

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

RELAÇÃO NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM PLANTAS DE TRIGO
IRRIGADO CULTIVADO NO CERRADO MATO-GROSSENSE

DANITYELLE CHAVES DE FREITAS

RONDONÓPOLIS-MT

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

**RELAÇÃO NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM PLANTAS DE TRIGO
IRRIGADO CULTIVADO NO CERRADO MATO-GROSSENSE**

DANITYELLE CHAVES DE FREITAS

Engenheira Agrícola e Ambiental

Orientador (a): Prof^a Dr^a. Edna Maria Bonfim-Silva

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Mato Grosso, para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Agrícola.
Linha de pesquisa: Sistemas Agrícolas.

RONDONÓPOLIS-MT
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

F866r Freitas, Danityelle Chaves de.

Relação nitrogênio e potássio em plantas de trigo irrigado
cultivado no Cerrado Mato-grossense / Danityelle Chaves de
Freitas. -- 2015

88 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Edna Maria Bonfim-Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2015.

Inclui bibliografia.

1. Tricicum aestivum L.. 2. Manejo de adubação. 3. Cultivar BRS
254. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

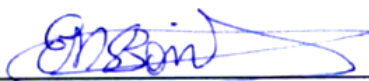
Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

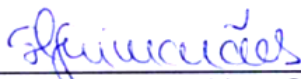
RELAÇÃO NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM PLANTAS DE TRIGO
IRRIGADO CULTIVADO NO CERRADO MATO-GROSSENSE

Autora: DANITYELLE CHAVES DE FREITAS
Orientadora: Prof^a Dra. EDNA MARIA BONFIM DA SILVA

Comissão Examinadora:



Prof^a. Dra. Edna Maria Bonfim-Silva
(Orientadora)



Prof. Dr. Salomão Lima Guimarães
(Examinador interno)



Dr. Helon Hébrano de Freitas Sousa
(Examinador externo CAPES/PNPD)

Rondonópolis, 15 de fevereiro de 2016

A minha família, pelo apoio,
sempre acreditando em
minhas escolhas.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, pela permissão para realização deste curso de Mestrado, pela sabedoria e paciência concedida durante este período;

Agradeço aos meus familiares, em especial a minha mãe, Adriana Meyre Chaves Silva Mota e seu esposo José Ferreira da Mota, por toda paciência e compreensão, pelos ensinamentos que me conduziram até aqui e pela atenção e apoio psicológico, me dando orientações e me mostrando o melhor caminho que é seguir a Deus;

Aos meus avós maternos, Maria das Graças Chaves e Ovídio Chaves Sobrinho, por todo apoio e compreensão em relação as minhas decisões, ao incentivo aos meus estudos, me ajudando sendo sempre meu porto seguro;

Agradeço ainda aos meus tios, Patrícia de Oliveira Silva e Joseane Chaves Silva, por estarem comigo durante toda esta jornada. Aos meus primos Guilherme e Julia por todo carinho e alegria que me proporcionam;

Agradeço também a minha irmã, Adrielle Chaves de Freitas e ao meu Pai, Domingos Celso Lara de Freitas, por me ajudarem a superar dificuldade em relação a minha personalidade, fazendo que eu me tornasse uma pessoa melhor a cada dia;

À minha orientadora, Prof^a Dr^a. Edna Maria Bonfim-Silva, por todo conhecimento passado, paciência e dedicação a mim e sua disponibilidade prestadas durante este período. Agradeço ao Prof. Dr. Tonny José Araújo da Silva pela dedicação, tornando-se um exemplo de empenho e profissionalismo;

Aos meus amigos que estiveram comigo durante esta jornada, Jackeline Valéria, Mauricio Apolonio, Éder Rodrigues, Cíntia Michele, Marcel Thomas, Bruna Kroth, Tássia Maira, Marcela da Silva, Ismael Batista, Denise Cesar, Juliana Terezinha, Pamela Palhano, William Crisostomo, Hamilton Weimar, Andressa Dalla Côt, Camila Coelho, Maria Augusta e Julielen Zardo, que sempre estiveram dispostos a ajudar, pela amizade, respeito, compreensão, pela ajuda nas conduções de experimentos e pelos momentos de descontração que foram marcantes;

Aos alunos de iniciação científica do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, e ao Grupo de pesquisa Práticas em Água e Solo da UFMT – Campus de Rondonópolis, composto atualmente pelos alunos: Adriano Pacheco, Paula Carolina, Vitor Augusto, Alessana Schlichting, Matheus Nogueira, Tássia Greco, Francielle Silva, Manoel Fidelis, Denise Cesar, Juliane Beltrão, Nathalia Chagas, Carina Lima,

Alexandre Franco, Lys Fernanda, Ellen Espírito Santo, Juliane Saraiva e aos que já fizeram parte desta equipe, pelo auxílio prestado durante os dois anos de condução do experimento, onde estavam presentes em todas as etapas (sem vocês a realização deste trabalho não seria possível). Muito obrigada ao grupo GPAS por todos os momentos em que estivemos juntos, obrigada pela oportunidade de compartilhar com vocês esta experiência, e todo conhecimento adquirido mutuamente com vocês.

Ao Prof. Dr. Carlos Caneppele por ter me acompanhado na condução das análises realizadas no Laboratório do Núcleo de Tecnologia em Armazenagem (NTA) da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Cuiabá.

Agradeço a FAPEMAT/CAPES, pela concessão de bolsa durante esses dois anos de curso, podendo realizar minhas atividades com dedicação exclusiva. E ao CNPq com apoio financeiro do projeto (474113/2013-2).

À UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso, e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), pela oportunidade oferecida.

Enfim; agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa

Muito Obrigada!

RELAÇÃO NITRÔGENIO E POTÁSSIO EM PLANTAS DE TRIGO IRRIGADO CULTIVADO NO CERRADO MATO-GROSSENSSE

RESUMO: O Cerrado brasileiro se apresenta como uma alternativa para a produção de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) irrigado. A qualidade do grão pode ser definida como resultado da interação do manejo da adubação, fertilidade do solo, clima e outros fatores edafoclimáticos. Objetivou-se no presente estudo avaliar o cultivo do trigo, irrigado sob os efeitos do manejo da adubação com combinações de nitrogênio e potássio em dois anos consecutivos de cultivos no Cerrado mato-grossense. O experimento foi realizado a campo em Rondonópolis - Mato Grosso, em delineamento de blocos casualizados disposto em esquema fatorial 5x5, correspondente a cinco doses de nitrogênio: 0, 70, 140, 210, 280 kg ha⁻¹ e cinco doses de potássio: 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹. As parcelas foram de 12 m², considerando como área útil 6,3 m². A irrigação foi realizada por meio de sistema de irrigação por aspersão convencional, cujo manejo foi realizado de acordo com a demanda climática utilizando o modelo de Penman–Monteith. Foram avaliadas: altura de plantas, número de folhas e perfilhos, índice de clorofila, índice de área foliar, acamamento, número de espigas, rendimento, produtividade, massa seca da parte aérea e da espiga, massa de mil grãos, peso do hectolitro, número de quedas, concentração e acúmulo de nitrogênio nas folhas e grãos, concentração de potássio nos grãos e proteína bruta. Os dados foram submetidos à análise de variância e superfície de resposta por meio do emprego do “Statistical Analysis System”. Nos casos em que a interação não foi significativa, foi efetuado o estudo de regressão utilizando o nível de significância de 5 % em todos os testes estatísticos. Não houve interação significativa entre as doses de nitrogênio e potássio para todas as variáveis estudadas nos dois anos de cultivos. O manejo com adubação nitrogenada e potássio influenciaram no desenvolvimento e produção das plantas de trigo e na produção de grãos no primeiro e no segundo anos de cultivos no Cerrado Mato-grossense, na faixa de nitrogênio de 131,43 à 198,68 kg ha⁻¹ e na faixa de potássio de 83,83 à 179 kg ha⁻¹. O nitrogênio e o potássio promoveram aumento nas características vegetativas e no rendimento de grãos, porém o potássio isoladamente proporcionou maior no rendimento dos grãos e melhor qualidade industrial de trigo para o primeiro ano de cultivo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., manejo de adubação, cultivar BRS 254

NITROGEN AND POTASSIUM RELATION IRRIGATED WHEAT GROWING PLANTS IN CERRADO MATO-GROSSENSE

ABSTRACT: The Brazilian Cerrado is presented as an alternative for the production of wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated. The quality of the grain can be defined as a result of the management fertilization, soil fertility, climate and other factors edaphoclimatic. The objective of the present study was evaluated the yield irrigated wheat grains, subjected to combination of nitrogen dose and potassium in the fertilizer in two years in Mato-grossense Cerrado. The experiment was conducted in the field in Rondonopolis, Mato Grosso, in design of randomized blocks arranged in a factorial design 5x5, corresponding to five nitrogen doses: 0, 70, 140, 210, 280 kg ha⁻¹ and five potassium doses: 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹. The plots were 12 m² considering as a useful área 6,3 m². The irrigation was performed by means conventional sprinkler irrigation, whose management has been performed according to the climatic demand using the model of Penman Monteith. Were evaluated: Plants height, leaf number and tillers, chlorophyll index, leaf area index, lodging, spike number, yield, productivity, dry mass shoot and spike, thousand grain weight, hectoliter weight, falling number, concentration and accumulation of nitrogen in leaves and grain, concentration of potassium in the grains and crude protein. The data were analyzed of variance in response surface through the use of "Statistical Analysis System". Where the interaction was not significant, the study was conducted regression using the 5% significance level for all statistical tests. There was no significant interaction between the nitrogen and potassium for all variables studied in the two years of cultivation. The management with nitrogen fertilization and potassium fertilization influenced the development and production of wheat plants and the grains production in the first and second year cultivations in Mato-grossense Cerrado, the nitrogen range of 131,43 to 198,68 kg ha⁻¹ and the potassium range of 83,83 to 179 kg ha⁻¹. Nitrogen and Potassium promoted increase in vegetative characteristics and yield grain, but potassium alone provided more yield of grains and better wheat industrial quality for the first year of cultivation.

Keywords: *Triticum aestivum* L., fertilization management, BRS 254 crop.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica da camada 0-0,2 m do Latossolo Vermelho coletado na área experimental (Rondonópolis-MT, 2014).	16
Tabela 2. Turno de rega e lâminas acumuladas (irrigação + precipitação) durante condução do experimento de trigo irrigado (Rondonópolis-MT, 2014 e 2015).....	18
Tabela 3. Valores totais de aplicação de defensivos durante condução do experimento de trigo irrigado. Rondonópolis, MT, 2014 e 2015.	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista geral da área experimental cultivada com trigo na região de Rondonópolis, Sul de Mato Grosso. Rondonópolis, MT, 2014.....	13
Figura 2. Precipitação total e velocidade média do vento referentes ao período de março a agosto de 2014 (A) e 2015(B) (Fonte: INMET, 2015).	15
Figura 3. Temperaturas médias máxima e mínima e umidade relativa referentes ao período de março a agosto de 2014 (A) e 2015 (B) (Fonte: INMET, 2015).	15
Figura 4. Aplicação de calcário (A) e estaqueamento para composição das parcelas experimentais (B).	17
Figura 5. Dimensionamento (A) e área útil (B) da parcela experimental.....	17
Figura 6. Linha principal e derivadas (A) e aspersor Rain Bird Série Low LF800 (B) e sistema de irrigação por aspersão (C). Rondonópolis, MT.	18
Figura 7. Semeadura do trigo BRS254 com auxílio da semeadora de parcela modelo SEMINA II - versão trigo (A) e adubação manual (B), Rondonópolis - MT.....	19
Figura 8: Vista geral do Trigo cv. BRS254 aos 37 dias após a emergência (A) por ocasião da colheita (B). Rondonópolis, MT, 2014 e 2015 respectivamente.....	21
Figura 9. Determinação do teor de clorofila por meio do chlorophyll Meter SPAD-502.....	22
Figura 10. Determinação da altura da planta.....	22
Figura 11: Imagem sendo cortada pelo software Plant Canopy Analysis System.	23
Figura 12: Índice de área foliar fornecida pelo software Plant Canopy Analysis System.....	23
Figura 13. Contagem de espigas de plantas de trigo irrigado e submetido a adubação com doses de nitrogênio e potássio.....	24
Figura 14. Altura de plantas (cm) em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), na primeira avaliação, no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.....	29
Figura 15. Altura de plantas (cm) em função das doses de nitrogênio na segunda avaliação (52 DAE), no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.	30
Figura 16. Número de perfilhos em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B) no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	31
Figura 17. Número de perfilhos em função das doses de nitrogênio na primeira (A) e segunda (B) avaliações no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.	32
Figura 18. Número de folhas em função das doses de potássio no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	34

Figura 19. Número de folhas em função das doses de nitrogênio (A) na primeira avaliação e nitrogênio (B) na segunda avaliação, no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.....	35
Figura 20. Índice de área de foliar em função das doses de nitrogênio no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.	36
Figura 21. Índice de clorofila (Valor SPAD) em função das doses de nitrogênio na primeira avaliação, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT.2014	38
Figura 22. Índice de clorofila (Valor SPAD) em função das doses de potássio na primeira avaliação, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	38
Figura 23. Índice de clorofila (Valor SPAD) em função das doses de nitrogênio, na segunda avaliação, do segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.	39
Figura 24. Acamamento de plantas de trigo aos 52 DAE, em função das doses de nitrogênio, no primeiro ano agrícola no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	41
Figura 25. Massa de grãos por espigas em função das doses de potássio, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.....	43
Figura 26. Massa de grãos por espigas em função das doses de nitrogênio no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.....	44
Figura 27 Número de grãos por espigas em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro ano de cultivo, no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	45
Figura 28. Número de grãos por espigas em função das doses de nitrogênio no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.....	46
Figura 29. Massa seca de espigas em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	48
Figura 30. Massa seca de espigas em função das doses de nitrogênio, no primeiro de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	48
Figura 31. Massa seca parte aérea em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	50
Figura 32. Massa seca parte aérea em função das doses de nitrogênio no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.	51
Figura 33. Peso de mil grãos em função das doses de potássio no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	52

Figura 34. Peso de mil grãos em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B) no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.	54
Figura 35. Produtividade em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.....	56
Figura 36. Produtividade (kg ha ⁻¹) em função das doses de potássio, no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.	57
Figura 37. Número de queda em função das doses de potássio, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	58
Figura 38. Peso hectolitro em função das doses de nitrogênio, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	59
Figura 39. Concentração de nitrogênio nas folhas de trigo em função das doses de potássio, na segunda avaliação, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	61
Figura 40. Concentração de nitrogênio nas folhas de trigo em função das doses de nitrogênio, na primeira (A) e segunda (B) avaliações, no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.	62
Figura 41. Concentração de nitrogênio nos grãos de trigo em função das doses de nitrogênio no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	63
Figura 42. Acúmulo de nitrogênio nos grãos em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	65
Figura 43. Acúmulo de nitrogênio nos grãos em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.	66
Figura 44. Proteína bruta nos grãos de trigo em função das doses de nitrogênio no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, 2014.	67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 A cultura do trigo	6
2.2. Nitrogênio no solo e na cultura do trigo.....	7
2.3. Potássio no solo e na cultura do trigo	9
2.4. Relação Nitrogênio:Potássio	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Área experimental	13
3.2. Condições Climáticas do Local	14
3.3 Delineamento experimental	16
3.4. Instalação do sistema de irrigação	18
3.5. Adubação e semeadura do trigo	19
3.6 Condução do experimento	20
3.7. Variáveis Analisadas	21
3.8. Análises estatísticas.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1. Altura de plantas	28
4.2. Número de Perfilhos	31
4.3. Número de Folhas.....	33
4.4. Área foliar	36
4.5. Índice de clorofila (Valor SPAD).....	37
4.6. Acamamento	40
4.7. Massa de grãos.....	42
4.9. Massa Seca de Espiga	47
4.10. Massa seca da Parte Aérea	49
4.11 Peso de Mil Grãos.....	52

4.12. Produtividade	55
4.13 Número de Queda (NQ)	57
4.14 Peso hectolitro	59
4.15 Concentração e acúmulo de nitrogênio nas folhas	60
4.16. Concentração e acúmulo de nitrogênio nos grãos	63
4.17. Proteína bruta nos grãos.....	67
4.18. Potássio nos grãos.....	68
5.CONCLUSÕES	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o um dos principais cereais que constituem a base da alimentação humana em todo o mundo sendo consumido na forma de pães, massas, bolos, biscoitos e outros produtos do ramo alimentício. Utilizado na forma natural para a alimentação humana e animal, na indústria é usado no preparo de bebidas alcoólicas, etanol, glutamato monossódico, na obtenção de amido e colas, contudo sua maior importância é como matéria-prima para a indústria moageira (TRINDADE et al., 2006; LIMA, 2010).

A área cultivada com trigo vem aumentando consideravelmente em solos do Cerrado, tendo em vista o desenvolvimento de cultivares desenvolvidas especificamente para essas condições edafoclimáticas. Nessas áreas, no entanto, o manejo da cultura permanece como fator limitante para o incremento e estabilização da produtividade (TRINDADE et al., 2006).

Na região do Cerrado, cultiva-se o trigo irrigado, apresentando excelente potencial de expansão, por ser o primeiro a ser colhido no Brasil (entre agosto e setembro), o que favorece a comercialização além de apresentar boa produtividade e qualidade industrial (ALBRECHT et al., 2008).

Montecelli et al. (2014), afirmam que Rondonópolis, localizada na região sul do Estado de Mato Grosso, é um dos municípios que compõem as regiões homogêneas de adaptação de cultivares de trigo, sendo esse município uma alternativa para os avanços nos estudos da cultura do trigo no presente Estado. Entretanto, os solos dessa região são predominantemente ácidos e de baixo teor de matéria orgânica, que é a principal fonte de nitrogênio para as plantas.

O nitrogênio é um macronutriente, requerido em grandes quantidades, sendo então essencial para o desenvolvimento e produção de plantas. As gramíneas como o trigo, precisam obter nitrogênio do solo via adubação, por não ser uma planta beneficiada pela fixação biológica de nitrogênio com a mesma eficiência das leguminosas. Mas o nitrogênio quando não manejado de forma correta, pode resultar em um alto desenvolvimento vegetativo, levando as plantas ao acamamento, consequentemente interferindo na produtividade e na qualidade dos grãos (ESPINDULA et al., 2010; BUZETTI et al., 2006).

O potássio é o segundo macronutriente requerido em grandes quantidades pelas plantas, assim Viana e Kiehl (2010) relataram que o suprimento adequado de potássio confere ao trigo maior resistência ao acamamento por dois motivos: maior formação de esclerênquima (tecido lenhoso de suporte) nas paredes celulares do colmo, tornando-as mais resistentes à ruptura; e maior desenvolvimento de raízes, aumentando a fixação da planta ao solo, atuando também na abertura e fechamento dos estômatos, ajudando a combater doenças e no aumento da qualidade do amido produzido pelo grão.

Carvalho (2014) ressalta que a interação e toda a dinâmica desses nutrientes na planta e no solo devem ser conhecidas, a fim de melhorar as interações e aperfeiçoar o uso dos fertilizantes nitrogenados e potássicos, pois a resposta de uma cultura ao potássio depende, em grande parte, do nível em que se encontra a nutrição nitrogenada, destacando, assim, forte interação entre eles.

Partindo-se da hipótese que existe uma combinação de dose de nitrogênio e potássio para a cultura de trigo que proporciona maior resistência ao acamamento, ganhos produtivos, nutricionais e melhor qualidade industrial, podendo-se assim, aumentar a eficiência da adubação e reduzir os custos de produção do trigo, objetivou-se no presente estudo, avaliar o cultivo do trigo irrigado sob os efeitos do manejo da adubação com combinações de nitrogênio e potássio em dois anos consecutivos de cultivos no Cerrado mato-grossense.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do trigo

O trigo comum (*Triticum aestivum* L.), é o mais cultivado no planeta, respondendo por mais de quatro quintos da produção mundial, sendo um dos principais cereais que constituem a base da alimentação humana em todo o mundo, consumido na forma de pão, massa alimentícia, bolo, biscoito, dentre outros (TRINDADE et al., 2006).

O trigo fornece cerca de 20% das calorias provenientes dos alimentos consumidos pelo homem. Destaca-se por possuir um tipo de proteína com certa elasticidade, chamada glúten, não encontrada em outros grãos. O glúten é responsável pelo crescimento da massa quando a farinha de trigo é misturada à água (SILVA et al., 1996).

As condições de solo, clima e topografia favoráveis ao cultivo de trigo, tanto de sequeiro quanto irrigado, em épocas e altitudes definidas pela pesquisa, fazem do Brasil Central região com grande potencial na expansão dessa cultura, podendo proporcionar, ao longo dos anos a autossuficiência na produção nacional (TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

No Brasil, o trigo pode ser cultivado desde a Região Sul, que compreende cerca de 90% da produção, até o Cerrado, no Brasil Central. Embora ainda pouco cultivada com trigo, em sua maioria, a região tritícola do Cerrado está localizada nos Estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2007).

A região tritícola apresenta um bom potencial para a produção da cultura (EMBRAPA, 2001), onde o bom desempenho da cultura vem sendo garantido não só pelo manejo do solo, mas também pelo melhoramento genético (FREITAS et al., 1995).

O melhoramento genético de cultivares de trigo influenciam no potencial produtivo, além de aumentar a resistência das plantas a pragas e doenças, diminuindo custos de produção (MATTE et al., 2013).

Ampliar o cultivo do trigo para áreas além da região subtropical, tem como objetivos: a busca de alternativas para o abastecimento do mercado interno de trigo, a partir do aumento da produção; se evitar problemas bióticos (pragas e doenças) e abióticos (principalmente condições climáticas); questões referentes à logística, armazenamento, beneficiamento e distribuição do trigo e seus derivados (CONAB, 2015).

