

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MICAELA MESQUITA LOVERA

**QUALIDADE INDUSTRIAL DO TRIGO CULTIVADO EM DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES E TIPOS DE ADUBAÇÕES**

DOIS VIZINHOS

2023

MICAELA MESQUITA LOVERA

**QUALIDADE INDUSTRIAL DO TRIGO CULTIVADO EM DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES E TIPOS DE ADUBAÇÕES**

**INDUSTRIAL QUALITY OF WHEAT CULTIVATED IN DIFFERENT
CONCENTRATIONS AND TYPES OF FERTILIZERS**

Trabalho de Dissertação apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, pelo programa de Pós Graduação em Agroecossistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos.

Orientador(a): Prof. Dr. Laercio Ricardo Sartor

DOIS VIZINHOS

2023



4.0 Internacional

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos**



MICAELA MESQUITA LOVERA

QUALIDADE INDUSTRIAL DO TRIGO CULTIVADO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES E TIPOS DE ADUBAÇÕES

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Ciências Agrárias da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Agroecossistemas.

Data de aprovação: 07 de Julho de 2023

Dr. Laercio Ricardo Sartor, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Glaucia Cristina Moreira, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Katia Suzana Andrade, Doutorado - Duas Rodas Industrial

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 07/07/2023.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Laercio Ricardo Sartor por todo conhecimento transmitido e por toda a paciência durante os últimos semestres.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Agradeço também ao Moinho Itaipu por ter disponibilizado as instalações da indústria para a realização do trabalho.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento aos meus pais Egle Lovera e Ivan Lovera, por todas as explicações e dúvidas sanadas, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio, e em especial ao meu marido Rodrigo pela paciência e incentivo durante esses últimos meses, principalmente quando dizia que iria desistir deste trabalho.

Agradeço também a Deus.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

No Brasil, o cultivo de trigo se estabeleceu como uma das principais atividades agrícolas durante o inverno. No entanto, a produção nacional não consegue suprir a demanda interna de consumo, resultando na necessidade de importação desse cereal. Além disso, a qualidade industrial do trigo, especialmente para fins de panificação, é um fator importante a ser considerado. Os avanços no melhoramento genético e nos sistemas de produção têm priorizado o aumento da quantidade de grãos, mas nem sempre garantem uma qualidade industrial satisfatória. A fertilidade do solo desempenha um papel crucial no rendimento e no tamanho dos grãos. Estudos que exploram a relação entre a fertilidade do solo e a qualidade industrial do trigo podem fornecer informações relevantes para lidar com esse desafio. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho do cultivo de trigo fertilizado com diferentes fontes de nutrientes e corretivos de acidez, levando em consideração a qualidade industrial do cereal. Para isso, foram realizados três experimentos distintos e conduzidas as análises de peso hectolitro, peso de mil grãos, *falling number*, teor de glúten em estado úmido e seco e a umidade. O primeiro protocolo envolveu a adubação do trigo com dejetos de animais e fertilizante mineral, aplicados tanto na linha de plantio quanto a lanço. O segundo protocolo utilizou uma combinação de adubação com composto orgânico e fertilizante mineral específico para a cultura do trigo. Já o terceiro protocolo testou diferentes corretivos de acidez do solo, como Dolomítico, Fortcalcio®, Óxido de cálcio, além de um grupo de controle, em duas condições diferentes de aplicação de gesso agrícola, ou seja, com ou sem o uso de gesso. Os resultados dessa pesquisa indicaram que em muitas das análises não houve um tratamento consideravelmente superior aos demais em relação ao desempenho das culturas de trigo, porém as diferenças, quando encontradas, foram pequenas.

Palavras-chave: fertilidade; melhoramento; qualidade; trigo.

ABSTRACT

In Brazil, wheat cultivation has established itself as one of the main agricultural activities during the winter. However, domestic production is unable to meet the internal consumption demand, resulting in the need to import this cereal. Furthermore, the industrial quality of wheat, especially for baking purposes, is an important factor to be considered. Advances in genetic improvement and production systems have prioritized increasing grain quantity, but they do not always guarantee satisfactory industrial quality. Soil fertility plays a crucial role in yield and grain size. Studies exploring the relationship between soil fertility and the industrial quality of wheat can provide relevant information to address this challenge. The objective of this study was to evaluate the performance of wheat cultivation fertilized with different nutrient sources and acidity correctives, taking into consideration the industrial quality of the cereal. For this purpose, three distinct experiments were conducted, and analyses of hectoliter weight, thousand grain weight, *falling number*, gluten content in wet and dry states, and moisture content were performed. The first protocol involved wheat fertilization with animal manure and mineral fertilizer applied both at the planting line and broadcast. The second protocol used a combination of organic compost and specific mineral fertilizer for wheat cultivation. The third protocol tested different soil acidity correctives, such as Dolomitic, Fortcalcio®, Calcium Oxide, along with a control group, under two different conditions of agricultural gypsum application, i.e., with or without gypsum. The results of this research indicated that in many of the analyses, there was no significantly superior treatment compared to the others in terms of wheat crop performance, although the differences, when found, were small.

Keywords: fertility, improvement, quality, wheat.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de trigo do grupo II destinado à moagem e outras finalidades...	15
Tabela 2 - Tipos de trigo do grupo II destinado à moagem e outras finalidades.....	16
Tabela 3 - Segmentação segundo o teor de glúten.....	21
Tabela 4 - Segmento x atividade diastática.....	21
Tabela 5 - Caracterização química do solo das parcelas antes do início do experimento, em fevereiro de 2019.	26
Tabela 6 - Correção do peso da amostra para umidade base 14%.....	30
Tabela 7 - Tabela de conversão para peso hectolitro.....	32
Tabela 8 - Peso hectolitro de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	34
Tabela 9 - Peso de mil grãos de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	35
Tabela 10 - <i>Falling number</i> corrigido de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	36
Tabela 11 - Glúten úmido corrigido de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	37
Tabela 12 - Glúten seco corrigido de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	37
Tabela 13 - Peso hectolitro de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	39
Tabela 14 - Peso de mil grãos de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	40
Tabela 15 - <i>Falling number</i> de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	41
Tabela 16 - Glúten úmido de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	42

Tabela 17 - Glúten seco de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	42
Tabela 18 - Peso hectolitro de trigo cv. Tibagi cultivado sob corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	43
Tabela 19 - Peso de mil grãos de trigo cv. Tibagi cultivado sob corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	44
Tabela 20 - <i>Falling number</i> de trigo cv. Tibagi cultivado sob corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	44
Tabela 21 - Glúten úmido de trigo cv. Tibagi cultivado sob Corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	45
Tabela 22 - Glúten seco de trigo cv. Tibagi cultivado sob Corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	O trigo	15
3.2	A cultura do trigo	17
3.3	Qualidade tecnológica do trigo	19
3.4	Classificação da farinha	20
3.5	Análises laboratoriais	21
3.5.1	<i>Falling number</i>	22
3.5.2	Teor de glúten.....	23
3.5.3	Umidade	23
3.5.4	Peso hectolitro	23
3.5.5	Peso de mil grãos	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1	Protocolo I: Trigo sob adubação com dejetos de animais e fertilizante mineral na linha e a lanço	25
4.2	Protocolo II: Adubação com composto orgânico associado a fertilizante mineral na cultura do trigo	27
4.3	Protocolo III: Corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola	28
4.4	Métodos para as análises tecnológicas do trigo	29
4.4.1	<i>Falling number</i>	29
4.4.2	Umidade	30
4.4.3	Peso hectolitro	31
4.4.4	Peso de mil grãos	32
4.4.5	Teor de glúten úmido e seco	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1	Protocolo I	34

5.2	Protocolo II	38
5.3	Protocolo III	43
6	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Na região sul do Brasil, o cultivo de trigo no inverno é o sistema mais utilizado, seguido pela soja ou milho no verão. O *Triticum aestivum* é um cereal de grande importância para os brasileiros, sendo muito consumido em diversas formas, como pão, massa alimentícia, bolos e biscoitos. Além disso, quando não atinge a qualidade necessária para o consumo humano, o trigo também pode ser utilizado na ração animal (MAI, 2014).

Semelhante a diversas culturas agrícolas comerciais, os custos de produção de trigo estão correlacionados ao uso dos fertilizantes aplicados na lavoura e a aplicação de corretivos de acidez do solo (BONA; MORI; WIETHOLTER, 2016).

O rendimento de grãos é uma somatória de fatores e interações que ocorrem no cultivo do trigo. Estes fatores podem ser separados em diversos grupos, como: disponibilidade de calor e radiação solar, ocorrência de pragas, acesso a água e nutrientes em quantidade adequada, características genéticas do grão, entre muitos outros aspectos (EMBRAPA, 2004).

O trigo e seus derivados estão muito presentes na dieta do brasileiro, dessa forma, as cultivares produzidas e o manejo adotado no campo, devem ter a capacidade de produzir uma farinha que possua as características tecnológicas necessárias para a produção de um produto final de qualidade (MITTELMANN *et al.*, 2000). O trigo é um grão muito versátil, podendo ser destinado a inúmeras finalidades, dependendo de sua qualidade física, reológica e funcional (BACALTCHUK, 1999).

Segundo a Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996 define-se farinha de trigo como:

“O produto obtido a partir da espécie *Triticum aestivum* ou de outras espécies do gênero *Triticum* reconhecidas (exceto *Triticum durum*) através do processo de moagem do grão de trigo beneficiado. A farinha obtida poderá ser acrescida de outros componentes, de acordo com o especificado na presente norma (ANVISA, 1996).”

E na mesma Portaria complementa-se a definição do produto quanto a sua designação afirmando:

“O Produto será designado farinha de trigo, seguida de sua classificação. No Brasil se tornou obrigatória a fortificação das farinhas de trigo e de milho com

ferro e ácido fólico a partir de junho de 2004. No caso das farinhas aditivadas deverá fazer do nome expressões tais como: "farinha de trigo com fermento" e "farinha de trigo com aditivo" (ANVISA, 1996).

