

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ADUBAÇÃO POTÁSSICA E FOSFATADA NA SUCESSÃO
CÁRTAMO E SOJA

Fabiana Larissa Amaral da Costa

Engenheira Agrônoma

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Março de 2020

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das dissertações e teses disponibilizados são de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o autor e o orientador firmam o compromisso de que ele não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Fabiana Larissa Amaral da Costa

Título do trabalho: Adubação potássica e fosfatada na sucessão cártamo e soja.

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Independente da concordância com a disponibilização eletrônica, é imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 09 / 03 / 2020

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² As assinaturas devem ser originais sendo assinadas no próprio documento, imagens coladas não serão aceitas.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ADUBAÇÃO POTÁSSICA E FOSFATADA NA
SUCESSÃO CÁRTAMO E SOJA

Fabiana Larissa Amaral da Costa

Orientador: Prof. Dr. Claudio Hideo Martins da Costa
Coorientadores: Prof. Dra. Luciana Celeste Carneiro
Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Março de 2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Amaral da Costa, Fabiana Larissa

Adubação potássica e fosfatada na sucessão cártamo e soja
[manuscrito] / Fabiana Larissa Amaral da Costa. - 2020.
LII, 52 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Hideo Martins da Costa; co orientador Dr. Simério Carlos Silva Cruz; co-orientador Dr. Luciana Celeste Carneiro.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Jataí, 2020.

Bibliografia.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas.

1. Carthamus tinctorius L.. 2. Cerrado. 3. Fertilidade. 4. Glycine max (L.). 5. Adubação residual. I. Martins da Costa, Claudio Hideo, orient. II. Título.

CDU 631/635

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FABIANA LARISSA AMARAL DA COSTA – nascida em 08 de Janeiro de 1995, na cidade de Recife, estado de Pernambuco, Brasil. Filha de Urbano Fernandes da Costa e Neiva Amaral da Costa. Obteve título de Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Campus Marabá, em junho de 2017. Em 2018, iniciou o Mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Jataí, área de concentração em Produção Vegetal e linha de pesquisa em Fitotecnia, no qual desenvolveu estudos voltados a fertilidade de solos em sistemas de produção sob orientação do Professor Doutor Cláudio Hideo Martins da Costa e coorientação do Professor Doutor Simério Carlos Silva Cruz e Professora Doutora Luciana Celeste Carneiro, como bolsista da instituição CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 002/2020-PPGA da sessão de Defesa de Dissertação de FABIANA LARISSA AMARAL DA COSTA, que confere o título de Mestra em AGRONOMIA, na área de concentração em Produção Vegetal.

Ao décimo sétimo dia do mês de fevereiro de 2020, a partir das 14:00 horas, no Auditório da Pós-Graduação da Universidade Federal de Jataí-GO, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "ADUBAÇÃO POTÁSSICA E FOSFATADA NA SUCESSÃO CÁRTAMO E SOJA. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Claudio Hideo Martins da Costa (CIAGRA/UFJ) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Jayme Ferrari Neto / Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), membro titular externo; cuja participação ocorreu através de web conferência, Professor Doutor Darly Geraldo de Sena Junior (CIAGRA/UFJ), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata Aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Orientador, Professor Doutor Claudio Hideo Martins da Costa, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao décimo sétimo dia do mês de fevereiro de 2020.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por Claudio Hideo Martins Da Costa, Orientador, em 17/02/2020, às 16:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Darly Geraldo De Sena Júnior, Professor do Magistério Superior, em 17/02/2020, às 16:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Jayme Ferrari Neto, Usuário Externo, em 17/02/2020, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1164866 e o código CRC B9494090.

Referência: Processo nº 23070.003591/2020-09

SEI nº 1164866

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso!”

(John Ruskin)

Ao Deus todo poderoso;
Aos meus Pais Neiva e Urbano;
Aos meus amores Gleicy Kelly e João Fernando;
Ao meu noivo Zak Burrows,

DEDICO

A todos que me apoiaram nesta difícil jornada;
Ao meu orientador Prof. Dr. Claudio Hideo Martins da Costa,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A Deus sobre todas as coisas sou grata pelo dom vida, pelas situações que boas ou más moldaram quem sou. A Ele toda honra e glória.

