



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



MICHELY DA SILVA ALVES

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE CULTIVARES DE TRIGO EM RESPOSTA A
ÉPOCAS DE SEMEADURA E MANEJO DO SOLO EM REGIÃO DE CLIMA
TROPICAL DE ALTITUDE**

Botucatu

2019

MICHELY DA SILVA ALVES

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE CULTIVARES DE TRIGO EM
RESPOSTA A ÉPOCAS DE SEMEADURA E MANEJO DO SOLO EM
REGIÃO DE CLIMA TROPICAL DE ALTITUDE**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp
Câmpus de Botucatu, para obtenção
do título de Doutor em Agronomia
(Agricultura).

Orientador: Professor Doutor Juliano
Carlos Calonego

Coorientador: Doutor José Salvador
Simoneti Foloni

Botucatu

2019

A474p Alves, Michely da Silva
Produtividade e qualidade de cultivares de trigo em resposta a
épocas de semeadura e manejo do solo em região de clima tropical de
altitude / Michely da Silva Alves. -- Botucatu, 2019
100 p. : tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Juliano Carlos Calonego
Coorientador: José Salvador Simoneti Foloni

1. Triticum aestivum. 2. Déficit hídrico. 3. Trigo de sequeiro. 4.
Épocas de semeadura. 5. Manejo do solo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

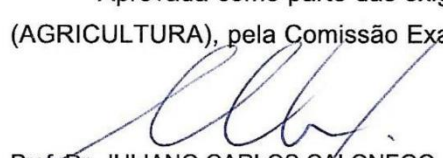
Título:

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE CULTIVARES DE TRIGO EM RESPOSTA A ÉPOCAS DE
SEMEADURA E MANEJO DO SOLO EM REGIÃO DE CLIMA TROPICAL DE ALTITUDE

AUTORA: MICHELY DA SILVA ALVES

ORIENTADOR: JULIANO CARLOS CALONEGO

COORDENADOR: JOSE SALVADOR SIMONETI FOLONI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA
(AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:
Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO

Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA

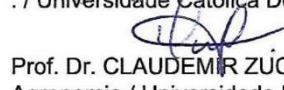
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Dr.ª MAGALI LEONEL

Centro de Raízes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista - UNESP


Prof. Dr. JAYME FERRARY NETO

/ Universidade Católica Dom Bosco


Prof. Dr. CLAUDEMIR ZUCARELI

Agronomia / Universidade Estadual de Londrina

Botucatu, 09 de dezembro de 2019.

DEDICO,

Aos meus pais,

Maria Batista e Napoleão Batista, que sempre me motivaram a estudar mostrando que sem esforço não se consegue chegar a lugar algum e sempre fizeram o impossível para que eu tivesse acesso ao conhecimento.

Obrigada por acreditarem em mim sempre, obrigada por sonharem meus sonhos, obrigada pelo amor, carinho e principalmente pela compreensão, durante todos esses anos da minha vida. Vocês são o que me mantém sempre forte.

A minha irmã,

Kalinne Alves, pelo carinho, amor e palavras de fortalecimento quando precisei.

OFEREÇO,

*A minha madrinha **Dinalva Gouveia**, pelo incentivo, carinho e por sempre estar presente em minha vida quando preciso, sem a senhora essa conquista não teria se tornado possível. Muito obrigada.*

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 possa vir a ter ou ser.

Aos meus pais que são meu alicerce, e minha força nos momentos mais difíceis.

A minha irmã a qual tenho o maior amor do mundo, que sempre me motiva com palavras e torce pelo meu melhor.

Aos meus avós maternos Fideralina Batista da Silva (*in memória*) que infelizmente não está mais presente para ver essa conquista que tanto sonhou e Damião Ferreira da Silva, e aos avós paternos Severina da Cruz Gouveia Alves e José Batista Alves (*in memória*), pelo carinho e atenção dado em vida.

Ao Prof. Dr. Juliano Carlos Calonego, pela paciência, compreensão, apoio, motivação, confiança e amizade, fatores os quais contribuíram imensamente para meu crescimento não só profissional mais também pessoal.

Ao professor Dr. José Salvador Simonetti Foloni, pela co-orientação.

À COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES) pela bolsa concedida durante o decorrer do curso.

A UNESP– FCA pelo ensinamento. A Fazenda Escola e seus funcionários por tornar isso possível.

A minha segunda mãe Guiomar Alves, que sempre torceu para que esse dia chegasse.

Aos meus padrinhos Antônio Fernandes e Dinalva Gouveia, pela torcida positiva sempre.

Ao professor Marcelo Silva, pela disponibilidade em emprestar os aparelhos Irga e SPAD para as avaliações fisiológicas.

A sementeira Lagoa Bonita por ter disponibilizado as sementes das cultivares de trigo nos dois anos de experimento.

Aos amigos Fernanda Bortolheiro, Marcela Brunelli, Gustavo Ferreira, Erilene Romeiro, Lydia Mota, Hugo Mota, Natália Assunção, Igor Vilela e Juslei Figueiredo e Lidiane Colombari pelas conversas, amizade, risadas e ajuda durante a condução do experimento.

Aos amigos distantes, mas que nos momentos que precisei se fizeram sempre presente: Douglas Bassegio, Marcos Sarto, Jaqueline Sarto, Jéssyca Dellinhares, Laís Melo, Rita Souza, Juliana Moura, Kassiano Rocha e Débora Tuane pela amizade e conselhos os quais levarei comigo onde eu estiver.

Em especial agradeço aos amigos Lydia Mota, Hugo Mota, Alice Mota (minha princesa), Magali Teresópolis, Elizabete Pinto, Nágilla Orleanne, Fernanda Bortolheiro, Letícia Flare e Yara Chahla, amigos os quais me fizeram se sentir em família podendo compartilhar bons momentos de convivência diária, obrigada meus amigos pela paciência, carinho e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Setor Agricultura, Eliane, Valéria, Casimiro, Cirinho e Camargo pela excelente convivência, alegrias, auxílio e amizade.

À responsável pelo Laboratório de Relação Solo-Planta Iara Brito, pela amizade e ensinamentos transmitidos.

A toda minha família que de modo geral sempre estão na torcida pelo meu melhor.

A todos que de uma forma ou de outra tiveram alguma participação.

RESUMO

O trigo é uma cultura de extrema importância para alimentação humana, no entanto, o Brasil não é autossuficiente na produção desse cereal, mas com grande potencial para o crescimento da produção, principalmente como trigo de sequeiro no Cerrado, em sucessão à soja. As condições de outono-inverno seco e temperaturas elevadas do Cerrado podem ser prejudiciais à cultura, porém, a antecipação da semeadura em regiões de clima tropical de altitude pode permitir uma condição de umidade do solo maior, com temperaturas amenas típicas desses locais. O manejo do solo também pode ser um fator decisivo no desempenho de cultivares de trigo em condições de sequeiro semeados em época normalmente de baixa precipitação. Deste modo o objetivo do trabalho foi avaliar a produção e qualidade de grãos de cultivares de trigo em função de épocas de semeadura e do preparo do solo, em condições de sequeiro. Foram realizados dois experimentos na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), nos anos agrícolas 2017/2018 e 2018/2019. No experimento referente às épocas de semeadura, foram cultivadas quatro cultivares de trigo (CD 108, TBio Sintonia, TBio Sossego e TBio Toruk), em três épocas (meses de março, abril e maio). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Para o experimento referente ao preparo do solo foram avaliadas quatro cultivares de trigo (CD 108, TBio Sintonia, TBio Sossego e TBio Toruk) em dois manejos de solo distintos (sistema plantio direto e preparo mínimo). Na cultura do trigo nos dois experimentos foram avaliadas a produtividade, componentes de produção, diagnose foliar, atividade fotossintética, conteúdo de clorofila, além de parâmetros relacionados à qualidade de grãos. A antecipação da semeadura de trigo para os meses de março e abril, em condições de sequeiro e de clima tropical de altitude, proporciona maior produtividade de grãos. Em abril obteve-se grãos com maior peso hectolitro e melhor qualidade (com mais amido). Porém, mais estudos se fazem necessários já que no ano de 2017 a distribuição de chuvas nos meses de março e abril foram atípicas e acima do normal. Para a região onde o experimento foi instalado as cultivares que apresentaram maior produtividade foram a TBio Sintonia e a TBio Sossego, semeadas em março. Independente do manejo do solo, para regiões de clima tropical de altitude e com inverno seco, as cultivares com melhor

desempenho foram a CD 108 e TBio Sossego, que se sobressaíram em relação às demais mesmo em déficit hídrico severo. A descompactação mecânica do solo com escarificador não aumentou a produtividade do trigo, sendo uma prática desnecessária nas condições em que o experimento foi realizado.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.. Preparo do solo. Épocas de semeadura. Agricultura de sequeiro.

ABSTRACT

Wheat is an extremely important crop for human consumption, however, Brazil is not self-sufficient in this cereal production, but with great potential for production growth, mainly as rainfed wheat in the Cerrado, in succession to soybeans. The conditions of dry autumn-winter and high temperatures in the Cerrado can be harmful to the crop, however, the anticipation of sowing in regions of high altitude tropical climate may allow a higher soil moisture condition, with mild temperatures typical of these places. Soil management can also be a decisive factor in the performance of wheat cultivars under rainfed conditions sown in times of low rainfall. In this way, the objective of this work was to evaluate the production and quality of grains of wheat cultivars according to sowing times and soil preparation, under rainfed conditions. Two experiments were carried out at the Fazenda Experimental Lageado, belonging to the Faculty of Agronomic Sciences - UNESP, located in Botucatu, SP, Brazil, in the agricultural years of 2017/2018 and 2018/2019. In the experiment related to sowing times, four wheat cultivars (CD 108, TBio Sintonia, TBio Sossego and TBio Toruk) were grown in three seasons (March, April and May). The experimental design was in randomized blocks, in a split plot scheme, with four replications. For the soil preparation experiment, four wheat cultivars (CD 108, TBio Sintonia, TBio Sossego and TBio Toruk) were evaluated in two different soil managements (no-tillage system and minimum tillage). In the wheat culture in both experiments, productivity, production components, leaf diagnosis, photosynthetic activity, chlorophyll content, and parameters related to grain quality were evaluated. The anticipation of wheat sowing for the months of March and April, under rain-fed conditions and tropical altitude climate, provides greater grain productivity. In April, grains with higher hectoliter weight and better quality (with more starch) were obtained. However, more studies are necessary since in 2017 the distribution of rain in the months of March and April was atypical and above normal. For the region where the experiment was installed, the cultivars that showed the highest productivity were TBio Sintonia and TBio Sossego, sown in March. Regardless of soil management, for regions with tropical altitude and dry winter regions, the cultivars with the best performance were CD 108 and TBio Sossego, which stood out in relation to the others even in severe water deficit. The mechanical unpacking of the soil with a chisel did not increase the

productivity of the wheat, being an unnecessary practice under the conditions in which the experiment was carried out.

Key-words: *Triticum aestivum* L.. Tillage. Sowing dates. Rainfed.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

Figura 1 - Precipitação pluviométrica e temperatura média diária entre março e setembro de 2017	34
---	----

Capítulo 2

Figura 1 - Precipitação pluviométrica e temperatura média entre maio e setembro de 2017	75
---	----

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 - Propriedades químicas ⁽¹⁾ do solo por ocasião da instalação do experimento em 2017.....	33
Tabela 2 - Descrição das cultivares de trigo avaliadas no experimento.....	36
Tabela 3 - Volume acumulado de chuva durante as fases de desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e de enchimento de grãos dos cultivares de trigo em função das épocas de semeadura no ano de 2017/2018	36
Tabela 4 - Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas bandeira de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura	41
Tabela 5 - Desdobramento da interação teores dos macronutrientes (g kg ⁻¹) para teores de P, K, Ca, Mg e S nas folhas bandeira de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura.....	44
Tabela 6 - Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD) em diferentes épocas de semeadura	45
Tabela 7 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para índice de clorofila (SPAD) na folha bandeira de plantas de trigo ...	47
Tabela 8 - Taxa de assimilação de CO ₂ (A) nas folhas de bandeira de cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura	48
Tabela 9 - Altura de plantas, altura de espiga, diâmetro de colmo e área foliar (IAF) de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura	49
Tabela 10 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para altura de plantas, diâmetro de colmo e área foliar (AF).....	51
Tabela 11 - Grãos por espiga, fertilidade de espiga, peso de mil grãos, produtividade de grãos e peso do hectolitro de cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura	53
Tabela 12 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para grãos por espiga, fertilidade de espiga e peso hectolitro	55
Tabela 13 - Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura	56
Tabela 14 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para nitrogênio nos grãos.....	57

Tabela 15 - Amido, pH, proteína total, acidez, cinzas e fibras em duas cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura.....	58
Tabela 16- Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para acidez e proteína total.....	59
Tabela 17 - Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S em folhas bandeira de cultivares de trigo. Botucatu 2019.....	60
Tabela 18 - Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD).....	61
Tabela 19 - Taxa de assimilação de CO ₂ (A) nas folhas de bandeira de cultivares de trigo.....	62
Tabela 20 - Altura de plantas, altura de espiga, diâmetro de colmo e área foliar (AF) em cultivares de trigo.....	63
Tabela 21 - Grãos por espiga, números de espigas, fertilidade de espiga, peso de mil grãos, produtividade de grãos e peso hectolitro em cultivares de trigo	64

Capítulo 2

Tabela 1 - Propriedades químicas do solo.....	74
Tabela 2 - Teores dos macronutrientes (g kg ⁻¹) N, P, K, Ca, Mg e S na folha bandeira de cultivares de trigo e manejos de solo.....	82
Tabela 3 - Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD) em manejos de solo.....	83
Tabela 4 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e manejos de solo para índice de clorofila (SPAD) na folha bandeira de plantas de trigo.....	84
Tabela 5 - Taxa de assimilação de CO ₂ (A) nas folhas bandeira de cultivares de trigo e manejos de solo.....	85
Tabela 6 - Altura de plantas, altura de espiga, diâmetro e área foliar (AF) de cultivares de trigo e manejos de solo.....	86
Tabela 7 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e manejos de solo para índice de área foliar (IAF)	87
Tabela 8 - Grãos por espiga, números de espigas, fertilidade de espiga, peso de mil grãos, produtividade de grãos e peso hectolitro de cultivares de trigo e manejos de solo	88
Tabela 9 - Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de cultivares de trigo e manejos de solo.....	89

Tabela 10 - Teores de amido, pH, proteína total, acidez, cinzas, matéria graxa e fibras em cultivares de trigo e manejos de solo.....	91
---	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	25
CAPÍTULO 1 - ANTECIPAÇÃO DA SEMEADURA DE CULTIVARES DE TRIGO DE SEQUEIRO EM REGIÃO DE CLIMA TROPICAL DE ALTITUDE	29
1.1 Introdução	30
1.2 Material e métodos	32
1.2.1 Caracterização e localização do experimento	32
1.2.2 Tratamentos e delineamento experimental	35
1.2.3 Variáveis analisadas.....	37
1.2.3.1 Diagnose foliar do trigo.....	37
1.2.3.2 Taxa de assimilação de CO ₂ na folha bandeira de plantas de trigo	37
1.2.3.3 Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo.....	37
1.2.3.4 Área foliar (AF)	37
1.2.3.5 Altura de plantas, comprimento de espigas e diâmetro de colmo	37
1.2.3.6 Número de grãos por espiga e fertilidade da espiga	38
1.2.3.7 Massa de 1000 grãos	38
1.2.3.8 Produtividade de grãos.....	38
1.2.3.10 Caracterização físico-química dos grãos.....	39
1.2.3.10.1 Cinzas	39
1.2.3.10.2 Amido	39
1.2.3.10.3 pH e Acidez titulável	40
1.2.3.10.4 Fibras	40
1.2.4 Análise estatística.....	41
1.3 Resultados e Discussão	41
1.3.1 Safra 2017	41
1.3.1.2 Avaliações Fisiológicas em cultivares de trigo	45
1.3.1.2.1 Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD)	45

1.3.1.2.2	Taxa de assimilação de CO ₂ (A) nas folhas bandeira de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura.....	47
1.3.1.3.1	Altura de plantas, comprimento de espigas, diâmetro de caule e área foliar (AF).....	48
1.3.1.3.2	Grãos por espigas, fertilidade de espiga, peso de mil grãos peso hectolítrico e produtividade de grãos	51
1.3.1.4	Avaliações Qualitativas	55
1.3.1.4.1	Teores de macronutrientes em grãos de cultivares de trigo	55
1.3.1.4.2	Avaliação de Amido, pH, proteína total, acidez, cinzas e fibras.....	57
1.3.2	Safra 2018	59
1.3.2.1	Teores de macronutrientes nas folhas de trigo	59
1.3.2.1.1	Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S em folhas bandeira de cultivares de trigo.....	59
1.3.2.2	Avaliações Fisiológicas	60
1.3.2.2.1	Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo	60
1.3.2.2.2	Taxa de assimilação de CO ₂ na folha bandeira de plantas de trigo.....	61
1.3.2.3	Avaliações fitotécnicas.....	62
1.3.2.3.1	Altura de planta, altura de espiga, diâmetro de colmo e AF (Área foliar), em cultivares de trigo.....	62
1.3.2.3.2	Grãos por espiga, fertilidade de espiga, peso de mil grãos, produtividade de grãos e peso hectolitro.....	63
1.4	Conclusões	64
	REFERÊNCIAS	65
	CAPITULO 2 - DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO COM A ESCARIFICAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO DE LONGA DURAÇÃO	71
2.1	Introdução	72
2.2	Material e métodos	74

2.2.1	Caracterização e localização do experimento	74
2.2.2	Histórico da área, tratamentos e delineamento experimental.....	75
2.2.3	Variáveis Analisadas	77
2.2.3.1	Diagnose foliar do trigo.....	77
2.2.3.2	Taxa de assimilação de CO ₂ na folha bandeira de plantas de trigo	77
2.2.3.3	Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo.....	77
2.2.3.4	Área foliar (AF)	77
2.2.3.5	Altura de plantas, comprimento de espigas e diâmetro de colmo	77
2.2.3.6	Número de grãos por espiga e fertilidade da espiga	78
2.2.3.7	Massa de 1000 grãos	78
2.2.3.8	Produtividade de grãos.....	78
2.2.3.10	Caracterização físico-química dos grãos.....	79
2.2.3.10.1	Cinzas	79
2.2.3.10.2	Amido	79
2.2.3.10.3	pH e Acidez titulável	80
2.2.3.10.4	Fibras	80
2.2.4	Análise estatística.....	81
2.3	Resultados e Discussão	81
2.3.1	Teores de macronutrientes nas folhas bandeiras de cultivares de trigo e manejos de solo	81
2.3.2	Avaliações Fisiológicas em cultivares de trigo	82
2.3.2.1	Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD)	82
2.3.2.2	Taxa de assimilação de CO ₂ (A) na folha bandeira de plantas de trigo ...	84
2.3.3	Avaliações Fitotécnicas	85
2.3.3.1	Altura de plantas, comprimento de espigas, diâmetro de caule e índice de área foliar (IAF)	85
2.3.3.2	Grãos por espigas, fertilidade de espiga, peso de mil grãos peso hectolítrico e produtividade de grãos.....	87

2.3.4	Avaliações Qualitativas	88
2.3.4.1	Teores de macronutrientes em grãos de cultivares de trigo	89
2.3.4.2	Avaliação de Amido, pH, proteína total, acidez, cinzas e fibras.....	89
2.4	Conclusão	91
REFERÊNCIAS		92
CONSIDERAÇÕES FINAIS		97
REFERÊNCIAS		99

INTRODUÇÃO GERAL

O trigo (*Triticum aestivum* L.), pertencente ao gênero *Triticum* e à família Poaceae, está presente há cerca de 10 mil anos na história da humanidade (ABITRIGO, 2019). É originário do Oriente Médio, ocupada atualmente pelos países de Israel, Líbano, Kuwait, Síria e Iraque. Embora não se saiba exatamente quando o trigo passou a fazer parte da alimentação humana, estudos permitiram identificar trigos com, aproximadamente, 6.700 anos a.C (CIVIERO, 2010).

A cultura do trigo está entre as plantas mais cultivadas no mundo e existem cerca de 30 tipos de trigo, geneticamente diferentes, onde metade é cultivado e o restante cresce de forma silvestre (ABITRIGO, 2018). Dentre os cereais considerados mais importantes para a alimentação humana estão o trigo, o arroz, o milho, o centeio, a cevada, a aveia e o tritcale (MANDARINO, 1994).

As primeiras plantas de trigo chegaram às terras brasileiras em 1534, trazido por Martim Afonso de Souza, que desembarcou na capitania de São Vicente. O clima quente da região dificultou a expansão da cultura. Colonizadores registravam em cartas a falta do trigo e reclamavam dos pães preparados com farinha de mandioca. Na segunda metade do século XVIII a cultura do trigo começou a se desenvolver no Rio Grande do Sul, porém, no começo do século XIX a ferrugem dizimou os trigais (ABITRIGO, 2019).