Vários estudos têm sido realizados com o intuito de melhorar a qualidade tecnológica da farinha de trigo, principalmente quanto a suas características tecnológicas. E esse estudo é fundamental, uma vez que envolve fatores econômicos e políticos. A demanda por trigo de alta qualidade industrial está crescendo. A Instrução Normativa Nº 38 de 30 de novembro de 2010 (BRASIL, 2010) foi um incentivo para a produção de grãos de qualidade, pois a normativa determina os padrões qualitativos para a comercialização do trigo no Brasil.

A qualidade da farinha de trigo não pode ser definida por um único padrão fixo, mas sim pela combinação de várias propriedades que, como um todo, determinam se ela é adequada ou não para determinada finalidade (GERMANI, 2008). Cada tipo de produto requer uma farinha com características tecnológicas específicas para sua produção (CAMPAGNOLLI; PIZZINATTO, 1993).

As indústrias de processamento, muitas vezes compram trigo de diversos fornecedores, e mesclam os grãos, para obter os atributos de qualidade que necessitam na farinha. Pena (2002) afirma que é comum que o valor comercial de uma safra de trigo, seja determinada pelos atributos do grão, associado com sua qualidade de processamento.

Os moinhos buscam adquirir grãos de qualidade tecnológica uniforme, consistente e com elevado rendimento de extração. Atrelada a continuidade da cadeia produtiva, as padarias, indústrias de massas e de biscoitos, da mesma forma necessitam de farinha com especificações adequadas e constantes, para que se obtenham produtos padronizados (MIRANDA; DEMORI; LORINI, 2008).

Nesse sentido, a cadeia de produção e industrialização do trigo tem apresentado demanda quanto a qualidade tecnológica do grão. O trigo, historicamente, tem seu preço estabelecido pelo PH (peso hectolitro), contudo essa não é uma variável adequada para determinar a qualidade da farinha, especialmente para panificação, o que tem levado o mercado a mudança na política de preços de compra do trigo, considerando outras variáveis como *falling number* e teor de glúten.

Por meio de pesquisas, se torna cada vez mais clara a relação entre as proteínas presentes no trigo e a sua qualidade tecnológica. Uma adubação balanceada se faz necessária para a obtenção de grão de qualidade proteica (OLIVEIRA, 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho possui como objetivo caracterizar os aspectos físicos, químicos e tecnológicos dos grãos de trigo provenientes de diferentes sistemas de adubação e calagem.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o impacto dos diferentes sistemas de adubação e calagem nas características reológicas do trigo;
- Determinar o teor de glúten seco e glúten úmido com base em diferentes níveis de fertilidade do solo;
- Determinar o efeito dos fertilizantes na enzima alfa amilase.
- Determinar o efeito dos corretivos do solo na enzima alfa amilase.
- Avaliar se as concentrações de fertilizantes e calagem influenciam na massa do grão do trigo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O trigo

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa Nº 38 de 30 de novembro de 2010, estabeleceu o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Trigo.

De acordo com essa normativa, o trigo é definido como os grãos provenientes das espécies *Triticum aestivum* L. e *Triticum durum* L. O trigo é classificado em dois grupos: trigo destinado diretamente à alimentação humana e trigo destinado à moagem e outras finalidades. Além disso, é dividido em cinco classes: trigo brando, trigo pão, trigo melhorador, trigo para outros usos e trigo durum. Cada classe também pode ser subdividida em três tipos: 1, 2 e 3, conforme os critérios estabelecidos na Tabela 1 do regulamento (BRASIL, 2010).

As classes são determinadas com base em análises de alveografia e *falling number* (número de queda), conforme indicado na Tabela 1 do regulamento. Já os três tipos (1, 2 e 3) são definidos com base no limite mínimo de peso do hectolitro e nos limites máximos percentuais de umidade, materiais estranhos e impurezas, e grãos danificados, como mostra a Tabela 2 (BRASIL, 2010).

Do ponto de vista tecnológico, o grão de trigo é composto por três partes principais: o endosperma (83%), o pericarpo (14%) e o gérmen (3%). O endosperma é particularmente relevante, pois é a parte que dá origem à farinha de trigo branca (EMBRAPA, 1996).

Tabela 1 - Classes de trigo do grupo II destinado à moagem e outras finalidades

Classes	Força do glúten (Valor mínimo expresso em 10 ⁻⁴ J)	Estabilidade (Tempo expresso em minutos)	Número de queda (Valor mínimo expresso em segundos)
Melhorador	300	14	250
Pão	220	10	220
Doméstico	160	6	220
Básico	100	3	200
Outros usos	Qualquer	Qualquer	Qualquer

Fonte: MAPA (2010)

Tabela 2 – Tipos de trigo do grupo II destinado à moagem e outras finalidades

Tipos	Peso do hectolitro (Valor mínimo)	Matérias estranhas e impureza (%máximo)	Danificados por insetos (%máximo)	Danificados pelo calor, mofados e ardidos (%máximo)	Chochos, triguilhos e quebrados (%máximo)	Total de defeitos (%máximo)
1	78	1,00	0,50	0,50	1,50	2,00
2	75	1,50	1,00	1,00	2,50	3,50
3	72	2,00	2,00	2,00	5,00	7,00
Fora do tipo	< 72	> 2,00	> 2,00	10,00	> 5,00	> 7,00

Fonte: MAPA (2010)

As inúmeras variedades de trigo podem ser diferenciadas levando em consideração algumas características como: altura das plantas, produtividade, conteúdo do endosperma, proteínas presentes na farinha, qualidade da proteína, resistência a doenças, adaptabilidade ao solo e clima (ABITRIGO, 2008).

As características funcionais da farinha de trigo e a sua qualidade industrial são diretamente influenciadas pela composição do grão de trigo, combinada com as suas propriedades estruturais (SCHEUER *et al.*, 2011).

A proporção relativa dos constituintes químicos presentes no grão é variável, pois depende de alguns aspectos como características genéticas, idade da semente, práticas agrícolas adotadas, manejo pós-colheita, armazenamento e condições ambientais (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988).

O trigo é composto por fibras, carboidratos, proteínas, gorduras, minerais e água, que são distribuídos de forma desigual na estrutura do grão. Entre todos esses componentes, as proteínas formadoras de glúten apresentam maior importância na determinação das propriedades funcionais da farinha. Essas proteínas são compostas por porções de gliadinas e gluteninas, sendo elas, do ponto de vista tecnológico, fundamentais para a formação da massa, quando a farinha de trigo é misturada com água (PALLARÉS *et al.*, 2007).

3.2A cultura do trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta monocotiledônea de ciclo anual, cultivada durante o inverno e a primavera (ARBITRIGO, 2009). Seu cultivo possui destaque em nível mundial, e grande importância na alimentação humana (FOURAR-BELAIFA; FLEURAT-LESSARD; BOUZNAD, 2011).

A potencialidade de produção e transformação do trigo no Brasil é grande, isso se deve ao fato do país possuir clima favorável, disponibilidade de terras, tecnologia e profissionais capacitados. Porém, o Brasil ainda não é autossuficiente, dependendo de importações externas para suprir o consumo nacional. Assim, se faz necessário o estudo de alternativas que possibilitem o aumento da capacidade produtiva de trigo e de sua qualidade (MEZIAT; VIEIRA, 2009).

Para suprir a demanda interna, no mês de julho 2022, foram importadas 499,5 mil toneladas de trigo, 20,38% a menos do que no mês anterior, 6,61% a menos do que no mesmo período do ano passado, julho 2021. Do total importado, 90,88% vieram da Argentina, 9,06% do Paraguai e 0,05% da França e Líbano (CONAB, 2022).

Com a finalização da safra 2021/2022, foram consolidados os números relativos à importação, que fechou em 6.080,1 mil toneladas e de exportações, que atingiram o montante de 3.045,9 mil toneladas. Diante da compilação dos últimos dados, a estimativa é encerrar a safra mencionada com 722,6 mil toneladas (CONAB, 2022).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) publicou os dados referentes à safra 2021/22 e, de acordo com este relatório, divulgado em julho/2022, a estimativa de área plantada de trigo no mundo para a safra atual era de 222,3 milhões de hectare (ha), apresentando um aumento de 0,5%, se comparada à safra passada (2020/2021) (CONAB, 2022).

Dentre os maiores produtores, destacam-se 1) China (135 milhões de toneladas), 2) União Europeia (134,1 milhões de toneladas), 3) Índia (106 milhões de toneladas), 4) Rússia (81,5 milhões de toneladas) e 5) EUA (48,4 milhões de toneladas). A estimativa segundo o USDA é que o Brasil deva apresentar um acréscimo de 10% à sua produção, no ano de 2023, totalizando 8,5 milhões de toneladas, e que permaneça na 15ª posição dos maiores produtores mundiais (CONAB, 2022).

Muitos elementos são necessários para uma boa produtividade da cultura de trigo e dentre eles o nitrogênio se destaca como o elemento de maior necessidade em quantidade para a cultura. Fertilizantes nitrogenados são necessários devido à quantidade de nitrogênio disponibilizado nos solos ser insuficiente para a cultura deste cereal, o que torna necessário fornecer esse nutriente em forma de fertilizante (MALAVOLTA, 2006).

A adubação e a temperatura afetam a composição do grão, assim como a quantidade de proteínas de glúten presentes no mesmo. Logo as condições de crescimento e o regime de adubação impostos no trigo, influenciam as propriedades tecnológicas da farinha de trigo e conseqüentemente da massa (TEA et al, 2007).

Segundo pesquisas, produtores rurais gastam uma quantia elevada de sua receita com a compra de fertilizantes para a produção de trigo, com a finalidade de manter a fertilidade do solo e a nutrição da planta. Como já mencionado, a cultura de trigo é exigente quanto a sua nutrição. Ela necessita que o solo apresente elementos minerais como cobre (Cu), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), manganês (Mn), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), ferro (Fe), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), sendo os mais instados o nitrogênio e o fósforo (SEAGRI, 2006).

Em relação aos custos ligados a cultura de trigo, a adubação nitrogenada mineral é considerada uma das maiores despesas, fato que está relacionado com a disponibilidade do nutriente e a sua volatilidade.

