



Performance of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars in the savannah of Roraima, Brazil

Desempenho de cultivares de trigo (Triticum aestivum) na savana de Roraima

Armando José da Silva*¹, Robison Alves da Silva², Valdinar Ferreira Melo³, Mauricio Lourenzoni Augusti⁴, Paulo Roberto Ribeiro Rocha⁵, José Maria Arcanjo Alves⁶

Abstract: Brazilian wheat production is concentrated in the South region and does not fully meet the domestic demand for wheat. The Brazilian Cerrado has become an area of great potential for wheat cultivation due to investments in genetic improvement research. Thus, this study aimed to assess the growth and grain production of wheat cultivars in savannah soil in Roraima, Brazil. The experimental design consisted of randomized blocks with four treatments and five replications. The treatments consisted of the following wheat cultivars: TBIO Aton, TBIO Convicto, TBIO Duque, and TBIO Trunfo. The experimental unit was represented by an area of 18 m² composed of 14 rows of 6 m, spaced at 20 cm, with approximately 100 plants per meter. The following variables were assessed: plant height, number of spikelets per spike, number of grains per spike, number of grains per spikelet, and grain yield. In general, the four cultivars showed good adaptation to the edaphoclimatic conditions of the Roraima savannah. The cultivars TBIO Convicto and TBIO Aton are superior to the others in terms of grain production. The industrial quality of the cultivars was favorable to the use of grains for the flour industry.

Key words: Wheat in the humid tropics. Wheat adaptation. Wheat production.

Resumo: A produção tritícola brasileira concentra-se na região Sul do país e não atende completamente a demanda interna de trigo no país. Devido aos investimentos em pesquisas de melhoramento genético, o cerrado brasileiro tem se tornado área de grande potencial para seu cultivo. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento e a produção de grãos de cultivares de trigo em solo de savana de Roraima. Foi adotado delineamento experimental de blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram das cultivares de trigo: TBIO Aton, TBIO Convicto, TBIO Duque e TBIO Trunfo. A unidade experimental foi representada por área de 18 m² composta por 14 linhas de 6 m, espaçadas em 20 cm, com aproximadamente 100 plantas por metro. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas e produção de grãos. De modo geral as quatro cultivares apresentam boa adaptação às condições edafoclimáticas da savana de Roraima. As cultivares TBIO Convicto e TBIO Aton são superiores às demais em termos de produção de grãos. A qualidade industrial das cultivares mostrou-se favorável ao uso dos grãos para indústria de farinha.

Palavras-chave: Trigo nos trópicos úmidos. Adaptação de trigo. Produção de trigo.

*Corresponding author

Submitted for publication on 29/08/2022, approved on 29/1/2022 and published on 15/12/2022

¹Professor Titular, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Roraima/ Boa Vista - RR, Brasil. E-mail: armando.silva@ufr.br

²Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima/ Boa Vista - RR, Brasil. E-mail: robisonthecat@hotmail.com

³Professor Titular, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Roraima/ Boa Vista - RR, Brasil. E-mail: valdinar.melo@ufr.br

⁴Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima/ Boa Vista - RR, Brasil. E-mail: mauricioaugusti86@gmail.com

⁵Professor Adjunto III, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Roraima/ Boa Vista - RR, Brasil. E-mail: paulo.rocha@ufr.br

⁶Prof. Titular Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Roraima/ Boa Vista - RR, Brasil. E-mail: arcanjo.alves@ufr.br

INTRODUCTION

Wheat has a prominent role in the history of agriculture, as it was one of the first plants to be domesticated by humans (HARARI, 2017). Its social and economic importance is unquestionable, being one of the most cultivated cereals in the world. The world production of this grain in 2021 was 778.1 million tons (FAO, 2022) and, according to Chagas *et al.* (2021), Brazil reached an estimated production of 8 million tons in the 2022 growing season.

Wheat belongs to the family Poaceae and the genus *Triticum*, and the main cultivated species are *Triticum monococcum*, *Triticum durum*, and *Triticum aestivum* (SHEWRY; HEY, 2015). The species *Triticum aestivum* is the most cultivated on the planet, consisting of a material of wide edaphoclimatic adaptation due to genetic improvement research.

In Brazil, wheat is grown predominantly in the South region and more recently in the Cerrado region, with some cultivars presenting high productive potential. Cultivation has also been gaining space in fields in the Federal District and the states of Goiás, Bahia, Mato Grosso do Sul, São Paulo, and, mainly, Minas Gerais (INFORMAÇÕES..., 2018). The first studies indicated that the quality of grains produced in these states is superior compared to other producing regions (CONAB, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2021). These qualities mainly refer to gluten strength and flour stability, which are fundamental in the bakery industry (INFORMAÇÕES..., 2018).