De acordo com a FAO, a produtividade mundial de trigo varia grandemente de continente para continente. O clima temperado da Europa Central e do Norte é ideal para obtenção de altíssimas produtividades, ao passo que continentes com condições climáticas extremas, como secas e temperaturas muito frias são menos favoráveis para a produção da cultura (SOUZA, 2019).

A maior área de trigo cultivada no Brasil está situada na região Sul, responsável por aproximadamente 87% da produção nacional, com destaque para os estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Nesses estados, a safra de trigo 2017/18 apresentou redução na produção e na qualidade de grãos, devido as condições climáticas desfavoráveis. Nessa safra foram colhidas apenas 4,26 milhões de toneladas de grãos, o que representou redução de 37% em relação à safra anterior, quando o Brasil colheu 6,73 milhões de toneladas. Essa diminuição ocorreu devido ao elevado volume de chuvas na semeadura, seca ao longo do período de desenvolvimento vegetativo, geadas durante floração e enchimento de grãos e alta umidade na

colheita. No ano seguinte, mesmo com o aumento de 28% na comparação com a safra anterior, a safra 2018/19 passou novamente por problemas climáticos, o que resultou em perdas quanti-qualitativas de aproximadamente 5,47 milhões de toneladas em sua produção (CONAB, 2018).

No ano de 2018, o Brasil importou cerca de 6,8 milhões de toneladas de trigo produzidos em outros países, sendo a maior quantidade importada da Argentina, cerca de 87% (ABITRIGO, 2018).

O trigo é uma cultura que se adaptada aos mais diversos locais do mundo, podendo ser cultivada entre as latitudes de 30°S a 60°N e até altitudes superiores a 3.000 m. Sua ampla adaptação deve-se, ao seu complexo genoma, proporcionando alta plasticidade (BÖRNER et al., 2005).

A temperatura e o fotoperíodo são os elementos meteorológicos que mais afetam o desenvolvimento das plantas de trigo (WHITE, 2006). É extremamente importante o conhecimento das respostas das culturas a estas variáveis ambientais, para então, caracterizar os efeitos da adaptabilidade de diferentes cultivares de trigo a diferentes áreas produtivas. Destes três fatores citados, a temperatura é um fator universal que afeta a duração de todos os estádios da cultura, desde a emergência à maturação fisiológica (MIRALLES, 2004).

O potencial de produtividade de grãos pode ser maximizado pela escolha adequada da época de semeadura, sem que se onere o custo de produção (SILVA et al., 2011). Subedi et al. (2007) observaram que nessa prática de manejo existe alterações nas relações hídricas, temperatura e na radiação solar disponível à cultura durante todo seu ciclo. Essa prática permite a ocorrência das feno fases em condições favoráveis de clima, impactando positivamente a produtividade de grãos (PIRES et al., 2009).

O manejo da época de semeadura na cultura trigo possibilita incremento na produtividade de grãos entre 10 e 80% (BRUNETTA et al., 1997; BASSOI et al., 2005; COVENTRY et al., 2011). No Brasil, dezenas de cultivares são disponibilizadas para cultivo anualmente, porém, é preciso buscar acerto mais adequado das épocas de semeadura do trigo, considerando o ciclo e a adaptabilidade das cultivares às condições de clima e solo (SILVA et al., 2011).

O preparo do solo é um outro fator muito importante para o sucesso da cultura do trigo. Alguns sistemas de preparo do solo podem ser utilizados nas lavouras de

trigo no Brasil, como o preparo convencional, o cultivo mínimo e o plantio direto (PIRES; SANTOS 2015). O preparo convencional compreende aração e gradagens para nivelamento da área, com revolvimento do solo e incorporação de restos da cultura antecessora. Enquanto o cultivo mínimo compreende, o uso de escarificador para realizar a mobilização do solo em camadas mais profundas que o arado, sem inversão de camadas superficiais do solo e com mínima incorporação dos resíduos culturais da superfície do solo. É utilizado geralmente com o objetivo de reduzir a compactação do solo (PIRES; SANTOS, 2015).

O trigo cultivado sob preparo de solo em plantio direto apresenta rendimento de grãos mais elevado que quando cultivado em preparo convencional do solo (RUEDELL, 1995; SANTOS et al., 2000, 2006). Já Gaertener et al. (2006) verificaram que sistemas com algum revolvimento de solo apresentaram produções de trigo mais elevadas. Porém, mesmo com alguns resultados contraditórios as perspectivas para o uso do sistema de plantio direto são favoráveis para a cultura do trigo.

O plantio direto pode ser uma alternativa ao sistema convencional de preparo do solo, contribui para a sustentabilidade do sistema agrícola intensivo, pois mantém o solo coberto por restos culturais ou por plantas vivas o ano inteiro, minimizando assim os efeitos da erosão (ALBUQUERQUE et al., 1995). Porém, nesse sistema, geralmente, os solos apresentam maiores valores de densidade e microporosidade, e menores valores de macroporosidade e porosidade total, na sua camada superficial, após três a quatro anos em uso, quando comparado com o preparo convencional. Isto ocorre devido ao arranjo natural do solo quando não é mobilizado, e também da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, principalmente quando realizado em solos argilosos e com altos teores de umidade (CORRÊA, 1985; CASTRO, 1989).

Devido à baixa produtividade de grãos da cultura do trigo no país e da grande dependência de importação de grãos para atender a demanda nacional se faz necessário pesquisas para posicionamento de cultivares de trigo para regiões não tradicionais de cultivo. Pesquisas revelam que existe um grande potencial para o desenvolvimento da cultura em regiões de Cerrado, porém se faz necessário a instalação de ensaios para definir a melhor época de semeadura e qual preparo de solo é mais indicado para a produção de trigo nessas regiões. Deste modo o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção e qualidade de grãos de diferentes cultivares de trigo em função de épocas de semeadura, e também, avaliar

a produção e qualidade de grãos de diferentes cultivares de trigo em função do preparo do solo.

CAPÍTULO 1

ANTECIPAÇÃO DA SEMEADURA DE CULTIVARES DE TRIGO DE SEQUEIRO EM REGIÃO DE CLIMA TROPICAL DE ALTITUDE

RESUMO

A produção brasileira de trigo é baixa e o país importa grãos e farinha para atender a demanda existente. Há um potencial relativo para o crescimento da produção, principalmente como trigo de sequeiro no Cerrado, em sucessão à soja, porém, o sucesso da cultura nessa região vai depender da adaptação de cada cultivar e da época de semeadura. Dentro deste enfoque o trabalho teve como objetivo, avaliar em condições de sequeiro, o desempenho de cultivares de trigo em função das épocas de semeadura. A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), nos anos agrícolas 2017/2018 e 2018/2019. Foram cultivadas quatro cultivares de trigo (duas precoces e duas tardias), em três épocas de semeadura (março, abril e maio). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas e subparcelas foram constituídas por 3 épocas de semeadura (março, abril e maio) e quatro cultivares de trigo (CD 108, TBio Sintonia, TBio Sossego e TBio Toruk), respectivamente. Avaliou-se a produtividade, os componentes de produção, o estado nutricional das plantas, a atividade fotossintética, conteúdo de clorofila, além de parâmetros relacionados à qualidade de grãos. Semeaduras realizadas nas épocas de março e abril, proporcionaram maiores produtividades e qualidades de grãos em trigo de sequeiro. Avaliações fisiológicas apresentam melhores resultados em períodos com maior precipitação pluviométrica, uma vez que o déficit hídrico em períodos de suma importância para a planta interfere de forma drástica no seu desenvolvimento.

Palavras-chaves: *Triticum aestivum* L.. Posicionamento de cultivares. Safra de outono-inverno.

ABSTRACT

Brazilian wheat production is low and the country imports grains and flour to meet the existing demand. There is a relative potential for growth in production, mainly as rainfed wheat in the Cerrado, in succession to soybeans, however, the success of the crop in this region will depend on the adaptation of each cultivar and the sowing time. Within this focus, the work aimed to evaluate, under rainfed conditions, the performance of wheat cultivars according to the sowing times. The research was carried out at Fazenda Experimental Lageado, belonging to the Faculty of Agronomic Sciences - UNESP, located in Botucatu, SP, Brazil, in the agricultural years 2017/2018 and 2018/2019. Four wheat cultivars (two early and two late) were grown in three sowing dates (March, April and May). The experimental design was in randomized blocks, in a split plot scheme, with four replications. The plots and subplots consisted of 3 sowing dates (March, April and May) and four wheat cultivars (CD 108, TBio Sintonia, TBio Sossego and TBio Toruk), respectively. Productivity, production components, nutritional status of plants, photosynthetic activity, chlorophyll content, and parameters related to grain quality were evaluated. Sowing carried out in the March and April seasons, provided higher yields and grain qualities in rainfed wheat. Physiological assessments show better results in periods with greater rainfall, since the water deficit in periods of paramount importance for the plant drastically interferes with its development.

Key-words: *Triticum aestivum* L.. Cultivar positioning. Autumn-winter harvest.

1.1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma das culturas de maior importância econômica para o Brasil e o mundo, sendo produzidos, anualmente, mais de 750 milhões de toneladas de grãos em todo o mundo (SILVA et al., 2018). Na safra 2016/2017, o Brasil contribuiu com cerca de 6,5 milhões de toneladas (USDA, 2017). No entanto, a produção nacional do trigo está concentrada na região Sul, responsável por mais de 87% da produção do país na safra 2017/2018, ao passo que a produção de trigo da região Sudeste representou apenas 2% da produção

nacional, sendo no estado de São Paulo o município de Itapetininga a que mais produziu trigo (CONAB, 2018).

Além da produtividade de grãos, a qualidade da farinha é extremamente importante na comercialização do cereal, sendo essa qualidade dependente da cultivar, bem como das condições de clima e solo de cada região (COSTA et al., 2008).

A qualidade do grão de trigo é consequência da interação das condições de cultivo, tais como clima, manejo da cultura e da cultivar e interferência do solo, junto com a interferência das operações de colheita, secagem e armazenamento, estes fatores influem diretamente sobre o uso industrial a ser dado ao produto final (EL-DASHI; MIRANDA, 2002).

Apesar do Brasil ser tradicionalmente reconhecido como potência global na produção agrícola, o país ainda depende fortemente das importações de trigo, podendo seu montante superar facilmente 50% do consumo nacional em determinados anos (DE BONA et al, 2016).

O trigo é uma planta adaptada a diferentes condições edafoclimáticas, devido seu genoma, que proporciona alta plasticidade de cultivo (MORAES FERNANDES, 2000). Contudo, para que se obtenha sucesso em seu cultivo, é necessário levar em consideração alguns fatores, tais como, adaptabilidade e produtividade sob diferentes condições ambientais e de manejo para verificar a sua viabilidade de rendimento, para que a mesma consiga expressar seu potencial genético (SCHEEREN, 1999). Com a escolha da época de semeadura adequada, é possível em condições climáticas favoráveis, obter maior crescimento e desenvolvimento, possibilitando assim altos índices de produção de grãos (ROOZEBOOM et al., 2008; BORÉM; SCHEEREN, 2015).

A produção brasileira de trigo é baixa e o país importa grãos e farinha para atender a demanda existente. Há um potencial grande para o crescimento da produção, principalmente como trigo de sequeiro no Cerrado, em sucessão à soja. No entanto, ainda são escassas as informações sobre a melhor época para semeadura que atenda as exigências de temperatura e disponibilidade hídrica. Semeaduras antecipadas possibilitam umidade maior no solo para a germinação e emergência de plântulas, garantindo bom estande de plantas, no entanto, pode proporcionar alta umidade e temperatura no florescimento, aumentando a incidência de doenças. Já a semeadura tardia faz com que a cultura entre em fase reprodutiva

em épocas com temperaturas mais baixas e com menor umidade, reduzindo a incidência de doenças. Porém, nessas condições os desafios para o estabelecimento inicial são maiores devido à escassez de chuvas nesse período. Portanto, são necessários estudos para posicionamento da cultura do trigo de sequeiro em regiões de altitude e de inverno seco (Cerrado). Por outro lado, nessas condições, os cultivares precoces teriam mais problemas com doenças na fase reprodutiva.

Neste sentido o objetivo do trabalho foi avaliar, em condições de sequeiro, a produtividade e a qualidade de grãos de cultivares de trigo de ciclo precoce e tardio em função da época de semeadura em uma região de clima tropical de altitude.

1.2 Material e métodos

1.2.1 Caracterização e localização do experimento

O experimento foi conduzido nas safras 2017/2018 e 2018/2019 na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), apresentando como coordenadas geográficas 48° 23' de longitude Oeste de Greenwich e 22° 51' de latitude Sul, com altitude de 765 metros.

Antes da instalação do experimento realizaram-se amostragens para análises químicas do solo, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1. As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001). Mediante a análise do solo foi realizada calagem na área, aplicando-se 3 t ha⁻¹ de calcário em superfície sem incorporação.

O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO distroférico típico argiloso, profundo, ácido (EMBRAPA, 2006). De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, que caracteriza clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (CUNHA; MARTINS, 2009).

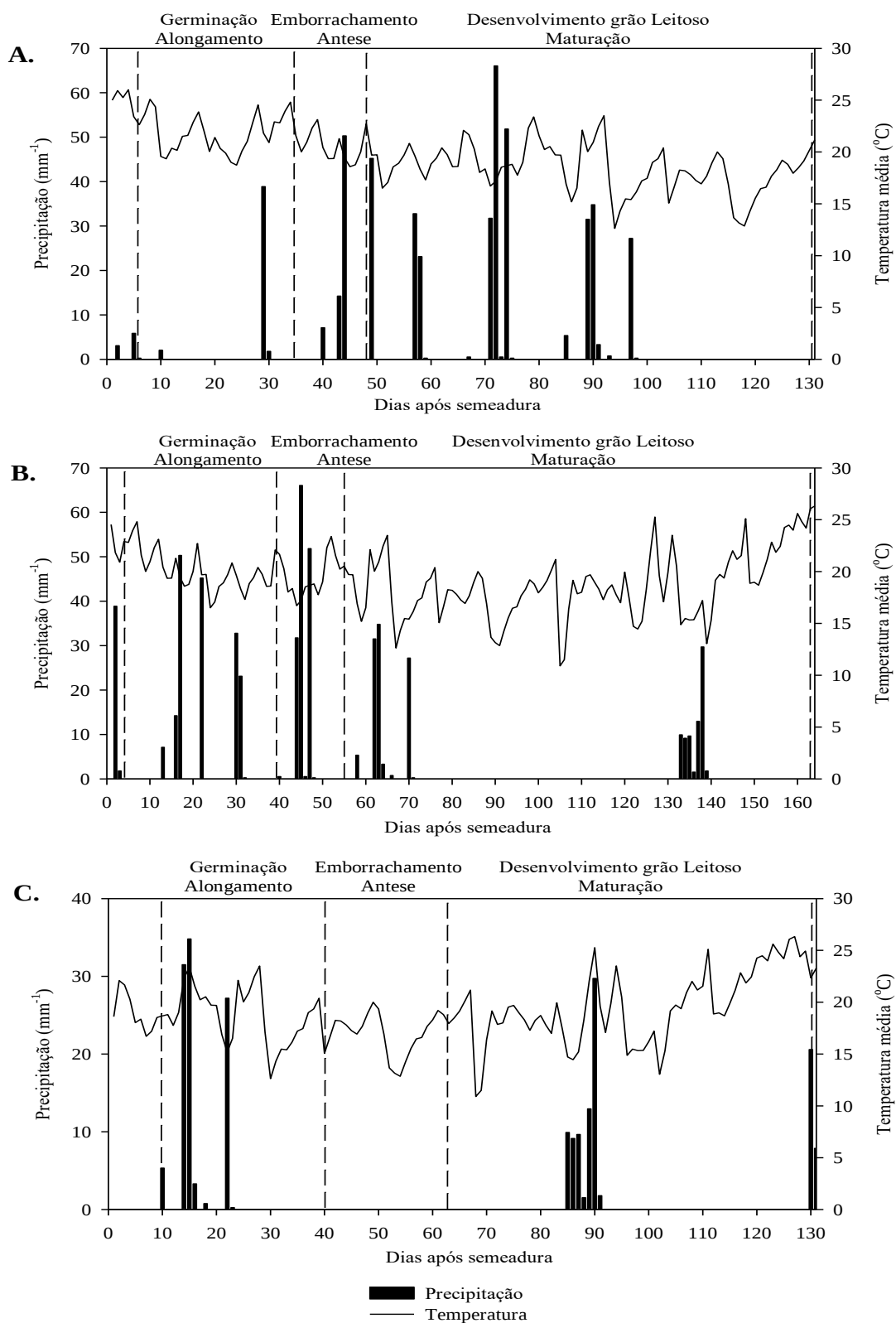
As temperaturas mínimas e máximas e precipitações pluviométricas diárias estão apresentadas na Figura 1, conforme estação agrometeorológica da FCA, distante 3 km da área experimental.

Tabela 1 - Propriedades químicas⁽¹⁾ do solo por ocasião da instalação do experimento em 2017

	Profundidade (cm)	
	0 – 20	20 – 40
pH (CaCl ₂)	4,9	4,5
MO (g dm ⁻³)	23	21
P (mg dm ⁻³)	47	59
S (mg dm ⁻³)	2	12
H+Al ³⁺ (mmolc dm ⁻³)	46	56
K (mmolc dm ⁻³)	2,3	3,7
Ca (mmolc dm ⁻³)	19	15
Mg (mmolc dm ⁻³)	14	12
SB %	36	31
CTC (molc dm ⁻³)	81	87
V %	44	35
Fe (mg dm ⁻³)	---	22
Cu (mg dm ⁻³)	8,2	9,6
Mn (mg dm ⁻³)	---	25,8
Zn (mg dm ⁻³)	3,5	1,9

(1) Analisado de acordo com Raij et al. (2001).

Figura 1 - Precipitação pluviométrica e temperatura média diária entre março e setembro (A), entre abril de setembro (B) e entre maio e setembro (C) de 2017.



1.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em sistema de semeadura direta (SSD), durante o outono-inverno dos anos de 2017 e 2018. Foram cultivadas quatro cultivares de trigo, em sucessão à cultura da soja nas safras de verão 2016/2017 e 2017/2018. Os tratamentos culturais seguiram as recomendações de cada cultura para o estado de São Paulo. O experimento foi realizado em três épocas de semeadura (março, abril e maio), dos respectivos anos, utilizando-se as cultivares de trigo CD 108, TBio Sintonia, TBio Sossego e TBio Toruk (Tabela 2), com densidade de semeadura calculada para atingir 50 plantas m^{-1} , com espaçamento entrelinhas de 0,17 m.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas (160 m^2) e subparcelas (40 m^2) compostas pelas épocas de semeadura (três épocas) e pelas cultivares (quatro cultivares), respectivamente.

A instalação do experimento foi realizada em 01/12/2016 com a semeadura de soja cultivar TMG 7062. Em 24/02/2017 foi necessário roçar a soja para que fosse possível instalar a primeira época de semeadura do trigo, já que a soja ainda não se encontrava em estágio de senescência. Nos dias 09/03/2017, 05/04/2017 e 12/05/2017, foram realizadas as semeaduras de trigo da primeira, segunda e terceira época, respectivamente. Nessa safra, as colheitas foram realizadas nos dias 17/07/2017, 14/09/2017 e 19/09/2017, para a primeira, segunda e terceira época de semeadura, respectivamente.

Para a safra de 2017/2018, a semeadura da soja foi realizada no dia 08/11/2017, com a cultivar M 5917 IPRO, e a colheita foi realizada no dia 05/03/2018. As semeaduras de primeira, segunda e terceira época do trigo foram nos dias 13/03/2018, 06/04/2018 e 14/05/2018, respectivamente, porém, só foi possível obter a colheita do trigo semeado na primeira época, em 19/06/2018, pois a escassez de chuvas nas demais épocas, como apresentado na figura 1, não permitiu a produção de afilhos férteis no trigo, além de reduzir o estande de plantas.

Em ambas as safras, as sementes de trigo foram tratadas com Vitavax (Carboxina 200 $g L^{-1}$ e Tiram 200 $g L^{-1}$) e Cruiser (Tiametoxam 350 $g L^{-1}$) na dose de produto comercial indicada para a cultura, e a adubação de semeadura constou da aplicação de 500 $kg ha^{-1}$ da formulação NPK 4-14-8. A adubação de cobertura com N foi realizada no pleno perfilhamento, utilizando-se 40 $kg ha^{-1}$ de N na fonte sulfato

de amônio. O manejo fitossanitário para plantas daninhas, pragas e doenças foram realizadas seguindo recomendações técnicas para a cultura.

