeadura, somente para o nível 3 de irrigação. Para os outros 4 níveis de irrigação, a incidência da doença ocorreu com 46 dias após a semeadura (Figuras 48 e 49).



Figura 48. Mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), nota 4 de severidade, com manchas com evidentes anéis de clorose/necrose algumas coalescendo (20% da área foliar atingida) em plantas de toda a parcela.

A faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento da doença é entre 18°C e 28°C, sendo necessário ao menos 30 horas de molhamento foliar. A máxima germinação de esporos ocorre a 19°C. Entretanto, a germinação pode ocorrer em uma ampla faixa de temperatura, o que explica a ocorrência dessa doença em diversos países (TONIN et al., 2014).

Na figura 49 temos que para todos os níveis de irrigação, a maior severidade da doença foi detectada com 60 dias após a semeadura, atingindo nível cinco de severidade, com diversas manchas de clorose/necrose coalescentes (severidade correspondente a 60%).

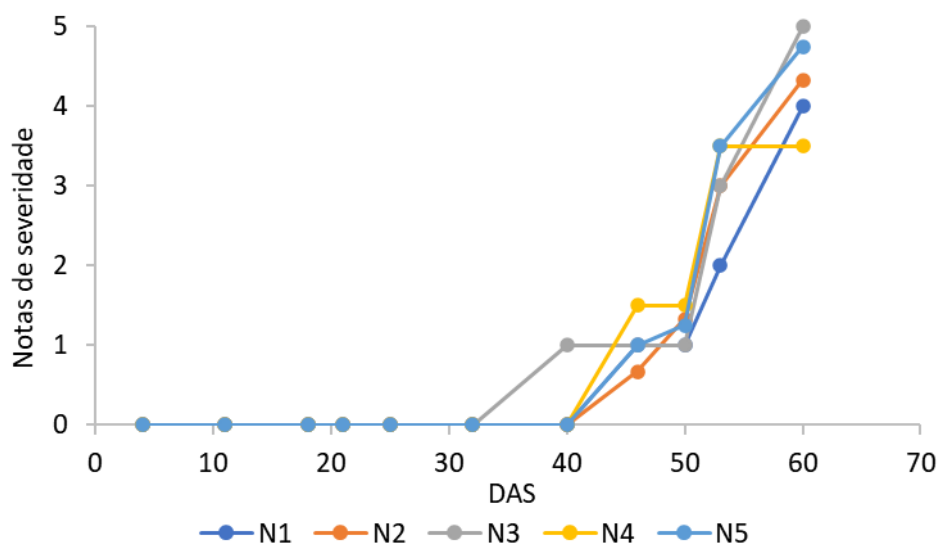


Figura 49. Evolução do índice de severidade médio para a doença mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*) na cultivar MGS Brilhante em relação aos dias após a semeadura (DAS) e níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm), para unidades em que houve repetição de semeadura em 29/06/2023.

De acordo com Tormen et al. (2013), os resultados obtidos em relação à severidade das manchas foliares, na cultura do trigo, se devem provavelmente às características inerentes às doenças, aos mecanismos de resistência que atuam no hospedeiro, e também, ao modo de ação dos fungicidas utilizados ou não. O progresso de uma doença pode ser explicado pelo aparecimento de novas lesões, ou pelo crescimento daquelas já existentes. Segundo os autores, essa condição está associada à habilidade das plantas de trigo, em suprimir ou retardar, em algum grau de intensidade, a atividade dos patógenos. A taxa de expansão da lesão é um componente importante, no processo epidêmico de manchas (MENEGON et al., 2005).

Para mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), a incidência foi relatada com 60 dias após a semeadura, na fase de alongamento, para o nível 1 de irrigação. A severidade da doença se estabeleceu em nota 1 (Figura 50).



Figura 50. Mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), nota 1 de severidade, com pequenos pontos escuros em plantas de toda a parcela (2% da área foliar atingida), para a cultivar MGS Brilhante.

A temperatura ideal para o desenvolvimento da doença é entre 20°C e 28°C, com período de molhamento foliar de pelo menos 15 horas (LAU et al., 2020). Na Figura 51 é apresentado um gráfico com a evolução da doença mancha marrom, ao longo do período de cultivo, e para os diferentes níveis de irrigação.