Wheat expansion strategies to other regions of Brazil aim to contribute to reducing the risk of shortages and dependence on imports. In 2019, 42 out of the 120 wheat cultivars registered with the Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply were adapted for cultivation in regions with higher temperatures compared to the temperatures of the South region of Brazil, thus being able to be cultivated in Cerrado soils of different Brazilian states (CONAB, 2022).

The introduction of new technologies and cultivars adapted for the Cerrado allows producers to adopt materials that best adapt to these regions and stagger sowing according to the end of the rainy season (ALBRECHT, 2021).

INTRODUÇÃO

Na história da agricultura, o trigo ocupa um lugar de destaque, pois foi uma das primeiras plantas a serem domesticadas pelo homem (HARARI, 2017). Sua importância social e econômica é inquestionável, sendo um dos cereais mais cultivados no mundo. A produção mundial deste grão em 2021 foi de 778,1 milhões de toneladas (FAO, 2022) e no Brasil, conforme Chagas *et al.* (2021), estima-se produção de 8 milhões de toneladas na safra 2022

O trigo pertence à família *Poaceae* e ao gênero *Triticum* e as principais espécies cultivadas são: *Triticum monococcum*, *Triticum durum* e *Triticum aestivum* (SHEWRY; HEY, 2015). A espécie *Triticum aestivum* é a mais cultivada no planeta e, devido aos trabalhos de melhoramento genético, constitui-se em material de ampla adaptação edafoclimática.

No Brasil, o trigo é cultivado predominantemente na região Sul e mais recentemente na região do cerrado, com algumas cultivares apresentando alto potencial produtivo. O cultivo, também, vem ganhando espaço nas lavouras dos estados de Goiás, Distrito Federal, Bahia, Mato Grosso do Sul, São Paulo e, principalmente, Minas Gerais (INFORMAÇÕES, 2018). Os primeiros estudos indicam que a qualidade dos grãos é superior em relação a outras regiões produtoras (CONAB, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2021). Essas qualidades se referem, principalmente à força do glúten e a estabilidade da farinha que são fundamentais na indústria da panificação (INFORMAÇÕES, 2018).

Estratégias de expansão do trigo para outras regiões do Brasil visam contribuir para reduzir o risco de desabastecimento e a dependência de importações. Em 2019, das 120 cultivares de trigo registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 42 são adaptadas para cultivo em regiões de temperaturas mais elevadas em comparação com as temperaturas da região Sul do Brasil, podendo assim ser cultivadas em solos de cerrado de diversos estados brasileiros (CONAB, 2022).

A introdução de novas tecnologias e cultivares adaptadas para o cerrado permite ao produtor dessas regiões adotar os materiais que melhor se adaptam; eles podem também escalonar a semeadura de acordo com o fim do período de chuvas (ALBRECHT, 2021).

The success of genetic improvement aimed at wheat production in the Brazilian Cerrado depends on research in different edaphoclimatic conditions and the assessment of genotypes (CARGNIN *et al.*, 2006) since the genotype and environment interaction can promote variation in grain yield (ALLARD, 1999). In this scenario, the state of Roraima has a vast area of savannah, where grain production is concentrated and with enormous potential for expanding the agricultural frontier provided it receives the necessary technological support due to its edaphic characteristics (ZILLI *et al.*, 2013).

The concern of producers about the advancement of this crop is regarding grain quality, which depends on the interactions that the crop undergoes in the field with various factors, such as soil, climate, pests, diseases, and management. These interactions result in the expression of the industrial quality of the cereal (GUARIENTI, 1993). On the other hand, the world's agricultural scenario is vulnerable due to the military conflict involving one of the main producers and suppliers. Thus, the export of wheat to Brazil and other consumer centers may be compromised, which catalyzes the establishment of this crop.

Considering that wheat has already overcome climate barriers, its cultivation in the Roraima savannah is yet another strategy for supplying this cereal to the local market and the North region as a whole. Thus, this study aimed to assess the growth and grain production of four wheat cultivars in edaphoclimatic conditions representative of the savannah (locally known as "lavrado") of the state of Roraima, Brazil.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out under field conditions in the experimental area of the Center for Agricultural Sciences of the Federal University of Roraima, Campus of Cauamé, at the geographic coordinates 2°52'15.3" N and 60°42'41.6" W, with 90 m of altitude. According to Köppen, the regional climate is classified as Aw, that is, a tropical rainy climate with average annual precipitation of around 1,700 mm and relative humidity of around 70% (LOCATELLI, 2014). The following average values were recorded during the experimental period using a local automatic weather station: rainfall of 232.6 mm, a temperature of 28.08 °C, with a minimum of 24.21 °C and a maximum of 33.32 °C, and relative air humidity of 70.27%.