Tabela 2 - Descrição das cultivares de trigo avaliadas no experimento

Cultivares	Ciclo	Altura	Classe Comercial	⁽¹⁾ PMS (g)
CD 108	Super precoce	Baixa	Pão	34
TBio Sintonia	Precoce	Média	Melhorador	33
TBio Sossego	Médio	Média	Pão	33
TBio Toruk	Médio	Baixa	Pão/Melhorador	33

(1) Massa de mil sementes

Tabela 3 - Volume acumulado de chuva durante as fases de desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e de enchimento de grãos dos cultivares de trigo em função das épocas de semeadura no ano de 2017/2018

Cultivares	Fase Vegetativa	Fase Reprodutiva	Maturação
Volume acumulado de chuvas (mm)			
Março/2017			
CD 108	51,8	71,6	355,3
TBio Sintonia	51,8	71,6	355,3
TBio Sossego	123,5	101,3	257,0
TBio Toruk	123,5	101,3	254,0
Abril/2017			
CD 108	214,1	155,7	97,8
TBio Sintonia	214,1	155,7	97,8
TBio Sossego	364,4	74,9	102,9
TBio Toruk	364,4	74,9	102,9
Maio/2017			
CD 108	254,0	0	74,7
TBio Sintonia	254,0	0	74,7
TBio Sossego	254,0	0	74,7
TBio Toruk	254,0	0	74,7

1.2.3 Variáveis analisadas

1.2.3.1 Diagnose foliar do trigo

Para a diagnose foliar, realizaram-se amostragens no trigo, respectivamente, no momento em que mais de 50% das plantas encontravam-se estágio de florescimento. Para tanto, fez-se a coleta da folha bandeira em 50 plantas por unidade experimental. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, por 72 horas. Posteriormente o material foi moído em equipamento dotado de peneira com crivo de 1 mm. Em seguida, foram determinadas as concentrações de macronutrientes, de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

1.2.3.2 Taxa de assimilação de CO₂ na folha bandeira de plantas de trigo

A taxa de assimilação de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) foi determinada na folha bandeira no período de espigamento, pelo aparelho analisador de trocas gasosas por radiação infravermelha ("Infra RedGasAnalyser – IRGA", modelo LI-6400, LICOR), realizado em luz ambiente, com intensidade de luz utilizada para as leituras de $1000 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. As leituras foram realizadas aos 3, 7 e 11 dias após a emergência (DAE) da planta, entre às 9 e 11h da manhã.

1.2.3.3 Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo

Para determinação do índice de clorofila, foram realizadas leituras em 3 folhas bandeira no período de espigamento, com o uso do aparelho SPAD – 502. As leituras foram realizadas aos 3, 7 e 11 DAE da planta.

1.2.3.4 Área foliar (AF)

A determinação da área foliar foi realizada após coleta de dez plantas ao acaso representativas da área útil de cada subparcela, quando as mesmas se encontravam em pleno florescimento. Foram retiradas todas as folhas de cada planta, as quais foram analisadas em integrador de área foliar de bancada LICOR, modelo 3100C.

1.2.3.5 Altura de plantas, comprimento de espigas e diâmetro de colmo

As medidas de altura de plantas, comprimento de espigas e diâmetro de colmo foram realizadas no estágio de pré-colheita em dez plantas ao acaso representativas da área útil de cada subparcela. A altura de plantas foi definida como sendo a

distância (cm) do colo até o ápice da espiga, sendo essas medidas realizadas com fita métrica graduada em centímetros. Após a avaliação de altura, nas mesmas plantas foram realizadas medições de comprimento de espiga por meio de régua graduada em centímetros com precisão de 0,001 m, assim como o diâmetro de colmo com auxílio de um paquímetro analógico, executando-se a medição na altura do segundo entrenó a partir do nível do solo.

1.2.3.6 Número de grãos por espiga e fertilidade da espiga

Em 10 espigas ao acaso da área útil de cada subparcela, foram retiradas cuidadosamente todas as espiguetas, as quais foram contadas e em seguida debulhadas manualmente para separação dos grãos presentes. A quantidade de grãos foi determinada em contador automatizado, sendo calculado o número de grãos por espiga e o número de grãos por espiguetas. A fertilidade da espiga foi determinada pela divisão do número de grãos por espiga dividido pelo número de espiguetas de cada espiga.

1.2.3.7 Massa de 1000 grãos

Foi determinada pela média de pesagem dos grãos de oito subamostras de 100 grãos, por unidade experimental, e os resultados foram corrigidos para teor de água de 13% (BRASIL, 2009).

1.2.3.8 Produtividade de grãos

Para esta avaliação foram colhidas manualmente as plantas contidas na área útil (que foi constituída por 10 linhas de 4 metros, totalizando uma área de 6,12 m²) de cada unidade experimental. Após esta operação, as espigas foram trilhadas em trilhadora estacionária, e os grãos pesados para posterior conversão dos resultados em kg ha⁻¹, corrigindo-se o teor de água para 13%.

1.2.3.9 Peso do hectolitro

Para a determinação do peso do hectolitro foi utilizada uma balança hectolétrica, com capacidade para um quarto de litro, cujos valores obtidos foram convertidos para kg hL⁻¹, de acordo com uma tabela conhecida, com correção de 13% de umidade (BRASIL, 2005).

1.2.3.10 Caracterização físico-química dos grãos

Para a caracterização físico química dos grãos, foram avaliadas apenas as cultivares CD 108 e TBio Sossego, e as épocas de março e abril, pois foram os tratamentos com maior produtividade.

1.2.3.10.1 Cinzas

Para a determinação do teor de cinzas nos grãos, conteúdo que representa o total de resíduos inorgânicos contidos na amostra (substâncias não voláteis a 550 °C), utilizou-se o método de incineração. Foram pesadas, em triplicata, amostras com aproximadamente 3 g, em cadinho de porcelana tarados, e colocadas em mufla aumentando a temperatura até atingir 550 °C, em seguida deixadas por 2 horas ou até a calcinação completa. Após esse período as amostras foram colocadas em dessecador e pesadas para determinação da quantidade de cinzas (AOAC, 2012). Os resultados foram expressos na base seca em g 100 g⁻¹.

1.2.3.10.2 Amido

A determinação de amido nos grãos foi realizada pelo método enzimático. Amostras de 200 mg de amido foram pesadas em Erlenmeyers, em triplicata, e diluídas em 42 mL de água. Foram acrescentados 100 µL de solução comercial de alfa-amilase (Novozymes) às suspensões e colocadas em banho-maria a 90 °C durante 120 min, com agitação constante. Após resfriamento das amostras, acrescentou-se 1 mL de tampão acetato 4M, pH 4,8 e 100 µL de solução comercial amiloglucosidade (Novozymes) e as amostras retornaram para banho-maria a 60 °C por 120 minutos, com agitação constante. Após atingir temperatura ambiente, as amostras hidrolisadas foram transferidas para balões volumétricos de 250 mL e completado o volume com água destilada. Em seguida, 5ml da amostra foram transferidos para balões volumétricos de 100 mL, neutralizadas com NaOH (4M), completando o volume com água destilada e filtrada. Em seguida foram determinados o teor de açúcares redutores pelo método de Somogyi, adaptado por Nelson (1944), sendo feita a conversão para amido pela multiplicação da porcentagem de açúcar obtida pelo fator 0,9. Os resultados foram expressos na base seca em g 100g⁻¹.

1.2.3.10.3 pH e Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada através de titulação com NaOH 0,1 N até atingir o pH 8,2 a 8,3, utilizando solução alcoólica de fenolftaleína para determinação da mudança de cor. A suspensão de 10 g de amostra em 100 mL de água destilada foi agitada por 20 minutos, em seguida titulada. A acidez foi realizada em duplicata e expressa em mililitros de NaOH por 100 g de matéria pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008). O pH foi determinado por leitura direta do líquido sobrenadante, após mistura de 10 g da amostra em 100 mL de água destilada, realizados em duplicata pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

1.2.3.10.4 Fibras

Para determinar o teor de fibra bruta dos grãos, que representa o conteúdo total de fibras, utilizou-se o método de digestão ácido-base. Foram pesados, em triplicata, aproximadamente 3 g de cada amostra em béquer e transferidos para tubo de digestão, em seguida acrescentados 200 mL de solução de H₂SO₄ a 1,25% e submetidos à ebulição branda durante 30 minutos. O material foi filtrado em filtro de papel e lavado com auxílio de água destilada quente. O material retido no filtro foi transferido para o tubo digestor com auxílio de 200 mL de NaOH a 1,25% e submetido novamente ao processo de digestão e filtragem, em papel filtro tarado. O filtro juntamente com a amostra retida foi submetido ao processo de secagem completa em estufa a 105° C, com circulação de ar forçado. Em seguida, foram resfriados à temperatura ambiente por 1 hora em dessecador e pesados, conforme a metodologia da AOAC (2012). Os resultados foram expressos na base seca em g 100 g⁻¹.

1.2.3.10.5. Conteúdo de proteína total

O teor de nitrogênio foi determinado de acordo com o Método de Kjeldahl. O fator de correção 5,7 foi utilizado para o cálculo da proteína total.

1.2.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância ($p < 0.05$) e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0.05$) por meio do software Sisvar (FERREIRA, 2011).

1.3 Resultados e Discussão

1.3.1 Safra 2017

Entre os macronutrientes na folha, o N foi o único que não apresentou influência dos fatores isolados, ou seja, cultivares e épocas de semeadura, tão pouco da interação entre esses fatores (Tabela 4). Observou-se que o teor médio de N foi de $43,5 \text{ g kg}^{-1}$, estando acima dos valores indicados para a cultura do trigo, que devem ser entre 30 e 33 g kg^{-1} (MALAVOLTA et al, 1997). O nitrogênio é um dos elementos mais absorvidos por gramíneas como milho e trigo e por muitas vezes não é suprido adequadamente pela cultura (VIANA; KIEHL, 2010). As plantas de trigo exigem elevada quantidade de macronutrientes, principalmente, nitrogênio e potássio (PAULETTI, 1998; FOLONI et al., 2009).

Tabela 4 - Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas bandeira de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Cultivares						
CD 108	40,65 b	0,34	18,47 a	2,43	0,82	2,36
TBio Sintonia	40,95 b	0,36	14,54 b	1,98	0,97	2,01
TBio Sossego	43,66 b	0,49	15,40 b	2,01	0,79	2,55
TBio Toruk	45,93 a	0,38	18,54 a	2,27	0,79	2,99
CV (%)	5,02	33,57	3,69	15,39	18,70	31,98
Probabilidade	(P > F)					
Cultivares (A)	0,0216	0,4115	0,0000	0,2479	0,3566	0,4178

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

Houve interação significativa entre os fatores de variação para os resultados de P, K, Ca, Mg e S. Para P foi possível observar que em maio a cultivar CD 108 apresentou o menor teor ($2,2 \text{ g kg}^{-1}$) (Tabela 5). Os teores encontrados nas quatro cultivares nas épocas de semeadura de março e abril ficaram acima dos

recomendados, que é de 2,0 a 3,0 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al, 1997). No presente trabalho os teores ficaram entre 4,2 a 5,0 g kg⁻¹, no entanto, os valores obtidos na época de maio ficaram na faixa dos considerados ideais, pois variaram de 2,2 a 3,4 g kg⁻¹ (Tabela 5).

Um dos aspectos principais para o estabelecimento da cultura de trigo é a correção da deficiência de P, pois o nutriente está envolvido nos processos energéticos vitais da planta (DE BONA et al., 2016). Sua adequada disponibilidade no solo auxilia a planta no estágio inicial de crescimento e desenvolvimento na recuperação do efeito subletal em baixas temperaturas (WINTER, 2013).

Para K, o maior teor encontrado foi na cultivar CD 108 na época de março (31,61 g kg⁻¹). Já em abril a cultivar TBio Sintonia apresentou menor teor de K em relação aos demais cultivares (Tabela 5). No entanto, apenas na época de março os valores obtidos ficaram acima da faixa considerada adequada, entre 23 a 25 kg⁻¹ (MALAVOLTA et al, 1997). Essa redução na concentração de K pode estar associada à adubação nitrogenada (sulfato de amônio) na fase de emborrachamento.

Espindula et al. (2010) verificaram que a adição de doses de nitrogênio (via sulfato de amônio), promoveu decréscimo na concentração de potássio em plantas de trigo. O potássio e o nitrogênio são os nutrientes absorvidos em maiores quantidades por quase todas as plantas, e suas interações são do tipo não-competitiva, onde a absorção de um eleva a demanda pelo outro, porém o estímulo no crescimento, provocado pela adição de N, pode levar à deficiência de K, por efeito de diluição, o que pode explicar a redução na concentração de potássio com o aumento das doses de nitrogênio nas folhas diagnósticas (CANTARELLA, 2007).

Para o elemento Ca, com exceção para cultivar TBio Sintonia, os menores teores de Ca foram observados para as cultivares na época de maio (Tabela 5). Contudo, em todas as cultivares, independente da época de semeadura, os valores obtidos ficaram abaixo da faixa de referência indicada (14 g kg⁻¹) (MALAVOLTA et al, 1997). A planta depende da presença de teores satisfatórios de Ca no perfil do solo, sendo responsável pelo crescimento radicular, pois é de fundamental importância para a síntese das células novas da região apical da raiz, atuando na composição estrutural da parede celular (MARSCHNER, 2012).

Em relação ao Mg, o maior teor foi na época de abril para a cultivar CD 108 (2,35 g kg⁻¹). Os menores valores de Mg foram verificados na época de maio para as cultivares TBio sossego (0,95 g kg⁻¹) e TBio Toruk (1,03 g kg⁻¹) (Tabela 5).

Em relação ao Mg, observou-se que os valores de maior expressão foram observados na época de março para as cultivares TBio Sintonia, TBio Sossego e TBio Toruk em abril para as cultivares CD 108 e TBio Toruk e em abril para as cultivares CD 108, TBio Sintonia e TBio Sossego (Tabela 5). Porém, em todas as cultivares, independente da época de semeadura, os valores obtidos ficaram abaixo da faixa de referência indicada (4 g kg⁻¹) (MALAVOLTA et al, 1997). Entre os macronutrientes, observa-se que as demandas nutricionais da cultura do trigo para os elementos Ca, Mg e S são menores quando comparadas ao N e K (DE BONA et al, 2016).

Para os teores de S (Tabela 5), o maior teor foi na época de abril para a cultivar CD 108 (6,35 g kg⁻¹). A faixa indicada é de 4 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al, 1997), no entanto a época que resultou em valores mais distantes da faixa de referência foi a época de maio, possivelmente por ser a época que teve o índice pluviométrico mais baixo durante a condução do experimento. O S é um nutriente essencial as plantas de trigo, participando na formação de aminoácidos, sendo constituinte das proteínas formadoras de glúten, sua deficiência pode causar consequências na qualidade dos grãos (SHEWRY, 1995; JARVAN et al., 2008).

É muito importante que os teores de S no solo estejam satisfatórios, pois ele aumenta a eficiência do N e a qualidade tecnológica do grão, que consequentemente agrega valor ao produto final (BYERS; FRANKLIN; SMITH, 1987).

Tabela 5 - Desdobramento da interação teores dos macronutrientes (g kg⁻¹) para teores de P, K, Ca, Mg e S nas folhas bandeira de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura

Cultivares	Épocas		
	Março	Abril	Maio
P			
CD 108	5,0 aA	5,0 aB	2,2 bB
TBio Sintonia	4,4 bcA	4,3 bA	3,3 aB
TBio Sossego	4,2 cA	4,3 bA	3,4 aB
TBio Toruk	4,7 abA	4,4 bA	3,4 aB
K			
CD 108	31,61 aA	21,46 aB	21,17 aB
TBio Sintonia	24,84 bA	16,78 bB	18,87 aB
TBio Sossego	25,20 bA	21,17 aB	19,58 aB
TBio Toruk	26,43 bA	22,68 aB	20,45 aC
Ca			
CD 108	3,10 aA	4,23 aA	2,96 bB
TBio Sintonia	3,44 aA	3,88 aA	3,52 aA
TBio Sossego	3,41 aA	3,20 bA	2,35 cB
TBio Toruk	3,10 aA	2,99 bA	2,35 cB
Mg			
CD 108	1,77 aB	2,35 aA	1,26 aC
TBio Sintonia	2,19 aA	1,98 bB	1,32 aC
TBio Sossego	2,17 aA	1,79 bB	0,95 bC
TBio Toruk	2,10 aA	1,95 bA	1,03 bB
S			
CD 108	4,63 abB	6,38 aA	3,69 aB
TBio Sintonia	3,91 bA	3,63 bAB	4,15 aA
TBio Sossego	4,56 abA	4,48 bAB	3,26 aC
TBio Toruk	5,32 aA	4,43 bA	3,08 aB

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre cultivares de trigo e maiúsculas nas linhas para épocas de semeadura) diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$.

1.3.1.2 Avaliações Fisiológicas em cultivares de trigo

1.3.1.2.1 Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD)

Foi observado interação significativa dos fatores cultivares e épocas de semeadura nas avaliações de índice SPAD realizadas aos 7 e 11 DAE. Já para avaliações realizadas aos 3 DAE, observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) isolado para os fatores cultivares e época de semeadura. Na avaliação aos 3 DAE, o índice SPAD foi maior quando a semeadura foi realizada no mês de março. Nessa época os maiores valores de índice SPAD ($p < 0,05$) foram obtidos pelas cultivares CD 108 e TBio Sossego em relação a cultivar TBio Sintonia, não diferindo significativamente ($p < 0,05$) da cultivar TBio Toruk (Tabela 6).

Tabela 6 - Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD) em diferentes épocas de semeadura

Tratamentos	SPAD		
	3 DAE	7 DAE	11 DAE
Cultivares			
CD 108	46,5 a	47,6 a	48,3
TBio Sintonia	43,8 b	44,6 b	44,6
TBio Sossego	46,6 a	45,5 ab	45,4
TBio Toruk	45,6 ab	45,4 ab	45,4
CV (%)	5,03	4,84	3,93
Épocas			
Março	50,4 a	51,8 a	52,0
Abril	43,2 b	42,4 b	42,9
Maio	43,3 b	43,2 b	42,8
CV (%)	2,53	5,64	4,30
Probabilidade	(P > F)		
Cultivares (A)	0,0210	0,0186	0,0001
Épocas (B)	<0,0000	0,0001	<0,0000
A × B	0,2868	0,0262	<0,0000

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

Aos 7 e 11 DAE observou-se que os maiores valores de índice SPAD foram obtidos na semeadura realizada no mês de março, não havendo diferenças entre as cultivares nessa época de semeadura (Tabela 7). Esse resultado provavelmente está relacionado aos dados pluviométricos (Figura 1), onde é possível observar que

quando realizou-se a semeadura em março (período de cultivo de março a julho), o espigamento ocorreu no mês de maio, coincidindo com um período de elevado acúmulo de chuvas. Já nas épocas de semeadura de abril e maio, o espigamento das plantas ocorreu nos meses de junho e julho, respectivamente, ou seja, meses com menor índice pluviométrico. Em trabalho testando genótipos de trigo com irrigação normal e com déficit hídrico severo foi constatado que a escassez de água promoveu reduções nos teores de clorofila nas áreas que não foram irrigadas (HUSEYNOVA, 2012). Kosar et al. (2015), testando diferentes genótipos de trigo em três diferentes lâminas de irrigação, verificaram reduções no teor de clorofila nas plantas de trigo.

Diferentemente da semeadura de trigo realizada no mês de março, nas semeaduras realizadas nos meses de abril e maio ocorreram diferenças entre as cultivares quanto ao índice SPAD avaliado tanto aos 7 como aos 11 DAE. Com a semeadura no mês abril, aos 7 DAE, a cultivar CD 108 apresentou maior índice SPAD em relação aos cultivares TBio Sintonia e TBio Toruk, não diferindo da cultivar TBio Sossego. E aos 11 DAE a cultivar CD 108 apresentou maior índice SPAD em relação a todas as demais. Com a semeadura no mês de maio a cultivar CD 108 apresentou novamente maiores valores de índice SPAD aos 7 e 11 DAE, sendo que na avaliação aos 7 DAE não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação à cultivar TBio Sintonia e TBio Sossego (Tabela 7), sendo esses resultados justificados pelos maiores teores de Mg nas folhas da cultivar CD 108 (Tabela 3). As clorofilas são moléculas formadas por complexos derivados da porfirina, e tem como átomo central o Mg (STREIT et al., 2005). Sendo esse composto uma estrutura macrocíclica assimétrica totalmente insaturada constituída por quatro anéis de pirrol. Esses anéis numeram-se de I a 4 ou de “a” a “d”, de acordo com o sistema de numeração de Fisher (SCHOEFS, 2002).

O uso de um medidor portátil de clorofila, para indicar a necessidade de adubação suplementar de N em cereais, é baseado na criação da variabilidade no início de desenvolvimento das culturas (ARGENTA et al., 2001). Apesar de não ocorrerem diferenças significativas nos teores de N nas folhas de trigo em função dos tratamentos com nível de significância $p < 0,05$, com nível de significância $p < 0,10$ verifica-se maior teor de N nas folhas com a semeadura no mês de março (Tabela 2), correspondendo à época com maiores valores de índice SPAD.