Aos meus pais Urbano Fernandes e Neiva Amaral da Costa pelo amor, paciência, por transmitir os melhores valores éticos e morais, além do apoio para seguir a vida acadêmica, a isto sempre serei grata.

A minha irmã Gleicy Kelly Amaral da Costa, com todo meu amor e respeito, eis aqui o fruto do seu incentivo.

Ao meu noivo Zak Ashley Burrows, obrigada pelo companherismo na minha jornada de erros e acertos e por muitas vezes me fazer enxergar o significado da vida me tornando mais forte em momentos que eu pensei em desistir.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Cláudio Hideo Martins da Costa, obrigada pela paciência, pela disponibilidade e comprometimento, além de fazer da “passagem” pelo mestrado um marco de aprendizado.

Em especial agradeço a minha amiga Ingrid Hungria, obrigada pelo companheirismo, empatia e paciência em momentos difíceis.

A esta família incrível que Deus me deu o prazer de conhecer: Mirelle Vaz, Rogério Borges e Júlia Vaz, agradeço pelos ótimos momentos compartilhados.

Aos amigos que conquistei nesta jornada, Maraiza, Francielly, Victória e Moab, obrigada pelo carinho.

A todos os auxiliares da fazenda e NPA que não mediram esforços para auxílio no decorrer do experimento, em especial ao Aldair Sigim.

Ao Laboratório de Bromatologia nos profissionais Técnico Darlan e Prof^a Dra. Márcia Dias pelo auxílio e pelo espaço para desenvolver as avaliações.

Ao Professor Dr. Darly Geraldo de Sena Júnior pelo auxílio e por ceder equipamentos e instruções no decorrer das pesquisas.

A banca examinadora pelas contribuições para aperfeiçoamento do trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia através da Universidade Federal de Goiás e a gama de professores envolvidos, os quais sou grata por todos conhecimentos teóricos e práticos que me aperfeiçoaram como profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa, tornando este nobre momento possível.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Fertilidade dos solos do cerrado	11
2.2 Potássio	12
2.3 Fósforo.....	13
2.4 Sistemas de sucessão de culturas.....	14
2.5 Soja.....	15
2.6 Cártamo	17
3.OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo geral.....	19
3.2 Objetivos específicos	19
5. MATERIAL E MÉTODOS	20
5.1 Localização e caracterização da área experimental	20
5.2 Implantação e desenvolvimento experimental	21
5.3 Avaliações nas culturas	22
5.3.1 Avaliação dos componentes biométricos	22
5.3.2 Avaliação dos componentes produtivos.....	25
5.3.3 Avaliação da composição bromatológica dos grãos de cártamo	26
5.4 Análise Estatística.....	28
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
7. CONCLUSÕES	44
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

ADUBAÇÃO POTÁSSICA E FOSFATADA NA SUCESSÃO CÁRTAMO E SOJA

RESUMO – A soja é uma espécie amplamente cultivada e é considerada de importância primária, porém, devido à exploração sucessiva do solo é preconizado o uso de práticas conservacionistas, principalmente no período de estiagem, neste contexto, a cultura de sucessão pode representar uma alternativa para o manejo sustentável destas áreas. Diante disto, objetivou-se avaliar o desempenho da cultura do cártamo sob doses de fósforo e potássio e o efeito residual sobre a cultura da soja. O experimento foi conduzido em duas etapas: O cártamo foi semeado em março de 2018 em um delineamento em blocos casualizados com esquema fatorial 4x4, com 4 repetições. Os tratamentos foram compostos por 3 doses de potássio (30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O)+ tratamento controle o qual não houve adubação e 3 doses de fósforo (30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅)+ tratamento controle distribuídos superficialmente após a semeadura. Na safra verão foi semeada a soja com reaproveitamento de parcela. Foram avaliados os componentes biométricos: índice de clorofila falker; índice de área foliar; altura de plantas e da primeira ramificação/vagem; número de ramificações e diâmetro de haste. E variáveis produtivas: número de capítulos granados/ vagens, capítulos chochos e de grãos por capítulo/vagem; produtividade e teor de macronutrientes. O extrato etéreo, proteína bruta e matéria seca de raízes foram avaliados apenas na cultura do cártamo. Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativos à regressão a 5% de probabilidade. A altura foi influenciada em ambas culturas pelas doses aplicadas, havendo interação para o cártamo e efeito das doses de P para a soja. A produtividade das culturas não foram influenciadas pelas doses. A adubação potássica e fosfatada em sistemas de sucessão sobre solos com fertilidade construída não incrementaram a produtividade das culturas.