O triticultor da Região Central do Brasil tem a vantagem de que o trigo do Cerrado é o primeiro colhido no país, o que favorece a sua comercialização com melhor remuneração (CONAB, 2015).

A previsão para a safra brasileira no ano de 2014/15, com base em dados do levantamento de setembro de 2015, a área plantada de trigo estimada é de 2,471 milhões de hectares. Nessa safra, apesar da expectativa de produção de 2,862 milhões de toneladas, constitui um recorde histórico da triticultura brasileira (CONAB, 2015).

2.2. Nitrogênio no solo e na cultura do trigo

O nitrogênio é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pela cultura do trigo e também pode ser o mais limitante para a mesma, pois é constituinte de vários compostos da planta, como os aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila, assim as principais reações bioquímicas nas plantas envolvem a presença de nitrogênio o que de fato o torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades pelas plantas (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2007; CANTARELLA, 2007).

O nitrogênio presente no solo consiste em mais de 95% do nitrogênio total na forma orgânica, onde ocorre a mineralização da matéria orgânica, liberando nitrogênio inorgânico, o qual constitui a principal fonte de nitrogênio para as plantas nos sistemas agrícolas, essa dependência da mineralização pode resultar em uma imobilização do nitrogênio, acarretando deficiências, e queda na produtividade (CANTARELLA, 2007; VIANA, 2007).

A disponibilidade desse nutriente no solo está vinculada, entre outros fatores, à relação C/N proveniente da matéria orgânica do solo. Porém, o nitrogênio disponível no solo proveniente da adubação mineral é influenciado, além da relação

C/N, por outros fatores, como o tipo de solo e a precipitação pluviométrica que variam conforme o ano e o local da área adubada (DA ROS et al., 2003).

Vários fatores podem influenciar o potencial de resposta de uma cultura a adubação nitrogenada, destacando dentre eles o suprimento de outros nutrientes, profundidade de raízes efetivas, tempo de cultivo, sistema de preparo de solo e o teor de matéria orgânica presente no solo (SOUSA e LOBATO, 2004).

O manejo adequado da adubação nitrogenada é um dos mais difíceis, em virtude do grande número de reações a que estão sujeitos o nitrogênio e a sua alta instabilidade no solo, e a única alternativa para se fazer a recomendação dessa adubação é pela determinação da curva de resposta em relação a várias doses deste nutriente (SANTOS e SILVA, 2002; ERNANI, 2003).

Segundo Zagonel et al. (2002), que estudaram o efeito do regulador de crescimento trinexapc-ethyl em diferentes populações de plantas de trigo submetidas a doses de nitrogênio, afirmam que todos os componentes de produção do trigo podem beneficiar-se em maior ou menor grau da adubação nitrogenada, sendo responsável pela vegetação, refletindo no índice de área foliar, no perfilhamento e no teor de proteínas dos grãos (MALAVOLTA, 2006).

Visando o aumento da produtividade, estão sendo utilizadas doses altas de adubos nitrogenados, acarretando em maior desenvolvimento vegetativo e, por conseguinte, acamamento das plantas de trigo, reduzindo rendimento e qualidade dos grãos produzidos (BUZETTI et al., 2006). Contudo, torna-se necessário o estudo de doses com adubações nitrogenadas para a cultura do trigo, visando melhorar o desenvolvimento e rendimentos das plantas e, consequentemente, proporcionar maior produtividade e lucro para os produtores da região tritícola do Cerrado.

Pietro-Souza et al. (2013), avaliando o desenvolvimento inicial de plantas de trigo (cv. Guamirim) em Latossolo Vermelho, verificaram aumento no número de folhas, decorrente do incremento nas doses de nitrogênio.

Carvalho (2014), trabalhando com doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm⁻³) e potássio (0, 90, 180, 270, 360 mg dm⁻³) em plantas de trigo em Latossolo Vermelho do Cerrado, concluiu que o nitrogênio e o potássio promovem aumento nas características vegetativas, produtivas e maior eficiência no uso da água, porém o nitrogênio isoladamente proporciona maior ganho no rendimento dos grãos de trigo.

Melero et al. (2013), avaliando a influência de resíduos de coberturas vegetais cultivadas anteriormente à cultura de verão (arroz), e doses de nitrogênio em cobertura (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹), no desenvolvimento e produtividade de trigo em sistema plantio direto em dois anos consecutivos, verificaram que independentemente dos resíduos das coberturas vegetais, a produtividade de grãos de trigo respondeu, de maneira quadrática, ao aumento da dose de nitrogênio aplicada em cobertura, em ambos os anos.

No estudo de Melero et al. (2013) a estimativa das doses de nitrogênio foi de 113 kg ha⁻¹ e 98 kg ha⁻¹, refletindo em produtividades de 3.654 kg ha⁻¹ e 4.059 kg ha⁻¹ de grãos, para 2010 e 2011, respectivamente.

Espindula et al. (2010) e Nunes et al. (2011), afirmaram que o fornecimento de nitrogênio aplicado em cobertura influenciou na produtividade de grãos de trigo de maneira quadrática, sendo a estimativa das doses obtidas pelos autores entre 82 kg ha⁻¹ e 126 kg ha⁻¹.

2.3. Potássio no solo e na cultura do trigo

O potássio se encontra na planta em sua forma dissolvida como K⁺, agindo como ativador de enzimas, atuando na redução de nitrato, na fotossíntese, processos como abertura e fechamento de estômatos, podendo aumentar a capacidade das células em das raízes em absorverem água do solo, transporte de carboidratos e respiração (BRADY e WEIL, 2013; MALAVOLTA et al., 1989).

A maior parte do potássio, encontra-se na estrutura dos minerais primários e secundários, apenas uma pequena parte encontra-se em formas mais disponíveis às plantas, seja ligado às cargas elétricas negativas e na solução do solo (SPARKS, 2000).

Em solos tropicais, a disponibilidade e a capacidade de suprimento de potássio dependem também da presença de minerais, da aplicação de fertilizantes e da capacidade de troca catiônica (CTC), além da ciclagem do nutriente pelas plantas (ROSOLEM et al., 2012). A capacidade da maioria dos solos da região do Cerrado em armazenar potássio é baixa, sendo insuficiente para suprir a demanda pelas

culturas. Assim, seu suprimento às plantas deve ser feito por meio do manejo da adubação (VILELA et al., 2004).

Dessa maneira, para o adequado manejo da adubação potássica, é importante definir as diferentes formas de potássio no solo disponíveis às plantas e sua influência e dinâmica no perfil do solo (ROSOLEM et al., 2012).

De todos os nutrientes necessários para o crescimento das plantas, o potássio é o segundo mais requerido pelas plantas de trigo, desempenhando papel fundamental na qualidade produtiva das culturas (KANO, 2002).

Plantas submetidas à carência desse nutriente apresentam menor turgidez, e sob deficiência de água tornam-se flácidas, sendo pouco resistentes à seca e mais susceptíveis ao ataque de fungos, ocorrendo também redução no transporte de assimilados até os grãos, com efeito negativo na produtividade e qualidade (RAIJ, 1991; IPI, 2013).

Com altas doses de nitrogênio, e conseqüentemente aumento vegetativo as plantas de trigo podem ser acamadas (BUZETTI et al., 2006). Para Viana (2007), o manejo adequado de potássio proporciona as plantas de trigo maior resistência ao acamamento por dois motivos: maior formação de esclerênquima nas paredes celulares do colmo, tornando-as mais resistentes as condições adversas; e maior desenvolvimento de raízes, aumentando a fixação da planta ao solo.

Wendling et al. 2008, trabalhando com cinco doses de K_2O (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha^{-1}) aplicadas em superfície antes da semeadura de três culturas [Trigo, soja (*Glycine max* L.) e milho (*Zea mays*)], concluíram que teor crítico médio para as três culturas, definido como o valor do nutriente no solo para a probabilidade de resposta de aproximadamente 90 % do rendimento máximo, foi de 75 mg dm^{-3} . Sendo necessário aplicar 5 kg ha^{-1} de K_2O para elevar em 1 mg dm^{-3} o teor de K no solo. Em teores no solo acima de 150 mg dm^{-3} , as plantas apresentaram baixa resposta à aplicação de fertilizantes potássicos.

CARVALHO (2014) trabalhando com doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm^{-3}) e potássio (0, 90, 180, 270, 360 mg dm^{-3}) em plantas de trigo em Latossolo Vermelho, concluiu que o potássio promove maior absorção e conseqüentemente, maior aproveitamento do nitrogênio nos grãos.

2.4. Relação Nitrogênio:Potássio

O suprimento de um nutriente pode influir na absorção, distribuição ou função de outro nutriente e resultar em deficiências induzidas, toxidez ou alterações nas respostas. As alterações podem ser de dois tipos: específicas e não específicas (CANTARELLA, 2007; WILKINSON et al., 2000).

As interações específicas ocorrem entre os elementos com propriedades físico-químicas similares ou que formam ligações químicas, que competem entre si por sítios de absorção ou pelas plantas. As interações não-específicas se manifestam ou se tornam importantes quando um dos nutrientes está presente em concentrações próximas dos limites de deficiência ou de excesso. As interações envolvendo nitrogênio geralmente são do tipo não-específicas, sendo a mais comum relacionada ao potássio (CANTARELLA, 2007).

A absorção de um elemento pela planta eleva a demanda pelo outro. O estímulo ao crescimento provocado pelo nitrogênio pode levar à deficiência de potássio por efeito diluição e, vice-versa. O suprimento equilibrado de nitrogênio e de potássio, aumenta a resposta a ambos, mas a não-adição de um deles em solos deficientes, pode levar a decréscimos na resposta ao outro, tanto em produção, quanto em acúmulo do nutriente (CANTARELLA, 2007).

A interação entre o nitrogênio e o potássio pode ocorrer em diferentes períodos e locais no sistema solo-planta, assim, toda a dinâmica do nutriente na planta e no solo deve ser conhecida, a fim de se entender melhor as interações e aperfeiçoar o uso dos fertilizantes nitrogenados e potássicos (ROSOLEM, 2005; VIANA, 2007).

Quando o solo tem baixo teor de potássio disponível, o nitrogênio se torna ineficiente para suprir as plantas, causando danos financeiros ao produtor, risco ao meio ambiente, caso o nitrogênio seja lixiviado no perfil de solo (BRAR et al., 2011).

Carvalho et al. (1991) estudaram o efeito da aplicação do nitrogênio e do potássio em um experimento com capim-Braquiária em Latossolo Vermelho-amarelo álico e, observaram que houve efeito positivo da adubação nitrogenada na produção de massa seca dessa gramínea e que esse efeito dependeu da aplicação do potássio. Além disso, estes autores constataram que, com baixo nível de aplicação

de potássio, a resposta ao nitrogênio foi limitada, mas com o aumento do nível de potássio, ocorreu acentuada resposta ao nitrogênio.

CARVALHO (2014) trabalhando com doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm⁻³) e potássio (0, 90, 180, 270, 360 mg dm⁻³) em plantas de trigo em Latossolo Vermelho, observou significância para a interação entre essas doses, resultando em aumento da massa seca da parte aérea e na massa seca total das plantas de trigo.

Lavres Junior e Monteiro (2003) avaliando os efeitos de combinações de doses de nitrogênio e potássio em solução nutritiva em plantas de capim-mombança, verificaram que as doses interagiram nos dois cortes, para a produção da área foliar total, comprimento radicular total, superfície radicular total e para o perfilhamento no segundo corte.

Viana e Kiehl (2010), trabalhando com interação nitrogênio e potássio na cultura do trigo, constataram que a adequada disponibilidade desses nutrientes, bem como a adequada proporção entre eles no solo, são fatores importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas.

Anicésio et al. (2015) estudando a interação entre cinco doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 e 240 mg dm⁻³) e cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³), com o Latossolo Vermelho verificaram que não houve interação significativa entre nitrogênio e potássio, observando efeito isolado dos fatores para todas as variáveis, assim adubação nitrogenada aumentou todas as variáveis e ajustando-se ao modelo de regressão quadrática, exceto para a concentração de nitrogênio na parte aérea e nos capítulos, foi ajustado ao modelo de regressão linear. Adubação potássica aumentou todas as variáveis, ajustando-se aos modelos de regressão linear.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área experimental

O experimento foi realizado no campo experimental do Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Federal de Mato Grosso -Campus Universitário de Rondonópolis. As coordenadas 16°27'54.98" latitude sul e 54°34'41.75" longitude oeste, altitude de 287 m, definem a localização geográfica (Figura 1).



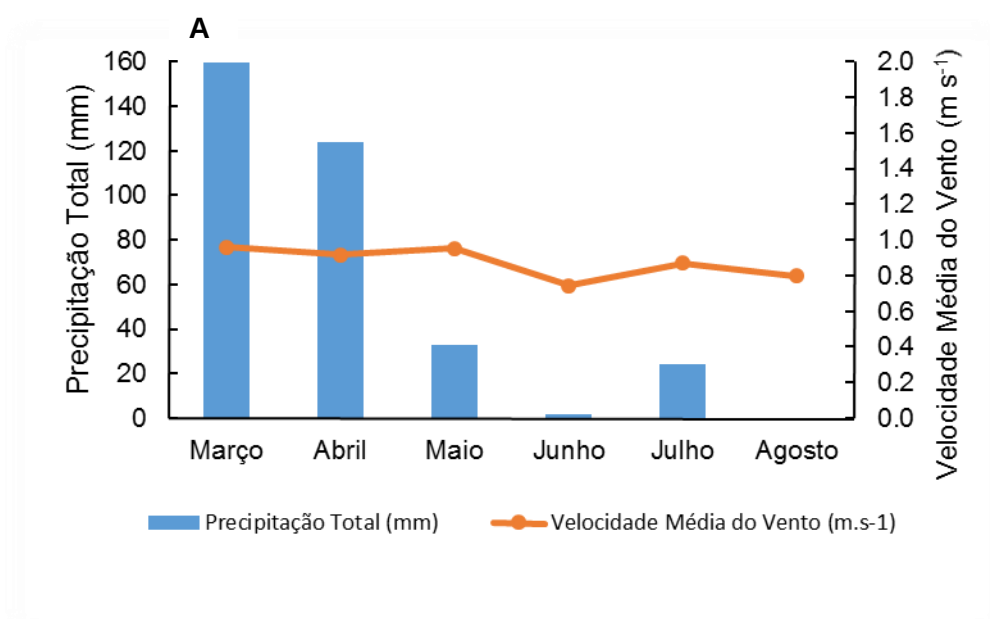
Figura 1. Vista geral da área experimental cultivada com trigo na região de Rondonópolis, Sul de Mato Grosso. Rondonópolis, MT, 2014.

A área experimental tem solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013), recém-incorporado ao sistema de produção agrícola. O experimento foi conduzido em dois anos consecutivos, compreendendo os períodos de março a agosto de 2014 e março a agosto 2015, utilizando a cultivar de trigo BRS 254, cuja as características agronômicas compreendem em: ciclo médio (56 dias da emergência ao espigamento e 120 dias da emergência à maturação); estatura média

de 86 cm; disposição da folha bandeira predominantemente ereta, por ocasião do espigamento; debulha natural resistente, moderadamente resistente ao acamamento; e grãos duros. Sendo recomendado para o cultivo em Cerrado de baixa altitude (ALBRECHT et al., 2008).

3.2. Condições Climáticas do Local

Os dados climáticos da área experimental foram obtidos na Estação Meteorológica do Campus Universitário de Rondonópolis – MT, os quais os valores foram de precipitação acumulada, temperaturas médias máximas e mínimas, velocidade média do vento e umidade relativa do ar no período de condução do experimento (Figuras 2A e B e 3A e B).



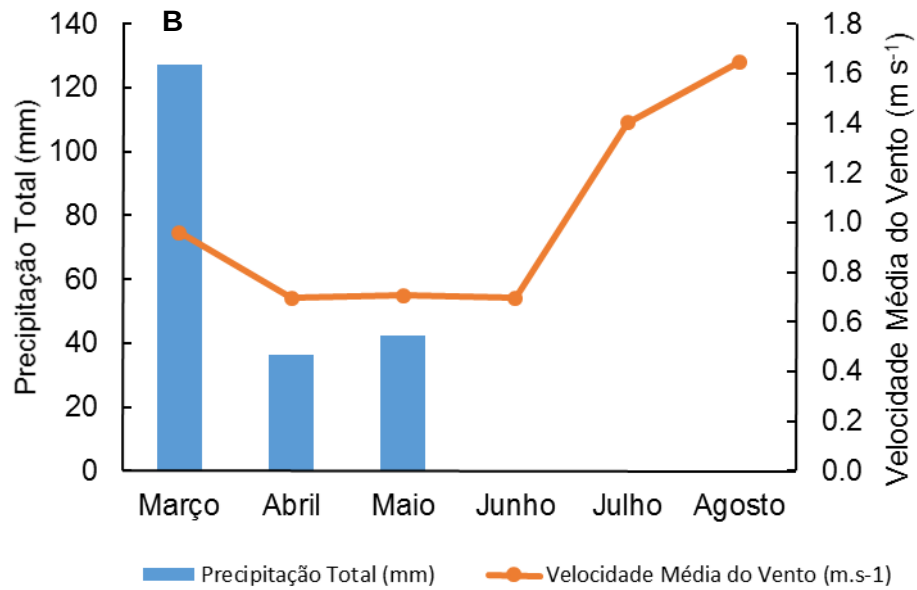


Figura 2. Precipitação total e velocidade média do vento referentes ao período de março a agosto de 2014 (A) e 2015(B) (Fonte: INMET, 2015).

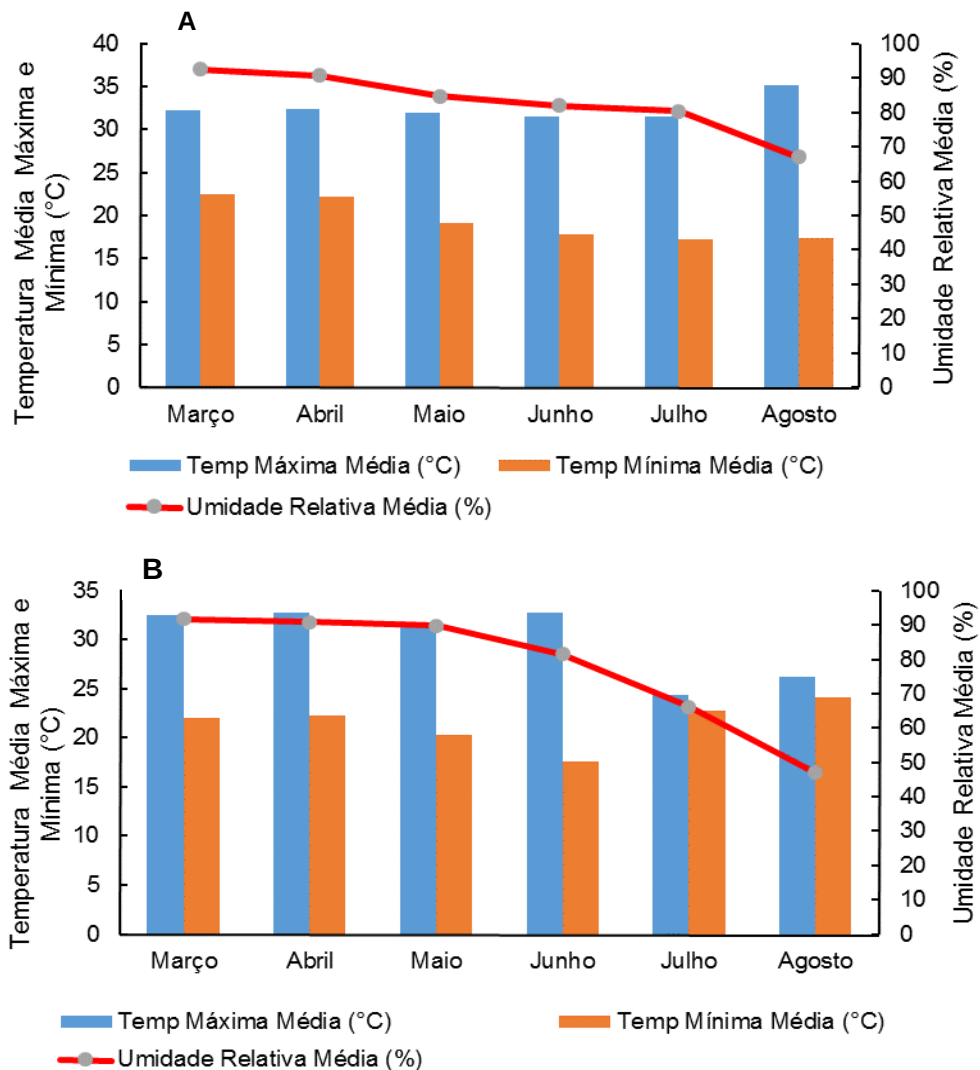


Figura 3. Temperaturas médias máxima e mínima e umidade relativa referentes ao período de março a agosto de 2014 (A) e 2015 (B) (Fonte: INMET, 2015).

3.3 Delineamento experimental

Foram utilizados dois delineamentos experimentais, para a variável relacionada a concentração de potássio nos grãos, o delineamento foi em fatorial fracionado de um fatorial 5x5, de acordo com Littell e Mott (1975), assim foram empregadas 13 combinações 0/0, 0/100, 0/200, 70/50, 70/150, 140/0, 140/100, 140/200, 210/50, 210/150, 280/0, 280/100 e 280/200 de nitrogênio e potássio, respectivamente.

Para as demais variáveis o delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5x5, composto por cinco doses de nitrogênio: 0, 70, 140, 210, 280 kg ha⁻¹ e cinco doses de potássio: 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹, perfazendo 25 tratamentos com quatro repetições totalizando 100 parcelas experimentais.