Para diminuição desses custos provenientes de adubação, pesquisas vêm sendo feitas em busca de alternativas eficientes para suprir a necessidade de nitrogênio via solo. Uma opção que se destaca é o emprego de adubação com fontes de resíduos orgânicos, que ganha destaque pelo potencial da presença de macronutrientes e de fácil obtenção e disponibilização.

O rendimento de grãos obtido no agrossistema de trigo é o resultado final de um conjunto de interações complexas. Essas interações incluem fatores como o potencial genético da semente, bem como a disponibilidade de calor, radiação, água e nutrientes. Além disso, fatores bióticos, como a presença de pragas, doenças e plantas daninhas, podem afetar significativamente o crescimento e o desenvolvimento da planta,

influenciando diretamente o rendimento final do produto de interesse econômico, ou seja, os grãos, como destacado pela Embrapa (2004).

A solução para garantir o abastecimento de grãos passa por um conjunto de medidas, entre elas as pesquisas que visam o aumento da produção e da produtividade (OLIVEIRA, 2010).

3.3 Qualidade tecnológica do trigo

O trigo (*Triticum aestivum*) possui uma posição de destaque na mesa do brasileiro, o seu grande consumo é realizado de muitas maneiras, seja na forma de pão, massas alimentícias, bolos ou biscoitos (MAI, 2014).

Com o avanço das indústrias alimentícias, as exigências no que diz respeito aos insumos vem adquirindo um aspecto cada vez mais criterioso. Desta maneira, as cultivares de trigo devem ser adequadas a produção de farinha, permitindo que se obtenha um produto final com características tecnológicas desejáveis, como volume, textura e sabor (OLIVEIRA, 2010).

Existem diversos métodos para avaliar a qualidade dos grãos e da farinha de trigo, entre os mais utilizados estão as análises físicas (o peso de mil grãos (PMG) e o peso hectolitro (PH)), e as análises químicas (número de queda e teor de proteínas) (MANDARINO, 1993).

O destino final do cereal dentro da indústria é determinado conforme suas características tecnológicas apresentadas. E um parâmetro muito importante para essa classificação é o glúten. O glúten é determinante para uma boa consistência da massa, um volume adequado e propicia a elasticidade da massa (BASSOI *et al.*, 2016).

Além do consumo humano, o grão de trigo é frequentemente utilizado como ração animal, quando não atinge a qualidade exigida para consumo humano (EMBRAPA, 2009; MAI, 2014).

3.4 Classificação da farinha

A obtenção da farinha não envolve reações químicas, sendo um processo que se baseia principalmente em transformações físicas do grão (PINTO, 2010). De forma simplificada, o processo de moagem pode ser dividido em quatro etapas principais: Recepção e armazenagem do grão; Limpeza e preparo do trigo para moagem; Moagem do trigo e produção de farinha; Envase, armazenamento e despacho dos produtos finalizados.

Segundo Pinto (2010), a fabricação de farinha de trigo é complexa, uma vez que até pequenas variações nas propriedades dos grãos podem resultar em diferenças notáveis no produto final.

Sendo consumido de forma predominante na forma de pão e massas, suas cultivares precisam ser capazes de produzir uma farinha que atinja as especificidades de um produto de boa qualidade, atendendo as características desejadas pelo produtor, como um bom crescimento, extensibilidade, textura, sabor e coloração pré-determinadas (MITTELMANN *et al.*, 2000).

A importância alcançada pelo consumo de trigo e seus derivados têm feito aumentar a atenção quanto a qualidade deste grão, buscando melhorá-la baseado em técnicas de melhoramento e práticas de fertilização. A busca por produtos finais de alta qualidade impulsionou os moinhos a adotarem critérios mais rigorosos na seleção e no processamento dos grãos (GRANOLAB, 2015).

Com o objetivo de atender de maneira eficiente às demandas do mercado consumidor, a farinha de trigo foi segmentada de acordo com suas características tecnológicas. Essa segmentação é apresentada nas tabelas a seguir (Tabelas 3 e 4), permitindo uma melhor seleção e adequação da farinha de trigo para diferentes finalidades.

Tabela 3- Segmentação segundo o teor de glúten

Segmento/Força	Baixíssimo	Baixo	Mediano	Alto	Altíssimo
Bolos	X				
Biscoitos doces		X			
Biscoitos fermentados			X		
Panificação				X	
Massas alimentícias					X

Fonte: Adaptado de Granolab (2015)

Tabela 4- Segmento x atividade diastática

Segmento	Atividade Enzimática	Atividade Enzimática	Atividade Enzimática
	Baixa	Mediana	Alta
Biscoitos doces			X
Biscoitos fermentados			X
Panificação		X	
Massas alimentícias	X		

Fonte: Adaptado de Granolab (2015)

Para se manter competitivo no mercado, um moinho deve direcionar sua produção de forma estratégica, segmentando seus produtos de acordo com suas características específicas. Por exemplo, uma farinha com propriedades adequadas para a fabricação de biscoitos não seria comercializada para uma fábrica de massas alimentícias, uma vez que as exigências tecnológicas para cada tipo de produto são diferentes. O mesmo se aplica a uma farinha com características voltadas para panificação, que não seria vendida para uma indústria de biscoitos. Essa segmentação cuidadosa é essencial para atender às demandas e exigências de cada setor da indústria alimentícia (GRANOLAB, 2015).

3.5 Análises laboratoriais

Qualidade da farinha de trigo pode ser definida como sua capacidade de produzir um produto final atraente, que atenda às características sensoriais exigidas pela unidade

de processamento. Cada tipo de produto requer uma farinha com características tecnológicas específicas para sua elaboração (CAMPAGNOLLI; PIZZINATTO, 1993). Em outras palavras, a qualidade da farinha de trigo está intrinsecamente ligada à sua capacidade de fornecer as propriedades desejadas para a produção de diferentes produtos alimentícios, garantindo que atendam aos padrões de qualidade e satisfação do consumidor.

Pode-se categorizar os fatores que influenciam a qualidade da farinha de trigo em dois grupos principais: fatores intrínsecos ao trigo e fatores resultantes do processo de moagem. O primeiro grupo engloba aspectos como a combinação de variedades de trigo, as condições de cultivo, o clima e a ocorrência de doenças. O segundo grupo envolve decisões relacionadas à seleção da mistura de trigo, aditivos utilizados, armazenamento dos grãos, ajuste dos rolos de moagem e outros elementos relevantes para o processamento do trigo em farinha (CAMPAGNOLLI; PIZZINATTO, 1993). Em suma, tanto a qualidade do trigo utilizado quanto as etapas do processo de moagem desempenham papéis essenciais na determinação da qualidade final da farinha de trigo.

3.5.1 *Falling number*

O método *falling number* é uma técnica utilizada para determinar a atividade enzimática da enzima alfa-amilase em grãos e farinhas de trigo (GRANOLAB, 2015). Os resultados do teste são expressos em segundos. Valores mais elevados, entre 260 e 300 segundos, indicam uma baixa atividade da enzima alfa-amilase, o que é desejável para a produção de produtos de panificação. Por outro lado, valores mais baixos, abaixo de 260 segundos, indicam uma alta atividade enzimática, o que pode resultar em problemas na qualidade da farinha e dos produtos finais (EMBRAPA, 2009).

O método *falling number* fornece informações valiosas sobre a atividade enzimática e auxilia na determinação da qualidade da farinha de trigo em relação à sua capacidade de produzir produtos de panificação desejáveis.

3.5.2 Teor de glúten

A determinação do teor de glúten em farinhas é baseada na característica das proteínas do glúten de se tornarem insolúveis em solução salina (GRANOLAB, 2015). A análise do teor de glúten em farinha de trigo é fundamental para garantir a qualidade e a consistência dos produtos finais, pois influencia diretamente nas propriedades de panificação, como a capacidade de retenção de gás, a textura e o volume dos produtos assados (GRANOLAB, 2015).

3.5.3 Umidade

O objetivo principal desse teste é determinar a quantidade de umidade presente em amostras de trigo e farinha de trigo por meio da medição da perda de peso quando submetidas a condições específicas de aquecimento (GRANOLAB, 2015). De acordo com a legislação brasileira, a farinha de trigo deve ter teor máximo de umidade de 15% (BRASIL, 2005), enquanto os grãos de trigo devem apresentar limite máximo de 13% de umidade (BRASIL, 2001).

O teor de água nos grãos de trigo desempenha um papel crucial em várias etapas do processo de moagem, afetando o rendimento de extração, o peso específico dos grãos, as características tecnológicas da farinha resultante e a conservação do produto final (QUAGLIA, 1991). Portanto, controlar adequadamente a umidade é essencial para garantir a qualidade e as propriedades desejáveis da farinha de trigo.

3.5.4 Peso hectolitro

O objetivo desta análise é estabelecer o peso de um determinado volume de sementes. Quando o volume é expresso em hectolitro e o peso em quilograma, essa determinação é denominada peso hectolitro (GRANOLAB, 2015).

O peso hectolitro (PH) é uma característica varietal influenciada pelo clima, solo, adubação, sistema de culturas, ocorrência de insetos e de doenças, maturidade da semente, beneficiamento, grau de umidade da semente e tratamento químico (GRANOLAB, 2015).

Em diversos países, o peso hectolitro (PH) é uma medida de comercialização tradicional para grãos, sendo definido como a massa de 100 litros em quilogramas. Essa medida é frequentemente utilizada como uma indicação indireta da qualidade dos grãos. Conforme destacado por Mazzuco *et al.* (2002), quanto maior o valor do PH, maior é a aceitação e valorização do produto no mercado.

3.5.5 Peso de mil grãos

Determinar o peso de mil sementes é possível com o uso deste teste. Essa informação é utilizada em diversas aplicações, tais como o cálculo da densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem e o peso da amostra para análise de pureza. Além disso, o peso de mil grãos pode fornecer uma indicação do tamanho, maturidade e sanidade das sementes, conforme mencionado pela Granolab (2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi composto por três experimentos distintos: o protocolo I foi realizado com trigo sob adubação com dejetos de animais e fertilizante mineral na linha e a lanço. O protocolo II com adubação com composto orgânico associada a fertilizante mineral na cultura do trigo. E o protocolo III foram utilizados diferentes corretivos da acidez do solo (Dolomítico, Fortcalcio®, Óxido de cálcio e a Testemunha), em duas condições diferentes do uso de gesso agrícola (com gesso e sem gesso).