Palavras-chave: *Carthamus tinctorius* L., Cerrado, Fertilidade, *Glycine max* (L.), adubação residual.

POTASSIC AND PHOSPHATED FERTILIZATION IN THE SUCCESSION SAFFLOWER AND SOYBEANS

SUMMARY – Soybeans is a widely cultivated species and is considered of primary importance, however, due to the successive exploitation of the soil, the use of conservation practices is recommended, especially in the dry season, in this context, succession culture may represent an alternative for management these areas. Therefore, the objective was to evaluate the performance of safflower crop under phosphorus and potassium rates and the residual effect on soybean crop. The experiment was carried out in two periods: The safflower was sown in March 2018 in a randomized block design with 4x4 factorial scheme, with 4 replications. The treatments consisted of 4 rates of potassium (0, 30, 60 and 120 kg ha⁻¹ of K₂O) and 4 doses of phosphorus (0, 30, 60 and 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅) superficially distributed after sowing. In the summer harvest, soybean was sown with parcel reuse. Biometric components were evaluated: chlorophyll index; leaf area index; plant height and first branch / pod; number of branches and stem diameter. Productive characteristics: number of grenade heads / pod, undeveloped head and grain per head/ pod; productivity and macronutrient content. Ether extract, crude protein and dry matter were evaluated only in safflower crop. Data were subjected to analysis of variance and when significant regression at 5% probability. Height was influenced in both crops by the applied rates, with interaction for safflower and effect of P doses for soybean. Crop yield was not influenced by rates. Potassium and phosphate fertilization in succession systems on soils with built fertility did not increase crop yield.

Keywords: *Carthamus tinctorius* L., Cerrado, Fertility, *Glycine max* (L.), residual fertilization.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos sistemas de produção sob plantio direto preconiza a produção e manutenção da cobertura vegetal sobre a superfície do solo de forma constante, especialmente nas regiões tropicais. Porém, com o inverno seco há limitação do cultivo de culturas anuais na entressafra, já que no verão quente e chuvoso acelera-se a decomposição da cobertura vegetal do solo (PACHECO et al., 2011a, 2011b). Nessas condições tropicais, a cultura do cártamo pode se destacar como opção para rotação de culturas devido à alta tolerância ao déficit hídrico, às altas temperaturas e à baixa umidade relativa do ar (HUSSAIN et al., 2016; SINGHI et al., 2016).

No Brasil esta cultura foi introduzida visando a produção de biocombustíveis para atender a demanda mundial por bioenergia, por possuir elevados teores de óleo (35 a 50%) de ótima qualidade, bem como para a produção de alimentos e outros insumos para as indústrias (DORDAS; SIOULAS, 2008; SANTOS; SILVA, 2015). Aliando essas características às agrônômicas, esta mostra-se boa opção para ser cultivada no período entressafra podendo diversificar a produção, assim como facilitar o manejo do solo, insetos-pragas e doenças, possibilitando até mesmo o aumento no rendimento do produtor (ANICÉSIO, 2014).

Em solos tropicais como os do cerrado, o manejo da fertilidade é um dos maiores desafios nas operações agrícolas devido aos baixos teores e dificuldade de manejo dos nutrientes, principalmente de fósforo por serem solos altamente intemperizados (CAIRES et al., 2017). O potássio é outro nutriente de destaque, pois está entre os mais requeridos pelas plantas. Dentre suas funções destaca-se por ser ativador enzimático, envolvido na respiração e fotossíntese, atuando também na regulação osmótica e transporte de carboidratos, além de aumentar, por exemplo, a tolerância ao acamamento e ao ataque de pragas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Sabendo-se que existe interação solo, planta e ambiente, as avaliações são necessárias em um conjunto de ensaios contínuos, visando a determinação do comportamento morfofisiológico e a adaptação às condições as quais foram submetidas (PORTO et al., 2008). Tendo em vista as potencialidades da cultura do cártamo, tanto econômica como ambiental e sua introdução recente no país, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que contemplem o manejo da fertilidade do solo com o objetivo de atender as demandas nutricionais da cultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fertilidade dos solos do cerrado