Entretanto, visando diminuir a quantidade de amostras

As análises químicas e granulométricas do solo (Tabela 1) foram realizadas de acordo com EMBRAPA (1997). Foi realizado calagem (Figura 4A), deixando reagir por 63 dias, elevando a saturação por bases para 60%, para os dois anos agrícolas (2014 e 2015). Foi realizado o estaqueamento (Figura 4B) para composição das parcelas experimentais.

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica da camada 0-0,2 m do Latossolo Vermelho coletado na área experimental (Rondonópolis-MT, 2014).

pH	Ca	Mg	Al	CTC	M.O	P	K	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S	V
CaCl ₂	-----Cmol _c dm ⁻³ -----				g kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----								%
4,0	0,35	0,1	1,3	7,6	18,7	3,4	52	0,5	0,85	122,5	19	0,13	6	8,3

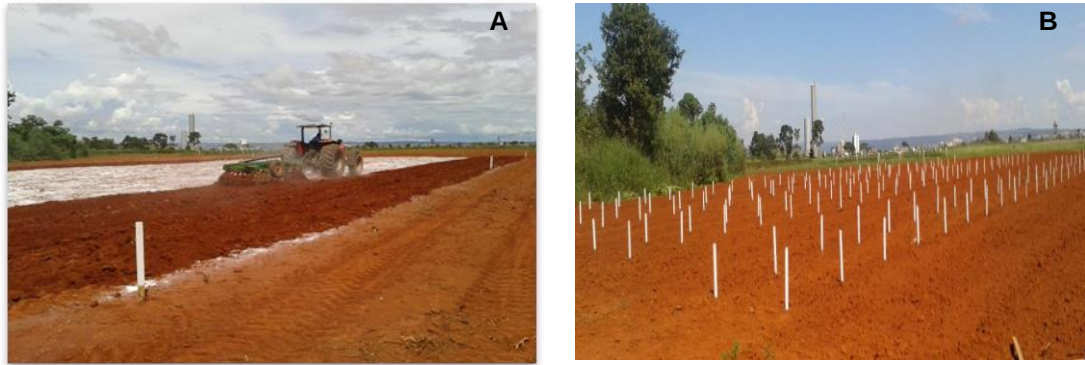


Figura 4. Aplicação de calcário (A) e estaqueamento para composição das parcelas experimentais (B).

As parcelas experimentais foram constituídas por 9 linhas, com 6,0 m de comprimento e espaçamento entre as linhas de 0,20 m (Figura 5A), com uma densidade de 350 sementes por m^2 . Foi considerada, como área útil de cada parcela experimental, as sete linhas centrais, desprezando-se 0,75 m nas extremidades, totalizando 6,3 m^2 de área útil (Figura 5B).

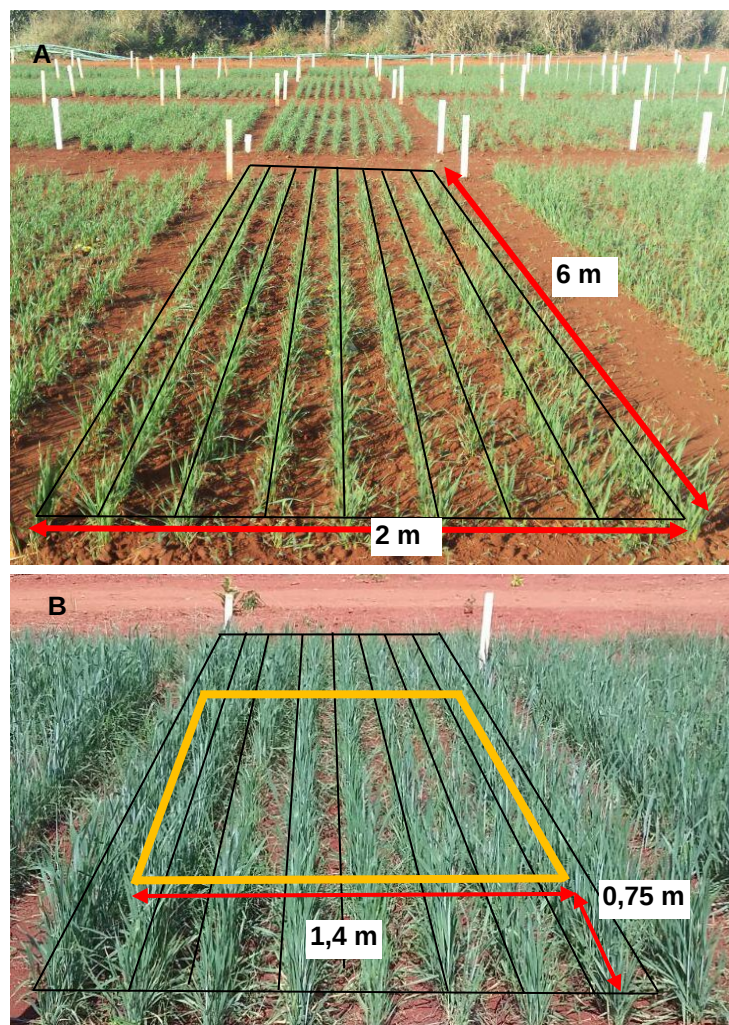


Figura 5. Dimensionamento (A) e área útil (B) da parcela experimental.

3.4. Instalação do sistema de irrigação

Para a irrigação do trigo, foi instalado na área experimental um sistema de irrigação por aspersão convencional (Figura 6). O manejo da irrigação foi realizado conforme a demanda climática observada na Estação Meteorológica do Campus Universitário de Rondonópolis – MT, localizada a 100 m do experimento e pela evapotranspiração da cultura obtida através do modelo de Penman-Motith (ALLEN et al., 1998).

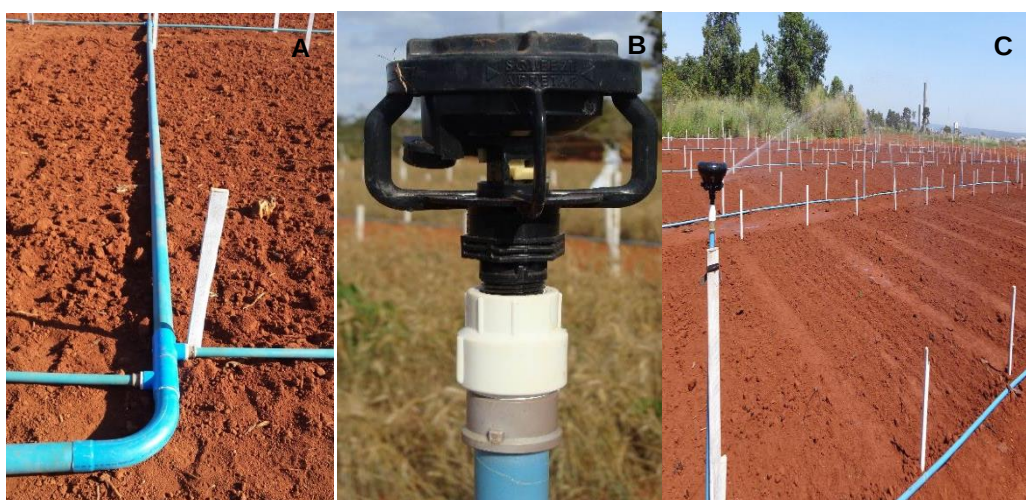


Figura 6. Linha principal e derivadas (A) e aspersor Rain Bird Série Low LF800 (B) e sistema de irrigação por aspersão (C). Rondonópolis, MT.

No primeiro ano de cultivo realizou-se a determinação da umidade gravimétrica para melhor aferição das condições de umidade do solo, já no segundo ano foram instalados quatro tensiômetros, sendo um por bloco. Durante os dois anos de condução do experimento foram realizados acompanhamentos do turno de rega e das lâminas acumuladas (Tabela 2).

Tabela 2. Turno de rega e lâminas acumuladas (irrigação + precipitação) durante condução do experimento de trigo irrigado (Rondonópolis-MT, 2014 e 2015).

Ano agrícola	Turno de Rega (dias)	Lâmina acumulada (mm)
2014	3	498,15
2015	4	448,33

3.5. Adubação e semeadura do trigo

A semeadura foi realizada com auxílio da semeadora de parcela modelo SEMINA II - versão trigo (Figura 7) e a adubação foi realizada manualmente no dia nove de março de 2014 no primeiro ano agrícola e dia 15 de março de 2015 no segundo ano agrícola (Figura 7).



Figura 7. Semeadura do trigo BRS254 com auxílio da semeadora de parcela modelo SEMINA II - versão trigo (A) e adubação manual (B), Rondonópolis - MT.

A adubação nitrogenada foi parcelada em duas aplicações, sendo a primeira correspondente a 30% da dose em cada tratamento por ocasião da semeadura do trigo e a segunda correspondente a 70% da dose em cada tratamento aplicada em cobertura no início do estágio de perfilhamento (14 dias após a emergência do trigo) nos dois anos agrícolas (anos 2014 e 2015) de condução do experimento. A fonte de nitrogênio utilizada na adubação foi a ureia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$).

A adubação potássica foi realizada por ocasião da semeadura nos dois anos agrícolas e a fonte de potássio utilizada foi cloreto de potássio (KCl). A adubação

com fósforo (200 Kg ha^{-1} de P_2O_5) foi utilizada como fonte superfosfato simples e como fonte de micronutriente utilizou-se FTE BR12 (9%Zn – 1,8%B – 0,8%Cu – 2% Mn – 3,5%Fe – 0,1%Mo), para implantação da cultura foi igual para todos os tratamentos.

3.6 Condução do experimento

Durante os dois anos de condução do experimento foram realizadas capinas manuais para o controle de plantas invasoras com intervalos de 14 dias. No controle de insetos e pragas utilizou-se o inseticida Deltamethrina EC ($0,1 \text{ L ha}^{-1}$). Para a prevenção e controle da brusone foram realizadas aplicações do fungicida Azoxistrobina + Ciproconazole, na dose de $0,3 \text{ L ha}^{-1}$, onde os valores totais aplicados nos dois anos agrícolas estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Valores totais de aplicação de defensivos durante condução do experimento de trigo irrigado. Rondonópolis, MT, 2014 e 2015.

Ano agrícola	Defensivos	Total aplicado (mL)
2014	Deltamethrina EC	140
2015	Azoxistrobina + Ciproconazole	180

As coletas de dados ocorreram em duas avaliações, iniciando 37 dias após emergência das plantas (DAE) que compreendeu a fase em que as plantas estavam em alongamento e emissão da folha bandeira e aos 52 (DAE) na fase de enchimento dos grãos (Figura 8A), para os dois anos agrícolas e por ocasião da colheita aos 93 DAE no primeiro ano agrícola (Ano 2014) e aos 108 DAE (Figura 8B) no segundo ano (Ano 2015).



Figura 8: Vista geral do Trigo cv. BRS254 aos 37 dias após a emergência (A) por ocasião da colheita (B). Rondonópolis, MT, 2014 e 2015 respectivamente.

3.7. Variáveis Avaliadas

Leitura SPAD (Determinação indireta do teor de clorofila)

A leitura para a determinação indireta de clorofila foi realizada por meio de um clorofilômetro que fornece a medida SPAD (MINOLTA, 1989). Essas leituras foram realizadas nas folhas diagnósticas em 10 plantas aleatórias, no terço-médio da lâmina foliar da primeira folha abaixo da folha bandeira, segundo as recomendações de Matsunaka et al. (1997), na área útil em cada parcela experimental (Figura 9).



Figura 9. Determinação do teor de clorofila por meio do chlorophyll Meter SPAD-502.

Altura de planta

tomou-se a medida da superfície do solo até a extremidade superior da espiga mais alta (Figura 10), exceto as aristas, em cinco plantas ao acaso, na área útil de cada unidade experimental.



Figura 10. Determinação da altura da planta.

Índice de área foliar (IAF)

Foi realizada em campo, sendo coletadas três imagens na área útil de cada parcela, pelo equipamento LAI 2200, essas imagens foram posteriormente analisadas pelo software Plant Canopy Analysis System. O processo da análise das imagens inicia-se com o corte das áreas não foliares que por ventura foram registradas (Figura 11). Após este processo os dados estão prontos para serem analisados, fornecendo assim o índice de área foliar (Figura 12). A determinação da área foliar com exceção das outras variáveis, foi realizada apenas no segundo ano agrícola (Ano 2015).

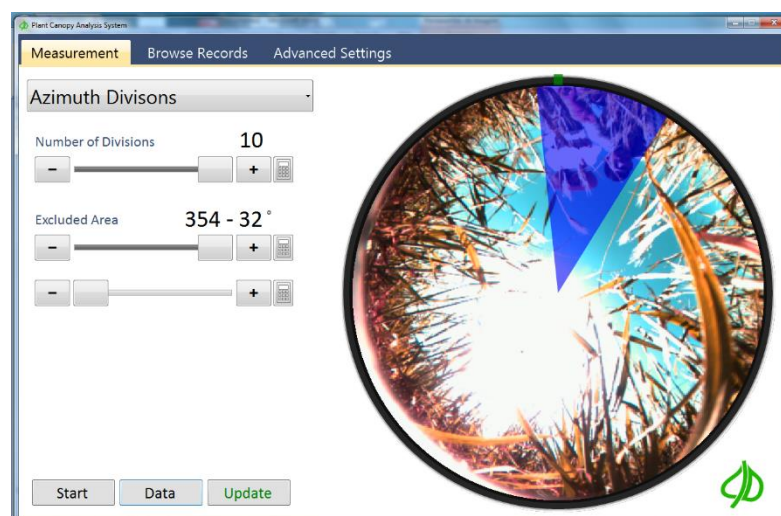


Figura 11: Imagem sendo cortada pelo software Plant Canopy Analysis System.

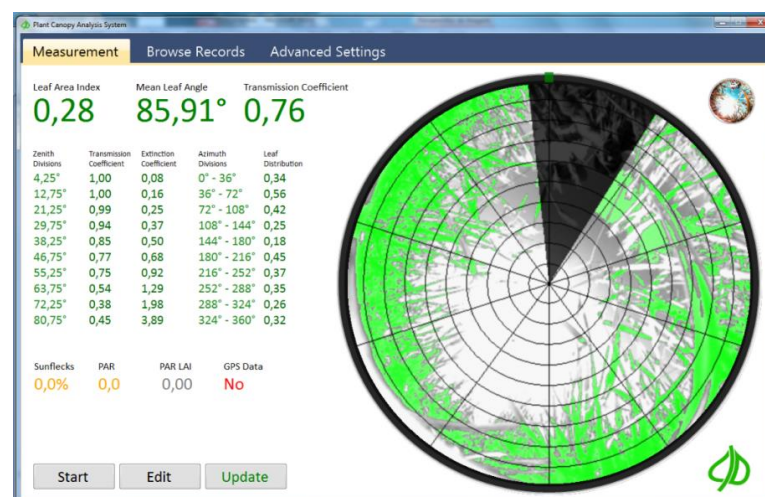


Figura 12: índice de área foliar fornecida pelo software Plant Canopy Analysis System.

Número de folhas e Perfilhos

A contagem do número de folhas e perfilhos foi realizada em três pontos aleatórios de 0,3 m lineares na área útil em cada parcela.

Acamamento

Para avaliação do acamamento foi utilizada a escala de notas variando de 0 a 4 nas parcelas experimentais do seguinte modo: escala de notas de 0= sem acamamento; 1= 25% de plantas acamadas; 2 = 50 % de plantas acamadas; 3= 75 % de plantas acamadas; 4= todas as plantas acamadas.

Número de espigas por m²

Determinou-se contando o número de espigas aproximadamente 1,0 m de linha na área útil de cada unidade experimental e, posteriormente, calculado por metro quadrado (Figura 13).



Figura 13. Contagem de espigas de plantas de trigo irrigado e submetido a adubação com doses de nitrogênio e potássio

Rendimento do trigo

O número de espiguetas/espiga e peso de grãos/espigas foram avaliados a partir da coleta, ao acaso, de 20 espigas de trigo na área útil da parcela.

Produtividade da cultura

Foi determinada a produtividade da cultura do trigo recolhendo todas as plantas da área útil, previamente cortadas, manualmente, rentes ao solo. Após a debulha das espiguetas, os grãos foram pesados e o teor de água ajustado para 13% e extrapolado para kg ha^{-1} .

Massa de mil grãos

Foi determinada para primeiro ano agrícola, pela contagem de 800 grãos de trigo, representando a área útil de cada unidade experimental, realizando sua pesagem e transformando essa massa para 1.000 grãos de acordo com a regra de análise de sementes (BRASIL, 2009), com os grãos corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

Número de quedas (NQ)

Foi realizado conforme metodologia descrita pelo método 56 – 81B descrita por AACC (2000) no primeiro ano agrícola, sendo determinada de forma indireta por meio do teste conhecido como número de quedas ou Falling Number® sendo expresso em segundos.

Peso hectolitro (Ph)

Determinado utilizando o aparelho Medidor de Umidade de Grãos de bancada G810, no primeiro ano agrícola, onde as amostras foram preparadas com utensílios do próprio aparelho. Essas amostras foram colocadas no aparelho, onde os valores foram apresentados através do display do equipamento, sendo expresso em Kg hL^{-1} .

Concentração e acúmulo de nitrogênio nas folhas e nos grãos e proteína bruta nos grãos

A determinação foi realizada com 10 folhas diagnósticas coletadas aleatoriamente na área útil da parcela, esse material foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até massa constante e nos grãos, sendo submetidos para análise em laboratório a partir do processo de micro-kjeldahl.

Foi realizada digestão via úmida com ácido sulfúrico sob aquecimento em bloco digestor, posteriormente o nitrogênio na forma amoniacal foi destilado na presença de sódio com auxílio do destilador de nitrogênio Marconi modelo MA 036, o ácido sulfúrico remanescente foi titulado com auxílio da solução padrão de ácido sulfúrico a 1N. segundo procedimento descrito por Malavolta et al. (1997).

Concentração de potássio nos grãos

As amostras foram submetidas a digestão nitro-perclórica, segundo procedimento descrito por Malavolta et al. (1997), com auxílio do aparelho espectrofotômetro de absorção atômico AAnalyst™ 200.

Massa seca de espigas

Foi determinada por ocasião da colheita da área útil da parcela, onde as espigas foram separadas dos colmos e pesadas em balança semi-analítica.

Massa seca da parte aérea

Foram considerados como parte aérea, as folhas, colmos e espigas, onde foram pesados em balança semi-analítica, após a colheita da área útil.

3.8. Análises estatísticas

Os resultados foram analisados por meio de regressão polinomial (superfície de resposta) para a interação nitrogênio e potássio e, nos casos em que a interação não foi significativa, foi efetuado o estudo de regressão de primeiro e segundo graus,

por meio do emprego do “Statistical Analysis System” (SAS INSTITUTE, 2002). Foi utilizado o nível de significância de até 5 % em todos os testes estatísticos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Altura de plantas

Para altura de plantas no primeiro ano de cultivo (Ano 2014), não houve diferença estatística entre os tratamentos, assim as alturas médias das plantas de trigo foram de 42,8 e 46,7 cm, para a primeira e segunda avaliações, respectivamente.

No segundo ano de cultivo (Ano 2015) na primeira avaliação (37 DAE) fase de alongamento e emissão da folha bandeira, a altura de planta apresentou efeito significativo para nitrogênio e potássio, isoladamente, onde o nitrogênio contribuiu com incremento de 10,89% na altura obtida para esta fase (Figura 14A). Porém o potássio contribuiu 7,26% no crescimento das plantas nessa mesma fase (Figura 14B).

Por ser um solo de primeiro cultivo, possivelmente a resposta para a altura aos tratamentos se deram somente no segundo ano de cultivo, onde houve diferença entre os tratamentos. Mesmo apresentando diferença, a altura máxima atingida não alcançou a altura descrita pela obtentora da cultivar, o que não interfere na colheita mecanizada do trigo, pois o trigo diferente da soja e do milho não é muito exigente em relação a plataforma de colheita, quando as plantas estão muito baixas o molinete é retraído para perto do sem-fim de alimentação, tornando possível a sua colheita sem perdas (EMBRAPA, 1998).

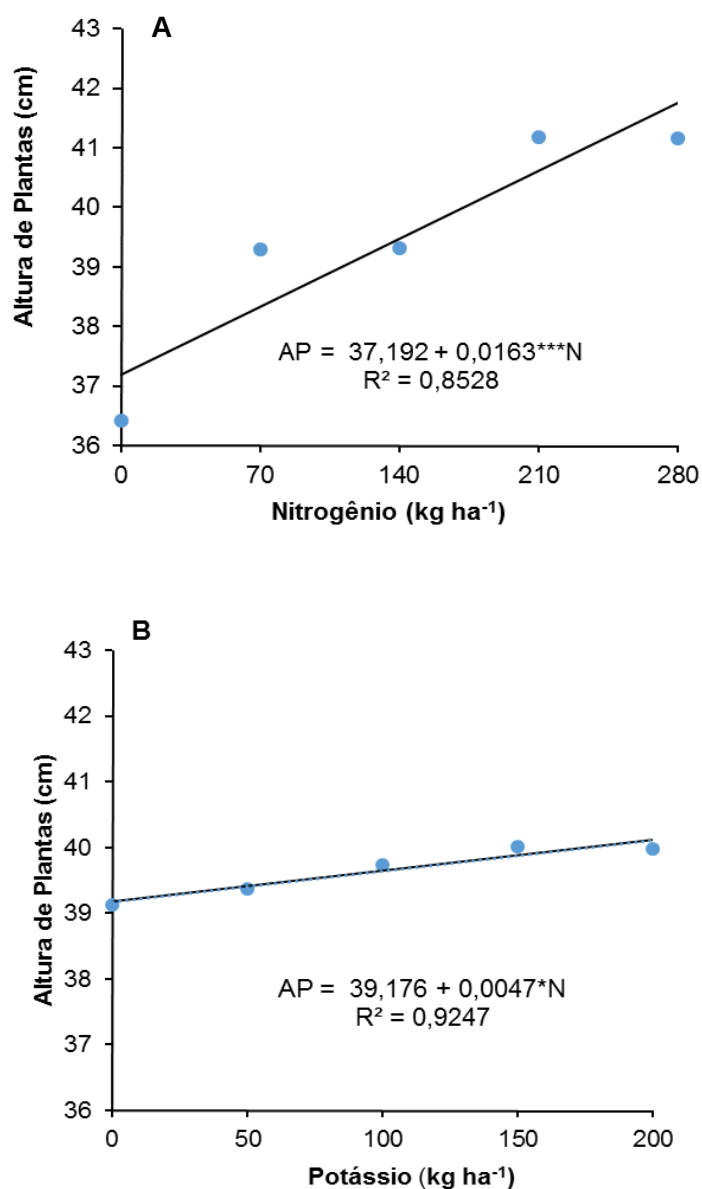


Figura 14. Altura de plantas (cm) em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), na primeira avaliação, no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

***, * Significativo a 0,1% e a 5%.

Na segunda avaliação (52 DAE) do ano agrícola de 2015 as plantas estavam no início do espigamento, observando efeito isolado apenas para o nitrogênio, ajustando-se ao modelo linear de regressão, incrementando a altura de plantas em 5,8% (Figura 15).