Tabela 7 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para índice de clorofila (SPAD) na folha bandeira de plantas de trigo

Cultivares	Épocas		
	Março	Abril	Maio
7 DAE			
CD 108	51,5 aA	46,2 aB	45,2 aB
TBio Sintonia	50,2 aA	39,9 bB	43,8 aB
TBio Sossego	51,9 aA	42,1 abB	42,6 aB
TBio Toruk	53,5 aA	41,6 bB	41,1 bB
11 DAE			
CD 108	50,7 aA	46,5 aAB	47,8 aB
TBio Sintonia	50,7 aA	40,2 bB	43,0 bB
TBio Sossego	53,6 aA	42,7 bB	39,7 bB
TBio Toruk	53,0 aA	42,3 bB	40,9 bB

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre cultivares de trigo e maiúsculas nas linhas para épocas de semeadura) diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$.

1.3.1.2.2 Taxa de assimilação de CO₂ (A) nas folhas bandeira de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura

Para a taxa de assimilação de CO₂ (A) nas cultivares de trigo, observou-se que as leituras realizadas aos 3, 7 e 11 DAE após a emissão da folha bandeira não diferiram entre si (Tabela 8). Na época de março, aos 11 DAE foi observado valor mais expressivo para a taxa de assimilação de CO₂. Esse resultado, pode estar relacionado com os dados de precipitação no ano de 2017. A folha bandeira, que é a última folha a se desenvolver na planta do trigo, representa cerca de 75% das reações de fotossíntese durante o período de enchimento dos grãos. No período de enchimento de grãos, folha bandeira, as folhas da posição apical da planta e as aristas são órgãos fotossintéticos com potencial muito eficiente para produção nas plantas de trigo (MAHMOOD; CHOWDHRY, 1997).

O aumento da taxa de assimilação de CO₂ (A), previsto por experimentos em ambiente controlado seria de 38%, mas os estudos em campo, com arroz, trigo e soja, mostram aumento médio de apenas 14% na taxa de assimilação de A e de 13% na produtividade (LONG et al., 2006).

Tabela 8 - Taxa de assimilação de CO₂ (A) nas folhas de bandeira de cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura

Tratamentos	Taxa de assimilação de CO ₂ (A)		
	3 DAE	7 DAE	11 DAE
Cultivares			
CD 108	27,86	28,50	28,50 a
TBio Sintonia	28,04	27,59	27,65 a
TBio Sossego	29,82	25,61	23,15 ab
TBio Toruk	27,30	30,77	21,00 b
CV (%)	18,94	20,07	23,64
Épocas			
Março	29,36	28,59	34,31 a
Abril	29,16	30,49	25,17 ab
Maio	26,24	25,27	15,74 b
CV (%)	14,21	22,38	38,01
Probabilidade	(P > F)		
Cultivares (A)	0,6855	0,1861	0,0120
Épocas (B)	0,1239	0,1370	0,0045
A × B	0,4144	0,4313	0,0539

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

1.3.1.3 Avaliações Fitotécnicas

1.3.1.3.1 Altura de plantas, comprimento de espigas, diâmetro de caule e área foliar (AF)

Para as avaliações fitotécnicas no trigo observou-se interação significativa ($p < 0,05$) entre cultivares e época de semeadura para os parâmetros analisados de altura de plantas, diâmetro de colmo e área foliar (AF). Já para a variável comprimento de espigas não houve interação significativa entre os fatores testados (Tabela 9), sendo a cultivar TBio Sossego com maior tamanho de espiga em relação à CD 108, sem diferir das demais. Quanto à época de semeadura, para comprimento de espiga, o mês de maio resultou em maiores espigas em relação ao mês de março, sem diferir do mês de abril.

O comprimento da espiga é uma importante característica agrônômica considerado em diversos programas de melhoramento genético do trigo, especialmente quando associada com os componentes de produção (número de

espiguetas, número de grãos por espiga e massa dos grãos) e consequentemente ao rendimento da cultura (AMINZADEH, 2010).

Tabela 9 - Altura de plantas, altura de espiga, diâmetro de colmo e área foliar (IAF) de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura

Tratamentos	Altura de plantas (cm)	Comprimento de espiga (cm)	Diâmetro de colmo (mm)	AF (cm ²)
Cultivares				
CD 108	60,5	6,79 b	2,82	1214
TBio Sintonia	68,1	7,18 ab	2,79	1003
TBio Sossego	70,6	7,65 a	2,84	2215
TBio Toruk	52,7	7,01 ab	2,86	1426
CV (%)	4,01	8,04	4,79	29,23
Épocas				
Março	60,1	6,82 b	2,68	2932
Abril	62,1	7,14 ab	2,89	828
Maio	66,7	7,52 a	2,91	633
CV (%)	2,10	6,84	6,24	14,80
Probabilidade	(P > F)			
Cultivares (A)	<0,0000	0,0079	0,6120	<0,0000
Épocas (B)	<0,0000	0,0189	0,0162	<0,0000
A × B	0,0129	0,2283	0,0119	<0,0000

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

Quanto à altura das plantas de trigo, apesar de ser uma característica genética da cultivar, houve efeito da época de semeadura para a expressão dessa característica. As cultivares TBio Sossego, TBio Sintonia e CD 108 atingiram maiores alturas que a cultivar TBio Toruk (considerada uma cultivar geneticamente de porte baixo). No entanto, não observou-se para as quatro cultivares avaliadas redução do porte das plantas com a mudança da época de semeadura de março (período mais quente e chuvoso) para maio (período mais seco e frio), como era esperado.

Varga et al. (2014), avaliando o efeito da seca em várias fases fenológicas de diferentes genótipos de trigo, verificaram que componentes como hábito de crescimento e altura das plantas foram diretamente proporcionais à demanda de água em todos os genótipos estudados.

Para a variável diâmetro de colmo, observou-se diferença ($p < 0,05$) entre as cultivares apenas na semeadura de maio, com maior diâmetro (3,08 mm) apresentado pela cultivar CD 108 em relação a cultivar TBio Toruk (2,81 mm). Para a comparação entre épocas de semeadura, houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as cultivares CD 108 e TBio Sintonia, sendo a primeira com maior diâmetro de colmo com a semeadura no mês de maio e a segunda com maior diâmetro nos meses de abril e maio. Desta forma, é possível afirmar que para essas cultivares (CD 108 e TBio Sintonia) o cultivo em época mais seca e fria resulta em aumento do diâmetro do colmo (Tabela 10). O diâmetro do colmo dos perfilhos de trigo é considerado o parâmetro indireto mais condizente quando correlacionado com a produtividade (SILVA et al., 2005), isto pode ser explicado pelas dimensões e acúmulo de reservas nos colmos (GONDIM et al., 2008).

Para a AF, observou-se que os maiores valores foram encontrados na época de março, para todas as cultivares avaliadas (a qual teve um maior índice pluviométrico e temperaturas mais elevadas durante todo o ciclo da cultura). As épocas de abril e maio apresentaram resultados estatisticamente semelhantes para as cultivares CD 108, TBio Sintonia e TBio Sossego (Tabela 10). Esta redução na AF pode ser atribuída às alterações nas atividades metabólicas decorrentes da deficiência hídrica durante o crescimento celular e expansão foliar, relatado por Gardner, Pearce e Mitchell (1985). Endres et al. (2010) também relataram que quando ocorre déficit hídrico também ocorre o fechamento dos estômatos e consequente a diminuição da fotossíntese, sendo também, a redução na taxa fotossintética mais rápida que a redução da taxa respiratória, ocasionando uma consequente diminuição na produção de massa seca.

Tabela 10 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para altura de plantas, diâmetro de colmo e área foliar (AF)

Cultivares	Épocas		
	Março	Abril	Maio
Altura (cm)			
CD 108	55,1 cB	63,8 bA	62,5 aA
TBio Sintonia	64,9 bB	72,8 aA	66,7 aB
TBio Sossego	70,4 aAB	74,6 aA	66,9 aB
TBio Toruk	49,7 dB	55,6 cA	52,5 bAB
Diâmetro de colmo (mm)			
CD 108	2,58 aB	2,81 aB	3,08 aA
TBio Sintonia	2,58 aB	2,96 aA	2,83 abA
TBio Sossego	2,73 aA	2,86 aA	2,95 abA
TBio Toruk	2,82 aA	2,94 aA	2,81 bA
AF (cm ²)			
CD 108	2437 aA	576 bB	630 aB
TBio Sintonia	1645 aA	684 bB	682 aB
TBio Sossego	5167 aA	922 abB	556 aB
TBio Toruk	2481 aA	1131 aB	665 aC

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre cultivares de trigo e maiúsculas nas linhas para épocas de semeadura) diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$.

1.3.1.3.2 Grãos por espigas, fertilidade de espiga, peso de mil grãos peso hectolítrico e produtividade de grãos

Houve interação significativa entre cultivares e época de semeadura para os resultados de grãos por espiga, fertilidade de espiga e peso hectolitro, havendo efeito isolado de ambos os fatores testados para peso de mil grãos e produtividade de grãos (Tabela 11).

Para peso de mil grãos, observou-se que a cultivar TBio Toruk, uma cultivar de porte menor e ciclo mais longo, apresentou maior peso (38 g), seguida pelas cultivares CD 108 (35 g) e TBio Sossego (35,3 g) com resultados intermediários, sendo a TBio Sintonia (32,5 g) a cultivar com menor peso de 1000 grãos. As cultivares de maior porte e menor ciclo apresentaram valores iguais a sua faixa de referência, no entanto, as cultivares de menor porte e maior ciclo apresentaram valores acima da sua faixa de referência (Tabela 2). Em relação à época de

semeadura, as realizadas no mês de abril resultaram em maiores pesos de 1000 grãos, com 38,34 g, seguida pelas semeaduras de março com 35,46 g, e, por fim, os grãos de menor densidade foram obtidos nas semeaduras de maio, com 31,79 g por 1000 grãos (Tabela 11). Batista (2017), avaliando diferentes genótipos de trigo, observou que os tratamentos com maiores lâminas de água apresentaram valores mais elevados. O mesmo resultado também foi observado por Iqbal et al. (2015), que avaliando genótipos de trigo sob irrigação normal e sob estresse hídrico, constataram reduções no peso de mil grãos nas lâminas de irrigação com menores quantidades de água.

Quanto à produtividade de grãos (Tabela 11), a cultivar TBio Sossego apresentou maior produtividade (2664 kg ha^{-1}), não diferindo significativamente ($p < 0,05$) da cultivar CD 108 (2422 kg ha^{-1}). Já a menor produtividade foi obtida pela cultivar TBio Toruk (1758 kg ha^{-1}), não diferindo significativamente ($p < 0,05$) da cultivar TBio Sintonia (2199 kg ha^{-1}). Entre as épocas de semeadura, as produtividades de grãos foram maiores nas semeaduras realizadas nos meses de março (2597 kg ha^{-1}) e abril (2568 kg ha^{-1}), que apresentaram em média 965 kg ha^{-1} a mais de produtividade de grãos que na semeadura no mês de maio. A baixa produtividade de grãos com cultivo de trigo nessa época do ano mais seca e fria pode ser explicada pela acentuada deficiência nutricional nas plantas (Tabelas 4 e 5), menor IAF (Tabelas 9 e 10) e menor taxa de assimilação de CO_2 (Tabela 8). Bayoumi et al. (2008) também observaram menores produtividades de trigo em condições de deficiência hídrica.

A similaridade na produtividade de grãos obtidas entre as épocas de semeadura de março e abril não era esperada, já que historicamente acentua-se a redução do volume de chuvas a partir do mês de abril, permanecendo um período seco até o início da primavera. Porém, o ano de 2017 foi um ano atípico em termos de precipitação pluvial, ocorrendo precipitações médias mensais nos meses de abril, maio e junho acima das normais da série histórica dos últimos 10 anos (Figura 1), o que pode ter favorecido a semeadura do mês de abril, pois ocorreram chuvas em períodos importantes como germinação/emergência, afilamento e alongação/emborrachamento. Além disso, nos meses com menor precipitação pluvial (julho e agosto), o volume de chuvas acima do normal nos meses anteriores pode ter permitido um armazenamento maior de água no solo para atender a

demanda hídrica das plantas em períodos como espigamento/floração e enchimento dos grãos.

Tabela 11 - Grãos por espiga, fertilidade de espiga, peso de mil grãos, produtividade de grãos e peso do hectolitro de cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura

Tratamentos	Grãos por espiga	Fertilidade de espiga	Peso de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Peso Hectolítico (kg hl ⁻¹)
Cultivares					
CD 108	29,05	2,10	34,97 b	2.422 ab	83,1
TBio Sintonia	29,26	1,55	32,52 d	2.199 bc	83,2
TBio Sossego	30,56	1,92	35,26 b	2.664 a	78,4
TBio Toruk	30,89	2,09	38,04 a	1.758 c	81,2
CV (%)	13,88	14,98	4,51	18,19	2,78
Épocas					
Março	27,39	1,91	35,46 b	2.597 a	74,6
Abril	32,61	2,08	38,34 a	2.568 a	87,6
Maio	29,81	1,76	31,79 c	1.617 b	82,2
CV (%)	15,88	15,90	4,99	24,19	2,02
Probabilidade	(P > F)				
Cultivares (A)	0,5996	0,0002	0,0001	0,0001	<0,0000
Épocas (B)	0,0561	0,0607	<0,000	0,0036	<0,0000
A × B	0,0200	0,0263	0,0668	0,0962	0,0002

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

No desdobramento da interação entre cultivares e época de semeadura para as variáveis, grãos por espiga, fertilidade de espiga e peso hectolitro (Tabela 12), observou-se que, para grãos por espiga, as cultivares não diferenciaram entre si nas épocas de março e maio, com médias de 27,39 e 29,82 grãos por espiga, respectivamente. (Tabela 12). Na semeadura de abril, a cultivar CD108 produziu a menor quantidade de grãos por espiga. Na comparação entre épocas de semeadura dentro de cada cultivar de trigo, observou-se que as para as épocas de março e maio não houve diferença significativa para as cultivares avaliadas, no entanto a cultivar TBio Toruk apresentou maior quantidade de grãos por espiga, com maiores valores na semeadura no mês de abril (Tabela 12). Grãos por espiga é o componente que mais aumentou o rendimento de grãos na evolução genética dos

cultivares de trigo, pois, com a translocação dos fotoassimilados para o grão não há mais estruturas que possam compor seu rendimento (RODRIGUES et al., 2007; SLAFER, 2012).

Para a variável fertilidade de espiga, também não se observou diferença significativa quando comparando as cultivares, porém quando relacionando as épocas foi possível observar que a época de abril foi a que apresentou melhores resultados. Contudo para as épocas de março e maio as cultivares que apresentaram valores superiores as demais foram a CD 108 e a TBio Sintonia (Tabela 12).

Na variável peso hectolitro (PH) (Tabela 12), a semeadura em abril foi a que mais incrementou esse parâmetro, obtendo-se valores acima das demais épocas para todas as cultivares estudadas, configurando-se uma vantagem em relação à semeadura no mês de março, que resultou em produtividades semelhantes, porém com grão com menor PH. Observou-se também que para o peso hectolitro os maiores valores foram encontrados na época de abril, isso possivelmente está relacionado ao maior índice de chuvas no período que compreende período vegetativo ao reprodutivo, onde foi possível um acúmulo de chuvas de 398,8 mm para as duas cultivares precoces (CD 108 e TBio Sintonia) e 439,3 mm para as cultivares de ciclo mais longo (TBio Sossego e TBio Toruk) (Tabela 3). Ainda foi possível observar essas cultivares necessitam em média de (5,1 mm para CD 108), (4,6 mm TBio Sintonia) e (3,7 mm TBio Toruk) por kg produzido durante todo o ciclo da cultura para obter esses resultados de produção nas condições em que o experimento foi instalado.

O peso hectolítico é uma variável que está diretamente associada à densidade e à qualidade de grãos, as mesmas são influenciadas pela interação genética com as condições ambientais (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

O peso hectolitro é um dos critérios para classificação do trigo (MAPA, 2010), sendo classificado em: Fora do Tipo (PH menor do que 72 kg hl⁻¹; Tipo 3 (PH menor entre 72 e 75 kg hl⁻¹; Tipo 2 (PH entre 75 e 78 kg hl⁻¹); Tipo 1 (PH maior do que 78 kg hl⁻¹). Sendo que esta última é a classificação mais desejada pelos produtores pois, é utilizado na classificação e comercialização do trigo o peso hectolitro é influenciado pela uniformidade, forma, densidade e tamanho do grão, além do conteúdo de matérias estranhas e quebrados da amostra. Sendo assim, quanto

maior o peso hectolitro, maior o rendimento de farinha e, melhor a qualidade do produto (NUNES et al., 2011). Portanto, mesmo tendo ocorrido diminuição do peso por hectolitro das cultivares em relação as épocas de semeadura, todas as cultivares resultaram em trigo tipo 1 nas épocas de abril e maio (PH maior que 78 kg hl⁻¹).

Tabela 12 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para grãos por espiga, fertilidade de espiga e peso hectolitro

Cultivares	Épocas		
	Março	Abril	Maio
Grãos por espiga			
CD 108	26,77 aA	26,45 bB	33,92 aA
TBio Sintonia	27,45 aA	33,35 abA	27,00 aA
TBio Sossego	26,82 aA	35,15 aA	29,72 aA
TBio Toruk	28,52 aA	35,52 aA	28,62 aA
Fertilidade de espiga			
CD 108	2,24 aA	1,89 abA	2,18 aA
TBio Sintonia	1,61 abA	1,74 bA	1,31 bA
TBio Sossego	1,72 abB	2,34 aA	1,72 abB
TBio Toruk	2,09 bAB	2,37 aA	1,81 abB
Hectolitro (kg hl ⁻¹)			
CD 108	74,1 bC	89,8 aA	85,5 aB
TBio Sintonia	80,8 aB	87,9 aA	81,0 bB
TBio Sossego	69,1 cC	86,6 aA	79,3 bB
TBio Toruk	74,3 bB	86,1 aA	83,2 abA

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre cultivares de trigo e maiúsculas nas linhas para épocas de semeadura) diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$.

1.3.1.4 Avaliações Qualitativas

1.3.1.4.1 Teores de macronutrientes em grãos de cultivares de trigo

Para os macronutrientes nos grãos das cultivares de trigo, observou-se que houve efeito significativo ($P < 0,05$) para P, K, Ca e Mg, avaliados nos grãos de duas cultivares de trigo para o fator épocas (Tabela 13). Entretanto, observou-se que, em função das épocas de semeadura, os macronutrientes N e S (Tabela 13) não apresentaram diferença estatística, enquanto que os macronutrientes P, K, Ca e Mg (Tabela 13), apresentaram melhores respostas na época de março.

Segundo Pauletti (1998), são exportadas as seguintes quantidades de macronutrientes: N (20,1 g kg⁻¹); P (3,2 g kg⁻¹); K (3,5 g kg⁻¹); Ca (0,2 g kg⁻¹); Mg (0,8 g kg⁻¹) e S (1,2 g kg⁻¹) de grãos de trigo.

A produtividade das culturas, a qualidade de grãos e consequentemente a qualidade dos produtos são afetadas diretamente pela disponibilidade de nutrientes nos sistemas de produção (SCHULTHESS et al., 1997, ORTIZ-MONASTERIO et al., 2007).

Tabela 13 - Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Cultivares						
CD 108	85,92	18,65	19,65	1,93	3,93	5,38
TBio Sossego	89,71	16,10	19,66	1,72	3,25	6,28
CV (%)	7,51	17,10	16,19	16,91	21,73	23,13
Épocas						
Março	96,09	21,55 a	25,32 a	2,25 a	4,70 a	6,32
Abril	79,54	13,23 b	13,98 b	1,41 b	2,48 b	5,34
CV (%)	34,1	20,80	23,65	37,69	15,33	17,13
Probabilidade	(P > F)					
Cultivares (A)	0,2946	0,2538	0,9967	0,5798	0,0885	0,1690
Épocas (B)	0,3507	0,0014	0,0004	0,0016	0,0013	0,1983
A × B	0,0026	0,7719	0,2501	0,6499	0,9836	0,2038

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, p≤0,05

Houve interação entre cultivares e época para o teor de N nos grãos. Observou-se que o teor de N foi maior na cultivar TBio Sossego na época de semeadura de março (Tabela 14). O nitrogênio exerce efeito direto no teor de proteínas nos grãos, devido ser constituinte dos aminoácidos (GOMES JÚNIOR et al. 2005).

Tabela 14 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para nitrogênio nos grãos

Cultivares	Épocas	
	Março	Abril
	N (g kg ⁻¹)	
CD 108	86,08 bA	85,77 aA
TBio Sossego	106,10 aA	73,23 bB

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre cultivares de trigo e maiúsculas nas linhas para épocas de semeadura) diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$.