O sucesso do melhoramento genético voltado para a produção de trigo no cerrado brasileiro, depende de pesquisas em diferentes condições edafoclimáticas e da avaliação dos genótipos (CARGNIN *et al.*, 2006), visto que a interação genótipo x ambiente pode promover variação no rendimento de grãos (ALLARD, 1999). Neste cenário, o estado de Roraima, apresenta vasta área de savana, onde se concentra a produção de grãos e com enorme potencial para expansão da fronteira agrícola, desde que receba o aporte tecnológico necessário pelas suas características edáficas (ZILLI *et al.*, 2013).

A preocupação dos produtores ao avanço dessa cultura é quanto à qualidade dos grãos, que depende das interações que a cultura sofre no campo com os vários fatores: solo, clima, pragas, doenças e manejo. Essas interações resultam na expressão da qualidade industrial do cereal (GUARIENTI, 1993). Por outro lado, o cenário agrícola mundial se mostra vulnerável em razão do conflito bélico que envolve um dos principais produtores e fornecedores. Assim, a exportação de trigo para o Brasil e outros centros consumidores poderá ser comprometida, o que catalisa o estabelecimento dessa cultura

Considerando que a cultura do trigo já ultrapassou as barreiras do clima, o cultivo de trigo na savana de Roraima é mais uma estratégia para o abastecimento deste cereal no mercado local e na região Norte como um todo. Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar o crescimento e a produção de grãos de quatro cultivares de trigo em condições edafoclimáticas representativas da savana (lavrado) de Roraima.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo na área experimental do Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Cauamé, da Universidade Federal de Roraima, nas coordenadas geográficas: 2° 52' 15,3" N e 60° 42' 41,6" W com 90 metros de altitude. O clima da região está classificado, segundo köppen como do tipo Aw, tropical chuvoso, com precipitação média anual em torno de 1.700 mm e umidade relativa do ar em torno de 70% (LOCATELLI, 2014). Durante a realização do experimento, foi registrado, por meio de estação automática local, os seguintes valores médios: precipitação de 232,6 mm, temperatura de 28,08 °C, com mínima de 24,21 °C e máxima de 33,32 °C e umidade relativa do ar de 70,27%.

The soil in the experimental area is classified as a sandy clay loam-textured Oxisol (Latossolo Amarelo distrófico) (OLIVEIRA *et al.* 2018), whose analyses of the composite sample from the layer 0 to 0.20 m are shown in Table 1.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, Franco argiloarenoso (OLIVEIRA *et al.* 2018), cujas análises de amostra composta da camada 0 a 0,20 m apresentam-se na Tabela 1.

Table 1 - Chemical characteristics and physical properties of the soil in the experimental area
Tabela 1 - Características químicas e propriedades físicas do solo da área experimental

pH (H ₂ O)	H+Al	Al ³⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ⁽¹⁾	OM ⁽²⁾	N
	cmol _c dm ³						mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	
6.21	3.13	0.17	0.01	0.07	2.16	0.74	30.28	9.72	0.3
Textural class		Particle size				Density			
		Sand		Silt	Clay	Soil		Particle	
Loamy sandy		g kg ⁻¹				kg dm ⁻³			
		621		67	312	1.4		2.6	

(1) Available P (Mehlich-1). (2) Organic matter.

(1) P disponível (Mehlich 1); (2) Matéria orgânica.

The experimental design consisted of randomized blocks with four treatments and five replications. The treatments consisted of four wheat cultivars. The experimental unit consisted of an area of 18 m² composed of 14 rows of 6 m in length, spaced at 0.22 m, with approximately 8,400 plants. The area corresponding to five central rows, with the suppression of 1 m at the ends, was considered as the useful area of the plot, consisting of about 2,053 plants.

The cultivars used were as follows: a) TBIO Duque: early cycle, high production, moderate resistance to blast, classified as the “bread/whitener” type; b) TBIO Trunfo: early cycle, moderate resistance to blast and scab, classified as “bread” type; c) TBIO Aton: medium cycle, moderate resistance to blast, classified as “bread” type; d) TBIO Convicto: medium cycle, moderate resistance to yellow spot and blast on the leaf and spike, classified as “bread/improver”.

Sowing was performed manually on January 19, 2022, placing about 100 seeds per linear meter at a depth of approximately 2.0 cm. Planting fertilization was carried out in the furrow with granulated formulation, corresponding to 150 kg ha⁻¹ of triple superphosphate and 50 kg ha⁻¹ of potassium chloride. Topdressing fertilizations were split into five applications during crop development due to the low soil cation exchange capacity (CEC).