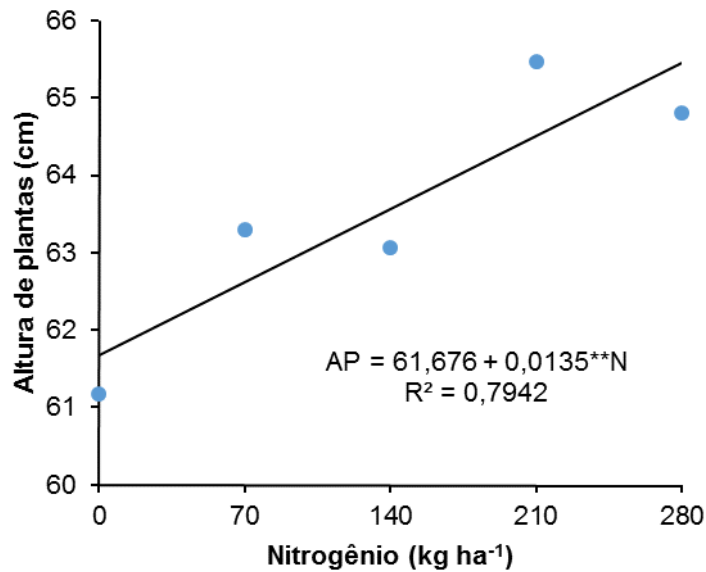


Figura 15. Altura de plantas (cm) em função das doses de nitrogênio na segunda avaliação (52 DAE), no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

** Significativo a 1%.

Pode ser observado que as doses de nitrogênio não foram suficientes, para alcançar a altura de plantas desejável para a cultivar utilizado no experimento. Teixeira Filho et al. (2010) afirmam que pequenas doses de nitrogênio podem limitar a produtividade das culturas. Em cereais, a aplicação de doses elevadas de nitrogênio, segundo Marschner (1995), estimula a produção de fitormônios promotores do crescimento e desenvolvimento, responsáveis pelos processos de divisão e expansão celular, aumentando o alongamento do caule e, conseqüentemente a altura das plantas, tornando-as mais susceptíveis ao acamamento dificultando a colheita e provocando queda na produção.

Dentre as várias funções nas plantas, o potássio é responsável pela ativação enzimática no processo de transporte do nitrogênio dentro da planta, o que acarreta no crescimento e desenvolvimento celular, aumentando os tecidos das plantas (STROMBERGER et al.,1994).

Andreotti et al. (2001), avaliando o efeito de duas saturações por bases e adubação potássica, em três solos, sobre o desenvolvimento de plantas de milho, verificaram que a altura de plantas de milho e a produção de grãos foram influenciadas pela elevação do teor de potássio aplicado no solo até a adição da dose 60 mg kg⁻¹ de potássio, em todas as épocas de avaliações.

4.2. Número de Perfilhos

Houve efeito significativo para o número de perfilhos no primeiro ano agrícola isoladamente para o nitrogênio e potássio na primeira avaliação. O nitrogênio ajustou-se ao modelo linear de regressão com incremento de 14,16% (Figura 16A), já potássio ajustou-se ao modelo quadrático de regressão, onde a dose que proporcionou o maior número de perfilhos ($103,61 \text{ m}^{-1}$) foi a dose de potássio de $83,83 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 16B).

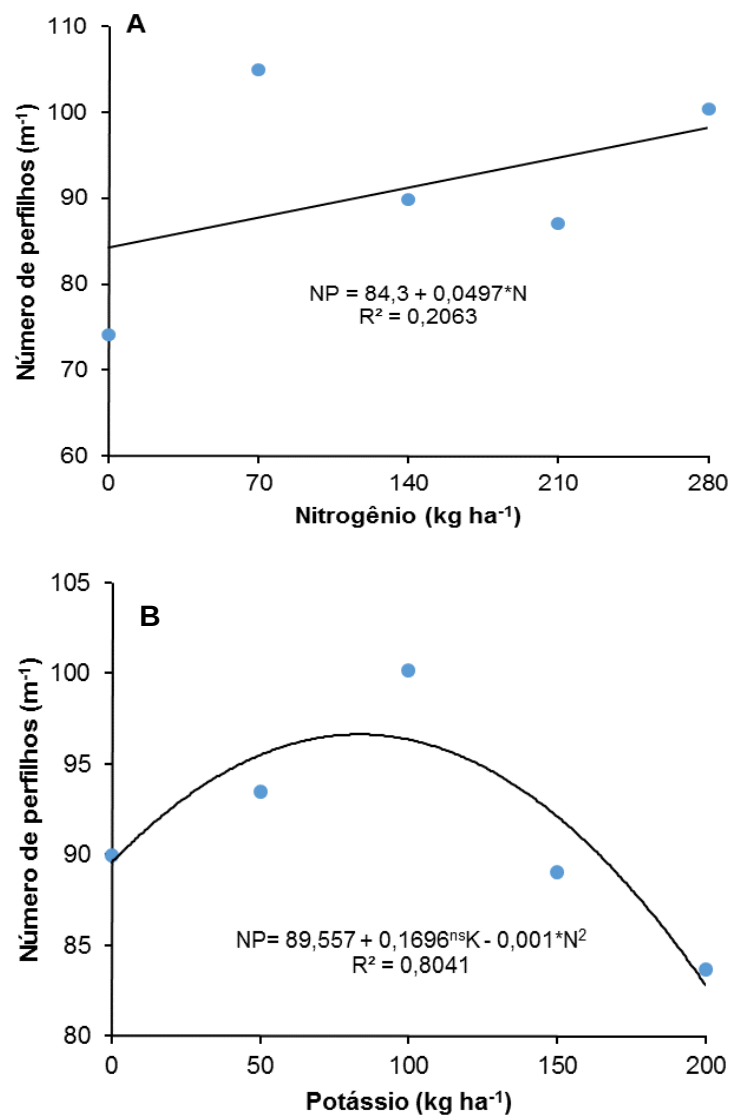


Figura 16. Número de perfilhos em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B) no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

* Significativo a 5%. ns - não significativo.

Para segunda avaliação o número de perfilhos, por metro, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com média de perfilhos de 161.25 m⁻¹.

No segundo ano agrícola, o número de perfilhos apresentou diferença significativa, para as duas avaliações, ambas com efeito isolado para o nitrogênio. Na primeira avaliação, o nitrogênio ajustou-se ao modelo linear de regressão contribuindo com um incremento de 34,43% no desenvolvimento de perfilhos (Figura 17A). Na segunda avaliação ajustou-se ao modelo quadrático de regressão, e o maior número de perfilhos (111,57 m⁻¹), foi encontrado na dose de 198,68 kg ha⁻¹ (Figura 17B).

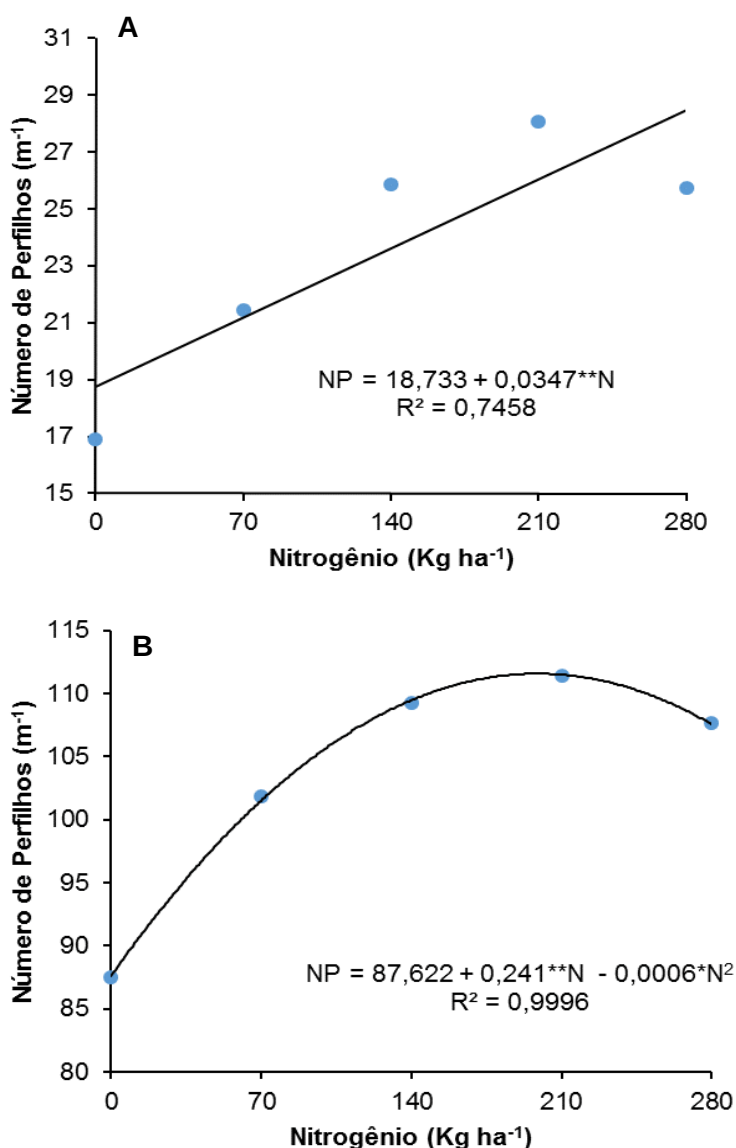


Figura 17. Número de perfilhos em função das doses de nitrogênio na primeira (A) e segunda (B) avaliações no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

*, ** Significativo a 5% e 1%.

A emissão de perfilhos para a cultura do trigo é de extrema importância, pois, está relacionada ao rendimento de grãos, porém a planta precisa produzir perfilhos férteis para que haja uma boa produtividade, assim o aumento no número de perfilhos não significa maior rendimento de grãos.

Matte et al. (2013), avaliando os componentes de produção e de produtividade de cultivares de trigo (BRS 264, IAC 381, IAC 24, BRS 254, BRS 311 e IAC 385) no município de Nova Mutum-MT, observaram quanto ao número de plantas, as cultivares IAC 24, BRS 254, BRS 311 não se diferenciaram, obtendo correlação negativa com os parâmetros número de espigas por planta, número de grãos por espiga e fertilidade de espigas, ou seja, quanto maior o número de plantas por metro linear menor serão os resultados obtidos para esses parâmetros.

Isso acontece porque a falta ou excesso de plantas pode comprometer negativamente a produtividade, visto que, o trigo é uma espécie que pode produzir perfilhos com espigas férteis, proporcionando, certa plasticidade, sendo capaz de ocupar espaços vazios deixados entre plantas, e conseqüentemente elevando o rendimento de grãos e a produtividade (MUNDSTOCK, 1999).

4.3. Número de Folhas

Para o número de folhas houve efeito isolado para o potássio na primeira avaliação, do primeiro ano agrícola. O potássio influenciou linearmente o desenvolvimento de folhas com incremento de 12,81% (Figura 18) comparando-se a maior dose do intervalo experimental (280 kg ha^{-1}) com ausência de adubação potássica (0 mg dm^{-3}). Na segunda avaliação o número de folhas apresentou média de 335,21 folhas, por metro linear, não diferindo estatisticamente entre os tratamentos.

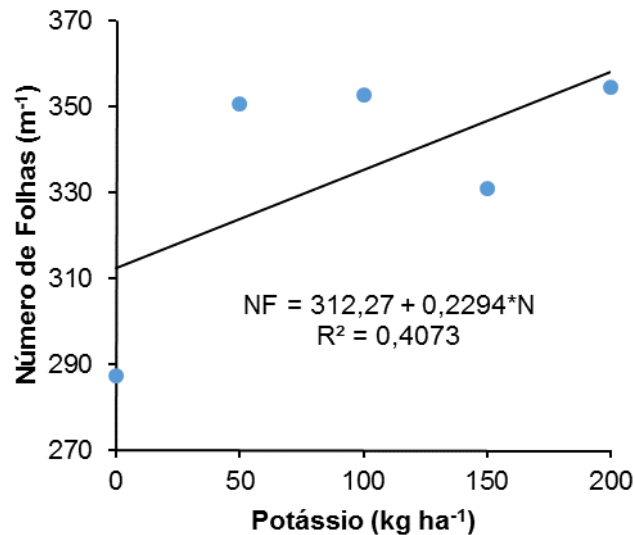


Figura 18. Número de folhas em função das doses de potássio no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

* Significativo a 5%.

Para Viana e Kiehl (2010), mesmo o potássio não participando de compostos estruturais nas plantas, esse nutriente desempenha importante papel em vários processos bioquímicos e fisiológicos dos vegetais.

Estudos realizados por Rozane et al. (2008), avaliando os efeitos da omissão de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber) cultivar Comum, cultivadas em solução nutritiva, verificaram que na ausência de potássio as plantas foram afetadas, acarretando a redução no número de folhas.

No segundo ano agrícola, o número de folhas apresentou efeito isolado para nitrogênio nas duas avaliações. Na primeira avaliação, o nitrogênio ajustou-se ao modelo linear de regressão, onde o desenvolvimento de folhas foi incrementando em 12,82% (Figura 19A). Na segunda avaliação houve ajuste quadrático (Figura 19B), sendo a dose de 187,08 Kg ha⁻¹ de nitrogênio que proporcionou o maior número de folhas (293,35).

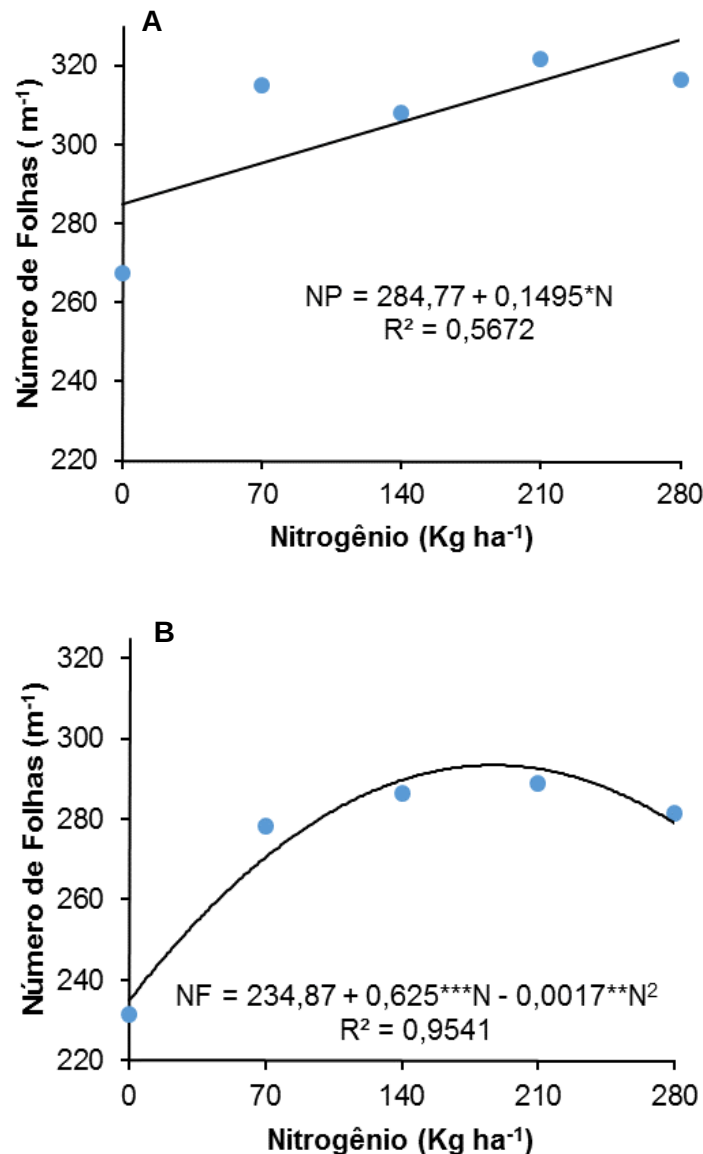


Figura 19. Número de folhas em função das doses de nitrogênio (A) na primeira avaliação e nitrogênio (B) na segunda avaliação, no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015. ***; ** e * Significativo a 0,1, 1 e 5% respectivamente.

A diminuição das folhas ocorreu com o aumento das doses de nitrogênio, verificando assim a importância do estudo da quantidade de fertilizantes usados no cultivo de trigo, podendo então diminuir os custos da produção e aumentando a produtividade.

O incremento no número de folhas em virtude da adubação nitrogenada é importante para o trigo, pois, as folhas são órgãos fotossintetizantes onde é capturada e utilizada a energia luminosa para as reações químicas vitais à planta, sendo fundamental para uma boa produção (TAIZ e ZEIGER, 2004). Pietro-Souza et al. (2013), avaliando o desenvolvimento de plantas de trigo (cv. Guamirim) em

Latossolo Vermelho, também verificaram aumento no número de folhas, decorrente do incremento nas doses de nitrogênio em todas as avaliações (26, 33, 40 e 47 DAE); no entanto, a máxima produção foi observada aos 47 DAE, referente à dose de nitrogênio de $195,6 \text{ mg dm}^{-3}$.

4.4. Índice de Área foliar

No primeiro ano agrícola, não foi realizado a análise de índice da área foliar, entretanto no segundo ano agrícola não houve efeito para interação nitrogênio e potássio, apresentando efeito apenas para as doses de nitrogênio, ajustando-se ao modelo linear de regressão, e assim contribuindo com 11,13% no incremento do índice de área foliar (Figura 20).

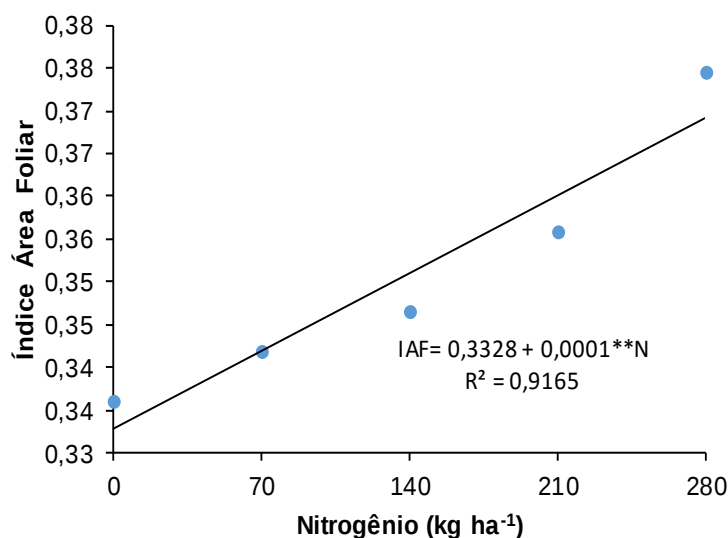


Figura 20. Índice de área de foliar em função das doses de nitrogênio no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

** Significativo 1%.

A área foliar está relacionada ao desenvolvimento estrutural das plantas, assim seu índice pode ser usado consequentemente para prever o desenvolvimento das plantas como perfilhamento e produção de matéria seca, e o nitrogênio é um nutriente de extrema importância no aumento do índice da área foliar onde o mesmo

está envolvido nos processos metabólicos fundamentais para o crescimento das plantas. Assim pode-se notar que com o aumento das doses de nitrogênio utilizadas no experimento houve aumento no índice de área foliar, onde o mesmo comportamento foi observado para as variáveis altura de plantas e número de perfilhos.

O nitrogênio por ser o nutriente responsável pelo crescimento vegetativo e, seu suprimento reflete no índice de área foliar, na produção de gemas vegetativas, no perfilhamento e no teor de proteína dos grãos (MALAVOLTA, 2006). Com o aumento no número de folhas observado neste estudo para as doses de nitrogênio, vemos que houve consequentemente um aumento da área foliar, uma associação positiva para as plantas de trigo, pois, segundo Cruz et al. (2007) a área foliar está diretamente ligada a interceptação da energia solar incidente promovendo, por conseguinte, maior assimilação de carbono o qual pode contribuir significativamente para aumentar o acúmulo de massa seca pelas plantas.

Heinemann et al. (2006) ao avaliarem dois cultivares de trigo (Embrapa 22 e Embrapa 42) em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, encontraram resposta quadrática aos efeitos do nitrogênio aplicado (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) no índice de área foliar, onde os valores variam entre 2 e 8.

4.5. Índice de clorofila (Valor SPAD)

Para o primeiro ano agrícola, o índice de clorofila apresentou efeito isolado para nitrogênio na primeira avaliação e para o potássio na segunda avaliação, ajustando-se aos modelos de regressão linear e quadrático, respectivamente. O nitrogênio contribuiu com 4,05% no incremento do índice de clorofila (Figura 21).