1.3.1.4.2 Avaliação de Amido, pH, proteína total, acidez, cinzas e fibras

Para os componentes amido, pH, acidez, cinzas e fibras nas duas cultivares e nas duas épocas estudadas observou-se interação apenas para o componente de acidez (Tabela 15). Para amido não houve diferença entre as duas cultivares, apenas para a época de abril que apresentou maior valor. A farinha de trigo é constituída por cerca de 70 a 75% de amido, 12 a 14% de água, 8 a 16% de proteínas, 2% de lipídios, 1% de cinzas e de 2 a 3% de polissacarídeos não amiláceos, podendo variar conforme os cultivares (MORITA et al., 2002). Os amidos também apresentam pequenas quantidades de minerais os quais não interferem nas suas propriedades funcionais, exceto para o fósforo que desempenha papel importante em suas propriedades funcionais (LIM; KASEMSUWAN; JANE, 1994).

O pH não apresentou diferença entre as cultivares estudadas, mas sim para época de semeadura, sendo a época de março a que resultou em maior valor (Tabela 15). Normalmente as indústrias moageiras estabelecem padrões de qualidade para as farinhas que dentre outras, incluem a determinação do teor de água, teor de cinzas, acidez total titulável e o pH (GRAS et al., 2000, MIRALBÉS, 2004).

O valor do pH é de grande importância para o reconhecimento dos tratamentos sofridos pela farinha. O valor de pH deve oscilar entre 6,0 e 6,8 para farinhas de trigo (NITZKE; THYS, 2017). De acordo com os resultados obtido pela análise nas duas cultivares e nas duas épocas os valores de pH se encontram dentro do permitido pela legislação.

Para cinza e fibras, não se observou diferença significativa entre as cultivares e também nas épocas (Tabela 15). Cinzas é considerado um importante critério de qualidade de farinha de trigo (MANDARINO, 1993; RASPER; WALKER, 2000). Sua

análise pode ser utilizada como um indicador de qualidade. Na indústria seu conteúdo é utilizado para o cálculo da curva de cinzas, a qual mede a eficiência do processo de moagem (POSNER, 2000; GUARIENTI, 1996).

Grãos pequenos e grãos murchos apresentam maior percentual de farelo e germe, apresentando maior conteúdo de cinzas e fibras que os grãos grandes e cheios. O teor de cinzas do trigo tem uma relação inversa com o rendimento da farinha (GAINES; FINNEY; ANDREWS, 1997). Alimentos com conteúdo de fibra alimentar superior a 6 g por 100 g de alimento, podem ser atribuídos como “alto teor de fibras” (BRASIL, 2012).

Tabela 15 - Amido, pH, proteína total, acidez, cinzas e fibras em duas cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura

Tratamentos	Amido %	pH	Proteína Total (%)	Acidez (ml NaOH/100g)	Cinzas (%)	Fibras (%)
Cultivares						
CD 108	40,82	6,61	4,88	2,50	0,75 a	13,42 b
TBio Sossego	45,60	6,60	5,11	2,46	0,40 b	15,82 a
CV (%)	12,50	1,20	7,52	8,28	24,56	8,26
Épocas						
Março	29,71 b	6,70 a	5,47	2,08	0,58	12,3 b
Abril	56,71 a	6,51 b	4,53	2,88	0,57	16,8 a
CV (%)	6,13	1,36	34,18	14,08	26,37	13,37
Probabilidade	(P > F)					
Cultivares (A)	0,1270	0,8567	0,2972	0,7275	0,0027	0,0073
Épocas (B)	0,0003	0,0232	0,3510	0,0195	0,9521	0,0197
A × B	0,7342	0,5528	0,0027	0,0052	0,6649	0,8275

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

Houve interação entre cultivares e época para os componentes de acidez e proteína total. Observou-se que a variável acidez foi maior na cultivar CD 108 na época de semeadura de abril (Tabela 16). Isso pode estar relacionado ao fato da época de abril ter apresentado os menores índices de chuva no período de enchimento dos grãos. A acidez é um componente importante para a qualidade de farinha de trigo. A farinha de trigo geralmente apresenta aumento na acidez quando armazenada por mais tempo, ocasionando assim a produção de ácidos graxos, hidrólises de proteínas entre outros fenômenos (ORTOLAN et al., 2010).

Para a variável proteína total observou-se que o maior teor foi encontrado na cultivar TBio Sossego na época de semeadura de março (Tabela 16), no entanto, esses valores são classificados como muito baixos ($\leq 9,0\%$). Segundo BUSHUK (1995), o teor de proteína do grão de trigo varia em função de fatores agronômicos e ambientais, no entanto a qualidade das proteínas é uma característica genotípica.

A diferença no teor de proteína total dos grãos deve-se à diversidade dos materiais estudados. Os teores de proteína podem variar significativamente para determinada cultivar dependendo das condições de clima e solo, sob as quais o trigo é cultivado (TURNBULL; RAHMAN, 2002).

Tabela 16- Desdobramento da interação cultivares de trigo e diferentes épocas de semeadura para acidez e proteína total

Cultivares	Épocas	
	Março	Abril
Acidez (ml NaOH/100g)		
CD 108	1,88 bB	3,12 aA
TBio Sossego	2,28 aB	2,64 bA
Proteína Total (%)		
CD 108	4,90 bA	4,89 aA
TBio Sossego	6,04 aA	4,18 Bb

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre cultivares de trigo e maiúsculas nas linhas para épocas de semeadura) diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$.

1.3.2 Safra 2018

Na safra 2018 apenas foram avaliadas as plantas de trigo semeadas na primeira época, pois nas semeaduras de abril e de maio o déficit hídrico intenso devido à falta de chuvas não permitiu o desenvolvimento das plantas.

1.3.2.1 Teores de macronutrientes nas folhas de trigo

1.3.2.1.1 Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S em folhas bandeira de cultivares de trigo

Para os teores de P, Ca, Mg e S nas folhas não se observou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares (Tabela 17). No entanto, para os macronutrientes N e K observou-se maior teor de N na cultivar TBio Toruk e maiores

teores de K nas cultivares CD 108 e TBio Toruk. Todos macronutrientes exceto para o N, independente da cultivar, apresentaram-se fora da faixa considerada adequada para as folhas de trigo de acordo com Malavolta et al. (1997), que recomenda as faixas ideais para N entre 30 - 33 g kg⁻¹, para P entre 2,0 - 3,0 g kg⁻¹, e para K entre 23 e 25 g kg⁻¹, para Ca entre 14 g kg⁻¹, para Mg entre 4,0 g kg⁻¹ e para S 4,0 g kg⁻¹. Esse resultado está associado com as condições climáticas, que, quando comparadas com as condições climáticas do ano anterior, ofereceu menos água durante todo o ciclo da cultura (Tabela 2).

Tabela 17 - Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S em folhas bandeira de cultivares de trigo. Botucatu 2019

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Cultivares						
CD 108	40,65 b	0,34	18,47 a	2,43	0,82	2,36
TBio Sintonia	40,95 b	0,36	14,54 b	1,98	0,97	2,01
TBio Sossego	43,66 b	0,49	15,40 b	2,01	0,79	2,55
TBio Toruk	45,93 a	0,38	18,54 a	2,27	0,79	2,99
CV (%)	5,02	33,57	3,69	15,39	18,70	31,98
Probabilidade	(P > F)					
Cultivares (A)	0,0216	0,4115	0,0000	0,2479	0,3566	0,4178
Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, p≤0,05						

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, p≤0,05

1.3.2.2 Avaliações Fisiológicas

1.3.2.2.1 Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo

Analisando as leituras com o índice SPAD aos 3, 7 e 11 DAE (Tabela 18), pode-se observar que apenas na leitura 3 DAE houve diferenças entre as cultivares, com maiores valores nas cultivares CD 108 e TBio Sossego em relação ao cultivar TBio Sintonia, porém, sem diferir TBio Toruk.

Huseynova (2012), trabalhando com genótipos de trigo sob irrigação normal (100% da ETc) e déficit hídrico severo, observou que a escassez de água reduziu as leituras da clorofila nas áreas não irrigadas. Junior et al. (2016) ao caracterizarem as variedades da cana-de-açúcar submetidas a 100% da ETc (máxima irrigação requerida pela cultura) e sequeiro (sem irrigação) também constataram reduções nos teores de clorofila em condições de sequeiro.

Tabela 18 - Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD)

Tratamentos	SPAD		
	3 DAE	7 DAE	11 DAE
Cultivares			
CD 108	52,50 a	51,47	49,47
TBio Sintonia	48,97 b	49,85	47,80
TBio Sossego	52,65 a	48,40	51,52
TBio Toruk	51,15 ab	50,32	47,47
CV (%)	2,78	3,77	4,83
Probabilidade	(P > F)		
Cultivares (A)	0,0186	0,2120	0,1298

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

1.3.2.2.2 Taxa de assimilação de CO₂ na folha bandeira de plantas de trigo

Os valores de taxa de assimilação de CO₂ (A) aos 3 DAE, 7 DAE e 11 DAE estão apresentados na Tabela 19. Observou-se que nenhuma das leituras diferiram entre as cultivares em estudo. Os valores obtidos na safra 2018 ficaram abaixo dos observados para a mesma época da safra de 2017.

A fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais sensíveis ao calor (DEMIREVSKA-KEPOVA et al., 2005), com redução da produção de clorofila (RISTIC et al., 2007). No entanto, a respiração aumenta acentuadamente com a elevação da temperatura (TAIZ, ZEIGER; 2004). E como consequência, ocorre redução na síntese de amido e na deposição do mesmo nos grãos, afetando negativamente a produtividade (HARDING et al., 1990). A tolerância ao estresse por calor está associada à capacidade de genótipos em manter as taxas fotossintéticas estáveis sob altas temperaturas (BLUM et al., 1994).

Tabela 19 - Taxa de assimilação de CO₂ (A) nas folhas de bandeira de cultivares de trigo

Tratamentos	Assimilação de CO ₂ (A)		
	3 DAE	7 DAE	11 DAE
Cultivares			
CD 108	24,31	21,96	16,72
TBio Sintonia	28,32	20,92	17,17
TBio Sossego	28,13	25,14	19,26
TBio Toruk	21,65	22,36	19,58
CV (%)	17,50	22,08	30,00
Probabilidade	(P > F)		
Cultivares (A)	0,1761	0,6787	0,8379

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

1.3.2.3 Avaliações fitotécnicas

1.3.2.3.1 Altura de planta, altura de espiga, diâmetro de colmo e AF (Área foliar), em cultivares de trigo

Entre os componentes avaliados observou-se menor altura de plantas da cultivar TBio Toruk (Tabela 20), assim como observado na safra 2017 (Tabela 2). Plantas da cultivar TBio sintonia atingiram maior estatura, não diferindo significativamente ($p < 0,05$) da cultivar TBio sossego, que foi a cultivar com maior AF (Tabela 20). O diâmetro de colmo e o comprimento de espiga não diferiram ($p < 0,05$) em função da cultivar estudada. Os componentes de produção altura de planta, número de plantas e perfilhos são influenciados por uma série de interações, principalmente a resposta a doses de água e adubação nitrogenada (MEGDA et al., 2009; ESPINDULA et al., 2010; BOSCHINI et al., 2011).

Pozo (1988), estudando diferentes épocas de semeadura, observou efeitos da radiação e da temperatura tanto no crescimento, quanto na produtividade de trigo, porém, à medida que houve atraso na época de semeadura a cultura cresceu em temperaturas mais altas, obtendo como consequência na pós antese, menor área foliar, menor radiação absorvida e também menor exposição à radiação, e como consequências obteve-se a diminuição da produção de matéria seca e número de grãos, quanto na pós antese o aumento da temperatura diminuiu a massa de grãos.

Tabela 20 - Altura de plantas, altura de espiga, diâmetro de colmo e área foliar (AF) em cultivares de trigo

Tratamentos	Altura (cm)	Altura de espiga (cm)	Diâmetro de colmo (mm)	AF (cm ²)
Cultivares				
CD 108	46,32 bc	6,82	2,37	173,13 b
TBio Sintonia	52,55 a	6,37	1,97	194,48 b
TBio Sossego	48,92 ab	8,02	2,22	353,14 a
TBio Toruk	41,17 c	6,05	2,21	245,18 b
CV (%)	5,81	17,19	13,39	17,88
Probabilidade	(P > F)			
Cultivares (A)	0,0016	0,1605	0,3675	0,0010

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

1.3.2.3.2 Grãos por espiga, fertilidade de espiga, peso de mil grãos, produtividade de grãos e peso hectolitro

Os resultados de grãos por espiga, fertilidade de espiga, peso de mil grãos, produtividade e peso hectolitro estão apresentados na (Tabela 21). Para as variáveis, grãos por espiga, fertilidade de espiga, peso de mil grãos e peso hectolitro houve diferença entre as cultivares estudadas. A produtividade de grãos não diferiu entre as cultivares e os valores ficaram muito abaixo da produtividade média para o estado de São Paulo que foi 1.992,5 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018).

Porém, cabe ressaltar que a cultivar TBio sossego, que foi a cultivar com maior IAF (Tabela 21), produziu 475 kg ha⁻¹ de grãos a mais em relação à TBio Toruk. Na cultivar CD 108 o menor número de espigas por área não reduziu a produtividade em relação às demais cultivares em função do maior número de grãos por espiga obtido por esse material. Isso pode ser justificado pelo volume de chuvas durante o ciclo da cultura que foi de 183,4 mm, enquanto na safra de 2017 no mesmo período se observou um índice de 478,8 ou seja um volume de 2,5 vezes a mais (Tabela 2). O trigo é uma planta bastante sensível ao déficit de água, quando o déficit de água ocorre entre início do florescimento e a fase de grão leitoso, ocorrem as maiores reduções no rendimento dos grãos (FRIZZONE e OLITTA 1990).

O excesso de calor nas plantas, induz a perdas tanto quantitativas como qualitativas na produção, encurta a duração do ciclo, reduzi a área foliar, a estatura e a percentagem de fecundação das flores, acelera o período de enchimento e a senescência e diminui o peso médio dos grãos do trigo (RIBEIRO et al., 2009).

Tabela 21 - Grãos por espiga, números de espigas, fertilidade de espiga, peso de mil grãos, produtividade de grãos e peso hectolitro em cultivares de trigo

Tratamentos	Grãos por espiga	Fertilidade (esp pl ⁻¹)	Peso de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Hectolitro (kg hl ⁻¹)
Cultivares					
CD 108	33,52 a	2,48 a	34,07 bc	817	79,31 a
TBio Sintonia	31,82 ab	1,89 ab	31,16 c	1005	76,38 ab
TBio Sossego	27,75 ab	1,78 b	32,25 b	1225	77,57 ab
TBio Toruk	25,02 b	1,72 b	37,21 a	750	72,42 b
CV (%)	10,88	14,86	2,93	29,98	3,75
Probabilidade	(P > F)				
Cultivares (A)	0,0175	0,0179	<0,000	0,2709	0,0419

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

1.4 Conclusões

- 1 A semeadura de trigo no mês de março foi a que promoveu maior estabilidade produtiva de trigo de sequeiro em condição de clima tropical de altitude. Em ano com outono mais chuvoso, a semeadura de abril, além de promover boa produtividade de grãos, gera grãos com maior teor de amido e peso hectolitro. Porém, mais estudos se fazem necessários já que no ano de 2017 a distribuição de chuvas nos meses de março e abril foram atípicas e acima do normal.
- 2 As cultivares TBio Sintonia e TBio Sossego, semeadas na época de março, apresentaram maiores produtividades de grãos, para a região onde o experimento foi instalado.

REFERÊNCIAS

- AMINZADEH, G. Evaluation of seed yield stability of wheat advanced genotypes in Ardabil, Iran. *Research Journal Environmental Sciences*, v. 4, p. 478–482, 2010.
- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 19. ed. Gaithersburg, 2012.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.
- BATISTA, F. P. S. Potencial de tolerância à seca de genótipos de trigo e soja em condição de Cerrado. 2017. 180 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília.
- BAYOUMI, T. Y.; EID, MANAL, H.; METWALI, E. M. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology*, v. 7, n. 14, 2008.
- BLUM, A.; SINMENA, B. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. *Field Crops Research*, v.37, n.3, p.185-191, 1994.
- BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. Trigo: do plantio à colheita. Viçosa-MG: Editora UFV, 2015. 260 p.
- BRASIL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet, Paulo Tiglea 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: SNAD/DNDV/CLAV, 2009. 398 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispões sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. DOU. Diário Oficial da União, Poder Executivo, DF, Brasília, 2012.
- BUSHUK, W. Flour proteins: structure and functionality in dough and bread. *Cereal Foods World*, v. 30, n. 7, p.447-451, 1985.
- BYERS, M.; FRANKLIN, J.; SMITH, S. J. The nitrogen and sulphur nutrition of wheat and its effect on the composition and baking quality of the grain. *Aspects of Applied Biology, Cereal Quality*, v. 15, p. 337-344, 1987.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAEZ, V. H. V.; BARROS, N.F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG; Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.551-594.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - safra 2017/2018- segundo levantamento. Brasília-DF: Conab, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 03 out. 2019.

COSTA, M. G. da; SOUZA, E. L. de; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 2, n. 1, p. 220-225, jan.-mar. 2008.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu, SP. Irriga, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DE BONA, F. D.; DE MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Manejo nutricional da cultura do trigo. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 154, p. 1-16, jun. 2016.

Demirevska-Kepova K, Holzer R, Simova-Stoilova L, Feller U. 2005. Heat stress effects on ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, Rubisco binding protein and Rubisco activase in wheat leaves. *Biologia Plantarum* 49: 521-525.

EL-DASH, A; MIRANDA de M. Z. Farinha integral de trigo germinado. Características Nutricionais e estabilidade ao armazenamento. Cien. Tecnol. Alim., Campinas, v. 22, n. 3, p. 216-223, 2002.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

Endres, L.; Souza, J. L. de; Teodoro, I.; Marroquim, P. M. G.; Santos, C. M dos; Britos, J. E. D. de. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.11-16, 2010.

ESPINDULA, M. C.; CAMPANHARO, M.; ROCHA, V. S.; MONNERAT, P. H.; FAVARATO, L. F. Composição mineral de grãos de trigo submetidos a doses de sulfato de amônio e trinexapac-etil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 513-520, out.-dez. 2010.

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, M.A.de; GROSSI, J.A.S.; SOUZA, L.T.de. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 6, 1404-1411 p., 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência & Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FOLONI, J.S.S.; ECHER, F.R.; CRESTE, J.E.; VILASBOAS, G.A. Ureia e nitrato de amônio via pulverização foliar no trigo. *Cultura Agronômica*, v.18, p.83-94, 2009.

FRIZZONE, Jose A.; OLITTA, Antonio F. L. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento e na produção do trigo. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 23-36; 1990.

GAINES, C. S.; FINNEY, P. L.; ANDREWS, L. C. Influence of kernel size and shriveling on soft wheat milling and baking quality. *Cereal Chemistry*, v. 74, n. 6, p. 700-7004, 1997.

GARDNER, P.F.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. *Physiology of crop plants*. Iowa: Iowa State Univ. Press. 1985. 337p.

GOMES JÚNIOR, F. G. et al. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005.

GONDIM, T. C. O.; ROCHA, V. S.; SEDIYAMA, C. S.; MIRANDA, G. V. Análise de trilha para componentes de rendimento e caracteres agrônômicos de trigo sob desfolha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.487-493, 2008.

GRAS, P.W.; CARPENTER, H.C.; ANDERSSSEN, R.S. Modelling the developmental rheology of wheat-flour dough using extension tests. *Journal of Cereal Science*, v.31, p. 1-13, 2000.

GUARIENTI, E. M. Qualidade industrial de trigo. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36p. (EMBRAPA-CNPT. Documento, 27).

HARDING, S.A.; GUIKEMA, J.A.; PAULSEN, G.M., Photosynthetic decline from high temperature stress during maturation of wheat.II. Interaction with source and sink processes. *Plant Physiology*, v.92, n.3, p.654–658, 1990.

HUSEYNOVA, I. M. Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of leaves from wheat cultivars exposed to drought. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics*, v. 1817, n 8, pp 1516–1523, 2012

HUSEYNOVA, I.M., Rustamova, S.M., Suleymanov, S.Y. et al. *Photosynth Res* (2016) 130: 215.

IQBAL, M.; HUSSAIN, I.; LIAQAT, H.; ARSLAN, A. M.; RASHEED, R.; REHMAN, A. U. Exogenously applied selenium reduces oxidative stress and induces heat tolerance in spring wheat. *Plant Physiol Biochem*, v. 94, pp 95–103, 2015.

JARVAN, M.; EDESI, L.; ADAMSON, A.; LUKME, L.; AKK, A. The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. *Agronomy Research*, v.6, p.459-469, 2008.

KOSAR, F.; AKRAM, N.A.; ASHRAF, M. Exogenously-applied 5-aminolevulinic acid modulates some key physiological characteristics and antioxidative defense system in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings under water stress. *South African Journal of Botany*, 96:71–77, 2015.

LIM, S.; KASEMSUWAN, T.; JANE, J. Characterization of phosphorus in starch by P-nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Cereal Chemistry*, v.71, p.488-493,1994.