O cerrado é o bioma que compreende 23,3% do território brasileiro maioritariamente concentrado na região centro-oeste com uma área de 900.655 km² (IBGE, 2019). Os solos característicos desta região são em sua maioria Latossolos, notórios principalmente pela baixa fertilidade natural decorrente do longo processo de intemperização. O processo de intemperismo foi responsável pela perda de cátions que influenciaram na qualidade nutricional atual. Em geral possuem média ou baixa CTC sendo 95% destes, pobres e ácidos com pH entre 4,0 e 5,5 (LOPES, 1994; SOUSA & LOBATO, 2019).

Durante muito tempo imaginava-se que o déficit hídrico comum em clima de savana fosse o fator limitante da produção no cerrado, até que pesquisas desenvolvidas constataram que a pobreza mineral é a responsável pela vegetação característica e pela dificuldade no cultivo de plantas de interesse econômico (MALAVOLTA et al., 1965).

Após esta descoberta aumentou-se o investimento em pesquisas relacionadas ao manejo da correção da acidez e fertilidade, visando a otimização da produção agrícola nestes solos. Paralelamente, os avanços tecnológicos de melhoramento, adaptação e fitossanidade também contribuíram para esta evolução, entretanto, o marco do desenvolvimento agrícola no cerrado se deu pela superação das limitações químicas dos solos (REZENDE et al., 2016).

As principais limitações minerais nos Latossolos se dão principalmente pela fração argila conter menores partículas, que aumentam os sítios de adsorção de ânions, adsorvendo principalmente maior quantidade de P que fica retido nos colóides e aos altos teores de óxidos de alumínio e de ferro também responsáveis pela adsorção de P, tornando-o indisponível na solução do solo (CASALI et al., 2016). Estes podem estar contidos na forma trocável quando está adsorvido nos colóides, não-trocável e em solução. Por serem solos ácidos, a retenção de H⁺ dificulta a adsorção de K que é lixiviado facilmente. Apesar destas características, com correção e manejo adequado aliados a espécie e manejo de semeadura, pode-se obter bons rendimentos sob esses solos (PEREIRA, 2009).

Resultados obtidos por Rosolem et al. (2012), confirmaram a necessidade das adubações externas ou aplicação de tecnologias que tornem o potássio disponível as plantas, concluindo que a espécie de sucessão pode ser responsável pela ciclagem de K da sua forma não trocável na ausência de adubação complementar. Assim também para o fósforo em sistemas naturais, onde não há adição de fósforo ou em solos altamente intemperizados, a sua disponibilidade está relacionada maioritariamente à ciclagem das formas orgânicas, portanto, a adubação corretiva nestes que apresentam níveis extremamente baixos de P lábil e alta capacidade de fixação de P, é uma prática que faz se necessária (PEREIRA, 2009).

2.2 Potássio

O potássio é um macronutriente presente em grande quantidade nos solos, todavia, em uma forma não absorvível pelas plantas tornando assim, a adubação mineral um dos elementos importantes para o desenvolvimento de qualquer planta (ANICÉSIO, 2014).

É responsável principalmente pela ativação de sistemas enzimáticos, os quais participam do processo de respiração e fotossíntese. A concentração de potássio em uma planta está intimamente ligada à abertura e fechamento dos estômatos. Portanto, a deficiência na concentração de K pode reduzir consideravelmente o seu processo fotossintético (DECHEN & NACHTIGALL, 2007).

A adubação potássica é fundamental, não apenas para que haja incremento de produtividade, como também no manejo da sanidade e resistência em diversas culturas. No cultivo de soja, as respostas produtivas são facilmente notadas, pois a cultura é altamente responsiva em absorção e translocação de nutrientes, principalmente ao nitrogênio, fósforo e potássio que são exportados em maior quantidade (GABRIEL et al., 2016).

Outro efeito que pode ser atribuído ao suprimento de potássio às plantas, refere-se à resistência que estas desenvolvem, quando a carência deste elemento é adequadamente provida. Resultados obtidos por Balardin et al. (2006), evidenciam na cultura da soja a influência do potássio sobre a redução da severidade e a taxa de progresso da ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*.