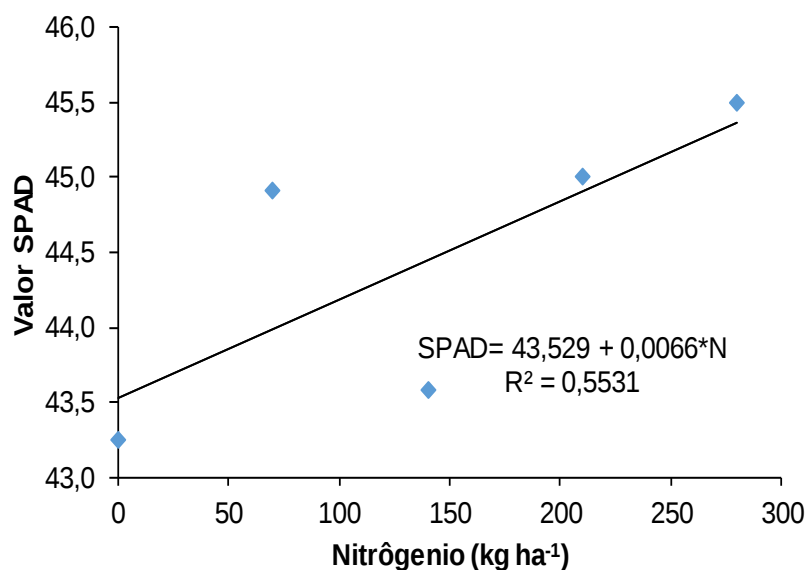


Figura 21. Índice de clorofila (Valor SPAD) em função das doses de nitrogênio na primeira avaliação, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT.2014
* Significativo a 5%.

O potássio proporcionou o maior índice de clorofila (42,74) com a dose de 147,91 kg ha⁻¹ (Figura 22). A partir dessa dose, houve uma queda no valor SPAD devido à mobilização deste nutriente das partes vegetativas para os grãos, por ocasião do início do período de espigamento.

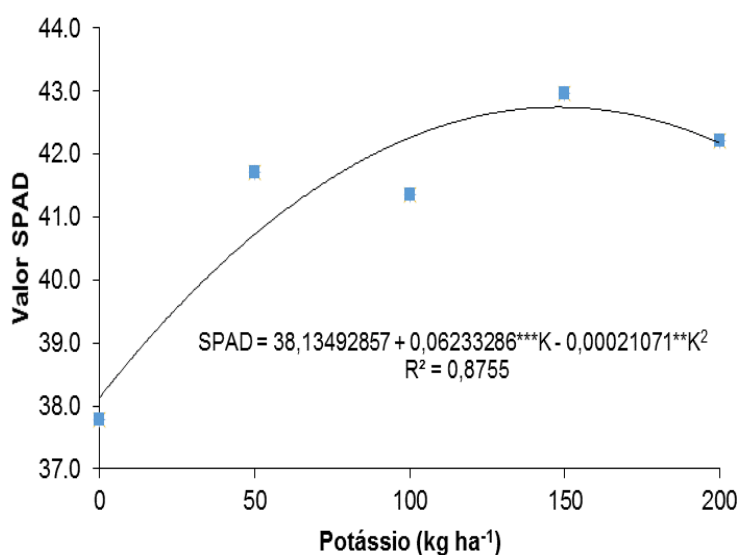


Figura 22. Índice de clorofila (Valor SPAD) em função das doses de potássio na primeira avaliação, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.
*** e ** Significativo a 0,1 e 1%.

No segundo ano agrícola, o teor de clorofila apresentou efeito isolado para o nitrogênio na segunda avaliação, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão onde a maior leitura (47) foi observado na dose de nitrogênio de 196,35 kg ha⁻¹ (Figura 23).

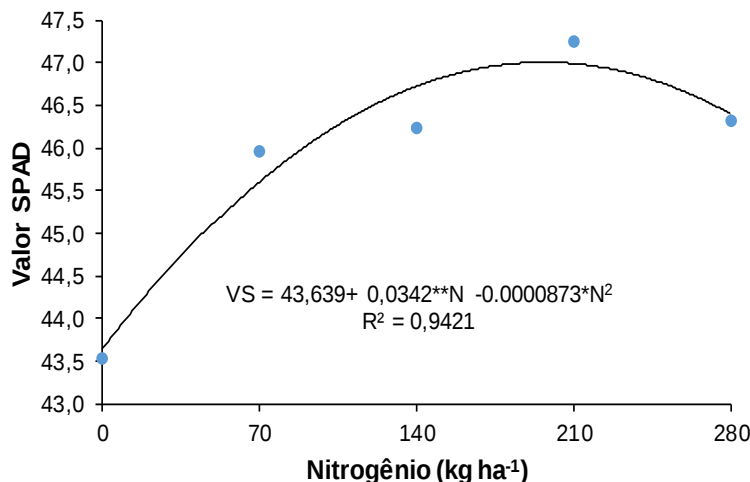


Figura 23. Índice de clorofila (Valor SPAD) em função das doses de nitrogênio, na segunda avaliação, do segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

**, * Significativo a 1 e 5%.

A clorofila tem como precursor inicial o glutamato, assim, a disponibilidade de nitrogênio influencia a capacidade fotossintética das plantas (Viana, 2007), havendo uma correlação entre o teor de clorofila com a concentração de nitrogênio nas folhas e, conseqüentemente, com o melhor desenvolvimento das plantas.

Os resultados encontrados no primeiro ano agrícola mostram que na fase de enchimento dos grãos o nitrogênio estava sendo translocado para os grãos, apresentando efeito para o potássio, o que não se aplicou para o segundo ano agrícola, em que houve efeito apenas para o nitrogênio na segunda avaliação. Assim pressupõe-se que as plantas de trigo estavam com seu ciclo prolongado, onde no mesmo período de avaliação as plantas ainda estavam entrando na fase de enchimento dos grãos.

Viana e Kiehl (2010), trabalhando com trigo Argissolo Vermelho Amarelo Abrúptico, também observaram que o fornecimento de nitrogênio e de potássio incrementaram o conteúdo de clorofila em plantas de trigo.

Os resultados observados no presente estudo, assemelham-se ao encontrados por Teixeira Filho et al. (2010) que ao avaliarem o teor de clorofila em plantas de trigo verificaram que as doses de nitrogênio influenciaram o teor de

clorofila na folha, com o ponto de máxima leitura igual a 46, atingido com a estimativa de aplicação de 147 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Carvalho (2014) trabalhando com doses de nitrogênio e potássio em plantas de trigo, não observou significância para a interação entre as doses de nitrogênio e de potássio. Porém, efeitos significativos para o teor de clorofila foram observados tanto para o nitrogênio quanto para o potássio isoladamente. As doses de nitrogênio influenciaram o teor de clorofila, sendo o maior valor do teor de clorofila (45,9) observado na dose de nitrogênio de $286,6 \text{ mg dm}^{-3}$. A influência da adubação potássica no índice SPAD tenderam a uma redução; no entanto, a partir da dose de potássio de $204,35 \text{ mg dm}^{-3}$, esse índice tornou a aumentar, encontrando valores maiores que os encontrados no presente estudo, com valores entre 43 e 46.

4.6. Acamamento

Para o acamamento das plantas de trigo, houve efeito significativo apenas para o primeiro ano agrícola, o segundo ano agrícola o acamamento apresentou uma média de 3,7% de acamamento.

Os resultados observados no primeiro ano mostraram que houve efeito isolado apenas para nitrogênio, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 24), sendo a dose de $146,12 \text{ kg ha}^{-1}$ que proporcionou o maior acamamento (23,25%) das plantas de trigo aos 52 DAE, nesta fase as plantas começam a mudar o ângulo devido ao peso ocasionado pelo o início do espigamento das plantas, e se não houver equilíbrio nutricional, as plantas tendem a acamar quando submetida a condições adversas.

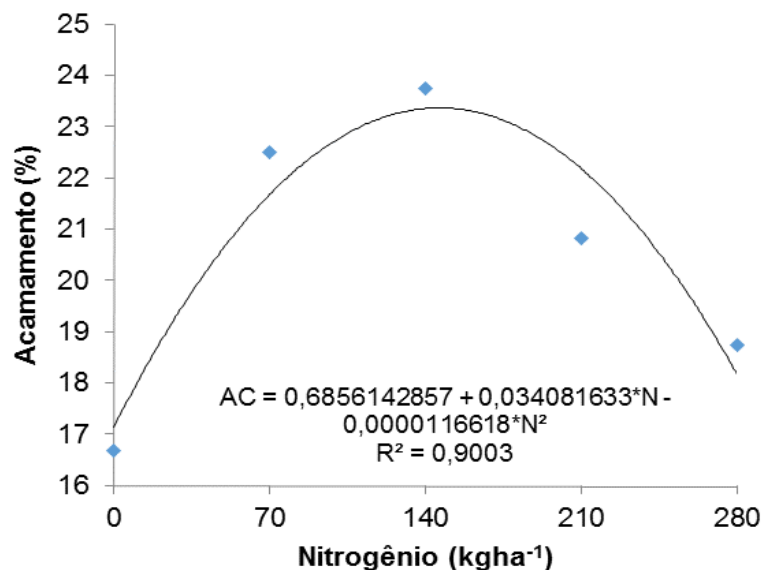


Figura 24. Acamamento de plantas de trigo aos 52 DAE, em função das doses de nitrogênio, no primeiro ano agrícola no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.
* Significativo a 5%.

Dependendo da intensidade e do estágio que a planta se encontra o acamamento pode reduzir expressivamente a produção de grãos. A utilização de doses elevadas de nitrogênio, acarreta em maior desenvolvimento vegetativo, o que pode causar acamamento de plantas e interferir negativamente na produtividade e na qualidade dos grãos, visto que o acamamento está relacionado principalmente a estatura das plantas e as condições ambientais em que as mesmas estão inseridas.

Observando os resultados, há uma relação entre o acamamento e a produtividade alcançada, onde a dose que proporcionou a maior produtividade, foi próxima a dose que acarretou no maior acamamento. Assim pode-se afirmar que o que influenciou o acamamento das plantas no primeiro ano de cultivo foi o peso das espigas.

Embora as doses de nitrogênio não tenham influenciado a altura de plantas no primeiro ano agrícola, influenciou o acamamento das plantas, que segundo Prando et al. (2013), esse aumento no acamamento, em função da adubação nitrogenada, deve-se, possivelmente, ao aumento no número de perfilhos e na massa da planta, que podem reduzir a resistência do colmo.

4.1. Número de espiguetas por espiga

Para os dois anos agrícolas do trigo, o número de espiguetas não apresentou efeito para os tratamentos aplicados, a média obtida para esses anos foram de 222,84 e 198,07 espigas m^{-2} , respectivamente. Na época da emissão da folha bandeira, o suprimento de nitrogênio é crítico para determinar o número de colmos que sobrevivem e produzem espigas. Isso pode ser observado neste estudo, visto que, nesse período as variáveis de desenvolvimento das plantas de trigo obtiveram resposta linear as doses de nitrogênio.

Em plantas de trigo, o número de espiguetas por espiga depende de fatores nutricionais e ambientais, além de fatores intrínsecos ao própria cultivar (AUDE et al., 1994), assim fatores edafoclimáticos podem ter influenciado as plantas de trigo, onde todas as espigas apresentaram quantidades parecidas de espiguetas.

Coelho et al. (1998), trabalhando com resposta da produtividade de grãos e outras características agronômicas do trigo EMBRAPA-22 irrigado ao nitrogênio em cobertura, com doses de nitrogênio de 30, 60, 90 e 120 kg ha^{-1} não encontraram efeito significativos no número de espigas para as doses aplicadas em dois anos de cultivo.

4.7. Massa de grãos por espiga

O potássio apresentou efeito isolado para massa de grãos por espiga de no primeiro agrícola, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 25), onde a dose de potássio que proporcionou a maior massa de grãos (0,770 g) foi de 122,12 Kg ha^{-1} .

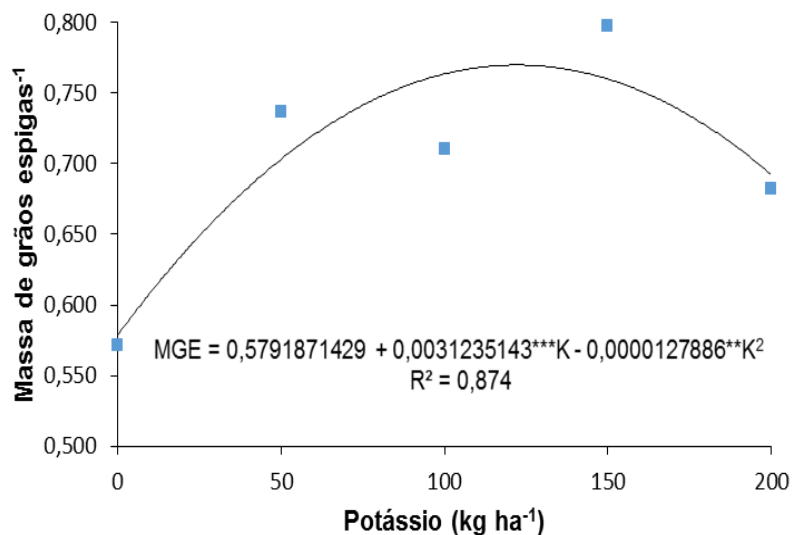


Figura 25. Massa de grãos por espigas em função das doses de potássio, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

*** e ** Significativo a 0,1 e 1%.

O nitrogênio apresentou efeito apenas para algumas variáveis de desenvolvimento das plantas no ano de 2014, isso pode ser explicado pelas condições do solo em primeiro cultivo, assim pode-se observar maior efeito do potássio para as variáveis de desenvolvimento e para variáveis que determinaram a produtividade de grãos de trigo.

No segundo ano agrícola, a massa de grãos apresentou efeito isolado para o nitrogênio, ajustando-se ao modelo linear decrescente de regressão (Figura 26). O decréscimo na massa de grãos pode ser explicado pelo fato do alto teor de nitrogênio prolongar o ciclo da cultura e com a suspensão da irrigação para maturação dos grãos, consequentemente influenciou no rendimento de grãos do trigo.

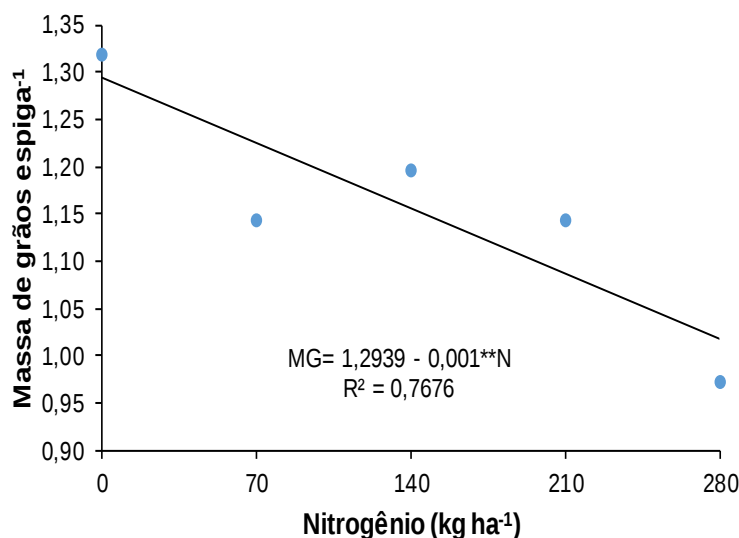


Figura 26. Massa de grãos por espigas em função das doses de nitrogênio no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

** Significativo a 5%.

Os resultados alcançados no presente estudo no primeiro ano agrícola diferem dos resultados encontrados por Abrão e Komdorfer (1980), que afirmam que as aplicações de potássio em solos de primeiro cultivo não são satisfatórias e que as reservas de potássio no solo são suficientes para atender as necessidades das culturas. O trigo respondeu de forma satisfatória para a massa de grãos, até o ponto que o excesso causou um desequilíbrio nutricional diminuindo assim a massa de grãos. Malavolta (1977) estudando a cultura do trigo afirmou que para se produzir 2.000 Kg ha⁻¹ de trigo, são necessários 76 Kg ha⁻¹ de potássio na forma de K₂O, sendo 10 Kg ha⁻¹ exportado pelos grãos.

4.8. Número de grãos por espiga

O nitrogênio e potássio no primeiro ano agrícola apresentaram efeito isolado no número de grãos de trigo, ajustando-se aos modelos quadráticos de regressão. As doses de nitrogênio e potássio de 177,55 e 121,46 kg ha⁻¹ proporcionaram os maiores números de grãos com valores de, 28,83 e 28,9 grãos por espigas, respectivamente (Figuras 27 A e B).

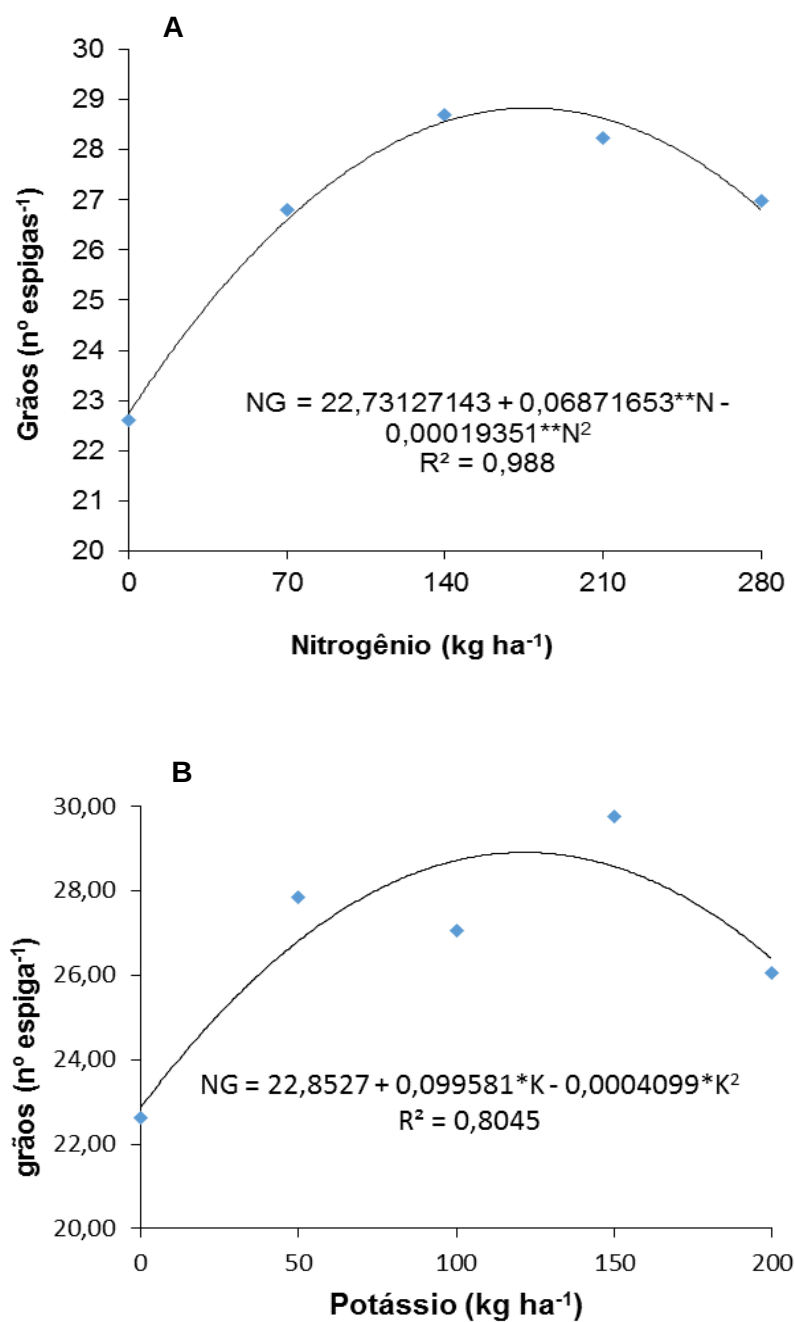


Figura 27 Número de grãos por espigas em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro ano de cultivo, no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

** e * Significativo a 1 e 5%.

No segundo ano agrícola o número de grãos por espiga foi influenciado apenas pela adubação com nitrogênio, ajustando-se ao modelo de regressão quadrático, onde a dose que proporcionou o maior número de grãos por espigas (30 grãos) foi a dose de nitrogênio de 166,36 kg ha⁻¹ (Figura 28).

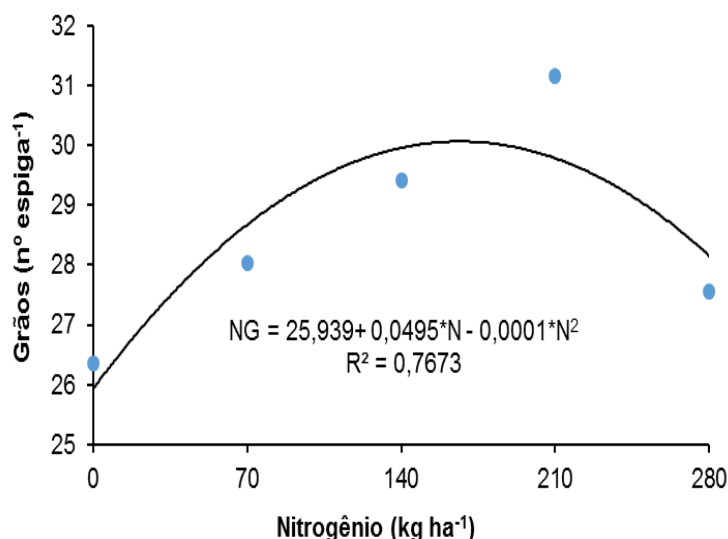


Figura 28. Número de grãos por espigas em função das doses de nitrogênio no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

* Significativo a 5%.