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de quatro cultivares de trigo. A unidade experimental consistiu de área com 18 m² composta por 14 linhas de 6 m de comprimento, espaçadas em 0,22 m com aproximadamente 8.400 plantas. Foi considerada como área útil da parcela aquela correspondente a 5 linhas centrais com a supressão de 1 metro nas extremidades, composta por cerca de 2.053 plantas.

As cultivares empregadas foram: a) TBIO Duque: ciclo precoce, elevado teto produtivo, resistência moderada à brusone, classificada como do tipo “pão/branqueador”; b) TBIO Trunfo: ciclo precoce, resistência moderada à brusone e giberela, classificada como do tipo “pão”; c) TBIO Aton: ciclo médio, resistência moderada à brusone, classificada como do tipo “pão”; d) TBIO Convicto: ciclo médio, resistência moderada à mancha amarela e à brusone na folha e na espiga, classificada como pão/melhorador.

A sementeira ocorreu manualmente no dia 19 de janeiro de 2022, colocando-se cerca de 100 sementes por metro linear em profundidade de aproximadamente 2,0 cm. A adubação de plantio foi realizada no sulco com formulação granulada, correspondendo a 150 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 50 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. As adubações de cobertura foram divididas em cinco aplicações no decorrer do desenvolvimento da cultura devido à baixa capacidade de retenção de cátions (CTC) do solo.

A dose of 66 kg ha⁻¹ of urea was applied in the first topdressing fertilization. In the second topdressing, 2.0 L ha⁻¹ of class A organomineral fertilizer, a source of macro-and micronutrients, was applied via leaf application. Three more topdressing fertilizations were applied at the tillering and elongation stages, with doses of 66 kg ha⁻¹ of urea and 50 kg ha⁻¹ of potassium chloride. The applied doses of macro-and micronutrients followed the technical information for the wheat crop in the state of Paraná (INFORMAÇÕES..., 2014).

Preventive phytosanitary management consisted of two applications of the fungicides tebuconazole and trifloxystrobin at a dose of 600 mL ha⁻¹. The first application was carried out on March 29, 2022, and the second on April 6, 2022, both performed manually using a knapsack sprayer.

Irrigation management was carried out via a drip system. Soil moisture was maintained at approximately 70% of field capacity throughout the crop development. The aerial part was not wetted, especially the spikes at the reproductive stage, which could favor the occurrence of diseases.

Plant samples for determining the growth and production variables were obtained from the useful area of the experimental unit. The following variables being assessed: plant height, determined in samples of ten plants using a graduated ruler (cm), measuring from the soil level to the end of the spikes; number of spikelets per spike; grain production per spike, determined in pre-selected spikes after the threshing process; grain production per spikelet: determined by counting spikelets with grains in ten spikes; 1000-grain weight, determined by counting and weighing ten replications of 1000 grains of wheat obtained randomly after extracting the spikes; number of spikes per square meter; and yield. Grain yield was determined after collecting plants from five 4-m rows in the center of the experimental unit. The grains were weighed after mechanical threshing and the data were transformed into kg ha⁻¹ at 13% moisture.

The following variables of industrial quality of bakery were assessed: thousand-grain weight (TGW); protein content (% Protein), moisture content (%), hectoliter weight (HW); stability (S), and development time (DT).

Na primeira adubação de cobertura foram aplicados 66 kg ha⁻¹ de ureia. Na segunda cobertura foi aplicado via foliar 2,0 L ha⁻¹ do fertilizante organomineral classe A, fonte de macro e micronutrientes; posteriormente foram feitas mais três adubações de cobertura, nas fases de perfilhamento e alongamento, onde foram aplicados 66 kg ha⁻¹ de ureia e 50 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. As doses de macro e micronutrientes aplicadas seguiram as informações técnicas para a cultura do trigo no estado do Paraná (INFORMAÇÕES..., 2014).

Para o manejo fitossanitário preventivo, adotou-se duas aplicações dos fungicidas tebuconazole e trifloxistrobina na dosagem de 600 mL ha⁻¹. A primeira aplicação foi realizada em 29/03/2022 e a segunda no dia 06/04/2022, ambas realizadas manualmente com o auxílio de bomba de pulverização costal.

O manejo de irrigação foi realizado via sistema de gotejamento, mantendo a umidade do solo, aproximadamente, a 70% da capacidade de campo durante todo o desenvolvimento da cultura, sem que houvesse molhamento da parte aérea, principalmente das espigas na fase reprodutiva, o que poderia favorecer a ocorrência de doenças.