LONG, S.P.; AINSWORTH, E.A.; LEAKEY, A.D.B.; NÖSBERGER, J.; ORT, D.R. Food for thought: lower-thanexpected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. *Science*, v.312, p.1918-1921, 2006.

MAHMOOD, N.; CHOWDHRY, M. A. Removal of green photosynthetic structures and their effects on some yield parameters in bread wheats. *Wheat information service*. 85: 14-20. 1997. YOKOHAMA, JAPÃO.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.

MANDARINO, J. M. G. Aspectos importantes para qualidade do trigo. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1993. 32p. (Documentos, 60).

MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3. ed. New York: Academic Press, 2012. 651 p.

MEGDA, M.M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M.M.C.; VIEIRA, M.X. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob semeadura direta e irrigação por aspersão. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 4, 1055-1060 p., 2009.

MIRALBÉS, C. Quality control in the milling industry using near infrared transmittance spectroscopy. *Food Chemistry*, v.88, p.621-628, 2004.

MORAES FERNANDES, M. I. B. de. Genética e novas biotecnologias no melhoramento de trigo. Passo Fundo, 2000. Documentos online n. 4, Embrapa Trigo, 4p. html. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do04.htm>. Acesso em: 20 de Nov. 2018.

MORITA, N. et al. Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. *Cereal Chemistry*. v.79, p.491-495, 2002.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, v. 153, n. 2, p. 375-380, 1944.

NITZKE, J. A.; THYS, R. C. S. Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos (ICTA). Glúten. Disponível em: Acessado em: 15/09/2019

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MOTA, L. H. S. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, out./dez. 2011.

ORTIZ-MONASTERIO, J. I. et al. Enhancing the mineral and vitamin content of wheat and maize through plant breeding. *Journal of Cereal Science*, Kidlington, v. 46, n. 3, p. 293-307, 2007.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H. & MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, n. 1, p.55-59, 2010.

PAULETTI, V. Plantio direto: atualização tecnológica. São Paulo: Fundação Cargil, 1998.

POSNER, E. S. Wheat. In: KULP, K; PONTE, J. G. Handbook of cereal Science and technology. 2º ed. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 1-29.

POZO, Alejandro. El rol de la temperatura y radiacion solar en el crecimiento y la produccion del trigo primaveral, con diferentes epocas de siembra. v. 48, p. 242-251, 1988.

RAIJ, B. van. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

RASPER, V. F.; WALKER, C. E. Quality evaluation of cereals and cereal products. In: KULP, K; PONTE, J.G. Handbook of cereal science and technology. 2º ed. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 505-537.

RIBEIRO, G.; Pimentel, A.J.B; Souza, M.A.; Rocha, J.R.A.S.C.; Fonseca, W.B. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.18, n.2, p.133-142, 2012.

RISTIC, Z.; BUKOVNIK, U.; PRASAD, P.V.V. Correlation between heat stability of thylakoid membranes and loss of chlorophyll in winter wheat under heat stress. *Crop Science*, 47:2067-2073, 2007.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.; MARCHESE, J. A. Fifty years of wheat breeding in Southern Brazil: yield improvement and associated changes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 817-825, 2007.

ROOZEBOOM, K. L.; SCHAPAUGH, W. T.; TUINSTRA, M. R.; VANDERLIP, R. L.; MILLIKEN, G. A. Testing wheat in variable environments: genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. *Crop Science*, Madison-USA, v. 48, n. 3, p. 317-330, 2008.

SCHEEREN, P. L. Trigo no Brasil. In: CUNHA, G. R.; TROMBINI, M. F. Trigo no Mercosul: coletânea de artigos. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 122-133.

SCHOEFS B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. *Trends in Food Science & Technology*, v.13, 361-371, 2002.

SCHULTHESS, U. et al. Yield-independent variation in grain nitrogen and phosphorus concentration among Ethiopian wheats. *Agronomy Journal*, Madison, v. 89, n. 3, p. 497-506, 1997.

SHEWRY, P.R. Cereal seed storage protein. In: KIGEL, J.; GALILI, G. Seed development and germination. New York: Marcel Dekker, p.45-72, 1995.

SILVA, E. R.; OLIVEIRA, J. N.; RUBIO, C. P.; LYRA, G. A.; STEINER, F. Épocas de semeadura do trigo para a região centro-sul mato-grossense. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 5, n. 1, p. 23-27, jan./mar. 2018. ISSN 2358-6303.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F. de; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; SILVA, J. A. G. da; CAETANO, V. da R.; HARTWIG, I.; SOUSA, C. da S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo (*Triticum aestivum* L.). Bragantia, v.64, p.191-196, 2005.

SLAFER, G. A. Wheat development: its role in phenotyping and improving crop adaptation. In WHEAT Physiological Breeding I: Interdisciplinary Approaches to Improve Crop Adaptation (M. Reynolds, A. Pask; D. Mullan), p. 107–121, 2012.

STREIT, Nivia Maria et al. As clorofilas. Cienc. Rural, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, June 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Tradução de SANTARÉM, E.R. et al., 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TURNBULL, K. M.; RAHMAN, S. Endosperm Texture in Wheat. Journal of Cereal Science, v. 36, p.327-337, 2002.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE Wheat: world markets and trade. Washington-USA: USDA, 2017 Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-wheat.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

VARGA, B.; VIDA, G.; VARGA-LÁSZLÓ, E.; BENCZE, S.; VEISZ, O. Effect of Simulating Drought in Various Phenophases on the Water Use Efficiency of Winter Wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, v. 201, n. 1, p. 1–9, 2015.

VIANA, Eloise Mello; KIEHL, Jorge de Castro. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. Bragantia, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, Dec. 2010.

WINTER wheat growers calendar. In: Winter production manual. Saskatoon: University of Saskatchewan, 2013. Chap. 6. Direct-seeding equipment. Disponível em: < <https://www.growwinterwheat.ca/documents/winter-wheat-production-manual.pdf> >. Acesso em: 24 out 2019.

CAPÍTULO 2

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO COM A ESCARIFICAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO DE LONGA DURAÇÃO

RESUMO

A cultura do trigo é de extrema importância para o Brasil, porém sua produção é baixa e não consegue atender a demanda existente. Existe um bom potencial para o crescimento da produção, principalmente como trigo de sequeiro no Cerrado, em sucessão à soja, porém, o sucesso da cultura nessa região vai depender da adaptação de cada cultivar e também do manejo do solo aplicado na condução da cultura. Dentro deste enfoque, o trabalho teve como objetivo, avaliar, em condições de sequeiro, a produtividade e a qualidade de grãos de cultivares de trigo e em função do manejo do solo em uma região de clima tropical de altitude. A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), no ano agrícola 2017/2018. Foram cultivadas quatro cultivares de trigo em dois manejos de solo distintos. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas e subparcelas foram constituídas por dois manejos de solo (plantio direto e cultivo mínimo escarificado) e quatro cultivares de trigo (CD 108, TBio Sintonia, TBio Sossego e TBio Toruk). Na cultura do trigo foram avaliadas a produtividade, componentes de produção, diagnose foliar, atividade fotossintética, conteúdo de clorofila, além de parâmetros relacionados à qualidade de grãos. Independente do manejo do solo no presente trabalho as cultivares mais indicadas para a região são a CD 108 e a TBio Sossego. Mesmo sendo um período seco em um solo compactado, a descompactação mecânica do solo com escarificador não aumentou a produtividade do trigo, não sendo necessária essa prática.

Palavras-chaves: *Triticuma estivum* L.. Manejo de solo. Plantio direto.

ABSTRACT

Wheat cultivation is extremely important for Brazil, but its production is low and cannot meet the existing demand. There is a good potential for growth in production, mainly as rainfed wheat in the Cerrado, in succession to soybeans, however, the success of the crop in this region will depend on the adaptation of each cultivar and also on the management of the soil applied in conducting the crop. Within this focus, the work aimed to evaluate, under rainfed conditions, the productivity and quality of grains of wheat cultivars and as a function of soil management in a region of high altitude tropical climate. The research was carried out at the Fazenda Experimental Lageado, belonging to the Faculty of Agronomic Sciences - UNESP, located in Botucatu, SP, Brazil, in the agricultural year 2017/2018. Four wheat cultivars were grown in two different soil managements. The experimental design was in randomized blocks, in a split plot scheme, with four replications. The plots and subplots consisted of two soil managements (no-tillage and minimal cultivation) and four wheat cultivars (CD 108, TBio Sintonia, TBio Sossego and TBio Toruk). In wheat culture, productivity, production components, leaf diagnosis, photosynthetic activity, chlorophyll content, and parameters related to grain quality were evaluated. Regardless of soil management in the present study, the most suitable cultivars for the region are CD 108 and TBio Sossego. Even though it was a dry period in compacted soil, mechanical soil unpacking with a chisel did not increase wheat productivity, and this practice is not necessary.

Key-words: *Triticum aestivum* L.. Soil management. No-till.

2.1 Introdução

A cultura do trigo, nas regiões onde é tradicionalmente cultivado no Brasil, sempre foi importante, principalmente em parceria com a cultura da soja, no tocante ao aumento da sustentabilidade da agricultura (EMBRAPA, 2017). Sua adaptabilidade está relacionada com as condições de adaptação de cultivares, as condições climáticas, manejo do solo e rotação de culturas (EMBRAPA, 2014). A exploração agrícola necessita se tornar cada vez mais sustentável, e nesse caso, o sistema plantio direto se apresenta como um sistema conservacionista que

apresenta inúmeras vantagens (CAMARA; KLEIN, 2005), tais como, diminuição dos gases de efeito estufa, controle da erosão do solo e redução da temperatura, devido ao cultivo em cima da palhada, infiltração da água da chuva em menor quantidade, aumento da fertilidade do solo (LAZIA, 2012).

Solos com boa qualidade física apresentam boa capacidade de infiltração de água, baixo escoamento superficial e adequada porosidade (REICHERT et al., 2003).

Ralisch et al. (2001), estudando o efeito da escarificação sob um Latossolo Vermelho, de textura argilosa concluíram que essa operação resultou em efeitos imediatos na redução da resistência do solo à penetração. Ao comparar com o plantio direto, Secco e Reinert (1997) observaram que o uso de escarificadores proporcionou uma melhor porosidade total do solo, e que estas condições têm efeito residual de até 10 meses após o preparo.

A compactação do solo é considerada uma das maiores limitações ao rendimento das culturas no mundo, pois afeta o crescimento do sistema radicular, diminui a capacidade de infiltração de água, reduz a disponibilidade de nutrientes, resultando em uma pequena camada a ser explorada pelas raízes (FREITAS, 1994).

Os maiores rendimentos de produção são em áreas manejadas sob sistema de plantio direto, quando comparadas a áreas que estão menos estruturadas fisicamente e apresentam menor quantidade de palha (KLEIN et al., 2013). Porém, solos sob sistema de plantio direto tendem a ter maior densidade do que solos escarificados, isso aumenta a retenção de água, mas, nem sempre está disponível às plantas (KLEIN et al., 2008).

A escarificação pode reduzir os efeitos negativos da compactação, diminuindo a densidade do solo e sua resistência à penetração (ABREU et al., 2004), melhorando também o ambiente do solo para o armazenamento e movimentação de água (VEIGA et al., 2006). Contudo, depois de realizada essa operação, o solo estará novamente susceptível à compactação, uma vez que a capacidade de suporte de carga do solo é reduzida (VEIGA et al., 2006).

Neste sentido o objetivo do trabalho foi avaliar, em condições de sequeiro e de solo com elevados valores de densidade a produtividade e a qualidade de grãos de cultivares de trigo em função do manejo do solo em uma região de clima tropical de altitude.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Caracterização e localização do experimento

O experimento foi conduzido nas safras 2017/2018 e 2018/2019 na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), apresentando como coordenadas geográficas 48° 23' de longitude Oeste de Greenwich e 22° 51' de latitude Sul, com altitude de 765 metros.

O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO AMARELO estruturado (EMBRAPA, 2006). De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, que caracteriza clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (CUNHA; MARTINS, 2009).

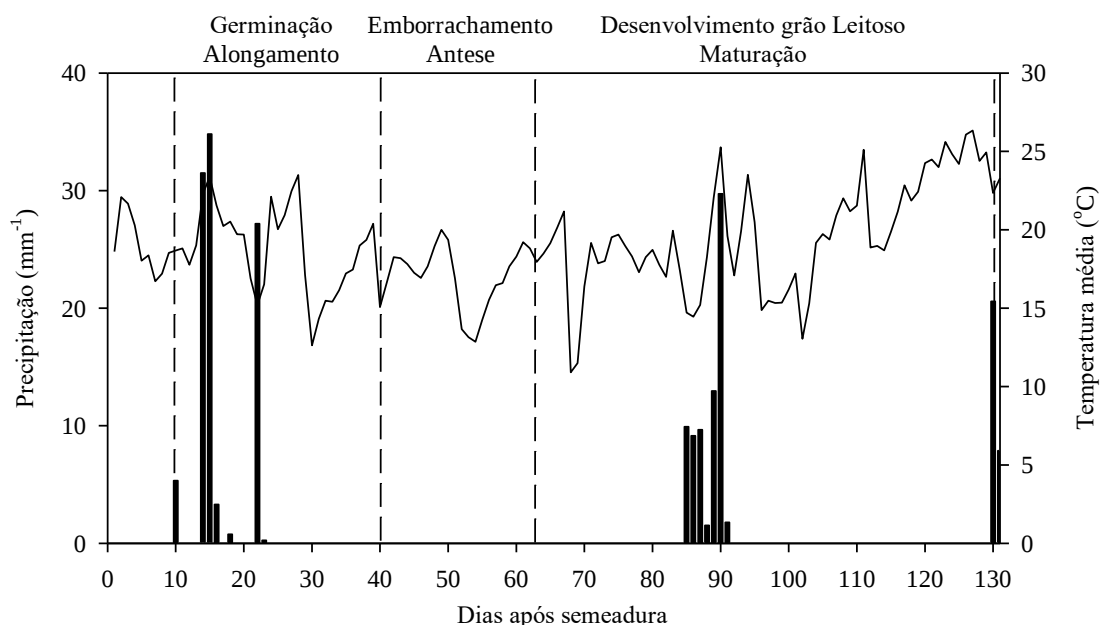
As temperaturas mínimas e máximas e precipitações pluviométricas diárias estão apresentadas na Figura 1, conforme estação agrometeorológica da FCA, distante 3 km da área experimental.

Antes da instalação do experimento realizaram-se amostragens para análises químicas (RAIJ et al., 2001), de granulometria e densidade do solo (EMBRAPA, 1997) nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-40 m, cujos resultados estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades químicas do solo

	Profundidade (cm)	
	0 – 20	20 – 40
pH (CaCl ₂)	4,9	4,1
P (mg dm ⁻³)	13,2	6,8
Al troc (mmol _c dm ⁻³)	1,5	8,1
H+Al ⁺³ (mmol _c dm ⁻³)	33,5	62,3
K (mmol _c dm ⁻³)	0,9	0,5
Ca (mmol _c dm ⁻³)	45,6	19,6
Mg (mmol _c dm ⁻³)	20,1	11
Argila (g kg ⁻¹)	655	705
Silte (g kg ⁻¹)	241	211
Areia (g kg ⁻¹)	104	84
Ds (kg dm ⁻³)	1,64	1,58

Figura 1 - Precipitação pluviométrica e temperatura média entre maio e setembro de 2017



2.2.2 Histórico da área, tratamentos e delineamento experimental

A área foi conduzida entre os anos de 2001 a 2005 em sistema de semeadura direta, com a rotação soja/ aveia-preta. Em 2006 iniciou-se a rotação de culturas em sistema de semeadura direta, com a utilização de sorgo granífero (*Sorghum vulgare*) e braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e no outono-inverno. Na primavera foram cultivadas espécies de cobertura, milheto (*Pennisetum glaucum* L.), crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) e sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L) Moench), antecedendo a soja como cultura de verão. A partir de 2017, iniciou-se o experimento com dois manejos de solo diferentes (plantio direto e escarificado anualmente), com quatro diferentes cultivares de trigo, tendo como cultura antecessora a soja.

O experimento foi conduzido em sistema de semeadura direta. Para as safras de 2017 e 2018, foram semeadas quatro diferentes cultivares de trigo, sendo nas safras 2016/2017 e 2017/2018 foi cultivado soja como cultura de verão. Os tratos culturais seguiram as recomendações de cada cultura para o estado de São Paulo. Os experimentos foram realizados em dois manejos de solo (plantio direto e escarificado), dos respectivos anos, com quatro cultivares distintas de trigo (CD 108,

TBio Sintonia, TBio Sossego e TBio Toruk). A densidade de semeadura visou o estabelecimento de 60 plantas m^{-1} , com espaçamento entrelinhas de 0,17m.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela constituída pelo manejo do solo e a subparcela pelas cultivares de trigo.

A instalação do experimento foi realizada em 01/12/2016 com a semeadura da soja. No dia 31/03/2017 foi realizada a colheita mecanizada da soja cultivada na área. No dia 09/05/2017 foi realizada a a escarificação do solo utilizando um arado escarificador com sete hastes, montados em duas barras paralelas sobre um quadro porta-ferramentas. As hastes, inclinadas para frente formando um ângulo em torno de 20° a 25°, foram posicionadas espaçadas entre si de 0,60 m, em cada barra, resultando em um espaçamento efetivo entre sulcos de 0,30 m, com profundidade de descompactação de 0,30 m. Essa operação foi efetuada com o solo apresentando consistência friável. Para a safra de 2017/2018, a semeadura da soja foi realizada no dia 08/11/2017, com a cultivar M 5917 IPRO, e a colheita foi realizada no dia 05/03/2018, quando todas as plantas se encontravam no seu estágio de maturação. A semeadura do trigo, foi mecanizada, realizada por meio da semeadora-adubadora para semeadura direta de fluxo contínuo, para a safra de 2018 foi realizada no dia 14/05/2018, no entanto, devido à escassez de chuvas na área nesse período não foi possível chegar até o momento da colheita.

Em ambas as safras, as sementes de trigo foram tratadas com Vitavax (Carboxina 200 g/L e Tiram 200 g/L) e Cruiser (Tiametoxam 350 g/L) na dose de produto comercial indicada para a cultura, e a adubação de semeadura constou da aplicação de 6, 21 e 12 kg ha^{-1} de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), utilizando-se 500 kg ha^{-1} da formulação NPK 4-14-8. A adubação de cobertura com N foi realizada no pleno perfilhamento, utilizando-se 40 kg ha^{-1} de N na fonte sulfato de amônio. O manejo fitossanitário para plantas daninhas, pragas e doenças foram realizadas seguindo recomendações técnicas para a cultura.

O volume de chuva durante o ciclo da cultura foi de 328,7 mm (12/05 a 19/09/2017) (Figura 1).

2.2.3 Variáveis Analisadas

2.2.3.1 Diagnose foliar do trigo

Para a diagnose foliar, realizaram-se amostragens no trigo, respectivamente, no momento em que mais de 50% das plantas encontravam-se estágio de florescimento. Para tanto, fez-se a coleta da folha bandeira em 50 plantas por unidade experimental. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, por 72 horas. Posteriormente o material foi moído em equipamento dotado de peneira com crivo de 1 mm. Em seguida, foram determinadas as concentrações de macronutrientes, de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

2.2.3.2 Taxa de assimilação de CO₂ na folha bandeira de plantas de trigo

A taxa de assimilação de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) foi determinada na folha bandeira no período de espigamento, pelo aparelho analisador de trocas gasosas por radiação infravermelha ("Infra RedGasAnalyser – IRGA", modelo LI-6400, LICOR), realizado em luz ambiente, a intensidade de luz utilizada para as leituras foi de 1000 $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. As leituras foram realizadas aos 3, 7 e 11 DAE da planta, entre as 9 e 11 hs da manhã.

2.2.3.3 Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo

Para determinação do índice de clorofila, foram realizadas leituras em 3 folhas bandeira no período de espigamento, com o uso do aparelho SPAD – 502. As leituras foram realizadas aos 3, 7 e 11 DAE da planta.

2.2.3.4 Área foliar (AF)

A determinação da área foliar foi realizada após coleta de dez plantas ao acaso representativas da área útil de cada subparcela quando as mesmas se encontravam em pleno florescimento. Foram retiradas todas as folhas de cada planta, as quais foram analisadas em integrador de área foliar de bancada LICOR, modelo 3100C.

2.2.3.5 Altura de plantas, comprimento de espigas e diâmetro de colmo

As medidas de altura de plantas, comprimento de espigas e diâmetro de colmo foram realizadas no estágio de pré-colheita em dez plantas ao acaso representativas da área útil de cada subparcela. A altura de plantas foi definida como sendo a

distância (cm) do colo até o ápice da planta, sendo essas medidas realizadas com fita métrica graduada em centímetros. Após a avaliação de altura, nas mesmas plantas foram realizadas medições de comprimento de espiga por meio de régua graduada em centímetros com precisão de 0,001 m, assim como o diâmetro de colmo com auxílio de um paquímetro analógico, executando-se a medição na altura do segundo entrenó a partir do nível do solo.