Os resultados observados para nitrogênio no presente estudo demonstram que a partir da dose que proporcionou maior número de grãos houve um decréscimo na produção, diferindo dos resultados encontrados por Boschini et al. (2011) que, ao avaliarem a interação de nitrogênio com lâminas de água, em plantas de trigo, observaram o efeito isolado de nitrogênio para o número de grãos por espiga, sendo que as máximas produções foram alcançadas com as doses de nitrogênio de 100, 200 e 400 Kg ha⁻¹.

Trindade et al. (2006), em estudos com plantas de trigo com adubação nitrogenada em cobertura, também observaram influência do nitrogênio na produção de grãos, onde houve ajuste quadrático de regressão, sendo a máxima produção observada na dose de nitrogênio de 185,9 kg ha⁻¹.

Os resultados do número de grãos no primeiro ano agrícola foram semelhantes aos resultados de Heinemann et al. (2006) que ao avaliarem duas cultivares de trigo (Embrapa 22 e Embrapa 42) em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, encontraram resposta quadrática aos efeitos das doses de nitrogênio com produção máxima de grãos estimada de 6.472 kg ha⁻¹ verificado com a dose de nitrogênio de 156,1 kg ha⁻¹.

O potássio, segundo Brar et al. (2012), é essencial para obter rendimentos mais elevados, assim com a aplicação de 60 kg ha^{-1} de potássio a produção de grãos de milho no estudo desses autores aumentou em 15%, devido ao efeito cumulativo de ambos os parâmetros de crescimento e rendimento, que foram substancialmente aumentados através da aplicação de potássio, juntamente com nitrogênio e enxofre, e uma maior absorção e na utilização de nitrogênio, na presença de potássio aplicada (BRAR et al., 2012).

4.9. Massa Seca de Espiga

Para massa seca de espigas de trigo no primeiro ano agrícola houve efeito isolado para nitrogênio e potássio, ajustando-se aos modelos quadráticos de regressão (Figura 29 A e B). As doses que proporcionaram maiores massas secas de espigas foram de $133,78$ e $139,69 \text{ kg ha}^{-1}$, com massas de $966,92$ e $970,31 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente para nitrogênio e potássio.

O nitrogênio influenciou linearmente na massa seca de espiga no segundo ano agrícola, incrementando em 33,3% (Figura 30).

O período crítico de suprimento nutricional em plantas trigo começa desde a emergência a emissão da folha bandeira. Nos estádios iniciais de crescimento, o nitrogênio é crítico para determinar o número de perfilhos que produzem espigas. Nos estádios iniciais da emissão da folha bandeira, o nitrogênio é necessário para potencializar o número máximo de espiguetas por espigas e, conseqüentemente, o número de grãos por espigas. (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2001).

Viana (2007), trabalhando com doses de nitrogênio e potássio na cultura do trigo, observou que na ausência no fornecimento de nitrogênio e de potássio e também na associação da maior dose de nitrogênio (280 mg dm^{-3}) sem adição do potássio, a produção média de massa seca de espiga foi $7,5 \text{ g planta}^{-1}$ para ambas as combinações. Com o fornecimento da maior dose de nitrogênio (280 mg dm^{-3}), a produção de massa seca de espiga foi de 8 g vaso^{-1} , afirmando também que o nitrogênio e o potássio são absorvidos em grandes quantidades pela cultura do trigo, incrementando a produção de espigas e promovendo melhor qualidade e peso de grãos.

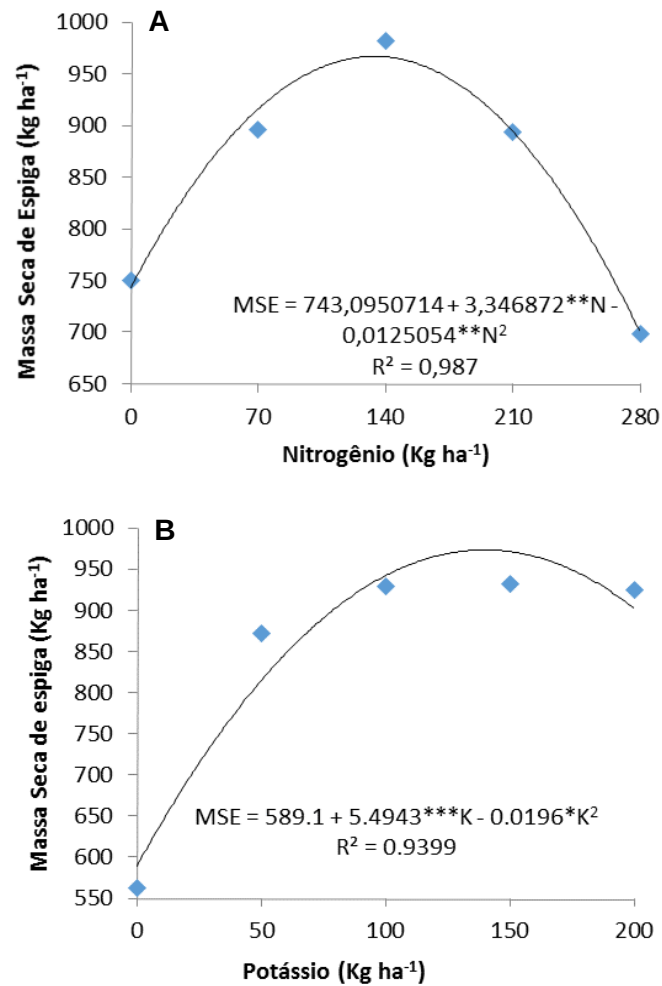


Figura 29. Massa seca de espigas em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

***, ** e * Significativo a 0,1, 1 e 5% respectivamente.

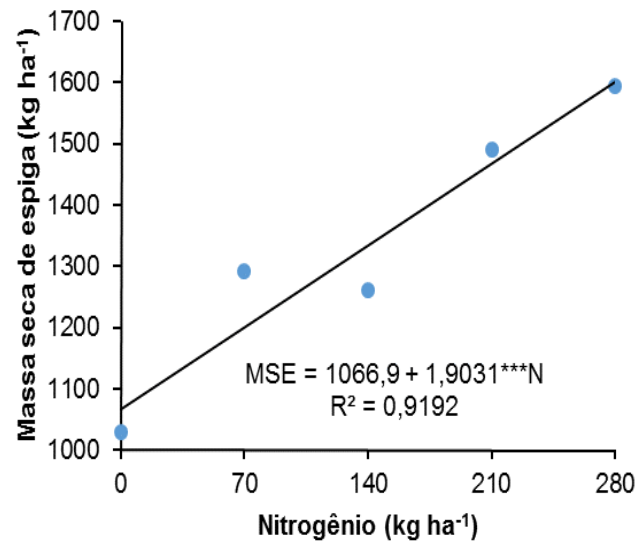


Figura 30. Massa seca de espigas em função das doses de nitrogênio, no primeiro de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

*** Significativo a 0,1%.

Para Gross (1976), em condições de alto suprimento de nitrogênio, a adubação potássica poderá favorecer o processo de enchimento de grãos, visto que o fornecimento do potássio para as plantas estimula o aproveitamento do nitrogênio, possibilitando que sua absorção, assimilação, nutrição e, conseqüentemente, a produtividade, sejam aumentadas (VIANA e KIEHL, 2010).

Neste contexto torna-se importante estudar a produção de espigas, pois é o que determina o rendimento de grãos de trigo, onde o mesmo é determinado por alguns componentes como os números de grãos por espigas, número de espigas por unidade de área e disponibilidade de nitrogênio, assim, o suprimento de nitrogênio é de essencial importância no período em que os componentes de produção estão sendo definidos (PÖTTKER e ROMAN, 1998; MARCHETTI et al., 2001).

4.10. Massa seca da Parte Aérea

O nitrogênio e potássio influenciaram de forma isolada a massa seca da parte aérea no primeiro ano agrícola de cultivo do trigo, ajustando-se a modelo quadrático de regressão. As doses que proporcionaram maiores produções de massa seca da parte aérea do trigo (787,2 e 761,16 kg ha⁻¹) foram 145 e 148,3 kg ha⁻¹, respectivamente para o nitrogênio e potássio (Figura 31 A e B).

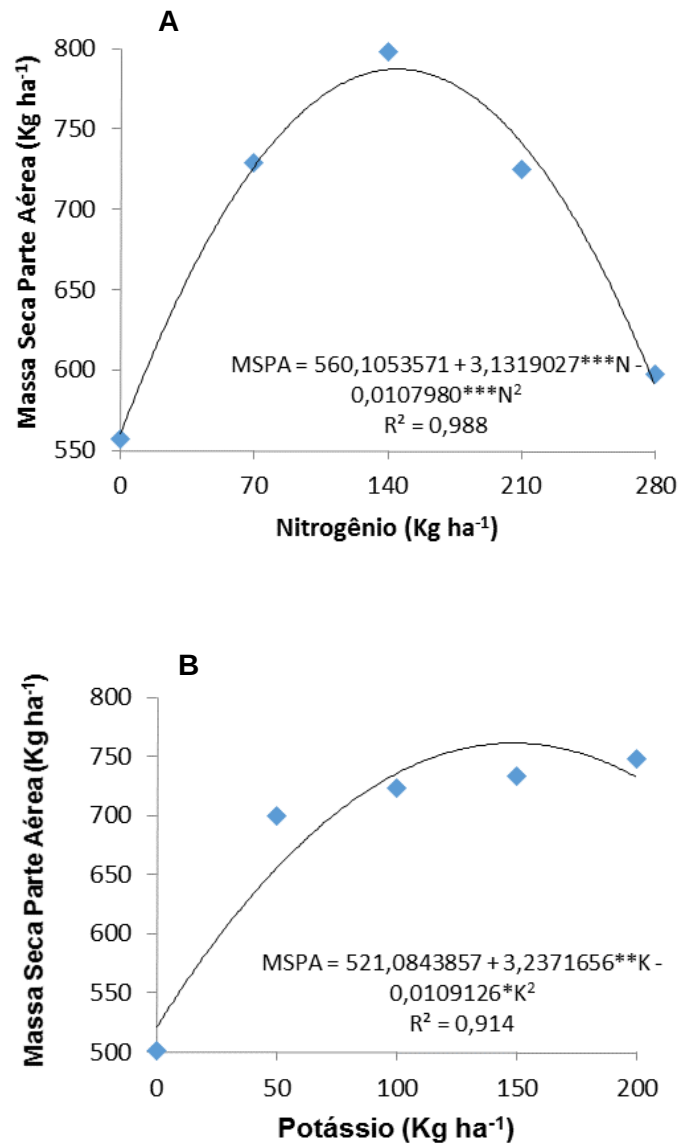


Figura 31. Massa seca parte aérea em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

***, ** e * Significativo a 0,1, 1 e 5% respectivamente.

Para o segundo ano agrícola houve efeito isolado para o nitrogênio, ajustando-se ao modelo linear de regressão e incrementando em 31,7% a massa seca da parte aérea (Figura 32).

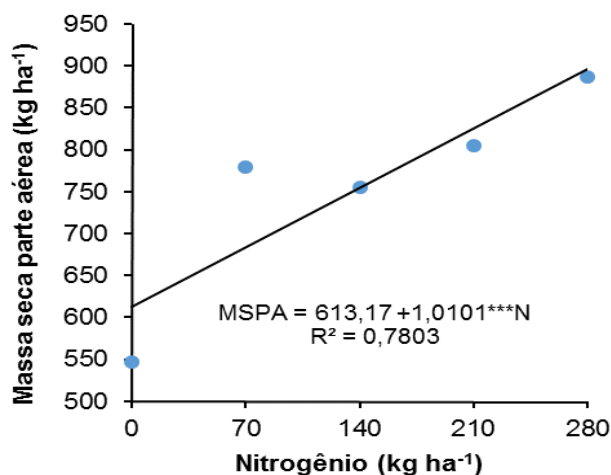


Figura 32. Massa seca parte aérea em função das doses de nitrogênio no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

*** Significativo a 0,1%.

Para massa seca de espigas e massa seca da parte aérea, pode-se observar que as plantas responderam de forma similar aos tratamentos aplicados nos dois anos de condução do experimento, verificando que há uma relação no aproveitamento de nutrientes nessas plantas. O nitrogênio por sua vez apresentou efeito isolado no segundo ano, pois a resposta de uma cultura ao potássio depende, muitas das vezes, do nível em que se encontra a nutrição nitrogenada da mesma, assim com efeito linear o nitrogênio não foi o suficiente para que as plantas pudessem responder à adubação potássica.

Segundo Viana e Kiehl (2010), o efeito isolado dos nutrientes pode ser devido ao suprimento de potássio ter sido em dose única, não tendo quantidades suficientes em solução na incorporação do nitrogênio no tecido da planta. Assim houve um desequilíbrio entre as doses de nitrogênio e potássio, ocasionando o efeito isolado dos mesmos.

Otto et al. (2010) relataram em seu trabalho com manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), que as maiores produtividades encontradas foram na adubação parcelada do potássio, produzindo cerca de 162,4 t ha⁻¹ enquanto na adubação em dose única foi de 161,0 t ha⁻¹, nas doses de 130 e 150 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. Esses mesmos autores ainda relatam que a adubação potássica de uma única vez no sulco de plantio pode ter

favorecido a lixiviação do potássio, uma vez que no início do ciclo de desenvolvimento das plantas o sistema radicular é pouco desenvolvido.

Rodrigues et al. (2008), ao avaliarem a combinação de doses de nitrogênio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹) e potássio (0, 100 e 200 kg ha⁻¹) na produção de massa seca de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, observaram que a massa seca da parte aérea das plantas foram influenciadas isoladamente, onde as máximas produções foram observadas no segundo corte das gramíneas obtidas com as doses de nitrogênio e potássio de 180 e 61 mg dm⁻³, respectivamente.

4.11 Peso de Mil Grãos

Para o peso de mil grãos, no primeiro ano agrícola, houve efeito apenas para o potássio, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão, em que a dose que proporcionou maior peso de mil grãos (28,76 g) foi 119 kg ha⁻¹ (Figura 33).

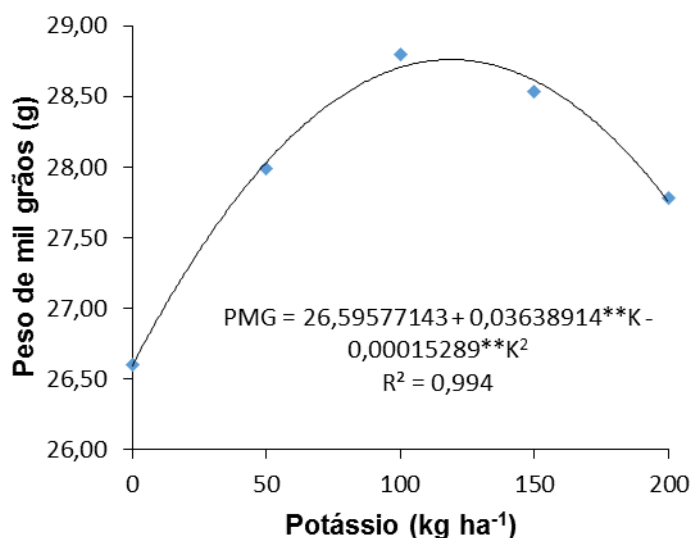


Figura 33. Peso de mil grãos em função das doses de potássio no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

** Significativo a 1%.

O solo utilizado no experimento, era um solo de primeiro cultivo, como já relatado anteriormente, em que apresentava grande reserva de matéria orgânica,

aumentando a disponibilidade de nitrogênio para as plantas, assim os efeitos das doses aplicadas não conseguiram foram satisfatórios para o peso de mil grãos no primeiro ano de cultivo.

Os resultados do primeiro ano agrícola de cultivo do trigo, são semelhantes com os realizados por Pöttker et al. (1984), que avaliando o efeito de doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 Kg ha⁻¹) durante o crescimento do trigo, relatam que essas doses não influenciaram o peso de mil sementes. Segundo Brar et al. (2012), a aplicação de potássio aumentou significativamente o peso de mil grãos durante cinco anos do estudo. O peso de mil grãos aumentou 15,% com a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de potássio sobre o tratamento de controle, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

O segundo ano agrícola apresentou efeito isolado para o nitrogênio e potássio, em que apenas as doses de nitrogênio influenciaram, porém de forma negativa, reduzindo peso de mil grãos em 7,1% (Figura 34A), e para doses de potássio influenciaram de forma positiva 6,17% no incremento do peso de mil grãos (Figura 34B).

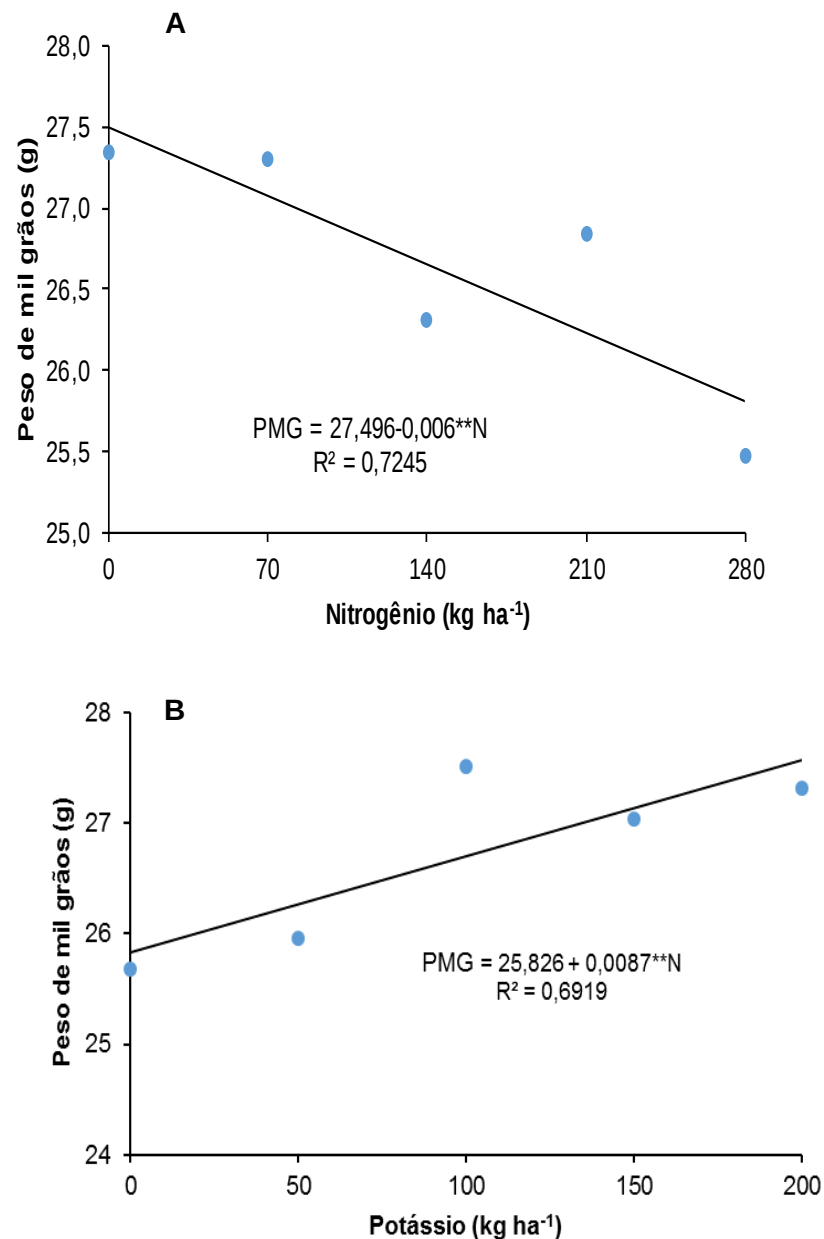


Figura 34. Peso de mil grãos em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B) no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

** Significativo a 1%.

A diminuição do peso de mil grãos decorrente ao aumento da adubação nitrogenada, pode ser atribuída ao aumento no número de grãos por espiga, aumentando a competição por nutrientes e fotoassimilados dentro da espiga e, como consequência, reduzindo a massa dos grãos (COELHO et al., 1998).

A massa de mil grãos é um parâmetro importante na produção e comercialização dos grãos de trigo, pois a partir de um mesmo número de óvulos

fecundados, há maior produtividade apenas com o aumento das reservas acumuladas nos grãos (SILVA et al., 2006).

4.12. Produtividade

O nitrogênio e potássio influenciaram de forma isolada a produtividade do trigo no primeiro ano agrícola, ajustando-se aos modelos quadráticos de regressão (Figura 35 A e B), onde as doses 119,14 e 138,8 kg ha⁻¹, proporcionaram as maiores produções de grãos de trigo (589,39 e 603,93 t ha⁻¹).

Os dados de Teixeira Filho et al. (2008), que trabalharam com trigo irrigado, assemelham-se ao encontrado no primeiro ano, onde houve efeito significativo na adubação nitrogenada influenciando a produtividade de grãos, em 2006 e 2007, e se ajustando-se às funções quadráticas, com a máxima produtividade alcançada, respectivamente, com as estimativas de 122 e 121 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

O aumento das doses de potássio observados no primeiro ano aumentou significativamente a produtividade do trigo, mas o excesso causou uma diminuição da produção de grãos. Karlen et al. (1987) relataram em seu trabalho com milho, que o excesso acumulado de potássio nas plantas resultou em diminuição da produtividade, interferindo também na absorção de nitrogênio.