Todos os protocolos de campo (cultivo do trigo) foram realizados na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Dois Vizinhos (UTFPR-DV), no Sudoeste do Paraná (25°44'S; 53°04'O). O clima do local é caracterizado como subtropical úmido, do tipo Cfb (Köppen), com verão fresco, temperatura média do mês mais quente menor que 22 °C e do mês mais frio menor que 18°C, com precipitação média anual próxima de 2000 mm. O solo é classificado como Nitossolo Vermelho e manejado sob sistema de plantio direto (SPD) há 20 anos.

4.1 Protocolo I: Trigo sob adubação com dejetos de animais e fertilizante mineral na linha e a lanço

Antes do início da pesquisa foram realizadas análises do solo em fevereiro de 2019 conforme apresentados na tabela 5. O experimento foi implantado em junho de 2019 com a demarcação da área experimental, alocação das parcelas e aplicação de doses dos dejetos de animais a lanço e do fertilizante mineral na linha e a lanço, definidas para 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (óxido de fósforo), sendo os tratamentos: a) sem adubação (controle); b) adubação mineral na linha c) adubação mineral a lanço; d) cama de aves; e) dejetos bovinos; f) dejetos suínos.

Tabela 5 - Caracterização química do solo das parcelas antes do início do experimento, em fevereiro de 2019

Tratamento	Fósforo mg kg ⁻¹	Potássio mg kg ⁻¹	C-Orgânico %	SMP	pH-H ₂ O
Controle	21,90 ^{ns}	269,97 ^{ns}	2,72 ^{ns}	6,23 ^{ns}	6,06 ab
Ad. Linha	26,12	360,42	2,77	6,36	6,11 ab
Ad. Lanço	21,73	272,17	2,96	6,41	6,15 a
Cama de aves	21,53	229,75	2,70	6,46	5,96 ab
Dejeto Bovino	25,10	373,62	2,92	6,56	5,83 ab
Dejeto suíno	21,01	464,22	3,01	6,23	5,77 b
C.V	36,3%	33,8%	6,3%	2,3%	2,5%

Letra iguais, na coluna, indicam que, não há diferença entre as médias para o parâmetro de peso hectolitro pelo teste Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2023)

O delineamento foi de blocos ao acaso com 4 repetições, totalizando 24 parcelas de 12,6 m² demarcadas por calhas. Os tratamentos foram aplicados nas parcelas em outubro de 2019, na cultura da soja, outubro de 2020 na cultura da soja e maio de 2021 na cultura do trigo.

Em maio de 2021 foram aplicados os tratamentos nas doses de 333 kg ha⁻¹ da fórmula 12-24-21 na adubação mineral, 60 m³ ha⁻¹ de dejeto suíno, 80 m³ ha⁻¹ de dejeto bovino e 3,2 t ha⁻¹ de cama de aves e realizou-se a semeadura do trigo (cultivar Tibagi) com população de 350 plantas m².

No perfilhamento da cultura foi aplicado de forma superficial 43 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) na forma de ureia nos tratamentos com uso de adubação mineral, totalizando 85 kg ha⁻¹ de N entre semeadura e cobertura, para a dose se igualar ao tratamento com cama de aves e ficar próximo aos tratamentos com dejetos líquidos de suíno e bovino.

A cultura do trigo foi manejada de acordo com as necessidades durante seu ciclo, com aplicações de herbicida no desenvolvimento inicial das plantas e de fungicida e inseticida para o controle de doenças e pragas.

Quando a cultura atingiu a maturação fisiológica foram coletados 12 metros lineares por parcela para a avaliação da produtividade de grãos. A amostra foi debulhada

em batedor, determinada a umidade da amostra e separado os grãos para as análises relativas a esse trabalho.

4.2 Protocolo II: Adubação com composto orgânico associado a fertilizante mineral na cultura do trigo

O solo onde foi conduzido esse protocolo, é um Nitossolo Vermelho cultivado há pelo menos 20 anos com culturas anuais sob SPD (sistema de plantio direto), tendo na camada de 0,00 à 0,10 m 20 g kg^{-1} de areia, 143 g kg^{-1} de silte e 850 g kg^{-1} de argila.

O experimento foi instalado em outubro de 2020 e as doses do composto orgânico foram definidas em 0, 2, 4, 6 e 8 t ha^{-1} associados a 0%, 50% e 100% de adubação mineral com NPK (nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)), sendo um fatorial sob delineamentos de blocos ao acaso com 4 repetições, com parcelas de $3,6 \times 8 \text{ m}$, totalizando 60 parcelas. O composto orgânico utilizado é oriundo de uma empresa que processa resíduos agropecuários de abatedouros de animais, além de dejetos de animais e resíduos de poda e contém 2,0, 2,8 e 1,8 % de N, P_2O_5 (óxido de fósforo) e K_2O (óxido de potássio), respectivamente. Para o tratamento com fertilizante mineral foi definido para a dose 100% aplicar 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 70 kg ha^{-1} de K_2O , sendo o tratamento 50% metade disso.

Após a avaliação do experimento com a cultura da soja (fevereiro 2021) e feijão (maio 2021), em maio de 2021 foram aplicados os tratamentos orgânicos de forma superficial nas referidas doses e antes da semeadura do trigo, enquanto os tratamentos minerais foram na linha de semeadura. Semeou-se o trigo (cultivar Tibagi) com população de $350 \text{ plantas m}^{-2}$. No perfilhamento da cultura foi aplicado de forma superficial 40 kg ha^{-1} de N na forma de ureia nos tratamentos 100% de adubação mineral e metade da dose no tratamento 50%, totalizando 88 kg ha^{-1} de ureia.

A cultura do trigo foi manejada de acordo com as necessidades durante seu ciclo, com aplicações de herbicida no desenvolvimento inicial das plantas e de fungicida e inseticida para o controle de doenças e pragas.

Quando a cultura atingiu a maturação fisiológica foram coletados 12 metros lineares por parcela para a avaliação da produtividade de grãos. A amostra foi debulhada em batedor, determinada a umidade da amostra e calculada a produtividade de grãos.

4.3 Protocolo III: Corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola

Este experimento foi realizado em blocos ao acaso com 3 repetições em esquema bifatorial com 8 tratamentos, onde o bloco 1 e o bloco 2 tiveram dimensionamento de parcelas de 7 x 5 m, enquanto que no bloco 3o dimensionamento de parcelas foi com 5 x 5 m, 6 x 5 m, e 10 x 5m. O fator A é composto pelo tipo de corretivo e o fator B pelo uso ou não de gesso agrícola.

Os tratamentos nos blocos foram:

- T1: Fortcalcio®, 500 kg ha⁻¹, sem gesso.
- T2: Fortcalcio®, 500 kg ha⁻¹, com uso de gesso 3 t ha⁻¹.
- T3: Testemunha sem gesso (sem calagem).
- T4: Testemunha com gesso 3 t ha⁻¹.
- T5: Dolomítico aplicado em 2021 em 3 t ha⁻¹ e sem gesso.
- T6: Dolomítico com gesso 3 t ha⁻¹.
- T7: Óxido de cálcio 500 kg ha⁻¹, sem gesso.
- T8: Óxido de cálcio 500 kg ha⁻¹, com gesso 3 t ha⁻¹.

Os corretivos da acidez e o gesso agrícola foram aplicados a lanço antes do plantio da cultura do trigo, que foi realizado em sistema de plantio direto após o cultivo da soja. A cultivar de trigo utilizada foi a Tibagi na densidade de 150 kg ha⁻¹ de sementes viáveis. No plantio foi aplicado a quantidade de fertilizante mineral na dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (óxido de fósforo) e 70 kg ha⁻¹ K₂O (óxido de potássio). Em cobertura foi aplicado 75 kg ha⁻¹ de N. A cultura do trigo foi manejada de acordo com as necessidades durante seu ciclo, com aplicações de herbicida no desenvolvimento inicial das plantas e de fungicida e inseticida para o controle de doenças e pragas.

Quando a cultura atingiu a maturação fisiológica foram coletados 12 metros lineares por parcela para a avaliação da produtividade de grãos. A amostra foi debulhada em batedor, determinada a umidade da amostra e encaminhada para as demais análises.

4.4 Métodos para as análises tecnológicas do trigo

No laboratório do Moinho Itaipu S.A., localizado na cidade de Santa Terezinha de Itaipu, Paraná, foram conduzidas as análises de peso hectolitro, peso de mil grãos, *falling number*, teor de glúten em estado úmido e seco, bem como a umidade. As amostras de trigo passaram por um processo de peneiração para eliminar impurezas, seguido da verificação do teor de umidade dos grãos. Em seguida, as amostras foram submetidas à moagem em um moinho experimental da marca Omas. O equipamento de moagem utiliza um mecanismo com rolos, que permite triturar e reduzir as amostras de trigo em partículas menores.

Antes de iniciar as análises, verificou-se a umidade das amostras de farinha. As análises realizadas neste estudo seguiram o método analítico estabelecido pela Granotec/Granolab (2015) para avaliar tanto o trigo quanto a farinha de trigo. Todas as amostras de trigo e farinha foram estudadas com 4 repetições e posteriormente analisadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.4.1 *Falling number*

A avaliação do *falling number* foi conduzida utilizando o método analítico empregado pela Granotec/Granolab (2015) para análise de trigo e farinha de trigo. O procedimento teve início com a medida precisa da quantidade de farinha, levando em consideração o teor de umidade da amostra. A farinha foi cuidadosamente transferida para um tubo viscosimétrico previamente seco, utilizando um funil para garantir a precisão do processo. Em seguida, foram adicionados $25 \pm 0,3$ mL de água a uma temperatura de 22 ± 2 °C ao tubo viscosimétrico.