2.2.3.6 Número de grãos por espiga e fertilidade da espiga

Em 10 espigas ao acaso da área útil de cada subparcela, foram retiradas cuidadosamente todas as espiguetas, as quais foram contadas e em seguida debulhadas manualmente para separação dos grãos presentes. A quantidade de grãos foi determinada em contador automatizado, sendo calculado o número de grãos por espiga e o número de grãos por espiguetas. A fertilidade da espiga foi determinada pela divisão do número de grãos por espiga dividido pelo número de espiguetas de cada espiga.

2.2.3.7 Massa de 1000 grãos

Foi determinada pela média de pesagem dos grãos de oito subamostras de 100 grãos, por unidade experimental, e os resultados foram corrigidos para teor de água de 13% (Brasil, 2009).

2.2.3.8 Produtividade de grãos

Para esta avaliação foram colhidas manualmente as plantas contidas na área útil (que foi constituída por 10 linhas de 4 metros, totalizando uma área de 6,12 m²) de cada unidade experimental. Após esta operação, as espigas foram trilhadas em trilhadora estacionária, e os grãos pesados para posterior conversão dos resultados em kg ha⁻¹, corrigindo-se o teor de água para 13%.

2.2.3.9 Peso do hectolitro

Para a determinação do peso do hectolitro foi utilizada uma balança hectolétrica, com capacidade para um quarto de litro, cujos valores obtidos foram convertidos para kg hL⁻¹, de acordo com uma tabela conhecida, com correção de 13% de umidade (Brasil, 2005).

2.2.3.10 Caracterização físico-química dos grãos

Para a caracterização físico química dos grãos, foram avaliadas apenas as cultivares CD 108 e TBio Sossego, e as épocas de março e abril, pois foram os tratamentos com maior produtividade.

2.2.3.10.1 Cinzas

Para a determinação do teor de cinzas nos grãos, conteúdo que representa o total de resíduos inorgânicos contidos na amostra (substâncias não voláteis a 550 °C), utilizou-se o método de incineração. Foram pesadas, em triplicata, amostras com aproximadamente 3 g, em cadinho de porcelana tarados, e colocadas em mufla aumentando a temperatura até atingir 550 °C, em seguida deixadas por 2 horas ou até a calcinação completa. Após esse período as amostras foram colocadas em dessecador e pesadas para determinação da quantidade de cinzas (AOAC, 2012). Os resultados foram expressos na base seca em g 100 g⁻¹.

2.2.3.10.2 Amido

A determinação de amido nos grãos foi realizada pelo método enzimático. Amostras de 200 mg de amido foram pesadas em Erlenmeyers, em triplicata, e diluídas em 42 mL de água. Foram acrescentados 100 µL de solução comercial de alfa-amilase (Novozymes) às suspensões e colocadas em banho-maria a 90 °C durante 120 min, com agitação constante. Após resfriamento das amostras, acrescentou-se 1 mL de tampão acetato 4M, pH 4,8 e 100 µL de solução comercial amiloglucosidade (Novozymes) e as amostras retornaram para banho-maria a 60 °C por 120 minutos, com agitação constante. Após atingir temperatura ambiente, as amostras hidrolisadas foram transferidas para balões volumétricos de 250 mL e completado o volume com água destilada. Em seguida, 5ml da amostra foram transferidos para balões volumétricos de 100 mL, neutralizadas com NaOH (4M), completando o volume com água destilada e filtrada. Em seguida foram determinados o teor de açúcares redutores pelo método de Somogyi, adaptado por Nelson (1944), sendo feita a conversão para amido pela multiplicação da porcentagem de açúcar obtida pelo fator 0,9. Os resultados foram expressos na base seca em g 100g⁻¹.

2.2.3.10.3 pH e Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada através de titulação com NaOH 0,1 N até atingir o pH 8,2 a 8,3, utilizando solução alcoólica de fenolftaleína para determinação da mudança de cor. A suspensão de 10 g de amostra em 100 mL de água destilada foi agitada por 20 minutos, em seguida titulada. A acidez foi realizada em duplicata e expressa em mililitros de NaOH por 100 g de matéria pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008). O pH foi determinado por leitura direta do líquido sobrenadante, após mistura de 10 g da amostra em 100 mL de água destilada, realizados em duplicata pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

2.2.3.10.4 Fibras

Para determinar o teor de fibra bruta dos grãos, que representa o conteúdo total de fibras, utilizou-se o método de digestão ácido-base. Foram pesados, em triplicata, aproximadamente 3 g de cada amostra em béquer e transferidos para tubo de digestão, em seguida acrescentados 200 mL de solução de H₂SO₄ a 1,25% e submetidos à ebulição branda durante 30 minutos. O material foi filtrado em filtro de papel e lavado com auxílio de água destilada quente. O material retido no filtro foi transferido para o tubo digestor com auxílio de 200 mL de NaOH a 1,25% e submetido novamente ao processo de digestão e filtragem, em papel filtro tarado. O filtro juntamente com a amostra retida foi submetido ao processo de secagem completa em estufa a 105° C, com circulação de ar forçado. Em seguida, foram resfriados à temperatura ambiente por 1 hora em dessecador e pesados, conforme a metodologia da AOAC (2012). Os resultados foram expressos na base seca em g 100 g⁻¹.

2.2.3.10.5. Conteúdo de proteína total

O teor de nitrogênio foi determinado de acordo com o Método de Kjeldahl. O fator de correção 5,7 foi utilizado para o cálculo da proteína total.

2.2.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância ($p < 0.05$) e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0.05$) por meio do software Sisvar (FERREIRA, 2011).

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Teores de macronutrientes nas folhas bandeiras de cultivares de trigo e manejos de solo

Avaliando os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S (Tabela 2) nas folhas das plantas, observou-se que para os macronutrientes N, P e K os maiores teores foram encontrados nas cultivares TBio Sossego e TBio Toruk. O elemento S foi superior apenas na cultivar TBio Sossego. Para os macronutrientes Ca e Mg os maiores teores foram encontrados na cultivar TBio Toruk.

Para N, apenas a cultivar CD 108 ficou dentro da faixa de referência, apresentando $32,05 \text{ g kg}^{-1}$. Observou-se que o teor médio de N foi de 38 g kg^{-1} , estando acima dos valores indicados para a cultura do trigo, que devem estar entre 30 e 33 g kg^{-1} (MALAVOLTA et al., 1997). O nitrogênio é o nutriente mais limitante na produtividade do trigo, afetando diretamente os componentes de rendimento, tais, como número de espigas, tamanho de espigas e massa de grãos (MUNDOSCK, 2005). O nitrogênio é um elemento necessário para a síntese da clorofila, estando envolvido no processo de fotossíntese e na função de aumentar o teor de proteína nas plantas (SOUSA; LOBATO, 2004).

Para P observou-se que as cultivares CD 108 e TBio Sintonia apresentaram valores abaixo da faixa de referência, enquanto que as cultivares TBio Sossego, TBio Toruk ficaram na faixa indicada por Malavolta et al. (1997), que é de $2,0 - 3,0 \text{ g kg}^{-1}$. A carência de P no início do desenvolvimento das plantas restringe o seu crescimento, sendo um fator limitante para o desenvolvimento da planta e para a produção de grãos. Já no período mais tardio do ciclo a falta de P tem menor impacto na produção de grãos de trigo em relação à deficiência inicial (GRANT et al., 2001).

Em relação aos teores de K, observou-se que em todos os tratamentos os valores ficaram abaixo da faixa dos valores indicados por Malavolta et al. (2007), que é de $23 - 25 \text{ g kg}^{-1}$. A média no presente estudo foi de $15,49 \text{ g kg}^{-1}$. O K tem a função de atuar no crescimento das raízes, e estimula a absorção de água e

nutrientes, também participa da formação da celulose da parede celular, reduzindo a respiração, prevenindo a perda de energia pela planta, ajudando na fotossíntese, na translocação de açúcares e amido, produzindo grãos ricos em amidos, aumenta o conteúdo proteico e também ajudando a retardar doenças (ZAMBOLIM; VENTURA, 2012).

Os teores de Ca, Mg e S ficaram abaixo dos valores sugeridos por Malavolta et al. (2007), que é de 14, 4 e 4 g kg⁻¹. Neste sentido a diagnose foliar pode avaliar o estado e o equilíbrio nutricional de uma planta, já que o teor do nutriente é resultante da ação e da interação dos fatores que influem em sua disponibilidade no solo e sua absorção pela planta (PAULETTI, 1998).

Tabela 2 - Teores dos macronutrientes (g kg⁻¹) N, P, K, Ca, Mg e S na folha bandeira de cultivares de trigo e manejos de solo

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Cultivares						
CD 108	32,05 c	0,27 b	13,68 b	2,90 a	1,10 b	2,23 c
TBio Sintonia	36,78 b	0,66 b	14,61 b	2,59 b	1,16 b	2,84 b
TBio Sossego	40,39 a	2,69 a	17,46 a	2,17 c	1,25 b	3,67 a
TBio Toruk	41,62 a	3,07 a	16,87 a	2,89 a	1,68 a	3,20 b
CV (%)	5,10	28,09	8,36	9,43	12,66	12,33
Manejo de solo						
Plantio Direto	37,64	1,64	15,80	2,60	1,26	2,94
Escarificado	37,78	1,70	15,51	2,67	1,34	3,03
CV (%)	6,89	36,01	7,66	7,10	6,59	9,30
Probabilidade						
Cultivares (A)	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000
Manejo de solo (B)	0,8857	0,8092	0,5345	0,3433	0,0656	0,4187
A × B	0,2164	0,6761	0,7181	0,3037	0,6706	0,2902

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, p<0,05

2.3.2 Avaliações Fisiológicas em cultivares de trigo

2.3.2.1 Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD)

O índice SPAD apresentou efeito significativo (p<0,05) para as leituras realizadas aos 11 DAE. Para as leituras realizadas aos 3 e 7 DAE não se observou efeito significativo (Tabela 3).

O teor de clorofila em pré e pós-antese, que foi quando as avaliações do presente trabalho foram realizadas, esta positivamente associado com o rendimento de grãos (WANI et al., 2011), com o ano de lançamento de cultivares, usando

cultivares selecionadas e melhoradas geneticamente (SADRAS; LAWSON, 2011) e com sua taxa fotossintética (ZHANG et al., 2009).

Tabela 3 - Índice de clorofila na folha bandeira de plantas de trigo (SPAD) em manejos de solo

Tratamentos	Índice SPAD		
	3 DAE	7 DAE	11 DAE
Cultivares			
CD 108	43,44	44,01 a	41,60
TBio Sintonia	42,60	43,25 ab	40,31
TBio Sossego	43,05	41,32 bc	37,26
TBio Toruk	41,19	40,46 c	37,82
CV (%)	5,93	5,26	6,77
Manejo de solo			
Plantio Direto	42,94	42,44	39,08
Escarificado	42,20	42,07	39,42
CV (%)	5,61	4,43	3,53
Probabilidade	(P > F)		
Cultivares (A)	0,3330	0,0172	0,0129
Manejo de solo (B)	0,4499	0,6135	0,5343
A × B	0,2946	0,7279	0,0161

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

Na interação para o resultado do índice SPAD aos 11 DAE (Tabela 4), observou-se que, em Sistema Plantio Direto, os maiores índices SPAD foram obtidos nas cultivares CD 108, TBio Sintonia e TBio Sossego, sendo que esse último não diferiu na cultivar TBio Toruk. No sistema com escarificação, o menor índice SPAD aos 11 DAE foi obtido pela cultivar TBio Sossego, porém sem diferir significativamente da cultivar TBio Sintonia. Na comparação entre sistemas de manejo do solo, o índice SPAD aos 11 DAE, apenas houve diferença para a cultivar TBio Toruk, com menores valores no Plantio Direto.

Estudos indicam que o potencial de rendimento de trigo pode ser aumentado em 50% através da melhoria genética do aparato fotossintético (FISCHER, 2007; REYNOLDS et al., 2011). Estes estudos estão investindo em melhoramento de plantas, baseado em caracteres agrônômicos que estão associados ao rendimento, no entanto, selecionam genótipos com base em melhor eficiência produtiva, com os conhecimentos da fisiologia da produção e da adaptação a estresses (RICHARDS et al., 2002; ARAUS, 2008).

Tabela 4 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e manejos de solo para índice de clorofila (SPAD) na folha bandeira de plantas de trigo

Cultivares	Manejo de solo	
	Plantio Direto	Escarificado
	11 DAE	
CD 108	41,94 aA	41,27 aA
TBio Sintonia	41,01 aA	39,60 abA
TBio Sossego	38,63 abA	35,90 bA
TBio Toruk	34,74 bB	40,91 aA

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre cultivares de trigo e maiúsculas nas linhas para manejos de solo) diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$.

2.3.2.2 Taxa de assimilação de CO₂ (A) na folha bandeira de plantas de trigo

Para a taxa de assimilação de CO₂ (A), observou-se que aos 3 DAE os maiores valores ocorreram nas cultivares TBio Sintonia e TBio Sossego. Aos 7 DAE a maior taxa encontrada foi na cultivar CD 108 e aos 11 DAE foi na cultivar TBio Sintonia. Na comparação entre os manejos de solo, apenas aos 11 DAE houve diferença significativa, sendo os maiores valores quando realizou-se a escarificação (Tabela 5). Esse resultado provavelmente está relacionado com as condições climáticas durante a condução do experimento, uma vez que o índice pluviométrico foi baixo (Figura 1). Pode estar associado também as cultivares avaliadas no trabalho, visto que a utilização de caracteres associados a maior eficiência do aparato fotossintético das plantas de trigo é um campo novo a ser explorado (REYNOLDS et al., 2011). É de extrema importância que se ampliem os estudos para se conhecer os fatores que estão limitando progressos mais significativos (PEDRO et al., 2011).

Xiao et al. (2012) observaram que o rendimento de biomassa foi maior em altas taxas fotossintéticas pós-antese, considerando que grande parte da fotossíntese produzida durante o período pós-antese é direcionada para os drenos. Sendo assim, aumentos na taxa fotossintética e condutância estomática de cultivares modernos, principalmente depois da antese, podem ser importantes ferramentas para elevar o potencial de rendimento em trigo (BECHE, 2013).

Tabela 5 - Taxa de assimilação de CO₂ (A) nas folhas bandeira de cultivares de trigo e manejos de solo

Taxa de assimilação de CO ₂ (A)			
Tratamentos	3 DAE	7 DAE	11 DAE
Cultivares			
CD 108	20,40 b	34,94 a	23,26 ab
TBio Sintonia	31,61 a	21,74 c	25,33 a
TBio Sossego	28,56 a	31,40 ab	13,25 b
TBio Toruk	25,14 ab	28,00 b	13,29 b
CV (%)	27,37	19,21	32,01
Manejo de solo			
Plantio Direto	24,72	29,12	17,14 b
Escarificado	28,13	28,92	20,42 a
CV (%)	29,63	18,95	10,25
Probabilidade	(P > F)		
Cultivares (A)	0,0358	0,0012	0,0007
Manejo de solo (B)	0,3060	0,9246	0,0171
A × B	0,3256	0,0766	0,2766

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, p≤0,05

2.3.3 Avaliações Fitotécnicas

2.3.3.1 Altura de plantas, comprimento de espigas, diâmetro de caule e índice de área foliar (IAF)

Para os componentes de produção das plantas estudadas, observou-se que houve efeito significativo apenas para a AF. Enquanto que os demais componentes não apresentaram efeito significativo (Tabela 6). Observou-se que para altura de planta e comprimento de espiga os maiores valores foram encontrados nas cultivares TBio Sintonia e TBio Sossego. Para as variáveis diâmetro e IAF não se observou diferença significativa para nenhuma cultivar estudada.

A altura de plantas é uma das características que está positivamente correlacionada com a produção (TOMICH et al., 2003). Um outro parâmetro indireto considerado promissor para aumentar a produtividade é o diâmetro do colmo (SILVA et al., 2005). O maior diâmetro do colmo está relacionado com menores índices de acamamento (RODRIGUES et al., 2003).

Em relação ao comprimento de espigas, pode-se então afirmar que as aristas podem se tornar fundamentais quando outras partes da planta perdem a capacidade fotossintética devido à seca, o que contribui no desenvolvimento de variedades de trigo mais adaptadas a adversidades ambientais (RANGAN et al., 2016).

Tabela 6 - Altura de plantas, altura de espiga, diâmetro e área foliar (AF) de cultivares de trigo e manejos de solo

Tratamentos	Altura (cm)	Espiga (mm)	Diâmetro (mm)	AF (cm ²)
Cultivares				
CD 108	49,52 c	55,60 b	2,43	123,36
TBio Sintonia	60,03 a	65,58 a	2,37	146,54
TBio Sossego	56,36 a	61,46 a	2,37	200,02
TBio Toruk	42,30 b	48,29 c	2,29	142,97
CV (%)	7,32	8,43	13,27	13,41
Manejo de solo				
Plantio Direto	51,50	56,68	2,33	145,80
Escarificado	52,60	58,78	2,40	160,65
CV (%)	8,54	8,93	14,84	12,16
Probabilidade	(P > F)			
Cultivares (A)	<0,000	<0,000	0,8641	<0,000
Manejo do solo (B)	0,5349	0,3331	0,6069	0,1094
A × B	0,3942	0,5357	0,6297	0,0090

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

Na interação entre os fatores testados para os resultados de AF (Tabela 7), observou-se que a cultivar TBio Sossego apresentou maior AF nos dois manejos avaliados no presente trabalho, o que, deixa claro o potencial dessa cultivar em produzir folhas independentemente do sistema de manejo adotado. No entanto, verificou-se também que a escarificação do solo aumentou o potencial de produção de área foliar (AF) na cultivar TBio Toruk.

As folhas são importantes para a planta, pois melhora a eficiência da atividade fotossintética que ao produzir mais fotoassimilados aumenta a produção de grãos, ao mesmo tempo que contribui na qualidade do mesmo, uma vez que é aumentada a proteína bruta (GONÇALVES CARVALHO, 2014). Por outro lado, a redução na área foliar pode se tornar uma característica interessante na redução das perdas de água por transpiração, aumentando a eficiência de utilização da água em condições de déficit hídrico (FIOREZE, 2011).

Tabela 7 - Desdobramento da interação cultivares de trigo e manejos de solo para índice de área foliar (IAF)

Cultivares	Manejo de solo	
	Plantio Direto	Escarificado
	AF (cm ²)	
CD 108	132,65 bA	114,07 cA
TBio Sintonia	149,84 abA	143,24 bcA
TBio Sossego	173,57 aB	226,48 aA
TBio Toruk	127,13 bB	158,82 bA

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas para comparação entre cultivares de trigo e maiúsculas nas linhas para manejos de solo) diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$.

2.3.3.2 Grãos por espigas, fertilidade de espiga, peso de mil grãos peso hectolítrico e produtividade de grãos

Para os componentes grãos por espiga e fertilidade de espiga não houve diferença entre as cultivares estudadas, no entanto, para peso de mil grãos o valor de maior relevância foi obtido na cultivar TBio Toruk. Para as variáveis produtividade e peso hectolitro os maiores valores encontrados foram na cultivar CD 108. Com relação ao manejo do solo, observou-se que apenas para o componente peso de mil grãos houve diferença entre os manejos, onde a escarificação apresentou o maior peso (Tabela 8). Considerando que a média nacional do trigo de sequeiro é 2.000 kg ha⁻¹, observou-se no presente trabalho que apenas as cultivares TBio Sintonia e TBio Toruk ficaram abaixo da média.

A baixa disponibilidade hídrica afeta negativamente o crescimento das plantas, sendo a principal causa da redução da produtividade (PIMENTEL, 2004). Fator que afeta outros atributos que estão intimamente relacionados, no caso do trigo, como o rendimento do grão, o número de grãos por espiga, o peso de mil grãos, o comprimento do pedúnculo, a altura da planta, o comprimento da espiga, o número de grãos por espiga e o peso de grãos por espiga (BLUM, 2005; AMINZADEH, 2010).

O maior peso de mil grãos no manejo com escarificação do solo (Tabela 8), provavelmente, deve estar associado ao fato da escarificação ter sido realizada poucos dias antes da semeadura das plantas na área experimental. Pesquisas mostram que a escarificação do solo promove a redução da densidade e da resistência do solo à penetração, com o mínimo possível de mobilização do solo. No entanto, a longevidade dos efeitos da escarificação é muito variável, desde poucos meses (NICOLOSO et al., 2008; REICHERT et al., 2009) até alguns anos (ROSA et

al., 2008), dependendo da reconsolidação do solo sob influência do clima e do uso de máquinas agrícolas (BUSSCHER; BAUER; FREDERICK, 2002).