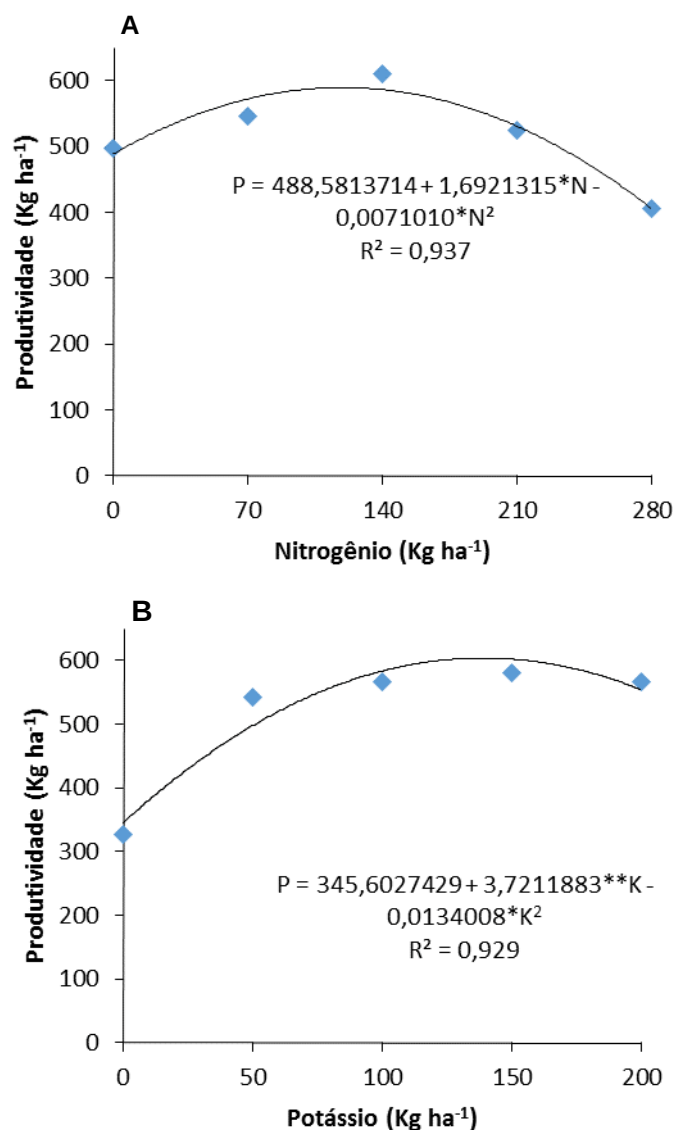


Figura 35. Produtividade em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

** e * Significativo a 1 e 5%.

Para Melero et al. (2013), independentemente dos resíduos das coberturas vegetais, a produtividade de grãos de trigo respondeu, de maneira quadrática, ao aumento da dose de nitrogênio aplicada em cobertura, em ambos os anos. Relatando ainda que a estimativa das doses de nitrogênio foi de 113 kg ha⁻¹ e 98 kg ha⁻¹, refletindo em produtividades de 3.654 kg ha⁻¹ e 4.059 kg ha⁻¹ de grãos, para 2010 e 2011, respectivamente.

Espindula et al. (2010) e Nunes et al. (2011), afirmam que o fornecimento crescente de nitrogênio aplicado em cobertura influenciou na produtividade de grãos

de trigo de maneira quadrática, sendo a estimativa das doses obtidas pelos autores entre 82 kg ha⁻¹ e 126 kg ha⁻¹.

Para a produtividade obtida no segundo ano de condução do experimento, houve efeito isolado para as doses de potássio, ajustando-se ao modelo linear crescente de regressão, com incremento de 25,4% (Figura 36) na produtividade dos grãos de trigo.

No segundo ano agrícola o efeito linear positivo para a produtividade assemelha-se aos dados encontrados por Fixen et al. (1986), que em estudos com a cultura do trigo cultivar primavera, avaliaram as respostas à adubação potássica em solo com baixo teor desse nutriente, com menos de 34 kg ha⁻¹ na camada de 60 cm em que observaram que a adubação potássica incrementou em 70% a produtividade.

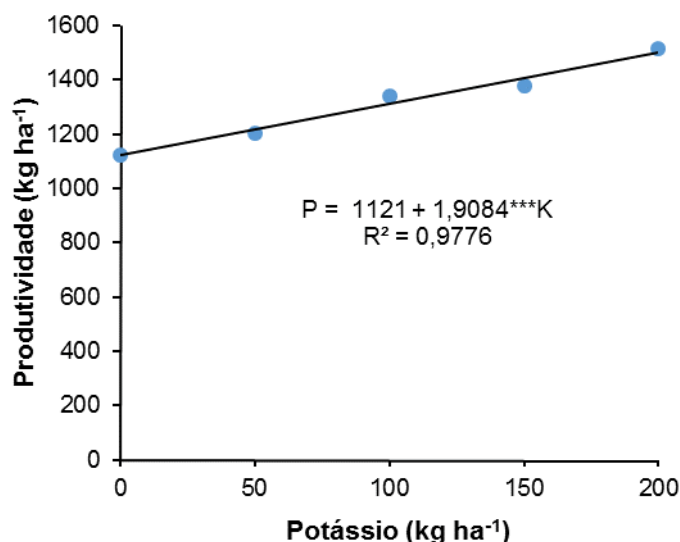


Figura 36. Produtividade (kg ha⁻¹) em função das doses de potássio, no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

*** Significativo a 0,1.

4.13 Número de Queda (NQ)

Quanto à atividade da enzima alfa-amilase nas amostras de trigo, verificou-se que houve efeito isolado para o potássio para o primeiro ano agrícola, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão, apresentando maior atividade da enzima alfa-amilase na dose 126,76 kg ha⁻¹ com o número de queda equivalente a 367,11 segundos (Figura 37).

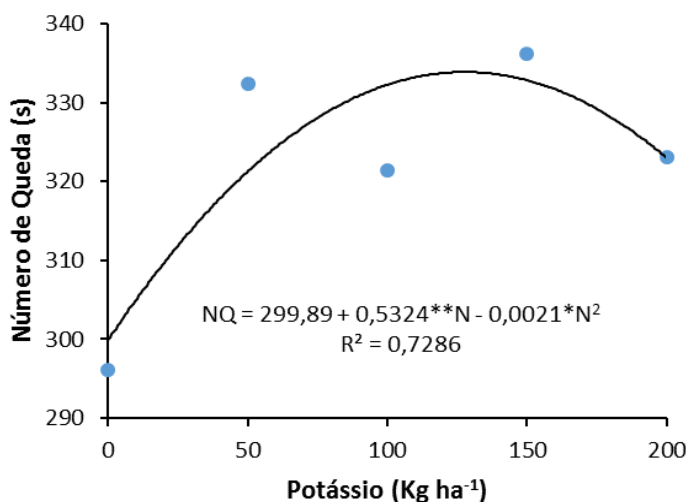


Figura 37. Número de queda em função das doses de potássio, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

** e * Significativo a 1 e 5%.

Os dados observados para o efeito isolado do potássio para variável número de queda, segue o que vem acontecendo com as variáveis anteriores, em que o potássio tem influenciado mais no rendimento dos grãos de trigo no primeiro ano de cultivo.

Segundo o regulamento técnico do trigo por meio da Instrução Normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010 do MAPA, os valores encontrados no presente estudo para o número de queda classificam o trigo como tipo melhorador, mas, para enquadrá-lo nesta classe comercial são necessárias outras informações reológicas como a força de glúten e estabilidade.

Valores de atividades podem designar o destino da farinha na panificação, onde inferiores a 150 segundos resultam em pães pesados, com baixo volume, miolo úmido e pegajoso, atividade entre 200 e 300 segundos resultam em pães com bom volume, e miolo de boa textura, já atividades superiores a 300 segundos resultam em pães com volume reduzido e miolo seco (AUGUSTINHA, 2013).

Os resultados observados por Boschini et al. (2011) que, ao avaliarem a interação de nitrogênio com lâminas de água, em plantas de trigo, não encontraram efeito para as doses de nitrogênio aplicadas no número de queda, corroborando com os dados encontrados no presente estudo.

4.14 Peso do hectolitro

Para o peso do hectolitro (Ph) houve efeito isolado para o nitrogênio, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão, observando que o maior peso hectolitro ($95,06 \text{ kg hL}^{-1}$) foi encontrado na dose de $131,43 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 38). Segundo Mirando et al. (2009) o peso do hectolitro é influenciado por diversos fatores, como a uniformidade, sua forma, densidade, tamanho do grão, pelo teor de matérias estranhas e grãos quebrados na amostra a ser avaliada.

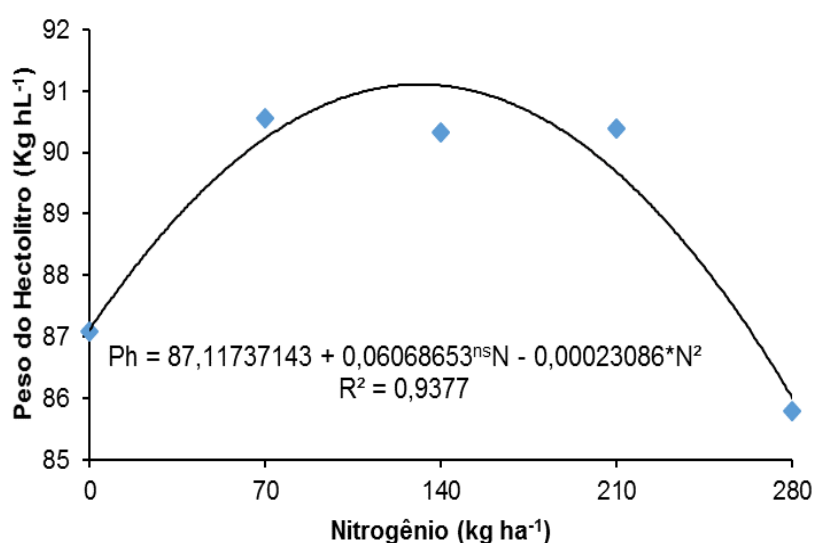


Figura 38. Peso hectolitro em função das doses de nitrogênio, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

* Significativo a 5%. ns – não significativo.

O MAPA (2010), por meio da Instrução Normativa nº 38/2010 estabelece o padrão oficial de classificação para o trigo, onde um dos requisitos para definir qualidade do trigo é o valor do peso do hectolitro.

O grão de trigo pode ser classificado em três tipos, tipo 1 com no mínimo 78 kg hL^{-1} , tipo 2 com no mínimo 75 kg hL^{-1} e tipo 3 com no mínimo 72 kg hL^{-1} e fora de tipo abaixo de 72 kg hL^{-1} , para o peso do hectolitro (MAPA, 2010). Sendo assim, para os valores de peso do hectolitro alcançados em todas as doses utilizadas neste estudo, se enquadraram como grãos do tipo 1.

Trindade et al. (2006), avaliando os efeitos do manejo da irrigação e de doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) na produtividade de duas cultivares de trigo (EMBRAPA 22 e EMBRAPA 42) e seus componentes, observaram valores de massa hectolétrica decrescentes, com incremento dose de nitrogênio. Frizzone et al. (1996) com objetivo semelhante ao de Trindade et al. (2006), trabalhando com as doses de nitrogênio de 0, 40, 80, 160 e 320 kg ha⁻¹ com a cultivar BR-10 Formosa, também observaram redução na massa hectolétrica com o aumento da adubação nitrogenada.

Segundo Benett et al. (2011) esses resultados possivelmente podem ser explicados pela obtenção do aumento na massa de grãos por espiga e quando esses grãos foram colocados no recipiente para avaliação da massa hectolétrica ocorreu sobra de maiores espaços entre os grãos, resultando em menor massa hectolétrica.

Os resultados observados no presente estudo assemelham-se também aos de Teixeira Filho et al. (2007), que ao avaliar os efeitos de doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) na produtividade de quatro genótipos de trigo na região do Cerrado (IAC 364, IAC 370, IAC 373 e IAC 24), relatam que com o aumento das concentrações de nitrogênio encontrados nas folhas, houve um decréscimo no valor da massa hectolétrica, onde os valores encontrados neste estudo, foram acima do valor tido como padrão para classificação como trigo do tipo 1, que é de 78 kg L⁻¹. (MAPA, 2010).

4.15 Concentração e acúmulo de nitrogênio nas folhas

A concentração de nitrogênio nas folhas diagnósticas (+1 e +2) de trigo, no primeiro ano de cultivo apresentou efeito isolado para o potássio, ajustando-se ao modelo linear de regressão (Figura 39).

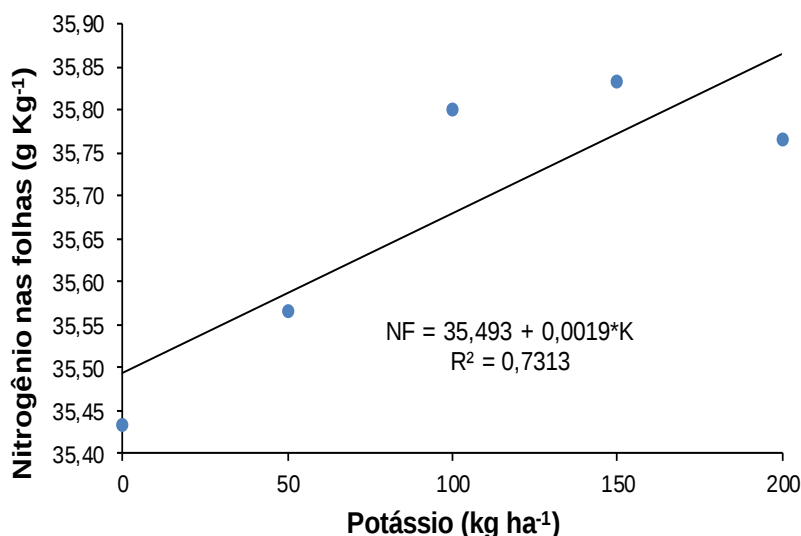


Figura 39. Concentração de nitrogênio nas folhas de trigo em função das doses de potássio, na segunda avaliação, no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

* Significativo a 5%.

Esses resultados mostraram que neste componente da parte aérea a concentração de nitrogênio pode ser ainda maior se forem empregadas doses maiores de potássio. Carvalho (2014) trabalhando com doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm⁻³) e potássio (0, 90, 180, 270, 360 mg dm⁻³) em plantas de trigo também em Latossolo Vermelho da mesma região, observou efeito isolado linear da adubação potássica na concentração de nitrogênio, sendo que os máximos valores de ambas as variáveis atingiram um incremento de 11,82%.

O potássio possui alta mobilidade no interior da planta, assim o mesmo auxilia no transporte e na absorção do nitrogênio. Troeh e Thompson (2007), afirmam que o potássio é importante para a fotossíntese, e para a formação e transporte de carboidratos e proteínas na planta. Onde a assimilação de nitrogênio na planta é dependente da atividade fotossintética, que por sua vez é dependendo do potássio, que auxilia na realização dos processos fotossintéticos realizados pela planta, assim a influência observada no presente estudo era esperada.

No segundo ano de condução do experimento, as concentrações de nitrogênio nas folhas de trigo foram significativas nas duas avaliações (37 e 52 DAE), ambas com efeito isolado para o nitrogênio, ajustando-se aos modelos quadrático e linear de regressão, respectivamente (Figura 40A e B).

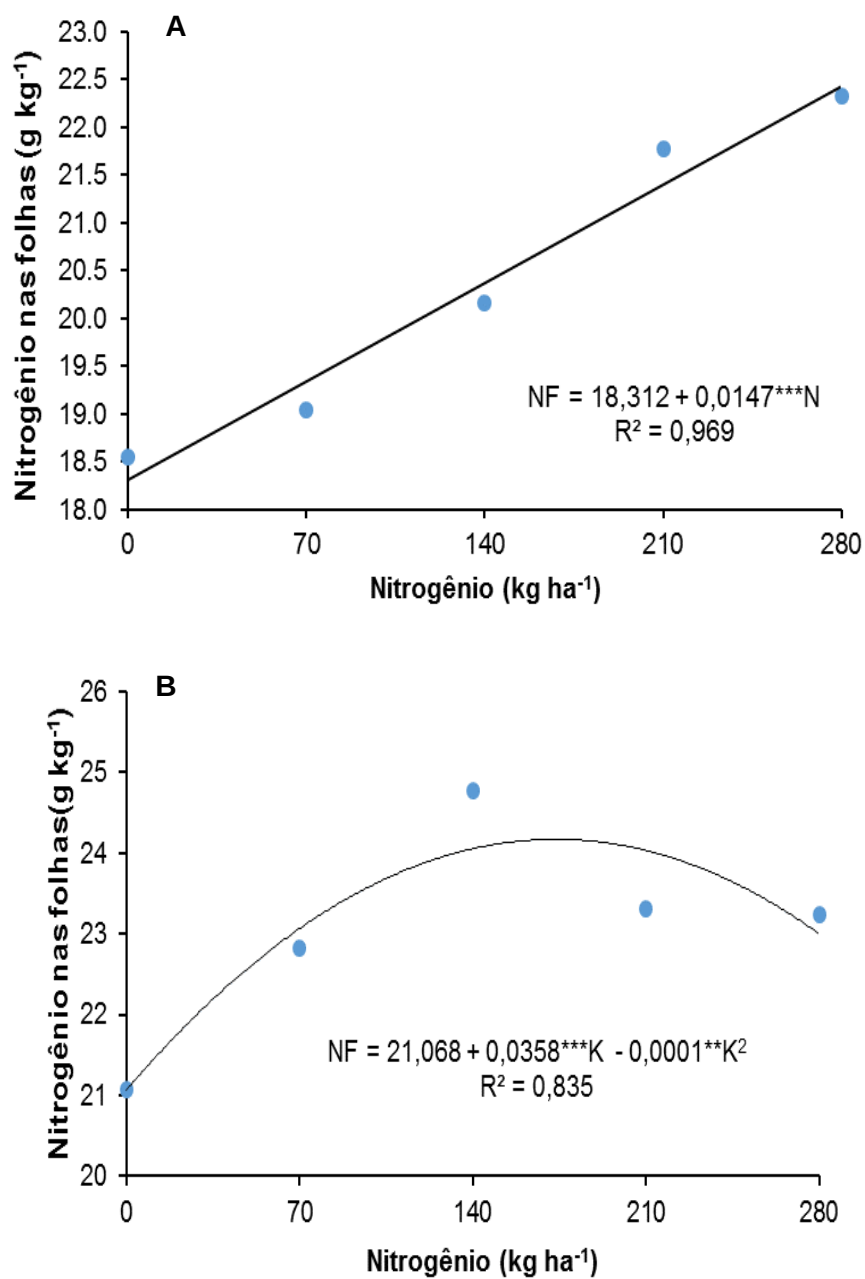


Figura 40. Concentração de nitrogênio nas folhas de trigo em função das doses de nitrogênio, na primeira (A) e segunda (B) avaliações, no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2015.

***, ** Significativo a 0,1 e 1%

Os resultados observados para o segundo ano agrícola para o nitrogênio foram mais evidentes, onde as plantas responderam a adubação de maneira significativa em relação ao primeiro ano. O nitrogênio não ter apresentado efeito para o primeiro ano agrícola pode estar relacionado ao solo ter sido recém incorporado ao sistema de produção, e apresentar reserva de nitrogênio da matéria orgânica, suprimindo o requerimento das plantas.

Nesse contexto, pode-se ressaltar que os fatores que podem influenciar o potencial de resposta de uma cultura ao nitrogênio, são: o suprimento de outros nutrientes, profundidade do perfil do solo com presença efetiva de raízes, tempo de cultivo, sistema de preparo de solo e o teor de matéria orgânica do solo (SOUSA e LOBATO, 2004).

4.16. Concentração e acúmulo de nitrogênio nos grãos

As concentrações de nitrogênio nos grãos apresentaram efeito apenas no primeiro ano de cultivo, isoladamente para o nitrogênio, onde o mesmo ajustou-se ao modelo linear de regressão, contribuindo com 11,34% no incremento da concentração de nitrogênio nos grãos quando comparado a maior dose do intervalo experimental com a ausência da adubação nitrogenada (Figura 41).

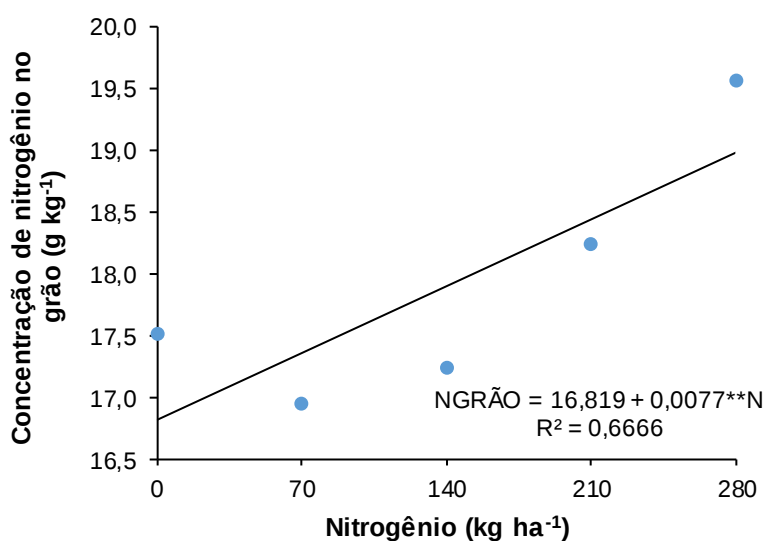


Figura 41. Concentração de nitrogênio nos grãos de trigo em função das doses de nitrogênio no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

** Significativo a 1%.

A concentração de nitrogênio está diretamente associada com a proteína bruta presente nas folhas, onde as proteínas são constituídas a partir de um conjunto de aminoácidos, e na estrutura desses aminoácidos existe o grupo amino que realiza as ligações entre eles (DAMODARAN et al., 2010).

O acúmulo de nitrogênio nos grãos apresentou efeito isolado para os dois anos de cultivo, em que o nitrogênio e o potássio ajustaram-se ao modelo linear de regressão. No primeiro ano, o nitrogênio contribuiu com incremento de 29,52% do acúmulo em relação ao tratamento com ausência de adubação (Figura 42A), já no segundo ano agrícola o incremento foi de 28,66% (Figura 43A). O potássio contribuiu com 36,13% e 46,91% (Figura 42A e 43B), respectivamente, para o primeiro e segundo ano agrícola do trigo.