A tabela 6 representa a correção da amostra para umidade base 14%, utilizando a fórmula:

$$massa (g) = 7,0 \times \frac{(100 - 14)}{100} - umidade$$

Tabela 6 - Correção do peso da amostra para umidade base 14%

Umidade (%)	Peso (g)	Umidade (%)	Peso (g)	Umidade (%)	Peso (g)
8,0	6,54	11,4	6,79	14,8	7,07
8,2	6,56	11,6	6,81	15,0	7,08
8,4	6,57	11,8	6,83	15,2	7,10
8,6	6,59	12,0	6,84	15,4	7,12
8,8	6,60	12,2	6,86	15,6	7,13
9,0	6,62	12,4	6,87	15,8	7,15
9,2	6,63	12,6	6,89	16,0	7,17
9,4	6,64	12,8	6,90	16,2	7,18
9,6	6,66	13,0	6,92	16,4	7,20
9,8	6,67	13,2	6,94	16,6	7,22
10,0	6,69	13,4	6,95	16,8	7,24
10,2	6,70	13,6	6,97	17,0	7,25
10,4	6,72	13,8	6,98	17,2	7,27
10,6	6,73	14,0	7,00	17,4	7,29
10,8	6,75	14,2	7,02	17,6	7,31
11,0	6,76	14,4	7,03	17,8	7,32
11,2	6,78	14,6	7,05	18,0	7,34

Fonte: Adaptado de Granolab 2015

Após a adição da água, o tubo foi fechado com uma rolha de borracha e agitado na posição vertical de 20 a 30 vezes, garantindo uma distribuição homogênea. Utilizando um agitador viscosimétrico, a amostra aderida às paredes do tubo foi removida, assegurando a precisão dos resultados. Em seguida, o tubo contendo o agitador viscosimétrico foi inserido no equipamento e imediatamente acionado.

Os resultados foram mostrados no display do equipamento e foram expressos em segundos.

4.4.2 Umidade

A determinação da umidade foi realizada utilizando o método analítico empregado pela Granotec/Granolab (2015) para análise de trigo e farinha de trigo. Para realizar essa análise, uma cápsula com tampa, devidamente identificada, foi pesada e tarada em estufa a 130 °C por uma hora (M1). Em seguida, a balança foi tarada novamente e foram medidos 2-3 g ± 0,001 g de amostra, anotando-se a massa como M2.

As cápsulas contendo as amostras foram então colocadas na estufa a 130 °C por uma hora, e após o resfriamento em um dessecador, as amostras foram pesadas novamente (M3).

O resultado da umidade foi expresso utilizando a equação 1:

$$\text{Umidade\%} = \frac{(M1+M2)-M3}{M2} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

M1 – massa da cápsula vazia (g)

M2 – massa da amostra (g)

M3 – massa da cápsula + amostra após secagem em estufa (g)

4.4.3 Peso hectolitro

O peso hectolitro foi determinada pelo método analítico utilizado pela Granotec/Granolab (2015) ao trigo e à farinha de trigo.

A análise iniciou-se colocando a amostra de trigo diretamente no regulador de fluxo. Em seguida o regulador de fluxo foi aberto permitindo a passagem do produto (trigo) ao tubo recebedor. Depois a navalha é retirada em um só movimento, deixando passar o peso padrão de queda e a amostra para o tubo de medida, então a navalha é recolocada novamente no tubo de medida, forçando sua passagem através dos grãos.

Prosseguindo o teste, retirou-se o conjunto de tubos da base, desprezando a amostra que sobrou acima da navalha. Por fim foram pesados os grãos que ficaram retidos no tubo de medida em uma balança semi-analítica.

O resultado final foi obtido por meio da conversão do peso em gramas para kg/hL utilizando a tabela 7 abaixo.

Tabela 7 – Tabela de conversão para peso hectolitro

g	PH Kg/hL	g	PH Kg/hL	g	PH Kg/hL	g	PH Kg/hL
168,0	66,0	180,0	71,4	192,0	76,8	204,0	82,2
168,5	66,3	180,5	71,7	192,5	77,0	204,5	82,4
169,0	66,5	181,0	71,9	193,0	77,3	205,0	82,7
169,5	66,7	181,5	72,1	193,5	77,5	205,5	82,9
170,0	66,9	182,0	72,3	194,0	77,7	206,0	83,1
170,5	67,2	182,5	72,5	194,5	77,9	206,5	83,4
171,0	67,4	183,0	72,8	195,0	78,2	207,0	83,6
171,5	67,6	183,5	73,0	195,5	78,4	207,5	83,8
172,0	67,8	184,0	73,2	196,0	78,6	208,0	84,1
172,5	68,1	184,5	73,4	196,5	78,8	208,5	84,3
173,0	68,3	185,0	73,7	197,0	79,0	209,0	84,5
173,5	68,5	185,5	73,9	197,5	79,3	209,5	84,7
174,0	68,7	186,0	74,1	198,0	79,5	210,0	85,0
174,5	69,0	186,5	74,3	198,5	79,7	210,5	85,2
175,0	69,2	187,0	74,6	199,0	79,9	211,0	85,4
175,5	69,4	187,5	74,8	199,5	80,2	211,5	85,7
176,0	69,6	188,0	75,0	200,0	80,4	212,0	85,9
176,5	69,9	188,5	75,2	200,5	80,6	212,5	86,1
177,0	70,1	189,0	75,5	201,0	80,8	213,0	86,4
177,5	70,3	189,5	75,7	201,5	81,1	213,5	86,6
178,0	70,5	190,0	75,9	202,0	81,3	214,0	86,8
178,5	70,8	190,5	76,1	202,5	81,5	214,5	87,0
179,0	71,0	191,0	76,4	203,0	81,7	215,0	87,3
179,5	71,2	191,5	76,6	203,5	82,0	215,5	87,5

Fonte: Adaptado de Granolab (2015)

4.4.4 Peso de mil grãos

O peso de mil grãos (PMG) foi determinado de acordo com as Regras de Análise de Sementes (BRASIL,1992), pela contagem manual de 100 grãos de trigo, em quadruplicada, e expresso pela massa média (g) multiplicada por 10.

4.4.5 Teor de glúten úmido e seco

Esta análise é baseada segundo o método 38-10 da AACC (1995). A análise teve início com a moagem de cerca de 300g de trigo em moinho de laboratório equipado com

peneira de 0,8 mm. Em seguida foi pesado $10 \pm 0,0005$ g de amostra moída e adicionando 5,25 mL de água destilada e após feita a mistura deixando repousar por 10 minutos. Passando este período, foi colocada a massa em equipamento Glutomatic, para lavagem do amido por 5 minutos, obtendo-se o glúten úmido, expresso em porcentagem.

O material úmido então foi levado para um secador de glúten, para obter o glúten seco, expresso em porcentagem. Por este teste, foi determinada a qualidade funcional da farinha de trigo, ou seja, a capacidade que esta tem de formar uma massa viscoelástica, que depende das propriedades físico-químicas de suas proteínas, particularmente das proteínas do glúten.

Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, quando significativos às médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Protocolo I

Na Tabela 8, é possível observar a comparação dos valores médios para o peso hectolitro, considerando o efeito significativo das fontes dos fertilizantes utilizados. O peso hectolitro (PH) é um dos parâmetros utilizados para avaliar a qualidade das sementes de trigo, sendo expresso em quilogramas de grãos por 100 litros de volume. Conforme estabelecido pela Instrução Normativa nº 38/2010, Anexo III do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2010), o grão de trigo é classificado em três tipos, sendo o tipo 1 aquele com PH mínimo de 78 kg hL⁻¹, o tipo 2 com PH mínimo de 75 kg hL⁻¹ e o tipo 3 com PH mínimo de 70 kg hL⁻¹.

Baseado nos resultados obtidos no experimento e de acordo com a Instrução Normativa mencionada anteriormente, as amostras de trigo (cultivar Tibagi) cultivadas com dejetos bovinos, adubação mineral em lanço, cama de aves e dejetos suínos, foram classificadas como trigo tipo 2, enquanto as amostras cultivadas com adubação mineral em linha e sem adubação foram classificadas como trigo tipo 1.

O peso hectolitro é uma medida crucial para a classificação e comercialização do trigo, pois está diretamente relacionado à qualidade do grão. De acordo com Nunes et al. (2011), quanto maior o peso hectolitro, maior será o rendimento de farinha, resultando em um produto de melhor qualidade.

Tabela 8 - Peso Hectolitro de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Tratamento	Média (Kg/hL)	
Dejeto bovino	75,6042	b
Adubação mineral lanço	76,8417	ab
Cama de aves	77,0562	ab
Dejeto suíno	77,8583	a
Adubação mineral linha	78,0750	a
Sem adubação	78,5171	a

Letra iguais, na coluna, indicam que, não há diferença entre as médias para o parâmetro de peso hectolitro pelo teste Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022)

Os resultados obtidos para o peso de mil grãos (PMG) foram semelhantes aos encontrados para o peso hectolitro (PH), não sendo observada diferença significativa entre os seis tratamentos avaliados, conforme a tabela 9.

Tabela 9 - Peso de mil grãos de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Tratamento	Média (g)	
Dejeto bovino	26,2434	a
Adubação mineral linha	26,7421	a
Adubação mineral lanço	27,2337	a
Cama de aves	27,3806	a
Dejeto suíno	27,5942	a
Sem adubação	28,4917	a

Letra iguais, na coluna, indicam que, não há diferença entre as médias para o parâmetro de peso de mil grãos pelo teste Tukey a 5% de significância.

Fonte: A autoria própria (2022)

O PMG é uma medida importante para a classificação do trigo em relação ao seu tamanho, sendo que grãos muito acima ou abaixo da média podem causar perdas no processo produtivo. Isso ocorre porque grãos grandes podem prejudicar a regulação dos equipamentos de limpeza e moagem, enquanto os pequenos podem ser descartados facilmente pelas peneiras de limpeza, acarretando perdas na produção de farinha (GUARIENTI, 1996).

A diferença de tamanho dos grãos não afeta apenas a produção de farinha, mas também a quantidade de água absorvida e o tempo de descanso necessário antes da moagem. Os grãos menores absorvem mais água e requerem mais tempo de condicionamento do que os grãos maiores (POSNER, 1990).

Posner (1990) sugere que há uma relação entre o tamanho do grão e a quantidade de sêmola produzida. Ele afirma que a farinha produzida a partir de grãos grandes tem maior absorção de água e requer maior tempo para desenvolvimento da massa, mas apresenta maior tolerância à mistura e maior estabilidade. Com base nisso, recomenda-se que os moinhos selecionem grãos de tamanho médio.