A adubação potássica pode aumentar eficientemente: a tolerância ao frio em cultivo de canola, elevando a produtividade, a melhoria da qualidade fisiológica e

sanitária das sementes (MENDONÇA et al., 2016); promover maior produtividade de grãos e de massa seca de parte aérea no trigo (SILVA et al., 2016) e influenciar positivamente o cártamo durante seu ciclo, havendo acréscimo produtivo em todas as características biométricas, decorrente das doses crescentes de potássio aplicados (MAGALHÃES, 2017).

Além dos ganhos produtivos e sanitários supracitados, culturas cultivadas em sucessão exercem um papel importante sobre os sistemas através da disponibilização de nutrientes através da reciclagem, podendo tornar o potássio, assim como outros elementos disponíveis de forma parcelada resultando em maior disponibilidade nas camadas superficiais do solo (ERNANI et al., 2007; SILVA; LAZARINNI, 2014).

2.3 Fósforo

O fósforo (P) é dentre os macronutrientes o de menor exigência pelas plantas, todavia é fundamental, por estar relacionado aos fluxos de energia no metabolismo vegetal (CORONADO, 2010). É encontrado em sua maioria nos vacúolos das plantas como reserva, denominado fósforo solúvel em água, já o fósforo inorgânico (Pi) é parte da estrutura da planta e necessita de atividade microbiana para ser mineralizado, podendo ser um processo mais lento (CASALI et al., 2016).

É um elemento pouco móvel, encontrado em baixas concentrações em solos brasileiros, portanto correções minerais se tornam essenciais para o desenvolvimento das culturas (SANTOS et al., 2008). Em solos ácidos com altos teores de óxidos de Fe é pouco disponível, devido a atração destes óxidos com superfície carregada positivamente, sobre os anions como o fosfato (MEURER, 2007).

Quando os níveis de P disponível são extremamente baixos, faz-se indispensável a adubação corretiva para a obtenção de rendimentos econômicos em curtos períodos de tempo, sabendo-se da alta capacidade de fixação de P tornando o cultivo em condições naturais inviáveis (LOPES, 1994).

O fósforo desempenha papel importante na fotossíntese, respiração, armazenamento de energia e principalmente na divisão e crescimento celular, portanto a deficiência deste nutriente pode tornar limitante o crescimento, produção, rendimento de grãos e conseqüentemente o rendimento da colheita (ABBADI & GERENDAS, 2011; FAQUIN, 2005).

A escassez de P no início do desenvolvimento da planta pode restringir o crescimento não havendo recuperação no decorrer do ciclo e limitando seriamente a produção, pois as plantas com o mecanismo de adaptação à deficiência de P, maximizam a probabilidade de produzir algumas sementes viáveis diminuindo o número total de sementes, ao invés de reduzir o seu tamanho (GRANT et al., 2001).

2.4 Sistemas de sucessão de culturas

Os sistemas de cultivo realizados em sucessão consistem na diversificação da produção agrícola, cultivando-se na entressafra da cultura de interesse primário. Esta prática foi introduzida visando alternativas para mitigação de limitações produtivas, havendo assim um acréscimo da área cultivada sob sistema plantio direto (SPD). Nessa técnica, é necessário manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais (CRUZ et al., 2019).

O SPD é uma alternativa sustentável que visa a qualidade ambiental, quebra de ciclo de pragas e redução de impactos causados por exploração única e excessiva (BOER et al., 2007). Esta estratégia quando empregada com culturas não convencionais na safrinha oferece um melhor proveito da área, assim como melhor rendimento que a utilização de espécies comumente cultivadas no período de safra verão, sabendo-se da baixa adaptação às condições edafoclimáticas adversas decorrentes deste período, podendo advir além de custos de plantio, os riscos de baixa produtividade (SANTOS & SILVA, 2015)

Quanto aos incrementos deste sistema, é válido destacar o benefício às culturas, pela manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, tornando os elementos disponíveis para as plantas em um intervalo curto (CALEGARI et al., 2013; SOUZA & MELO, 2000). Dentre as espécies utilizadas nos plantios convencionais, a soja é a cultura que possui o aporte de nutrientes e a taxa de mineralização mais rápida entre espécies de leguminosas, o que tornam a palhada dessas plantas mais atrativa para a composição de um sistema de rotação ou sucessão.