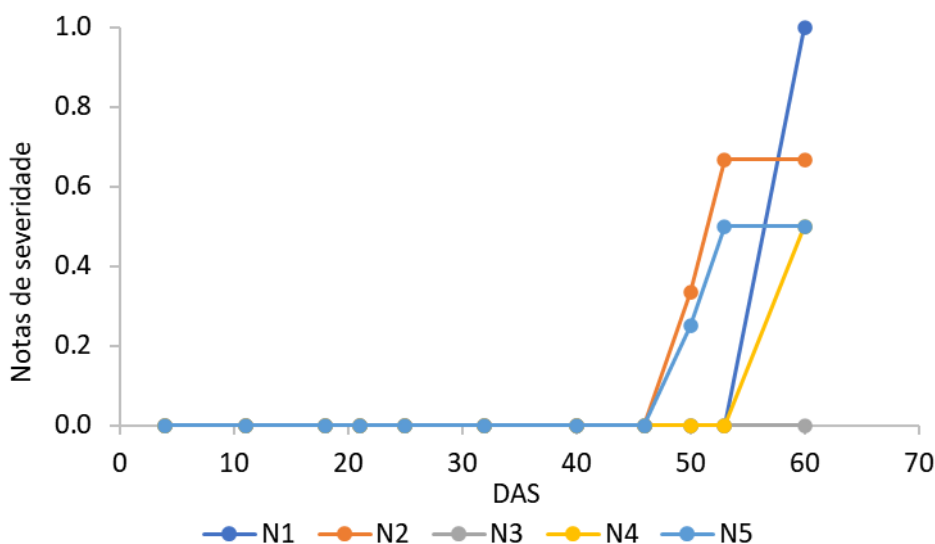


Figura 51. Evolução do índice de severidade médio, para a doença mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), na cultivar MGS Brilhante, em relação aos dias após a semeadura (DAS) e aos níveis de irrigação (N1 = 330,6 mm; N2 = 308,3 mm; N3 = 270,4 mm; N4 = 232,6 mm; e N5 = 198,8 mm), para unidades em que houve repetição de semeadura em 29/06/2023.

Burg (2018), realizou um experimento nos anos de 2016 e de 2017, onde avaliou-se a severidade das três doenças mencionadas neste trabalho, em que no ano de 2017 a severidade da mancha marrom foi menor, devido à ferrugem ter uma maior expressão de severidade, comparado com o ano de 2016. O autor ainda verificou, que mesmo com seis aplicações de fungicida, não houve diminuição da mancha amarela, para os dois anos.

Os danos à cultura podem ser mais severos em anos chuvosos, que são mais favoráveis ao desenvolvimento das doenças, e também, pela dificuldade de se efetuar o controle químico na lavoura. Em cultivares, com suscetibilidade à doenças, submetidas a condições climáticas favoráveis, ocorre evolução dos sintomas com expansão das lesões. Se não houver aplicação de fungicidas, novas lesões serão formadas, as quais coalescerão até a necrose total da folha, levando a reduções de produtividade da cultura. As estratégias de controle são: diversificação de culturas, uso de cultivares com resistência, tratamento de sementes, e aplicação de fungicidas na parte aérea (LAU et al., 2020).

Goulart (1998), avaliando o efeito residual de alguns fungicidas, no controle de doenças dos órgãos aéreos do trigo, indicou que as perdas causadas por doenças são, de maneira geral, significativas, justificando o uso de medidas apropriadas e econômicas de controle. O emprego de cultivares resistentes é uma das medidas mais economicamente viáveis e eficazes. Assim, o autor chegou a conclusão que o uso de fungicidas constitui uma ferramenta importante para estabilizar a produtividade do cereal. Entretanto, torna-se necessária a adoção de outras medidas para diminuir as possibilidades de ataque de doenças.

Uma das características desejáveis que um fungicida eficiente deve ter é a persistência (resistência à ação das intempéries). Quanto mais persistente for um fungicida, maior será o seu período residual, possibilitando o controle das enfermidades em um maior intervalo de tempo, propiciando ao agricultor maior flexibilidade na proteção de sua lavoura. O bom fungicida não deve ser lavado facilmente pela água. A ação da água da chuva, provavelmente, é o principal problema para a persistência da maioria dos fungicidas. Esta característica é a mais importante para os fungicidas protetores, que devem persistir por longo período na superfície tratada, sem serem removidos ou decompostos, a fim de prevenir infecções por agentes fitopatogênicos (GOULART, 1998).