De acordo com Williams et al. (1998), o peso de mil grãos é uma medida influenciada pela genética dos grãos, bem como pelas condições ambientais, como umidade, luminosidade e temperatura. Em seus estudos, ele classificou a qualidade dos

grãos em diferentes categorias de acordo com o PMG: muito grande acima de 55g, grande de 54g a 46g, médio de 45g a 36g, pequeno de 35g a 26g, e muito pequeno abaixo de 25g.

Com base neste estudo, pode-se observar que os diferentes tipos de adubação orgânica e mineral não tiveram grande impacto no peso do grão. Todos os seis tratamentos resultaram em grãos pequenos, o que não seria o ideal para o processo de moagem, de acordo com a classificação de Williams.

Os dados apresentados na Tabela 10 se referem à análise de *falling number* (FN), que é um método utilizado para medir a atividade da enzima alfa-amilase nos grãos de trigo. Valores elevados indicam baixa atividade dessa enzima, enquanto valores baixos indicam alta atividade. No entanto, não há um valor ideal, uma vez que isso depende do objetivo da produção da farinha e do setor industrial para o qual ela será direcionada, como para produção de pães, biscoitos, massas de pizza, macarrão e outros.

Tabela 10 – *Falling number* corrigido de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Tratamento	Média (s)	
Cama de aves	304,875	a
Adubação mineral linha	312,500	a
Adubação mineral lanço	314,250	a
Dejeto suíno	315,375	a
Dejeto bovino	324,250	a
Sem adubação	327,125	a

Letra iguais, na coluna, indicam que, não há diferença entre as médias para o parâmetro de *falling number* corrigido pelo teste Tukey a 5% de significância.

Fonte: A autoria própria (2022)

De acordo com a classificação da Instrução Normativa nº 38/2010, Anexo III, todos os tratamentos da tabela 10 foram classificados como trigo melhorador, apresentando valor de *falling number* superior a 250 segundos. Além disso, é importante notar que não houve diferença significativa entre os seis tratamentos estudados.

A classe de trigo em que as amostras se enquadram é adequada para misturas com grãos de genótipos de trigo brando, para fins de panificação, produção de massas alimentícias, biscoitos tipo "crackers" e pães industriais.

De acordo com Mares e Mrva (2008), o *falling number* pode ser influenciado por vários fatores, como condições ambientais e genótipo. Neste estudo, para a variável "diferentes tipos de adubação orgânica e mineral", não foi observado impacto significativo nos grãos.

A partir das análises de teor de glúten e dos resultados apresentados na tabela 11 e 12, é possível constatar que a adubação exerceu uma influência geral na porcentagem de glúten presente no trigo em relação ao tratamento sem adubação. Penckowski et al. (2010) também observaram em seus estudos que maiores porcentagens de glúten úmido estão relacionadas ao aumento da adubação nitrogenada. Essa relação justifica os resultados encontrados na tabela 11 e 12.

Tabela 11 – Glúten úmido corrigido de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Tratamento	Média (%)	
Sem adubação	25,483	b
Cama de aves	30,0945	ab
Adubação mineral linha	33,6222	a
Dejeto suíno	33,66	a
Dejeto suíno	34,1476	a
Adubação mineral lanço	35,3397	a

Letra iguais, na coluna, indicam que, não há diferença entre as médias para o parâmetro de glúten úmido pelo teste Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 12 – Glúten seco corrigido de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes fontes de adubação orgânica e mineral. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Tratamento	Média (%)	
Sem adubação	8,94245	b
Cama de aves	10,5582	ab
Dejeto ovino	11,3159	ab
Adubação mineral linha	11,8493	a
Dejeto suíno	12,0122	a
Adubação mineral lanço	12,3834	a

Letra iguais, na coluna, indicam que, não há diferença entre as médias para o parâmetro de glúten seco pelo teste Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022)

No entanto, apesar de haver uma diferença no teor de glúten entre o tratamento com adubação e o tratamento sem adubação, não houve diferença significativa entre os diferentes tipos de adubação em relação a essa característica.

De acordo com pesquisas, para produzir um pão francês de qualidade, a massa deve ter uma porcentagem de glúten úmido acima de 28%, e para massas alimentícias, acima de 29%. Porém, a qualidade industrial da farinha também depende da qualidade do glúten, e não apenas da quantidade. Todas as amostras estudadas em nosso experimento apresentaram uma boa quantidade de glúten úmido, variando entre 25,48% e 35,34%, porém não foram realizados testes para avaliar sua qualidade, por indisponibilidade de equipamentos apropriados (CALDEIRA *et al.*, 2000).

Os resultados indicam que a amostra sem adubação não seria adequada para a produção de pães e massas. (Tabela 11).

Ao considerar a produção de pães e massas alimentícias, é crucial avaliar tanto a quantidade quanto a qualidade do glúten, pois esses fatores estão diretamente relacionados à absorção de água e à elasticidade da massa. A elasticidade é especialmente importante para a retenção de dióxido de carbono durante o processo de fermentação das massas no setor de panificação (CALDEIRA *et al.*, 2000).

Ao examinar a tabela 12, que apresenta os resultados do experimento de glúten seco, verifica-se que os resultados de maior e menor porcentagem de glúten seco são semelhantes aos de glúten úmido.

Apesar da legislação que normatiza as farinhas de trigo (Instrução Normativa nº38, de 30 de novembro de 2010) não utilizar os teores de glúten úmido ou seco como parâmetros para caracterizar a farinha de trigo, a avaliação do teor de glúten nas farinhas ainda é uma importante análise para a cadeia produtiva.

5.2 Protocolo II

A Tabela 13 apresenta os valores médios do peso hectolitro em relação às diferentes doses de fertilizantes utilizados, que apresentaram efeito significativo. De acordo com a Instrução Normativa nº 38/2010 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2010), duas amostras apresentaram valores abaixo do padrão de classificação para grãos destinados à moagem ($PH > 72$). A primeira amostra,

cultivada com dose orgânica zero e dose mineral zero, apresentou valor de PH 71,51. A segunda amostra, cultivada com dose orgânica 6 e dose mineral zero, apresentou valor de PH 71,72. Ambas as amostras foram consideradas inadequadas para a moagem destinada ao consumo humano.

Com base nos resultados deste estudo, observa-se que as amostras cultivadas com a dose mineral 50% apresentaram o maior peso hectolitro, independentemente da dose orgânica utilizada, quando comparadas com as amostras cultivadas com as doses minerais zero e 100%. Através do estudo também constatou-se que a ausência de doses minerais resultou em valor de PH significativamente mais baixo quando comparado às demais doses minerais (50% e 100%).

Tabela 13 - Peso hectolitro de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Dose Orgânica (t ha ⁻¹)	Dose Mineral (kg ha ⁻¹)				Média (Kg/hL)	
	0%	50%	100%			
0	71,51	78,07	76,44	75,34	ab	
2	75,17	78,04	76,25	76,48	b	
4	73,28	76,98	75,95	75,40	ab	
6	71,72	75,64	74,02	73,79	a	
8	72,12	77,20	73,50	74,27	ab	
Média (Kg/hL)	72,76	77,18	75,23			
	C	A	B			

Letras maiúsculas na vertical indicam os resultados de comparações entre diferentes dosagens mineral; letras minúsculas na horizontal indicam os resultados das comparações entre dosagens orgânicas. Letra iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias para o parâmetro de peso hectolitro.

Fonte: Autoria própria (2022)

A tabela 14 apresenta os resultados do estudo com diferentes dosagens orgânicas e minerais sobre o peso de mil grãos de trigo. Foram testadas dosagens orgânicas de 0, 2, 4, 6 e 8, combinadas com dosagens minerais de 0%, 50% e 100%. A média dos resultados é apresentada no final de cada linha e coluna. Observa-se na tabela que a dose mineral apresentou diferenças significativas, onde a dose de 50% apresentou maior média de peso de mil grãos em comparação com as doses de 0% e 100%.

Pode-se notar que, de maneira geral, as doses de fertilizante orgânico tiveram impacto positivo nos resultados.

É possível observar que, para as dosagens orgânicas 0 e 2 de fertilizante, houve aumento no peso médio de mil grãos à medida que a dose mineral foi aumentada. No entanto, para a dosagem orgânica 8, houve uma diminuição no peso médio de grãos à medida que a dose mineral foi aumentada.

Tabela 14 – Peso de mil Grãos de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Dose Orgânica (t ha ⁻¹)	Dose Mineral (Kg ha ⁻¹)				Média (g)	
	0%	50%	100%			
0	30,4952	30,5367	30,8675	30,63	a	
2	29,046	29,9191	30,3969	29,79	ab	
4	26,1076	28,9123	28,5534	27,86	c	
6	27,9291	30,4233	28,3342	28,90	bc	
8	30,707	29,3065	28,5078	29,51	ab	
Média (g)	28,86	29,82	29,33			
	B	A	AB			

Letras maiúsculas na vertical indicam os resultados de comparações entre diferentes dosagens mineral; letras minúsculas na horizontal indicam os resultados das comparações entre dosagens orgânicas. Letra iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias para o parâmetro de peso de mil grãos.

Fonte: Autoria própria (2022)

Ao analisar a tabela 15, é possível constatar que algumas amostras apresentaram valores de FN inferiores ao mínimo exigido pela legislação brasileira (200s), o que pode indicar germinação pré-colheita. Observa-se no estudo que a dosagem mineral 50% teve o melhor resultado, sugerindo que essa quantidade pode ter tido um efeito benéfico para o grão. Já as dosagens minerais 0% e 100% não apresentaram diferença significativa entre si. No que se refere aos tratamentos com fertilizantes orgânicos, verificou-se que as dosagens 0 e 2 obtiveram um número de *falling number* mais alto quando comparado as demais.

De acordo com Guarienti (1996), a baixa atividade enzimática, representada pelo alto valor de FN, não é um problema difícil de ser resolvido. Normalmente, na formulação dos reforçadores ou melhoradores utilizados na panificação, são adicionadas enzimas alfa-amilásicas fúngicas, com o objetivo de corrigir essa deficiência na farinha. O maior desafio é lidar com a alta atividade enzimática e baixos valores de FN, pois se torna muito difícil corrigir essas farinhas.