A produtividade e o peso hectolitro apresentaram melhores resultados para cultivar CD 108. O peso hectolitro é um dos critérios para classificação do trigo (MAPA, 2010), sendo classificado em: Fora do Tipo (PH menor do que 72 kg hl⁻¹; Tipo 3 (PH menor entre 72 e 75 kg hl⁻¹; Tipo 2 (PH entre 75 e 78 kg hl⁻¹); Tipo 1 (PH maior do que 78 kg hl⁻¹). Esta última é a classificação mais desejada pelos produtores, pois é utilizado na classificação e comercialização do trigo. O peso hectolitro é influenciado pela uniformidade, forma, densidade e tamanho do grão, além do conteúdo de matérias estranhas e quebrados da amostra. Sendo assim, quanto maior o peso hectolitro, maior será o rendimento de farinha, e melhor será a qualidade do produto (NUNES et al., 2011). De acordo com a classificação do MAPA, todas as cultivares estudadas no respectivo trabalho podem ser consideradas como tipo 1, sendo as cultivares CD 108 e TBio Toruk as que apresentam maior peso hectolitro.

Tabela 8 - Grãos por espiga, números de espigas, fertilidade de espiga, peso de mil grãos, produtividade de grãos e peso hectolitro de cultivares de trigo e manejos de solo

Tratamentos	Grãos por espiga	Fertilidade (esp pl ⁻¹)	Peso de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Hectolitro (kg hl ⁻¹)
Cultivares					
CD 108	20,87	1,77	29,83 b	2,01 a	89,71 a
TBio Sintonia	22,58	1,46	26,09 c	1,57 b	82,82 c
TBio Sossego	22,85	1,65	29,54 b	2,03 a	84,94 bc
TBio Toruk	18,93	1,43	34,03 a	1,58 b	87,93 ab
CV (%)	26,51	28,84	4,01	16,91	3,42
Manejo de solo					
Plantio Direto	23,76	1,56	29,42 b	1,81	86,68
Escarificado	25,74	1,59	30,43 a	1,79	86,02
CV (%)	26,80	29,74	3,29	13,48	2,41
Probabilidade					
Cultivares (A)	0,4964	0,2959	<0,000	0,0058	0,0009
Manejo de solo (B)	0,7103	0,8577	0,0499	0,8003	0,4396
A × B	0,9167	0,6142	0,4056	0,1327	0,8596

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, p≤0,05

2.3.4 Avaliações Qualitativas

Para as avaliações de qualidade de grãos, foram avaliadas apenas as cultivares CD 108 e TBio Sossego, pois foram os tratamentos com maior produtividade.

2.3.4.1 Teores de macronutrientes em grãos de cultivares de trigo

Analisando os teores de macronutrientes nos grãos, observou-se que os teores de N, P, Ca e S não diferiram entre as duas cultivares estudadas, e também não diferiram entre os manejos do solo (Tabela 9). No entanto os teores de micronutrientes K e Mg apresentaram teores superiores na cultivar CD 108, porem ambas não diferiram no manejo do solo, assim como as demais avaliadas.

A composição mineral de grãos é importante para a definição da qualidade nutricional do alimento e qualidade fisiológica das sementes (ESPÍNDULA et al, 2010). Os teores de macronutrientes nos grãos de trigo descritos na literatura são: N (20,1 g kg⁻¹); P (3,2 g kg⁻¹); K (3,5 g kg⁻¹); Ca (0,2 g kg⁻¹); Mg (0,8 g kg⁻¹) e S (1,2 g kg⁻¹) (PAULETTI, 1998).

Tabela 9 - Teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de cultivares de trigo e manejos de solo

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Cultivares						
CD 108	74,01	4,08	4,75 a	0,43	0,87 a	1,99
TBio Sossego	79,36	4,55	3,63 b	0,26	0,70 b	1,89
CV (%)	26,35	25,60	7,84	53,74	5,81	16,19
Manejo de solo						
Plantio Direto	76,28	4,31	4,32	0,35	0,77	1,88
Escarificado	77,09	4,32	4,06	0,34	0,80	2,00
CV (%)	20,83	6,22	6,54	39,46	7,36	20,30
Probabilidade	(P > F)					
Cultivares (A)	0,6160	0,4265	0,0005	0,1190	0,0003	0,5345
Manejo de solo (B)	0,5295	0,9385	0,1616	0,9073	0,4126	0,6050
A × B	0,1936	0,7769	0,5328	0,8887	0,4735	0,4366

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, p≤0,05

2.3.4.2 Avaliação de Amido, pH, proteína total, acidez, cinzas e fibras

Para amido, pH, acidez, cinzas e fibras, observou-se que para amido e proteína total não houve diferença significativa entre as cultivares e também entre os preparos do solo (Tabela 10).

Os cereais, trigo, milho e arroz são fontes importantes de carboidratos e proteínas na alimentação humana e os seus teores e qualidade estão também relacionados com a nutrição mineral da planta (FAQUIN, 2005).

Para a indústria de biscoitos, o amido pode ser colocado na matéria-prima para padronizar o teor de glúten da farinha, em proporção de 15 a 20% do peso da

farinha de trigo. Esse procedimento não traz problemas de ordem técnica, de alteração de aparência ou de outras características fundamentais dos mesmos. Em geral, os biscoitos feitos com farinhas mistas (amido e trigo) são de melhor qualidade e também são mais leves do que os convencionais (CEREDA, 2001).

Para pH o maior valor encontrado foi na cultivar CD 108. Contudo não houve efeito significativo entre os preparos de solo utilizados no estudo. Geralmente as indústrias moageiras estabelecem padrões de qualidade para as farinhas que dentre outras, incluem a determinação do teor de água, teor de cinzas, acidez total titulável e o pH (GRAS et al., 2000, MIRALBÉS, 2004).

Para as variáveis acidez, cinzas e fibras apresentaram melhores respostas na cultivar TBio Sossego, porém em relação aos manejos de solo apenas para cinzas houve efeito significativo, onde o maior valor encontrado foi no plantio direto. No entanto a determinação da acidez indica o estado de conservação do produto, pois ela é a expressão convencional dos ácidos (NITZKE; THYS, 2017).

Já cinzas são sais minerais presentes na farinha, e são obtidos por meio da queima da matéria orgânica da farinha, pelo aquecimento a temperaturas próximas a 550-570 °C (NITZKE; THYS, 2017). Quando se fala da especificação da farinha para categorias de produtos, pode-se detalhar da seguinte maneira: para massas (0,5 - 0,7), pães (0,5 - 0,7), bolos (0,45 - 0,55), biscoitos fermentados (0,7 - 1,0) e biscoitos doces (0,8 - 1,2).

De acordo com essa caracterização, a cultivar CD 108 se enquadra nas categorias de massas, pães e biscoitos fermentados, e a cultivar TBio Sossego nas categorias de biscoitos fermentados e biscoitos doces.

Em relação a fibras, a fibra de trigo ajuda a baixar os níveis de açúcar e colesterol no sangue, o que a faz também uma excelente aliada no controle de diabetes e do colesterol alto (NITZKE; THYS, 2017).

Tabela 10 - Teores de amido, pH, proteína total, acidez, cinzas, matéria graxa e fibras em cultivares de trigo e manejos de solo

Tratamentos	Amido (%)	pH	Proteína Total (%)	Acidez(ml NaOH/100g)	Cinzas (%)	Fibras (%)
Cultivares						
CD 108	52,87	6,54 a	4,21	3,19 b	0,76 b	13,96 b
TBio Sossego	63,38	6,49 b	4,52	3,75 a	0,91 a	19,96 a
CV (%)	23,23	0,50	26,32	7,04	14,68	17,18
Manejo do Solo						
Plantio Direto	54,45	6,52	4,34	3,42	1,36 a	17,15
Escarificado	61,79	6,51	4,39	3,52	0,30 b	16,77
CV (%)	18,73	0,28	20,82	9,38	23,54	29,16
Probabilidade	(P > F)					
Cultivares (A)	0,1705	0,0391	0,6150	0,5875	0,0476	0,0062
Manejo do Solo (B)	0,2702	0,8043	0,9275	0,0038	0,0017	0,8869
A x B	0,5140	0,9976	0,1934	0,2492	0,4912	0,6433

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$

2.4 Conclusão

1. Independente do manejo do solo, as cultivares CD 108 e TBio Sossego apresentaram as maiores produtividades de grãos. Entre essas duas cultivares, a TBio Sossego apresentou melhores atributos qualitativos dos grãos.
2. Mesmo sendo um período seco em um solo compactado, a descompactação mecânica do solo com escarificador representou ganhos quantitativos e qualitativos no trigo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. L. REICHERT, J. M. REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 519-531, 2004.
- AMINZADEH, G. Evaluation of seed yield stability of wheat advanced genotypes in Ardabil, Iran. *Research Journal Environmental Sciences*, v. 4, p. 478–482, 2010.
- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 19. ed. Gaithersburg, 2012.
- ARAUS, J.L.; SLAFER, G.A.; ROYO, C.; SERRET, M.D. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Science*, vol. 27, p. 377-412, 2008.
- BECHE, Eduardo. Caracteres agronômicos e fisiológicos associados ao progresso do melhoramento genético de trigo no Brasil. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.
- BLUM, A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Aust. J. Agric. Res.*, v. 56, p. 1159–1168, 2005.
- BRASIL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet, Paulo Tiglea 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: SNAD/DNDV/CLAV, 2009. 398 p.
- BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; FREDERICK, J. R. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. *Soil and Tillage Research*, v. 68, n. 1, p. 49-57, 2002.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35. n. 4, p. 813 – 819, jul./ago. 2005.
- CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; *et al.* Propriedades gerais do amido. [S.l: s.n.], 2001.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu, SP. *Irriga, Botucatu*, v. 14, n. 1, p. 1–11, 2009.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa–SPI; Rio de Janeiro: Embrapa–Solos, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA TRIGO). Cultivo de trigo. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/> . Acesso em 15 de setembro de 2019.

ESPINDULA, M. C.; CAMPANHARO, M.; ROCHA, V. S.; MONNERAT, P. H.; FAVARATO, L. F. Composição mineral de grãos de trigo submetidos a doses de sulfato de amônio e trinexapac-etil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 513-520, out.-dez. 2010.

FAQUIN, Valdemar. *Nutrição Mineral de Plantas*. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. p.: 186. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência & Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, Samuel Luiz. Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.

FISCHER, R.A. Understanding the physiology basis of yield potential in wheat. *Journal of Agricultural Science*, v. 145, p. 99–113, 2007.

FREITAS, P.L. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J.N., ed. *Experiências de plantio direto no Cerrado*. Goiânia, APDC, 1994. p.199-213.

GONÇALVES CARVALHO, Janaina Maira. Desenvolvimento, produção e nutrição de trigo adubado com nitrogênio e potássio, 69 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2014.

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Informações Agrônômicas*, Piracicaba, n.95, 2001.

GRAS, P.W.; CARPENTER, H.C.; ANDERSSON, R.S. Modelling the developmental rheology of wheat-flour dough using extension tests. *Journal of Cereal Science*, v.31, p. 1-13, 2000.

KLEIN, V. A.; VIREIRA, M. L.; DURIGON, F. F.; MASSING, J. P.; FÁVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. *Ciência Rural*, v. 38, n. 2, p. 365-371, 2008.

KLEIN, V.A, NAVARINI, L.L., KLEIN, C, COSTA, L.O DA, BARBOSA, E.A., STEFFLER, V.A. Propriedades físicas do solo e rendimento de grãos de trigo em função de manejo do solo e uso de bioestimulantes. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*. v. 19, n. 1/2, p. 24-32, 2013.

LAZIA, Beatriz. As vantagens do plantio direto: Essa técnica contribui para a formação de um sistema mais saudável, beneficiando a agricultura e a sociedade. 2012. Disponível em: <https://www.portalogropecuario.com.br/agricultura/as-vantagens-do-plantio-direto/>. Acesso em: 15 jun. 2020.

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

MIRALBÉS, C. Quality control in the milling industry using near infrared transmittance spectroscopy. Food Chemistry, v.88, p.621-628, 2004.

MUNDOSCK, C, M., Quando aplicar o Nitrogênio em Trigo, Cevada e Aveia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2005. Disponível em: www.ufrgs.br/agronomia/plantas/destaques/folder_trigo.php, acessado em 27/10/2019.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. Journal of Biological Chemistry, v. 153, n. 2, p. 375-380, 1944.

NICOLOSO, R. da S. et al. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n. 4 p. 1723-1734, 2008.

NITZKE, J. A.; THYS, R. C. S. Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos (ICTA). Glúten. Disponível em: Acessado em: 15/09/2019.

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MOTA, L. H. S. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, out./dez. 2011.

PAULETTI, V. *Plantio direto: atualização tecnológica*. São Paulo: Fundação Cargil, 1998.

PEDRO, A.; SAVIN, R.; HABASH, D. Z.; SLAFER, G. A. Physiological attributes associated with yield and stability in selected lines of a durum wheat population. Euphytica, v. 180, p. 195–208, 2011.

PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

RAIJ, B. van. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

RALISCH, R. et al. Avaliação de um solo argiloso sob PD de uma escarificação na evolução da resistência do solo a penetração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. Resumo expandido... Foz do Iguaçu: CONBEA, 2001. CD-ROM.

RANGAN, P.; FURTADO, A.; HENRY, R. J. New evidence for grain specific C4 photosynthesis in wheat. *Scientific reports*, v. 6, p. 1-12, 2016.

REICHERT, J. M. et al. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 3, p. 310-319, 2009.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade agrícola. *Ciência e Ambiente*, n. 27, 2003.

REYNOLDS, M.; BONNETT, D.; CHAPMAN, S.C.; FURBANK, R. T.; MANES, Y. MATHER, D. E.; PARRY M. A. J. Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. *Journal of Experimental Botany*, v. 62, n. 2, pp 439–452, 2011.

RICHARDS, R.A.; REBETZKE, G.J.; CONDON; A.G.; VAN HERWAARDEN A.F. Breeding Opportunities for Increasing the Efficiency of Water Use and Crop Yield in Temperate Cereals. *Crop Science Society of America*, vol. 42, p. 111-121, 2002.

RODRIGUES, O.; DIDONETE, A. D.; TEIXEIRA, C. C. M.; ROMAN, S. E. Redutores de crescimento. *Passo Fundo: Embrapa-CNPT*, 2003. 18p.

ROSA, D. P. et al. Relação entre solo e haste sulcadora de semeadora em Latossolo escarificado em diferentes épocas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 3, p. 395-400, 2008.

SADRAS, V.O.; LAWSON, C. Genetic gain in yield and associated changes in phenotype, trait plasticity and competitive ability of South Australian wheat varieties released between 1958 and 2007. *Crop Pasture Sci.* v. 62, p. 533–549, 2011.

SECCO, D.; REINERT, D.J. Efeitos imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelhoescuro sob PD. *Engenharia Agrícola*, v.16, n.3, p.52- 61, 1997.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F. de; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; SILVA, J. A. G. da; CAETANO, V. da R.; HARTWIG, I.; SOUSA, C. da S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo (*Triticum aestivum* L.). *Bragantia*, v.64, p.191-196, 2005.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; Gonçalves, L. C.; TOMICH, R. G. P. CARVALHO, A. U. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 55, p. 756-762, 2003.

VEIGA, M.; HORN, R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 92, n. In press, p. 104-113, 2006.

WANI, B. A.; RAM, M.; YASIN, A.; SINGH, E. Physiological Traits in Integration with Yield and Yield Components in wheat (*Triticum aestivum* L.) Study of their Genetic Variability and Correlation. Asian Journal of Agricultural Research. V. 5(3), p. 194-200, 2011.

XIAO, Y.G.; QIAN, Z.G.; WU, K.; LIU, J.J.; XIA, X.C.; JI, W.Q.; HE, Z.H. Genetic Gains in Grain Yield and Physiological Traits of Winter Wheat in Shandong Province, China, from 1969 to 2006. Crop Sci. v. 52, p. 44–56, 2012.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Mecanismos de ação do potássio na interação com doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; JÚNIOR, L. A. Z. (Ed.) Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas. Viçosa: Os autores, 2012. p.105-134.

ZHANG, K.; ZHANG, Y.; CHEN, G.; TIAN, J.. Genetic analysis of grain yield and leaf chlorophyll content in common wheat. Cereal Research Communications. v. 37(4), p. 499-511, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre as cultivares mais produtivas a TBio Sossego foi a cultivar que se destacou por apresentar alta produtividade, tanto em função das épocas de semeadura, quanto do manejo do solo.

Em geral, todas as cultivares foram afetados pela falta de chuva na safra de 2018, o que reduziu significativamente a produção. As condições climáticas, em particular, promoveram a redução da produtividade e do peso hectolitro.

Solos compactados podem não estar ligados diretamente a baixos rendimentos de grãos, uma vez que não foi observado diferença na produção das cultivares de trigo no experimento. Porém devido ao solo da área ter sido escarificado pela primeira vez, se faz necessário estudos de longa duração para confirmação desses resultados.

REFERÊNCIAS

- ABITRIGO. História do trigo – Trigo no Brasil. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/conhecimento-trigo.php>. Acesso em janeiro de 2019.
- ALBUQUERQUE, J.A.; Reinert, D.J.; Fiorin, J.E.; Ruedell, J.; Petrere, C.; Fontinelli, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.19, n.1, p.115-119, 1995.
- BASSOI, M.C.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S.R.; SCHEEREN, P.L.; CAETANO, V. da R.; TAVARES, L.C.V.; MIRANDA, L.C. Características e desempenho agrônomo no Paraná da cultivar de trigo BRS 220. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.193-196, 2005.
- BORNER, Andreas. et al. Associations between geographical origin and morphological characters in bred wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Genetic Resources*, Cambridge, v. 3, n. 3, p. 360-372, 2005.
- BRUNETTA, D.; DOTTO, S.R.; FRANCO, F. de A.; BASSOI, M.C. Cultivares de trigo do Paraná: rendimento, características agrônomicas e qualidade industrial. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1997. 48p. (Embrapa-CNPSO. Circular técnica, 18).
- CASTRO, O.M. de. Compactação do solo em plantio direto. In: Fancelli, A.L. (coord.). *Plantio direto no Estado de São Paulo*. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1989. p.129-139.
- CIVIERO, J C. Efeito de épocas de semeadura no desenvolvimento e produtividade do trigo (*Triticum Aestivum* L.) na região de Pato Branco-PR. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco/PR, 2010. 73f.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 10 Safra 2017/18 - Décimo levantamento, Brasília, p. 1-178, julho 2018.
- CORRÊA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.11, p.1317-1322, 1985.
- COVENTRY, D.R.; GUPTA, R.K.; YADAV, A.; POSWAL, R.S.; CHHOKAR, R.S.; SHARMA, R.K.; YADAV, V.K.; GILL, S.C.; KUMAR,A.;MEHTA,A.; KLEEMANN, S.G.L.;BONAMANO, A.; CUMMINS, J.A. Wheat quality and productivity as affected by varieties and sowing time in Haryana, India. *Field Crops Research*, v.123, p.214-225, 2011.
- GAERTNER, C.; DEDECEK, R.A.; BISCAIA, R.M. 2006. Produtividade do trigo e da soja em latossolo vermelho distrófico com diferentes níveis de erosão hídrica. *Scientia Agrária*, v.7, p.27-34.

MANDARINO, José Marcos Gontijo. Componentes do trigo: características físicoquímicas, funcionais e tecnológicas. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 36p. 1994.

MIRALLES, Daniel J. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de trigo. Información técnica de trigo. 2004. Publicación Miscelânea, n. 101, 2004.

PIRES, J L F; SANTOS, H P. Preparo do solo e plantio. In: BORÉM, A.; SHEREEREN, P. L. (Eds). Trigo: do plantio à colheita. Viçosa: Ed. UFV, 2015. 260p.

PIRES, J.L.F.; SANTOS, H.P. dos; SCHEEREN, P.L.; MIRANDA, M.Z. de; DE MORI, C.; CASTRO, R.L. de; CAIERÃO, E.; PILAU, J. Avaliação de cultivares de trigo em diferentes níveis de manejo na região do Planalto do Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 23p. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 74).

RUEDELL, J. Plantio direto na região de Cruz Alta. Cruz Alta: Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa (Fundacep Fecotriga), 1995. 134 p.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J C. B.; PRESTES, A. M.; LIMA, M. R. Efeito de sistemas de manejos de solo e de rotação de culturas de inverno no rendimento de grãos de trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2355-2361, dez. 2000.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SPERA, S. T.; ÁVILA, A. Efeito de práticas culturais sobre o rendimento e outras características agrônômicas de trigo. Bragantia, Campinas, v. 65, n. 4, p. 667-677, 2006.

SILVA, R.R.; BENIN, G.; SILVA, G.O. da; MARCHIORO, V.S.; ALMEIDA, J.L. de; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.1439-1447, 2011.

SOUZA, Daiana de Fátima Militão de. Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha. 2019. 45 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.

SUBEDI, K.D.; MA, B.-L.; XUE, A.G. Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. Crop Science, v.47, p.36-47, 2007.

White, J.W., 2006. From genome to wheat: Emerging opportunities for modelling wheat growth and development: Modelling Quality Traits and Their Genetic Variability for Wheat. Eur. J. Agron. 25, 79-88.