As amostras de plantas para a determinação das variáveis de crescimento e produção foram obtidas na área útil da unidade experimental, sendo avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas: em amostras de dez plantas empregando-se régua graduada (cm) a partir do nível do solo até a extremidade das espigas; número de espiguetas por espiga; produção de grãos por espiga: nas espigas pré-selecionadas, após processo de debulhamento; produção de grãos por espiguetas: contagem de espiguetas com grãos em dez espigas; massa de 1000 grãos: contagem e pesagem de dez repetições de 1000 grãos de trigo obtidos aleatoriamente após a extração das espigas; número de espigas por metro quadrado e produtividade. A produtividade de grãos foi determinada após a coleta das plantas de cinco linhas de 4 metros no centro da unidade experimental. Após trilhagem mecânica, os grãos foram pesados e os dados foram transformados em kg ha⁻¹ a 13% de umidade.

Na qualidade industrial de panificação foram avaliados: peso de mil grãos (PMG); teor de proteína (% Proteína), teor de umidade (%), peso do hectolitro (PH); estabilidade (E) e tempo de desenvolvimento (TD).

The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) ($p \leq 0.05$). A mean comparison test (Tukey's test at 5% probability) was applied for the variables whose ANOVA detected significance. Statistical analyses were performed using the statistical program SISVAR version 5.6 (16).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância ($p \leq 0,05$). Para as variáveis cuja anova detectou significância, aplicou-se teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade). As análises estatísticas foram realizadas com o uso do programa estatístico SISVAR versão 5.6 (16).

RESULTS AND DISCUSSION

Analysis of variance showed a significant effect for most growth and production variables (Table 2)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito significativo para a maioria das variáveis de crescimento e produção (Tabela 2).

Table 2 - Summary of the analysis of variance of growth and production components of wheat cultivars

Tabela 2 - Resumo da análise de variância dos componentes de crescimento e produção de cultivares de trigo

SV	DF	Mean square				
		PH	SL/S	G/SL	G/S	GRY
Blocks (BL)	4	103.20**	0.575 ^{ns}	0.006 ^{ns}	1.79 ^{ns}	25,221.9 ^{ns}
Cultivars (CV)	3	45.78**	8.761**	0.166**	32.81**	644,911.1**
Residuals	12	2.54	4.601	0.011	1.997	24,864.8
Total	19					
CV (%)		3.19	7.96	6.09	10.37	21.04

^{ns} = Not significant; ** = significant at 1% probability; * = significant at 5% probability; PH = plant height (cm); SL/S = number of spikelets per spike; G/SL = grains per spikelet; G/E = grains per spike; GRY = grain yield (kg ha⁻¹).

^{ns} = Não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade.; ALT = altura da planta (cm); ET/E = número de espiguetas por espiga; G/ET = grãos por espiguetas; G/E = grãos por espiga; PGR = produção de grãos (kg ha⁻¹).

The cycle, in days, of the studied cultivars under the edaphoclimatic conditions of the Roraima savannah, which ranged from 76 (TBIO Duque) to 90 days (TBIO Convicto), was determined based on the results. Plant height had a small but significant variation, from 48.2 to 50.1 cm, with the highest height for TBIO Convicto (Table 3).

Com base nos resultados, foi determinado o ciclo em dias, das cultivares estudadas nas condições edafoclimáticas da savana roraimense, que variou de 76 (TBIO Duque) a 90 dias (TBIO Convicto). A altura das plantas teve pequena, mas significativa variação, 48,2 a 50,1 cm, com a maior altura para a TBIO Convicto (Tabela 3)

In general, the cultivars showed low height, with values lower than the results obtained by Jandrey *et al.* (2012) in 15 wheat genotypes cultivated in Palotina/PR, with heights ranging from 60 to 99 cm. The four wheat cultivars presented no lodging problems due to their low height, consisting of an important factor in the process of genetic improvement of materials indicated for cultivation in areas with strong gusts of wind, as is the case of the Roraima savannah.

De modo geral, as cultivares apresentaram porte baixo, com valores de altura inferiores aos resultados obtidos por Jandrey *et al.* (2012), em 15 genótipos de trigo cultivados em Palotina/PR, com altura variando de 60 a 99 cm. Por apresentar baixa estatura, as quatro cultivares de trigo não apresentaram problemas de acamamento, fator importante no processo de melhoramento genético de materiais indicados para o cultivo em áreas com fortes rajadas de vento, como é o caso da savana roraimense.

Table 3 - Yield cycle (YC) and plant height (PH) of wheat grown under the Roraima savannah conditions. Boa Vista (2022)

Tabela 3 - Ciclo de produção (CP) e altura de plantas (ALT) de trigo cultivadas nas condições da savana roraimense. Boa Vista (2022)

Cultivar	YC (days)	PH (cm)
TBIO Convicto	90	52.1 a
TBIO Duque	76	50.8 ba
TBIO Trunfo	81	49.1 ba
TBIO Aton	81	48.2 b

Means of plant height followed by the same letter do not differ statistically by Tukey's test at the 5% level.

Médias de altura de plantas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

The cultivar TBIO Aton had the lowest values of production variables compared to the others (Table 4).