Altos teores de alfa-amilase em farinhas de trigo têm sido relacionados a três fatores principais: germinação antecipada do grão de trigo imaturo, germinação do grão após superação da dormência devido à colheita atrasada e síntese de alfa-amilase durante a maturação retardada do grão (INDRANI; RAO, 2007)

As chuvas durante o período de maturação do trigo podem provocar a germinação pré-colheita em genótipos mais sensíveis. Esse fenômeno tem como principal consequência a diminuição no rendimento de grãos e a deterioração da qualidade industrial da farinha, o que se torna financeiramente indesejado (DERERA, 1989). A germinação na espiga também pode levar a um baixo PH, associado a baixa extração de farinha, o que é indesejado do ponto de vista financeiro (TRETOWAN, 2003).

Tabela 15 – Falling number de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Dose Orgânica (t ha ⁻¹)	Dose Mineral (Kg ha ⁻¹)				
	0%	50%	100%	Média (s)	
0	254,452	276,375	233,625	254,82	a
2	204,619	252,5	243,5	233,54	ab
4	184,25	244,375	217,75	215,46	b
6	215,125	267,625	177,25	220,00	b
8	197,25	248,375	174,875	206,83	b
Média (s)	211,14	257,85	209,4		
	B	A	B		

Letras maiúsculas na vertical indicam os resultados de comparações entre diferentes dosagens mineral; letras minúsculas na horizontal indicam os resultados das comparações entre dosagens orgânicas. Letra iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias para o parâmetro de falling number corrigido.

Fonte: Autoria própria (2022)

A tabela 16 apresenta os resultados da análise de glúten úmido em diferentes dosagens de fertilizante orgânico e mineral. Foi observado que não houve diferença significativa entre as médias de glúten úmido para as dosagens orgânicas. No entanto, para as dosagens minerais, a média mais alta foi encontrada na dose de 100%, seguida pela dose de 0% e pela dose de 50%.

Podemos dizer que o fertilizante mineral apresentou efeito significativo na quantidade de glúten úmido, enquanto o fertilizante orgânico não teve efeito significativo nessa variável. Isso sugere que a aplicação de fertilizantes minerais pode ser mais eficaz na produção de trigo com maior teor de glúten úmido em comparação com fertilizantes

orgânicos. No entanto, é importante lembrar que outros fatores, como o clima e as práticas de manejo, também podem afetar a quantidade de glúten úmido no trigo.

Tabela 16 – Glúten úmido de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Dose Orgânica (t ha ⁻¹)	Dose Mineral (Kg ha ⁻¹)				
	0%	50%	100%	Média (%)	
0	28,0454	29,4775	30,6541	29,39	a
2	28,9881	28,3126	31,4737	29,59	a
4	30,809	27,1083	29,1917	29,04	a
6	29,2386	28,6594	30,0114	29,30	a
8	29,3378	29,0596	29,7933	29,40	a
Média (%)	29,28	28,52	30,22		
	AB	B	A		

Letras maiúsculas na vertical indicam os resultados de comparações entre diferentes dosagens mineral; letras minúsculas na horizontal indicam os resultados das comparações entre dosagens orgânicas. Letra iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias para o parâmetro de glúten úmido.

Fonte: Aatoria própria (2022)

Tabela 17 – Glúten seco de trigo cv. Tibagi cultivado sob diferentes compostos orgânicos associado a fertilizante mineral da cultura do trigo. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

Dose Orgânica (t ha ⁻¹)	Dose Mineral (Kg ha ⁻¹)				
	0%	50%	100%	Média (%)	
0	9,04977	9,99251	10,4797	9,84	a
2	9,95962	9,76797	10,7361	10,15	a
4	10,4726	9,18324	9,85542	9,84	a
6	9,71426	9,75839	10,2173	9,90	a
8	9,68884	9,98819	10,1819	9,95	a
Média (%)	9,78	9,74	10,29		
	AB	B	A		

Letras maiúsculas na vertical indicam os resultados de comparações entre diferentes dosagens mineral; letras minúsculas na horizontal indicam os resultados das comparações entre dosagens orgânicas. Letra iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias para o parâmetro de glúten seco.

Fonte: Aatoria própria (2022)

A Tabela 17 apresenta os resultados da análise de glúten seco em diferentes dosagens de fertilizantes orgânicos e minerais. Observa-se que não houve diferença significativa entre as dosagens orgânicas, indicando que a adição de fertilizantes

orgânicos não afetou significativamente o teor de glúten seco no grão. No entanto, quando se compara as dosagens minerais, a dose de 100% apresentou valor médio maior do que as outras duas dosagens (50% e 0%). Isso pode sugerir que a adição de fertilizantes minerais em doses maiores pode ter efeito positivo na concentração de glúten seco no grão.

5.3 Protocolo III

A tabela 18 apresenta os resultados da análise de peso hectolitro de quatro tipos diferentes de tratamento (Dolomítico, FortCalcio®, Testemunha e Óxido), em duas condições diferentes (com gesso e sem gesso).

Os valores de peso hectolitro obtidos neste estudo não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos, e todos apresentaram valores abaixo das classificações de tipos de grãos destinados à moagem (PH > 72), de acordo com a Instrução Normativa nº 38/2010, Anexo III do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2010).

Tabela 18 - Peso hectolitro de trigo cv. Tibagi cultivado sob corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

	Com gesso	Sem gesso	Média (Kg/hL)
Dolomítico	68,03	68,24	68,14
FortCalcio®	68,05	68,23	68,14
Testemunha	67,62	68,66	68,14
Óxido	67,78	68,33	68,05
Média (Kg/hL)	67,87	68,36	

* não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância

Fonte: Autoria própria (2022)

Como resultado, o valor comercial desses grãos é baixo, já que o valor comercial do trigo é afetado negativamente quando o peso hectolitro é inferior a 78 kg hL⁻¹ (MEGDA *et al.*, 2009). Esse resultado pode ter sido influenciado pelas condições climáticas durante o ciclo da cultura, especialmente pelo regime de chuvas.

A obtenção de valores de PH muito baixos pode sugerir a ocorrência de problemas na lavoura que afetam negativamente o enchimento dos grãos e a qualidade do trigo. Conforme indicado por Franceschi *et al.* (2009), as chuvas ocorridas durante o

período inicial de maturação da cultura tendem a impactar, sobretudo, aspectos quantitativos como o peso de mil grãos, o PH e o rendimento da farinha.

A aplicação de fertilizantes é essencial para o desenvolvimento das plantas, pois eles fornecem os nutrientes necessários para o crescimento adequado. No entanto, nem sempre os diferentes tipos de fertilizantes têm efeito significativo nas características específicas dos grãos. Na Tabela 19, os valores médios para o peso de mil grãos foram comparados, e a análise de variância mostrou que não houve diferença significativa entre as variáveis. Assim, pode-se concluir que os diferentes fertilizantes não influenciaram no peso dos grãos.

Tabela 19 - Peso de mil grãos de trigo cv. Tibagi cultivado sob corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

	Com gesso	Sem gesso	Média (g)
Dolomítico	27,88	30,89	29,38
FortCalcio®	27,07	28,17	27,62
Testemunha	30,40	28,69	29,55
Óxido	28,08	27,52	27,80
Média (g)	28,36	28,82	

* não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância

Fonte: A autoria própria (2022)

Tabela 20 – Falling number de trigo cv. Tibagi cultivado sob corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

	Com gesso	Sem gesso	Média (s)
Dolomítico	220,17	227,52	223,85
FortCalcio®	221,50	220,00	220,75
Testemunha	221,50	233,33	227,42
Óxido	229,50	225,67	227,58
Média (s)	223,17	226,63	

* não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância

Fonte: A autoria própria (2022)

De acordo com a classificação da Instrução Normativa nº 38/2010, Anexo III do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, todos os tratamentos analisados na tabela 20, tanto com quanto sem a utilização de gesso, foram classificados como trigo classe pão, apresentando *falling number* (FN) superior a 220 segundos.

Essas amostras são adequadas para a produção de pão francês ou d'água, que é amplamente consumido no Brasil, bem como para a produção de massas alimentícias

secas e folhados, dependendo das características de força do glúten (W). Além disso, não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados, sugerindo que os diferentes tipos de fertilizantes não afetaram de forma considerável a concentração de alfa-amilase no grão.

Tabela 21 – Glúten úmido de trigo cv. Tibagi cultivado sob corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

	Com gesso	Sem gesso	Média (%)
Dolomítico	28,42	30,86	29,64
FortCalcio®	29,57	26,40	27,99
Testemunha	28,22	28,90	28,56
Óxido	29,75	26,50	28,13
Média (%)	28,99	28,16	

* não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância

Fonte: A autoria própria (2022)

Tabela 22 – Glúten seco de trigo cv. Tibagi cultivado sob corretivo de acidez do solo com o uso de gesso agrícola. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2023

	Com gesso	Sem gesso	Média (%)
Dolomítico	9,33	10,37	9,85
FortCalcio®	10,27	10,25	10,26
Testemunha	9,43	9,99	9,71
Óxido	10,33	8,93	9,63
Média (%)	9,84	9,88	

* não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância

Fonte: A autoria própria (2022)

As tabelas 21 e 22 apresentam os resultados da análise do teor de glúten úmido e seco, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os tratamentos em ambas as análises. O tratamento com Dolomítico sem gesso apresentou a maior porcentagem de glúten úmido, com 30,86%, seguido pelo tratamento com óxido com gesso, que obteve 29,75%. Já a menor porcentagem foi encontrada no tratamento com óxido sem gesso.

6 CONCLUSÃO

Os resultados do protocolo I indicaram que as amostras cultivadas com dejetos bovino, adubação mineral em laço, cama de aves e dejetos suíno foram classificadas como trigo tipo 2, enquanto as amostras cultivadas com adubação mineral em linha e sem adubação foram classificadas como trigo tipo 1, de acordo com a Instrução Normativa nº 38/2010. Observou-se pelos resultados que os diferentes tipos de adubação não tiveram grande impacto no peso do grão. Houve variações no PH e PMG, com o tratamento sem adubação apresentando os maiores valores, e o tratamento com dejetos bovino apresentando os menores valores de PH e PMG. No entanto, todos os seis tratamentos resultaram em grãos pequenos, o que não seria o ideal para o processo de moagem. O FN não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos.