Diversos fatores podem causar variações na qualidade da silagem, tais como a cultivar utilizada, o estágio de maturação na colheita, os aspectos relativos ao solo e ao clima, assim como, a ocorrência de pragas e de doenças. Cabe ressaltar, que existem muitos efeitos destes fatores sobre a qualidade da forragem produzida.

As características mais desejáveis, em uma cultura para ensilagem, correspondem à elevada produção de matéria seca, à altas concentrações de proteína bruta, e, à alta digestibilidade e à baixa concentração de fibra (matéria seca) na colheita, para favorecer a fermentação. As doenças foliares afetam, significativamente, a produtividade e a qualidade da matéria seca para silagem, pois podem provocar a secagem das folhas, levando a planta à morte prematura. A silagem produzida a partir de folhas, de colmos e de espigas doentes tem a sua qualidade reduzida, havendo a possibilidade de apresentarem níveis críticos de micotoxinas.

O monitoramento da cultura do trigo é de grande importância para um diagnóstico rápido e preciso das doenças que ocorrem na cultura. A escala diagramática é uma ferramenta para realizar esse monitoramento das doenças na lavoura. Essas doenças são causadas principalmente por fungos e por bactérias.

Algumas doenças, como a mancha amarela, a mancha marrom e a ferrugem da folha, podem reduzir a produtividade quando se desenvolvem precocemente na lavoura, e as condições climáticas favorecem o desenvolvimento dessas doenças. A identificação precisa da doença e a consciência do potencial de perdas são essenciais para o sucesso da colheita. As plantas precisam de tecido verde para garantir a produtividade, mas como os fungos causam lesões nas folhas, tendem a comprometer a área de fotossíntese, limitando o potencial de crescimento e de desenvolvimento da planta.

A melhor alternativa para minimizar os problemas com doenças começa na escolha da cultivar, sendo preciso escolher cultivares com o maior conjunto de resistência à diferentes doenças. É relevante verificar a previsão climática, para antecipar o risco de determinadas doenças no ano do cultivo, assim como, realizar aplicações de defensivos, como os fungicidas, para o melhor controle das doenças durante o manejo do trigo.

4. CONCLUSÃO

Os primeiros sintomas das doenças foram visualizados com 31 dias após a semeadura, estando as plantas no início do estágio de alongamento. No ensaio realizado, verificou-se uma grande variabilidade de ocorrência de sintomas em decorrência, principalmente, da suscetibilidade das cultivares em relação às doenças. A cultivar que demonstrou maior propensão às doenças, relatadas neste trabalho, foi a MGS Brilhante, com altas notas de severidade principalmente, para a mancha amarela e a ferrugem da folha.

A cultivar Energix 203, obteve melhor desempenho, em relação à sua sanidade, sendo avaliada com notas baixas de severidade das doenças, mesmo estando no mesmo ambiente, e com as mesmas condições ambientais impostas pelo experimento. Para a mancha marrom, a incidência foi relatada com 38 dias após a semeadura, para os níveis de irrigação 1, 2 e 4, demonstrando que no local já havia uma boa fonte de inoculo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, G. C. S.; SANTOS, L. C.; DUARTE, H. S. S.; DIAS, V.; ZAMBOLIM, L.; ROCHA, M. R.. Escala diagramática para quantificação da ferrugem da folha do trigo. **Multi-Science Journal**. Goiânia, GO, p. 128-133. mar. 2015.

BIOTRIGO Nutrição Animal. Disponível em: <https://biotrigo.com.br/nutricao-animal/energix-203/>. Acesso em: 22 mar. 2023.

BURG, G. M.. *Azospirillum Brasilense*, Biopolímero e Fungicida na redução das Manchas Amarela, Marrom e Ferrugem na Cultura do Trigo. 2018. 78 f. Dissertação (Doutorado) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

CHAVES, B. A.. Especialização fisiológica de *Puccinia triticina* no Brasil em 2002. **Fitopatologia Brasileira**, 31 (1): 57-62, 2006.

CORREA, D.; NAKAI, E. H.; JUNIOR, J. M.; JUNIOR, A. C. C.. Eficiência de fungicidas no controle de doenças foliares do trigo no Paraná. **Acta Iguazu**, Cascavel, PR, v.2, n.1, p.20-23, 2013.

EPAMIG. **Cultivo de trigo para silagem**. 352. ed. Belo Horizonte, MG, 2021. 8 p.