Para as variáveis de produção, a cultivar TBIO Aton apresentou os menores valores em comparação às demais (Tabela 4).

Table 4 - Production components of wheat cultivars in an Oxisol (Latossolo Amarelo distrófico) of the savannah of the state of Roraima, Brazil

Tabela 4 - Componentes de produção de cultivares de trigo em Latossolo Amarelo distrófico da savana do estado de Roraima

Cultivar	ET/E	G/E	G/ET	PGR (kg ha ⁻¹)
TBIO Aton	6.70 b	10.18 b	1.50 c	909.04 a
TBIO Convicto	8.42 a	16.36 a	1.93 a	1.161.97 a
TBIO Duque	8.20 a	13.80 a	1.68 cb	581.05 b
TBIO Trunfo	7.78 ba	14.18 a	1.81 ba	345.79 b

SL/S – number of spikelets per spike; G/S – grains per spike; G/SL – grains per spikelet; GRY – grain yield (kg ha⁻¹). Means followed by the same letter in the column do not differ statistically from each other by Tukey's test at a 5% probability.

ET/E - número de espiguetas por espiga; G/E - grãos por espiga; G/ET - grãos por espiguetas; PGR - produtividade de grãos (kg ha⁻¹). Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considering the variables SL/S, G/S, and G/SL, the cultivar TBIO Convicto was superior to the other cultivars. These components are directly related to grain production. However, the weather conditions prevailing in the experimental area at the time of their occurrence need to be contextualized to analyze these components.

Considerando as variáveis ET/E, G/E e G/ET, a TBIO Convicto foi superior às demais cultivares. Esses componentes estão diretamente relacionados com a produção de grãos. Todavia, para se analisar esses componentes é preciso contextualizar as condições climáticas prevalentes na área experimental, por ocasião da sua ocorrência.

In the case in question, the first week of March had unusual weather behavior due to intense rainfall for four days (March 4th, 5th, 6th, and 7th), with accumulated precipitation of 61.4 mm and above average air humidity. This occurrence led to the installation of a fungus that causes the blast on spikes of the cultivars TBIO Duque and TBIO Trunfo, which had a higher number of spikes emitted in the rainy season because they have an earlier cycle. Thus, the other cultivars better overcome this abiotic stress.

TBIO Convicto and TBIO Aton stood out among the cultivars (Table 4) for grain yield, which can be explained by the longer production cycle, favoring higher photoassimilate accumulation and promoting larger plants with spikes with greater grain mass and, ultimately, more productive. The yield of the cultivar TBIO Aton was statistically similar to that of the TBIO Convicto even with a shorter cycle. However, TBIO Aton showed lower emission of spikes per area, but higher grain filling efficiency.

The low yield of TBIO Duque and TBIO Trunfo may be explained by the occurrence of the blast at the beginning of the heading stage, compromising the full manifestation of production components. Toreti (2021) also observed this behavior in an experiment with seven wheat cultivars in the lowlands of Santa Catarina. Thus, based on these occurrences, that is, heavy rains and fungal diseases, the actual productive potential of the most sensitive cultivars was harmed. The low grain production of the cultivar TBIO Trunfo may also be related to genetic adaptation factors due to its indication for cultivation in regions with altitudes higher than 500 m, a factor that conditions a more favorable climate for wheat development.

The industrial grain quality (Table 5) showed that the cultivars presented good results for baking, except for PH, which ranged from light (TBIO Trunfo) to medium (TBIO Convicto). Factors such as grain shape, size, weight, and the presence of straw, soil, and other impurities can interfere with pH (MIRALES; SLAFER, 2000). However, within the values obtained for this variable, only TBIO Trunfo was below the standard, considered mild to very mild, according to the classification presented by Guarienti *et al.* (2000).

No caso em foco, deve-se esclarecer que na primeira semana do mês de março houve comportamento climático incomum em razão de precipitações pluviométricas intensas durante quatro dias (4, 5, 6 e 7 de março), com precipitação acumulada de 61,4 mm e umidade do ar acima da média. Essa ocorrência acarretou a instalação de fungo causador de brusone na espiga na TBIO Duque e na TBIO Trunfo que, por serem mais precoces, apresentaram maior número de espigas emitidas no período chuvoso. Assim, destaca-se que as demais cultivares superaram melhor esse estresse abiótico.

Para a produtividade de grãos as cultivares que se destacaram foram TBIO Convicto e TBIO Aton (Tabela 4), podendo ser explicado pelo maior ciclo produtivo, que favorece maior acúmulo de fotoassimilados, promovendo plantas maiores, dotadas de espigas com maior massa de grãos e, por fim, mais produtivas. Enfatiza-se que a TBIO Aton, mesmo apresentando ciclo menor que a TBIO Convicto, sua produtividade foi estatisticamente semelhante a TBIO Convicto. Contudo, a TBIO Aton apresentou menor emissão de espigas por área, mas maior eficiência no enchimento de grãos.