No protocolo II observou-se que a dose mineral teve efeito significativo no peso hectolitro e no peso de mil grãos. A dosagem de mineral 50% apresentou os melhores resultados em relação ao peso hectolitro e ao peso de mil grãos. Além disso, foi observado que a ausência de doses minerais resultou em valor de PH significativamente mais baixo quando comparado às demais doses minerais.

Foi observado que, para as dosagens 0 e 2 de fertilizante orgânico, houve aumento no peso médio de mil grãos à medida que a dose mineral foi aumentada. No entanto, para a dosagem orgânica 8, houve diminuição no peso médio de grãos à medida que a dose mineral foi aumentada. Observou-se também que o fertilizante mineral apresentou efeito significativo na quantidade de glúten úmido, enquanto o fertilizante orgânico não teve efeito significativo nessa variável.

O protocolo III os resultados indicaram que não houve diferenças significativas entre os tratamentos em relação a nenhuma das análises. Todos os tratamentos apresentaram valores abaixo das classificações de tipos de grãos destinados à moagem, o que afetou negativamente o valor comercial do trigo. Além disso, todos os tratamentos foram classificados como trigo classe pão, sugerindo que os diferentes tipos de fertilizantes não afetaram de forma considerável a concentração de alfa-amilase no grão. Os dados obtidos no experimento sugerem que as condições climáticas durante o ciclo

da cultura, especialmente o regime de chuvas, podem ter influenciado negativamente os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

- ABITRIGO - Associação Brasileira da Indústria do Trigo. **História do trigo**: O papel do trigo na evolução da humanidade. A triticultura brasileira. <http://www.abitrigo.com.br/historia_do_trigo2a.asp> 18 Jun. 2022.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Legislação. Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996**. Publicada no DOU, de 22/07/1996, Seção 1. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias>>. Acesso em: 21 de Agosto de 2022.
- BACALTCHUK, B. **Qualidade dos alimentos exigida pelos consumidores no século XXI**. In: Conferência Brasileirade Pós Colheita, 1., 1999, Porto Alegre. Anais... Passo Fundo: Abrapós/Cesa/Embrapa Trigo, 1999. v. 1.
- BASSOI, M.C.; RIEDE, C.R.; CAMPOS, L.A.C.; FOLONI, J.S.S.; JUNIOR, A.N.; GARBUGLIO, D.D.; ARRUDA, K.M.A. **Cultivares de trigo e triticale**. 1ª ed. Londrina, PR. 2016. 09p.
- BONA, F. D; MORI, C.; WIETHOLTER, S. **Manejo nutricional da Cultura do trigo**. International Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. Informações agronômicas nº 154 – junho/2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 1992. 365p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Sarc nº 7, de 15 de Agosto de 2001**. Regulamento técnico de identidade e qualidade do trigo. Disponível em: <<https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro8516/documento%201.pdf>>. Acesso em: 01 de setembro de 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005**. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 29, p. 2, 1 dez. 2010. Seção 1.
- CALDEIRA, N. Q. N. et al. **Diversidade de trigo, tipificação de farinhas e genotipagem**. Rev. Biotec. Cien. Desenv., Brasília, v. 3, n. 16, p. 44-48, 2000.

CAMPAGNOLLI, D. M. F.; PIZZINATTO, A. **Avaliação e controle de qualidade da farinha de trigo**. Instituto de Tecnologia de Alimentos – Centro de tecnologias de farinhas e panificações. Campinas, 1993.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**; Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal de trigo Julho 2022**. SGAS 901Blaco A, Lote 69 - Edifício CONAB – 70390-000 Brasília – DF. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo>>. Acesso em: 28 de Agosto de 2022.

DERERA, N. F. **Preharvest field sprouting in cereais**. Boca Raton: CRC Press, 1989. 176p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Trigo para o abastecimento familiar; do plantio à mesa** / Dijalma Barbosa da Silva.../ et al./ – Brasília: Embrapa-SPI; Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Avaliação de cultivares de trigo em sistema de manejo tradicional e otimizado**, Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 2004. 5p. Documentos, 58

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Organização e método – Descrição dos métodos usados para avaliar a qualidade do trigo**. Rio Grande do Sul, Passo Fundo, 2009. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do112_5.htm>. Acesso em: 28 de Agosto de 2022.

FOURAR-BELAIFA, R.; FLEURAT-LESSARD, F.; BOUZNAD, Z. A. **Systemic approach to qualitative changes in the stored-wheat ecosystem**: prediction of deterioration risks in unsafe storage conditions in relation to relative humidity level, infestation by *Sitophilus oryzae* (L.), and wheat variety. *Journal of Stored Products Research*, v.47, p.48-61, 2011.

FRANCESCHI, L. et al. **Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo**. *Ciência Rural*, v. 39, n. 4, p. 1624-1631, 2009.

GERMANI, R. **Características dos grãos e farinha de trigo e avaliações de suas qualidades**. Curso realizado pela Embrapa. Laboratório de análise do trigo, FAG. Rio de Janeiro, 2008.

GRANOLAB. **Métodos analíticos aplicados pela Granotec/Granolab ao trigo e à farinha de trigo**. Organizadoras: Cátia Maria dos Santos... [et al.]. 1 ed. Curitiba: Granolab do Brasil, 2015.

- GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. 2 ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1996.
- INDRANI, D.; RAO, G. V. **Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of Parotta**. J. Food Eng., California, v. 17, n. 1, p. 110-105, 2007.
- MAI, T. **Avaliação de cultivares de trigo indicadas para o cultivo no estado do Rio Grande do Sul**. Departamento de Estudos Agrários da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Ijuí, RS, 2014.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MARES, D.; MRVA, K. Late-maturity alfa-amylase: low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting. **Journal of Cereal Science**, v. 47, n. 1, p. 6-17, 2008
- MANDARINO, J.M.G. Aspectos importantes para a qualidade do trigo. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1993. 32p. (EMBRAPA/CNPSo. Documentos, 60).
- MAZZUCO, H. et al. **Influência do estágio de maturação na colheita e temperatura de secagem de grãos de trigo sobre os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAc) em frangos de corte**. R. Braz. Zootec., Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2221-2226, 2002.
- MEGDA, M. M. et al. **Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão**. Ciência e Agrotecnologia, v. 33, n. 4 p. 1055-1060, 2009.
- MEZIAT, A.; VIEIRA, R. de C. M. T. **Política e desenvolvimento produtivo e sua extensão à cadeia produtiva do trigo**. cap. 1, p. 15-27. In: CASTRO, P.R.C; KLUGE, R.A. (Coord.). Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: Nobel, 1999.
- MIRANDA, M.Z; DEMORI,C.; LORINI, I. **Qualidade do trigo brasileiro: safra 2005**. Passo Fundo: Embrapa Trigo,2008.102p. (EmbrapaTrigo.Documentos,80).
- MITTELMANN, A.; NETO, J.F.B.; CARVALHO, F.I.F.; LEMOS, M.C.I.; CONCEIÇÃO, L.D.H. **Herança de caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação**. Pesquisa Agropecuária brasileira, Brasília, v.35, n.5, p.975-983, maio 2000.
- 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.
- OLIVEIRA, L. C. **Adubação nitrogenada e sulfurada na qualidade tecnológica do trigo**. 2010. 75f. Trabalho de conclusão de curso (pós-graduação) – Universidade

Federal de Viçosa – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2010.

PALLARES, M.G.; LEON, A.E.; ROSELL, C.M. Trigo. In: LEON, A.E.; ROSELL, C.M. **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamerica**. Cordoba: cap.1, p.17-71, 2007.

PENA, R.J. **Wheat for bread and other foods**. In: CURTIS, B.C.; RAJARAM, S.; MACPHERSON, H.G. (Ed.). **Bread wheat: improvement and production**. Rome: FAO, 2002. 567p. (FAO.Plant production and protection,30).

PENCKOWSKI, L.H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. **Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio**. Ciência e Agrotecnologia, v.34, p.1492-1499, 2010.

PINTO, R. R. **Balanço de massa do processo de produção de farinha de trigo**. 2010. 35 f. Trabalho de diplomação em Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia. Porto Alegre, 2010.

POSNER, E. S. **La influencia dei tamano dei grano de trigo sobre la aptitud molinera**. In: SEM/NA RIO TECN/C0-EC0NOMICO DE MOLINERIA, 1990, Fortaleza, CE. [5. LI: U. 5. Wheat Associates, [1990]. p.20-31.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de La panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991.

SCHEUER, P.M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M.Z.; OGLIARI, P.J.; TORRES, G.; LIMBERGER, V.; MONTENEGRO, F.M.; RUFFI, C.R.; BIONDI, S. **Characterization of Brazilian wheat cultivars for specific technological applications**. Ciencia e Tecnologia de Alimentos, v.31, p.816-826, 2011.

SEAGRI. Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Cultura – Trigo: Correção dos Solos e Adubação**, 2006. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/documents/1355291/1729833/2015>>. Acesso em: abril de 2022.

TEA, I.; GENTER, T.; NAULET, N.; LUMMERZHEIM, M.; KLEIBER, D. **Interraction between nitrogen and sulfur by foliar application anda its effects on flour bread-making quality**. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 87, p. 2853-2859, 2007.

TRETOWAN, R. **Avances em el mejoramiento de trigos tolerantes a brotación de la espiga**. In: KOHLI, M.M.; ACKERMANN, M.D. de; CASTRO, M. (Ed.). **Estrategias y metodologias utilizadas em el mejoramiento de trigo: um enfoque multidisciplinario**. México: CIMMYT; Montevideo: INIA, 2003, p.303. Edição dos trabalhos apresentados no Seminário Internacional sobre Melhoramento de Trigo, La Estanzuela, Colonia, Uruguay, out. 2001.

WILLIAMS, P.; EL-HARAMEIN, F.J.; NAKKOUH H.;RIHAWI.S.' **Crop quality evaluation methods and guidelines**. 2.ed. Aleppo. Syria: ICARDA, 1998. 145p.