FERNANDES, J. M. C.; PICININI, E. C.. **Controlando as doenças de trigo na hora certa**. Passo Fundo, PR: Embrapa Trigo, dez. 1999. (Embrapa Trigo. Comunicado Online, 22). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co22.htm. Acesso em: 10 ago. 2023.

FRONZA, V.; CÁNOVAS, A. D.; BRAZ, A. J. B. P.; SOUSA, C. N. A.; YAMANAKA, C. H.; CORTE, H. R.; SOBRINHO, J. S.; VANDERLEI, J. C.; ANDRADE, J. M. V.; PAES, J. M. V.; ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. S.; TRINDADE, M. G.; SOUZA, M. A.; JÚNIOR, W. Q. R.. **MGS - 3 Brillhante Cultivar de trigo de sequeiro para Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal**. Uberaba, MG: Epamig, 2005.

GOULART, A. C. P.. **Avaliação do efeito residual de alguns fungicidas no controle de doenças dos órgãos aéreos do trigo**. Dourados, MS: Embrapa, 1998.

KREMNEVA, O. Y.; MIRONENKO, N. V.; VOLKOVA, G. V.; BARANOVA, O. A.; KIM, Y. S.; KOVALENKO, N. M.. Resistance of winter wheat varieties to tan spot in the North Caucasus region of Russia, **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 3, March 2020. DOI 10.1016/j.sjbs.2020.12.021.

LAU, D.; SANTANA, F. M.; MACIEL, J. L. N.; FERNANDES, J. M. C.; COSTAMILAN, L. M.; CHAVES, M. S.; LIMA, M. I. P. M.. **Doenças de trigo no Brasil**. In: Pires, J. L. F.; Vargas, L.; Cunha, G. R. da. Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo, PR: Embrapa Trigo, 2011. 488 p.

LAU, D.; SBALCHEIRO, C. C.; MARTINS, F. C.; SANTANA, F.; MACIEL, J. L. N.; FERNANDES, J. M. C.; COSTAMILAN, L. M.; LIMA, M. I. P. M.; KUHNEM, P.; CASA, R. T.. **Principais doenças do trigo no sul do Brasil: diagnóstico e manejo**. Passo Fundo, PR:

Embrapa Trigo, 2020. 44 p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico, 375. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/221150/1/ComTec-375-Online-2021.pdf>. Acesso em: 05 set. 2023.

MACIEL, J. L. N.; SBALCHEIRO, C. C.; LAU, D.; SANTANA, F. M.; COSTAMILAN, L. M.; LIMA, M. I. P. M.. Doenças da cultura do trigo no Brasil. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, PR, v. 174, p. 10-17, 2020.

MENEGON, A. P.; FORCELINI, C. A. & FERNANDES, J. M. C.. Expansão de lesão por manchas foliares em cevada e sua interação com a aplicação foliar de fungicidas. **Fitopatologia Brasileira** 30:134-138. 2005.

OLIVEIRA, G. M.; PEREIRA, D. D.; CAMARGO, L. C. M.; BALAN, M. G.; CANTERI, M. G.; IGARASHI, S.; SAAB, O. J. G. A.. Dose e taxa de aplicação de fungicida no controle da ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) e da mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*) do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 17, 26 fev. 2015. Universidade Estadual de Londrina, PR. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p17>.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; HOFFMANN, L. L.. Efeito do oídio, causado por *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*, sobre o rendimento de grãos de trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p. 492-495, 1997.

ROELFS, A. P.. Epidemiology in North America, In: Roelfs AP, Bushnell WR (Eds.). **The cereal rusts, Volume II, Diseases, distribution epidemiology and control**. Imprensa Acadêmica: Orlando, p. 403-434, 1985.

TONIN, R.B.; RANZI, C.; CAMERA, J.N.; FORCELINI, C.A.; REIS, E.M.. Amplitude térmica para germinação de conídios de *Drechslera tritici-repentis*. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.2, p.174-177, 2014.

TORMEN, N. R.; LENZI, G.; MINUZZI, S. G.; UEBEL, J. D.; CEZAR, H. S.; BALARDIN, R. S.. Reação de cultivares de trigo à ferrugem da folha e mancha amarela e responsividade a fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 43, n. 2, p. 239-246, fev. 2013.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F.. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, Oxford, v. 14, 1974.