A baixa produtividade de TBIO Duque e TBIO Trunfo pode ser explicada pela ocorrência de brusone no início da fase de espigamento, comprometendo a plena manifestação dos componentes de produção. Isto também foi observado por Toreti (2021) em experimento com sete cultivares de trigo em terras baixas de Santa Catarina. Assim, com base nessas ocorrências, isto é, chuvas intensas e ocorrência de doenças fúngicas, pode-se inferir que o real potencial produtivo das cultivares mais sensíveis foi prejudicado. No caso da cultivar TBIO Trunfo, a baixa produção de grãos pode estar relacionada também a fatores genéticos de adaptação, em virtude de sua indicação para cultivo em regiões de altitude superior a 500 m, fator que condiciona um clima mais favorável ao desenvolvimento do trigo.

A qualidade industrial dos grãos (Tabela 5) mostrou que as cultivares apresentaram bons resultados para a panificação, com exceção do PH que variou de leve (TBIO Trunfo) a médio (TBIO Convicto). Fatores como forma do grão, tamanho, peso, presença de palha, terra e outras impurezas podem interferir no PH (MIRALES; SLAFER, 2000). Contudo, dentro dos valores obtidos para esta variável, apenas a TBIO Trunfo ficou abaixo do padrão, considerado leve a muito leve, conforme classificação apresentada por Guarienti *et al.* (2000).

Table 5 - Industrial quality of wheat grains cultivated in an Oxisol (Latosolo Amarelo distrófico) of the savannah of the state of Roraima, Brazil**Tabela 5** - Qualidade industrial de grãos de trigo cultivado em Latossolo Amarelo distrófico da savana do estado de Roraima

Cultivar	Weight (g)	Moisture (%)	PC (%)	HW	ST	DT	W (10 ⁻⁴ J)
TBIO Aton	1000	12.98	20.55	73.6	16.4	6.5	313
TBIO Convicto	1000	13.88	19.62	74.14	32.8	3.0	432
TBIO Duque	1000	13.29	24.64	72.26	-	-	229
TBIO Trunfo	690.8	12.87	22.38	71.02	7.9	5.2	-

PC – protein content (% dry basis); HW – hectoliter weight; ST – stability (farinographic index, in minutes); DT – development time (farinographic index, in minutes); W – gluten strength (alveographic index).

TP - teor de proteína (% base seca); PH - peso do hectolitro; EST - estabilidade (índice de farinografia, em minutos); TD - tempo de desenvolvimento (índice de farinografia, em minutos); W = força do gluten (índice de alveografia).

Grain protein contents were classified as extra high and the gluten strength (W) as strong to very strong. These variations between cultivars may be related to soil and climate factors, standing out the temperature, humidity, and solar radiation (FRANCESCHI *et al.*, 2009). Considering these qualities, TBIO Convicto, TBIO Aton, and TBIO Duque are characterized as suitable for milling and other industrial uses, according to Guarienti *et al.* (2021). Flour quality (farinography), which evaluates the mixing quality of the wheat flour mass, presented values within the industrial standards with DT (development time, in minutes), ranging from weak (TBIO Convicto), medium weak strength (TBIO Aton) medium strong weak (TBIO Trunfo), and very strong stability (minutes) for the cultivars TBIO Convicto and TBIO Aton, medium strong strength for TBIO Trunfo.

CONCLUSIONS

The wheat cultivars TBIO Aton, TBIO Duque, TBIO Convicto, and TBIO Trunfo are well adapted to the edaphoclimatic conditions of savannah soils in Roraima;

The cultivars TBIO Aton and TBIO Convicto are more productive under the edaphoclimatic conditions of the Roraima savannah;

The cultivars have medium to very good industrial quality, except for the hectoliter weight.

Os teores de proteína dos grãos foram classificados em extra-alto e a força do glúten (W) em forte a muito forte. Essas variações entre as cultivares podem estar relacionadas a fatores de solo e de clima, com destaque para temperatura, umidade e radiação solar (FRANCESCHI *et al.*, 2009). Com essas qualidades, a TBIO convicto, TBIO Aton e TBIO Duque caracterizam-se como adequadas para moagem e outros usos industriais, conforme Guarienti *et al.* (2021). A qualidade da farinha (Farinografia), que avalia a qualidade de mistura da massa da farinha de trigo, apresentou valores dentro dos padrões industriais com TD (tempo de desenvolvimento em minuto) variando de fraca (TBIO Convicto), média força-fraca (TBIO Aton) a média fraca-forte (TBIO Trunfo) e a estabilidade (minutos) muito forte para as cultivares TBIO Convicto e TBIO Aton, média força-forte para a TBIO trunfo.