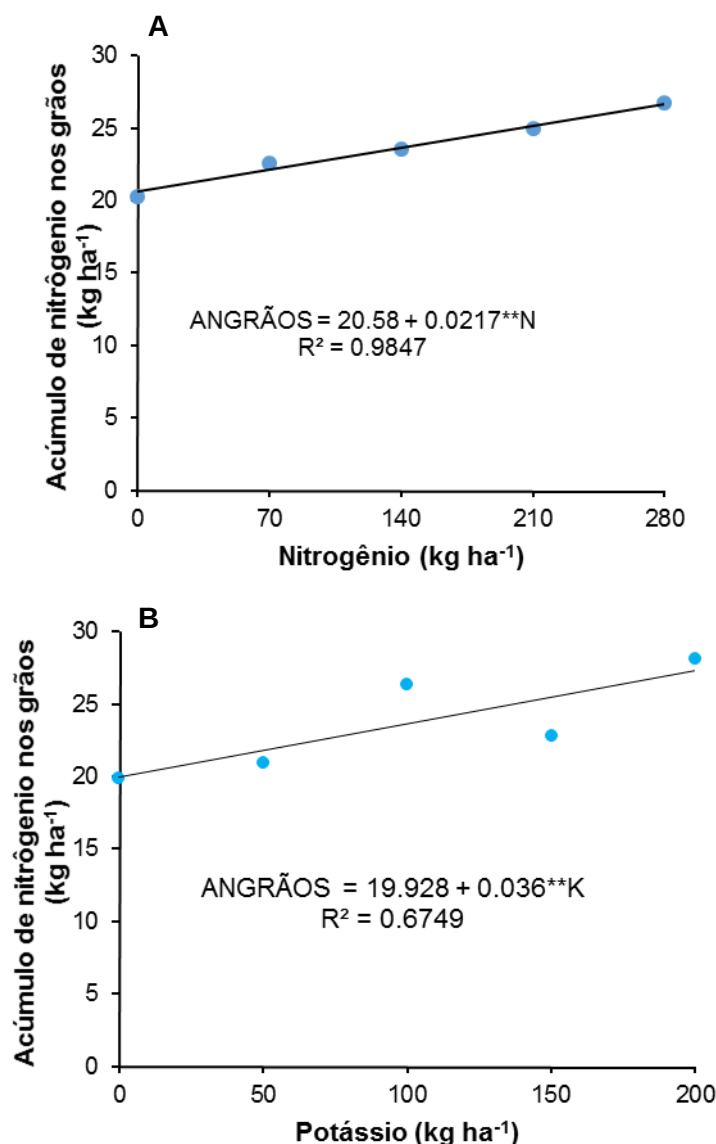


Figura 42. Acúmulo de nitrogênio nos grãos em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no primeiro ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

** Significativo a 1%.

Carvalho (2014) trabalhando com desenvolvimento, produção e nutrição de trigo adubado com nitrogênio e potássio em condições controladas, relatou que a concentração de nitrogênio variou de 27,70 a 35,52 (g kg⁻¹) com o suprimento das doses de nitrogênio. Descrevendo que este aumento se deve à maior absorção pela planta, devido a maior disponibilidade desse nutriente no solo, favorecendo, assim, na translocação do nitrogênio para os grãos, em que o máximo teor de proteína bruta nos grãos de trigo, assim como a máxima concentração de nitrogênio nos grãos, foi observado na dose de nitrogênio de 286,35 mg dm⁻³, com um aumento de 22,02%

Anicésio et al. (2015) estudando a interação entre cinco doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 e 240 mg dm⁻³) e cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³), com o Latossolo Vermelho do Cerrado, verificaram que o nitrogênio e o potássio influenciaram a concentração e o acúmulo de nitrogênio em capítulos de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.).

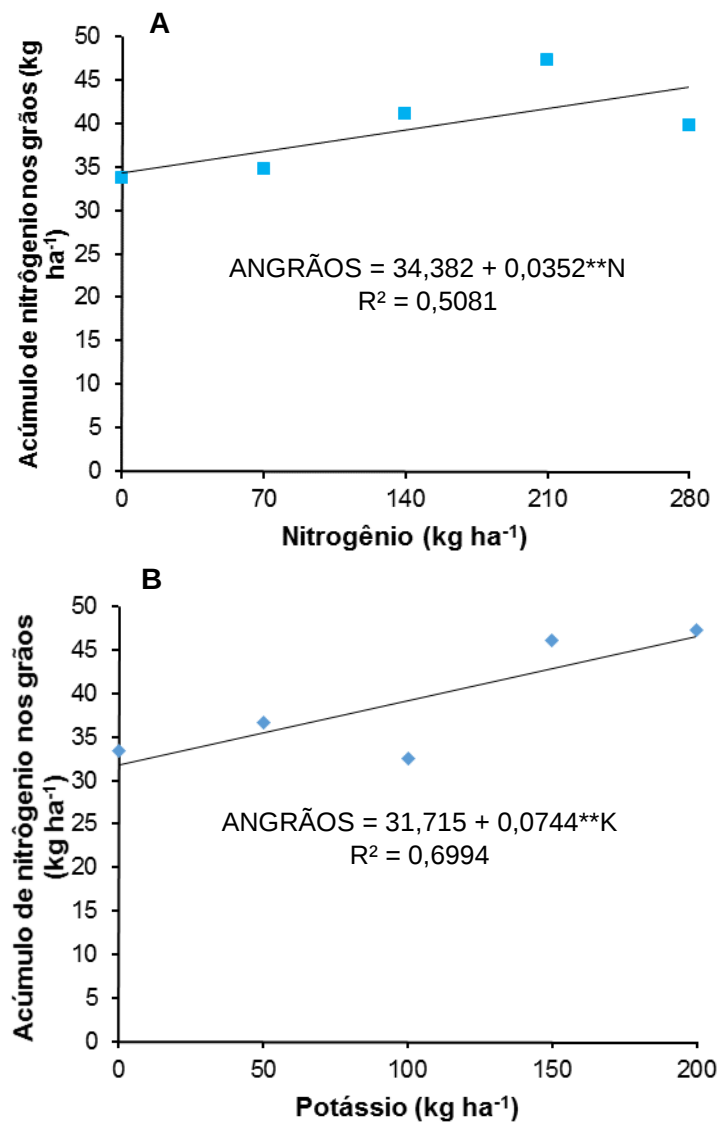


Figura 43. Acúmulo de nitrogênio nos grãos em função das doses de nitrogênio (A) e potássio (B), no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, MT, 2014.

** Significativo a 1%.

4.17. Proteína bruta nos grãos

A proteína bruta apresentada nos grãos de trigo apresentou diferença significativa apenas em 2014, com efeito isolado para o nitrogênio, ajustando-se ao modelo linear de regressão, sendo incrementada com 12,78% (Figura 44).

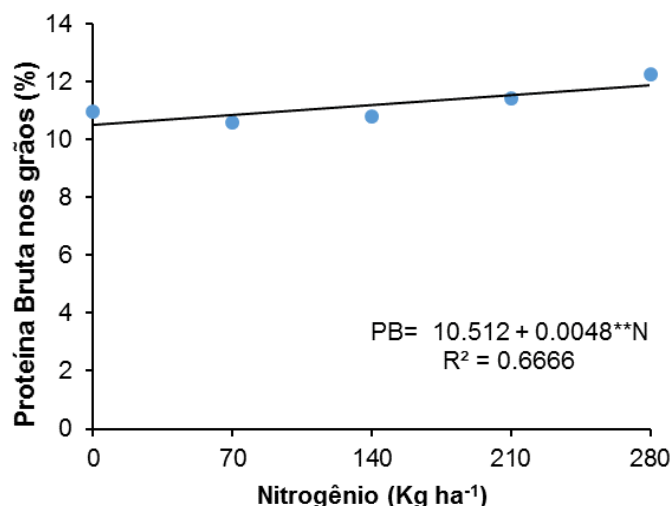


Figura 44. Proteína bruta nos grãos de trigo em função das doses de nitrogênio no segundo ano de cultivo no Cerrado Mato-Grossense. Rondonópolis, 2014.

** Significativo a 1%.

Desempenhando papel importante no teor proteico dos grãos, o nitrogênio é fundamental na determinação da qualidade do produto produzido pelos grãos de trigo, pois o trigo é o principal cereal cujas as proteínas de armazenamento têm a propriedade de formar malha de glúten com as propriedades únicas de elasticidade e força para produzir pães com massa fermentada (CRUZ e KOBLIZ, 2011).

O nitrogênio é um constituinte fundamental das proteínas e por participar de funções metabólicas, se torna essencial para as plantas, onde está diretamente conexas com a proteína bruta nas folhas de trigo, visto que as proteínas são constituídas a partir de um conjunto de aminoácidos, e na estrutura desses aminoácidos existe o grupo amino que realiza as ligações entre eles (DAMODARAN et al., 2010).

Os resultados do presente estudo, também foram observados por Boschini et al. (2011), que ao trabalharem com interação entre diferentes lâminas de água e

doses de nitrogênio (20, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) em plantas de trigo, observaram efeito isolado de nitrogênio para o teor de proteína bruta a ajuste quadrático. Onde relatam ainda que o comportamento se deu devido ao nitrogênio ser um elemento fundamental na constituição das proteínas.

Pinnow et al. (2013) e Stefen et al. (2014), avaliando os efeitos da aplicação de nitrogênio em cobertura, associado ao emprego de redutores de crescimento, observaram aumento da proteína bruta nos grãos de trigo em função da adubação nitrogenada, assim, em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio, as plantas diminuiram a síntese de proteínas nos grãos, gerando grãos com baixa concentração proteica.

4.18. Potássio nos grãos

Para os dois anos agrícolas do trigo, a concentração de potássio nos grãos de trigo não apresentou efeito para os tratamentos aplicados, sendo a média obtida para esses anos de 6,93 e 6,63 g kg⁻¹, respectivamente.

Carvalho (2014) trabalhando com desenvolvimento, produção e nutrição de trigo adubado com nitrogênio e potássio em condições controladas, também não verificaram interação significativa entre esses nutrientes, porém foi observado efeito isolado para o nitrogênio no acúmulo de potássio dos grãos, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão

Dados observados por Niu et al. (2013), em estudos com trigo de inverno em função da resposta à adubação potássica em Luvisolos na planície norte da China com três níveis de adubação potássica e dois níveis de práticas de produção: convencional e alto rendimento, também divergem dos encontrados no presente estudo, onde verificaram que as elevações das doses de potássio aumentaram significativamente a concentração desse nutriente nos grãos.

CONCLUSÕES

Não houve interação das combinações de doses de nitrogênio e potássio no cultivo de trigo irrigado (cv. BRS 254) em Latossolo Vermelho, no Cerrado Mato-grossense, entretanto houve efeito isolado para ambos os nutrientes.

A aplicação de nitrogênio e potássio influenciaram as características fitométricas, produtivas e nutricionais das plantas de trigo no primeiro e no segundo ano de cultivo, na faixa de doses de nitrogênio de 131,43 à 198,68 kg ha⁻¹ e na faixa de doses de potássio de 83,83 à 179 kg ha⁻¹.

Para os dois anos de cultivo agrícola o potássio isoladamente proporcionou maiores ganho no rendimento dos grãos e melhor qualidade industrial de trigo irrigado cultivado no Cerrado Mato-grossense.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods**. 10. ed. Saint Paul, 2000. 1 CD-ROM.

ABRÃO, J. R.; KORNDORFER, G. H. **Efeito residual e acumulativo da adubação potássica na sucessão trigo-soja, em Oxissolo do Planalto Riograndense**. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 11, 1980, Porto Alegre. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1980. p. 158-173.

ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. S.; ANDRADE, J. M. V.; SCHEEREN, P. L.; SOBRINHO, J. S.; CANOVAS, A.; SOUSA, C. N.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; TRINDADE, M. G.; SOUSA, M. A.; FRONZA, V.; BRAZ, A. J. B. P.; YAMANAKA, C. H. **Trigo BRS 254 - Trigo melhorador: cultivar com alta qualidade industrial para a região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, 19 p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J.D.; CRUSCIOL, C.A. C.; SOUZA, E.C.A.; BULL, L.T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 145-150, 2001.

ANICÉSIO, E. C. A., BONFIM-SILVA, E. M., SILVA, T. J. A., KOETZ, M. Dry mass, nutrient concentration and accumulation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) influenced by nitrogen and potassium fertilizations. **Australian Journal of Crop Science**. v. 9, n. 6, p. 552-560, 2015.

AUDE, M. I. S.; MARCHEZAN, E.; MAIRESSE, L. A. S.; BISOGNIN, D. A.; CIMA, R. J.; ZANINI, W. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grão do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.10, p.1533-1539, 1994.

AUGUSTINHA, P. L. **Análises laboratoriais para o controle de qualidade da farinha de trigo e garantia da qualidade na produção de alimentos**. 2013. 38 f. (Monografia). Graduação em tecnologia e biotecnologia. Universidade Federal do Paraná, Palotina, PR, 2013.

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

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p

BRAR, M.S.; BIJAY-SINGH.; BANSAL, S.K.; SRINIVASARAO, C.H. Role of potassium nutrition in nitrogen use efficiency in cereals. **e-ifc** No. 29, December 2011.

BRAR, M.S.; SHARMA, P.; SINGH, A.; SAANDHU, S.S. Nitrogen use efficiency (nue), growth, yield parameters and yield of maize (*Zea mays* L.) as Affected by K application. **e-ifc**, n.30, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010. **Regulamento Técnico do Trigo**, 2010.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 317-323, 2001.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G. C.; FREITAS, J. G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; MEIRA, F. A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1731-1737, dez. 2006.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470, 2007.

CARVALHO, J. M. G. **Desenvolvimento, produção e nutrição de trigo adubado com nitrogênio e potássio**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Campus Universitário de Rondonópolis. Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis.

CARVALHO, M.M.; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R.S. Respostas de uma espécie de brachiaria à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 195-200, 1991.

COELHO, M. A. O., SOUZA, M. A., SEDIYAMA, T., RIBEIRO A. C., SEDIYAMA, C. S. Resposta da produtividade de grãos e outras características agrônômicas do trigo EMBRAPA-22 irrigado ao nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 22, p. 555-561, 1998.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos: Safra 2014/15**. Décimo Segundo Levantamento, Brasília, v.2, n.12, p. 1-125. set. 2015.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; CARVALHO, J. E. B. DE; SOUZA FILHO, L. F.S.; QUEIROZ, D. C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro "Golden". **Ciência Rural**, v.37, p.64-71, 2007.

CRUZ, R. S.; KOBLITZ, M. G. B. **Grãos, cereais e leguminosas**. In: KOBLITZ, M. G. B. (Ed.) **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 44-120, 2011.

DA ROS, C. O.; SALET, R. L.; PORN, R. P.; MACHADO, J. N. C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**. Santa Maria, v33 p.799-804, 2003.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre, Artmed, 2010. 900p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. BRS 254 – Trigo melhorador: cultivar com alta qualidade industrial para a região do Cerrado. Brasília: Embrapa Cerrados, **Documentos**, **228**, 2008. 18p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p. 212, 1997.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O melhoramento e os trigos da Embrapa em cultivo no Brasil**. Passo Fundo. 96p. 2001.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília, 2013. 353p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Colhedoras para trigo: mecanismos, regulação, perdas**. Passo Fundo. 52p. 1998.

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para macieira**. Lages: Graphel, 2003. 76p.

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

FIXEN, P.E.; BUCHENAU, G.W.; GELDERMAN, R.H.; SCHUMACHER, T.E.; GERWING, J.R.; CHOLICK, F.A. Influence of soil and applied chloride on several wheat parameters. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 736-740, 1986.

FREITAS, J.G.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; CASTRO, J.L. Eficiência e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 229-234, 1995.

FRIZZONE, J. A.; MELLO JÚNIOR, A. V.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.425-434, 1996.

GROSS, A. **Abonos: guía práctico de la fertilización**. 4.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1976. 447 p.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; TRINDADE M. G.; SOARES. B. B.; MOREIRA J. A. A.; CÁNOVAS A. D. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, p.352-356, 2006.

IPI. INSTITUTO INTERNACIONAL DO POTÁSSIO. **Potássio um Nutriente Essencial para a Vida**, 2013. Disponível em: <<http://www.ipipotash.org/udocs/397potassio-um-nutriente-essencial-para-avida.pdf>> Acessado em: 04 nov. 2015.

KANO, C. **Extrações de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com adição de potássio e CO₂ na água de irrigação**, 2002. 102f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2002.

KARLEN, D.E.; SADLER, E.J.; CAMP, C.R. Dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium accumulation rates by corn on Norfolk loamy sandy. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 649-656, 1987.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1068-1075, 2003.

LIMA, U. A. **Matérias-primas dos alimentos**. São Paulo: Blucher, 2010. 402 p.

LITTELL, R.C. & MOTT, G.O. Computer assisted design and analysis of response surface experiments in agronomy. **Soil and Crop Society of Florida Proceeding**, Ona v. 34. p. 94-97, 1975.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Piracicaba: Instituto da Possata & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1977. 21 p. (Boletim Técnico, 1).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARCHETTI, M.E.; CARAMORI, T.B.A.; CAMPOS, A.M.B. Resposta de duas espécies de trigo ao nitrogênio e ao fósforo em solução nutritiva. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 925-933, 2001.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego, Academic Press, 1995. 889p.

MATSUNAKA, T.; WATANABE, Y.; MIYAWAKIA, T.; ICHIKAWA, N. Prediction of grain protein content in winter wheat through leaf color measurements using a chlorophyll meter. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 43, n.1, p.127-134, 1997.

MATTE, W. D., ROQUE, M. W., RAMOS, F. T., ROCHA, I. B. SILVA, A. R. B., PARO H. Avaliação dos componentes de produção e da produtividade de cultivares de trigo irrigado em Nova Mutum – MT. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 402-511. 2013.

MELERO, M. M., CASTILHO G., D., ARF, O., RODRIGUES, R. A. F. Coberturas vegetais e doses de nitrogênio em trigo sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 343-353, 2013.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Minolta, Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22 p.

MONTECELLI A.; DENGLER R. U.; LOMBARDI J. (org.). Informações técnicas para trigo e triticales – safra 2014. In: VII Reunião Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales. Londrina, PR: Fundação Meridional, 2014, 168p.

MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 1999. 228p.

NIU, J.; WEIFENG, Z.; RU, S.; CHEN, X.; XIAO, K.; ZHANG, X.; ASSARAF, M.; IMAS, P.; MAGEN, H.; ZHANG, F. Effects of potassium fertilization on winter wheat under different production practices in the North China Plain. **Field Crops Research** v. 140, p. 69-76, 2013.

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F.; MERCANTE, F. M. Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 432-438, 2011.

PIETRO-SOUZA, W.; BONFIM-SILVA, E.M.; SCHLICHTING, A, F.; SILVA, M.C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.575–580, 2013.

PINNOW, C.; BENIN, G.; VIOLA, R.; SILVA, C. L.; GUTKOSKI, L. C.; CASSOL, L. C. Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p.20-28, 2013.

PÖTTKER, D.; FABRÍCIO, A.C.; NAKAYAMA, L.H.I. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio para a cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 1197-1201, 1984.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 501-507, 1998. Número especial.

PRANDO, A. M., ZUCARELI, C., FRONZA, V., OLIVEIRA, F. Á., OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, nº. 1, p. 34-41, 2013.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343 p

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; AMÁBILE, R. F.; FERRAZ, D. M. M.; CARVALHO, A. M. de; CARVALHO, J. G.; ALBRECHT, J. C.; SÓ E SILVA, M.; GUERRA, A. F. **Efeito da fertirrigação nitrogenada no rendimento de grãos de genótipos de trigo, no cerrado**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 17 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 50). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp50.htm>.

RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.394-400, 2008

ROSOLEM, C.A. Interação de potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 2005. p. 239-256.

ROSOLEM, C.A.; VICENTINI, J. P. T. M. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do Cerrado, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:1507-1515 , 2012.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da aveia-preta cultivar comum. **Científica**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.116 - 122, 2008.

SANTOS, A. B.; SILVA, O. F. Manejo do nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Eds.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.207-230.

SAS INSTITUTE. **SAS**. User's guide: statistics. 9th ed. Cary, 2002. 943p

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

SILVA, A. D.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. DE; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.75-88, 2006.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 129-145.

SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMMER, M.E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 38-53.

STEFEN, D. L. V.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; TORMEN, M. E.; ZANESCO, P. R.; CASA, R. T.; SANGOI, L.; NUNES, F. R. Adubação nitrogenada associada ao emprego de reguladores de crescimento em trigo cv. Mirante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.13, n.1, p.30-39, 2014.

STROMBERGER, J.A.; TSAI, C.Y.; HUBER, D.M. Interactions of potassium with nitrogen and their influence on growth and yield potential in maize. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 17, n. 1, p. 19-37, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no Cerrado**. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção - Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2008, 98 p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.8, p.797-804, 2010.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R.C.F.; FREITAS, J.G.; ARF, O.; SÁ, M.E. Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p.421-425, 2007.

TRINDADE, M.G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A.B.; CÁNOVAS, A.D.; MOREIRA, J.A.A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.24–29, 2006.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. Ed: Andrei, São Paulo, SP. ed. 6, 718p. 2007.

VIANA, E. M. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p 975-982, 2010.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G., SILVA, J. E. **Adubação potássica**. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.169-182.

WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Recommendation of potassium fertilization for no-till wheat, corn and soybean in Paraguay. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1929-1939, 2008.

WILKSON, S. R.; GRUNES, D. L.; SUMNER, M. E. **Nutrient interaction in soil and plant nutrition**. In: SUMMER, M. E., ed. Handbook of soil Science. Boca Raton, CRC Press, 2000. p. 89-112.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, 2002.