CONCLUSÕES

As cultivares de trigo TBIO Aton, TBIO Duque, TBIO Convicto e TBIO Trunfo apresentam-se bem adaptadas às condições edafo-climáticas de solos de savana de Roraima;

As cultivares de TBIO Aton e TBIO Convicto são mais produtivas nas condições edafo-climáticas de savana de Roraima;

As cultivares apresentam qualidade industrial de média a muito boa, com exceção do peso do hectolitro.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ALBRECH, J. C. Cultivar Trigo BRS 264: precocidade, qualidade industrial e altos rendimentos para o cerrado do Brasil Central. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 14 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 49).
- ALLARD, R. W. Principles of plant breeding. 3. ed. New York, John Wiley, 1999. 485p.
- CARGNIN, A.; SOUZA, M. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SOFIATTI, V. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 987-993, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000600014>
- CHAGAS, J. H.; FRONZA, V.; SOARES SOBRINHO, J.; SUSSEL, A. A. B.; ALBRECHT, J. C. Tecnologia de produção de trigo sequeiro no cerrado do Brasil Central. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2021. 101 p. (Embrapa Trigo. Documentos 195).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 9, safra 2021/22, n. 9 nono levantamento, junho 2022.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perspectivas de diversificação e de investimentos na produção de arroz - trigo – feijão: Estudo preliminar Brasília: Conab, 2016. (Compêndio de Estudos Conab, v.1). 51 p.
- FAO. **The state of food security and nutrition in the world**. Rome, 2022. 260 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p.1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; GUARIENTI, E.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo: revisão bibliográfica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p.1624-1621, 2009.
- GUARIENTI, E. M. Qualidade industrial do trigo. EMBRPA-CNPT, Passo Fundo-RS, 1993, 27p.
- GUARIENTI, E. M.; SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. C. B. Influência do manejo do solo e da rotação de culturas na qualidade industrial do trigo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 12 p. 2375-2382, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000001200007>
- HARARI, Y. N. Uma breve história da humanidade: Sapiens. 26.ed. Porto Alegre, L&PM, 2017.
- JANDREY, P. E.; FRANCO, F. A.; COSTA, A. C. T.; SILVA, M. B.; RODRIGUES, L. F. O. S. Dias para espigamento, altura de plantas e índice de acamamento em genótipos de trigo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, p. 32-37, 2012. DOI: <https://doi.org/10.18188/sap.v11i0.7867>
- LOCATELLI, V. E. R.; MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ARAÚJO, W. F.; SOUZA, K. T. S. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 574-580, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000600002>.
- MIRALES, D. J.; SLAFER, G. A. Wheat development. In: SATORRE, E.H.; SLAFER G.A. (Eds.). **Wheat: ecology and physiology of yield determination**. New York: Food Products, 2000. p 13-43.
- OLIVEIRA, M. E. A. S.; ALVES, T. O.; GUTKOSKI, L. C.; MIRANDA, M. Z.; FERREIRA, M. S. L.; TAKEITI, C. Y. Brazilian Cerrado wheat: Technological quality of genotypes grown in tropical locations. **Journal of Food Processing and Preservation**, e16228, p. 1-17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16228>
- OLIVEIRA, V. A.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFFER, C. E. G. R.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; MELO, V. F.; CAMPOS, M. C. C.; CORRÊA, G. R.; CALDERANO, S.B.; KER, J.C. Solos da XI Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (RCC de Roraima). In K.D. Batista, J.F. Lumbreras, M.R. Coelho, V.A. Oliveira, J.F. Vale Júnior. Guia de Campo da XI Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Roraima. Brasília. Embrapa. 50-164, 2018.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2018, Passo Fundo. Informações técnicas para trigo e triticales - safra 2019. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 240p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7., 2013, Londrina, PR. Informações técnicas para trigo e triticales – safra 2014. Londrina, Fundação Meridional, 2014. 235 p.

SHEWRY, P. R.; HEY, S. J. The contribution of wheat to human diet and health. **Food and Energy Security**, v. 4, n. 3, p. 178-202, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002%2Ffes3.64>

TORETI, S. Avaliação de desempenho de sete cultivares de trigo (*triticum aestivum*) em áreas de terras baixas: sequeiro e várzea na região do extremo Sul catarinense. Monografia – UNISUL, 2021.

ZILLI, J. E.; PEREIRA, G. M. D.; FRANÇA JUNIOR, I.; SILVA, K.; HUNGRIA, M.; ROUWS, J. R. C. Dinâmica de rizóbios em solo do cerrado de Roraima durante o período de estiagem. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 153-169, jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000200004>