Pesquisas corroboram o fato de que sistemas com plantio na entressafra possuem efetivamente diferenças positivas na produtividade de soja verão convencional, em relação ao pousio, incrementando produtividade e proporcionando um melhor desenvolvimento da cultura principal (RODRIGUES et al., 2012; BRANCALIÃO, 2015).

Na região do Cerrado, o manejo dos resíduos vegetais para a cobertura do solo tem representado um desafio, principalmente, no que se refere à baixa produção na entressafra (BRESSAN, 2013). Deste modo culturas que se adequem às estas condições têm sido estudadas visando a inserção nestes sistemas de baixa mobilidade do solo, buscando além de espécies que possuam adaptabilidade às restrições naturais, represente competição interespecífica diminuindo o uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas, auxiliem na formação e manutenção da cobertura morta e seja ideal para rotação de culturas, características estas fundamentais para o SPD (CRUZ et al.,2019; RAMOS JÚNIOR et al., 2013).

Visando este acréscimo, com o passar dos anos novas espécies têm sido introduzidas a estes sistemas que utilizam espécies convencionais, tornando possível o cultivo de até três safras por ano.

Frente a este cenário fica evidente os desafios da agricultura no cerrado que suporte a expansão dos cultivos através da exploração de novas áreas visando o suprimento da demanda produtiva que esteja aliada adoção de práticas conservacionistas e manejos adequados.

2.5 Soja

A soja [*Glycine max* (L.)] é uma cultura produzida em todos os continentes do mundo e exportada em grande escala, principalmente pelos subprodutos dos grãos considerados ricos em óleo e proteína (FARIA et al.,2018). Atualmente, a produção nas Américas representa 88,5% da produção mundial e neste cenário o Brasil é o segundo maior produtor, com uma área plantada de 35,9 milhões de hectares e produção de 115 milhões de toneladas de grãos (FAOSTAT, 2017; CONAB, 2018).

Esta produção se deve a ampla utilização dos subprodutos advindos da extração do óleo, já difundidos em diversas áreas de aproveitamento. O suprimento de óleo de soja no Brasil diferencia-se dos demais produtos da soja, pois o mercado interno é o principal destino da produção (FREITAS et al., 2000). O farelo é um dos ingredientes proteicos mais utilizados nas formulações das rações animais e com o aumento do consumo, a casca tornou-se também um atrativo para alimentação animal, não concorrendo assim com a grande demanda por este produto (SILVA, 2004).

A indústria nacional utiliza por ano aproximadamente 40 milhões de toneladas de soja, produzindo a partir dos grãos o óleo comestível e farelo proteico (ABIOVE, 2015). Estes dentre outros produtos contribuem para a competitividade com a produção de carnes, ovos e leite, decorrendo principalmente da alta qualidade e teor de proteína do farelo da soja brasileiros propiciando a entrada em mercados extremamente exigentes como os da União Européia e Japão (MATTOS et al., 2015).

A espécie foi introduzida no Brasil em 1961, através da realização de 23 experimentos pelo Ministério da Agricultura, visando criar uma cultivar de soja adaptada às condições climáticas tropicais (BORDINGNON, 1964). Apesar do centro de difusão se iniciar no Sul do país com pesquisas de melhoramento, a região Centro-Oeste se destacou no decorrer dos anos como os estados considerados de contínuo desenvolvimento (BONATO & BONATO, 1987).

Atualmente a região Centro-Oeste é a maior região produtora do país, com área plantada em constante acréscimo, aumentando a representatividade na produção brasileira de grãos (CONAB, 2018). Esta ampliação deve-se principalmente à integração das tecnologias de melhoramento e manejos que corrigem a baixa fertilidade natural dos solos do cerrado, assim os níveis de tecnificação tendem a se intensificar em busca de maiores rendimentos (DALL'AGNOL, 2016).

A extraordinária expansão da produção brasileira de soja ao longo dos últimos 20 anos é explicada pela expansão na área plantada. No mesmo período, a produção de soja no Centro-Oeste cresceu a uma taxa média anual de 9,11% e atualmente cerca de 52% da soja cultivada no Brasil está concentrada no cerrado (CARNEIRO FILHO & COSTA, 2016).

Sendo a soja uma das oleaginosas de maior expressividade na economia do país, estudos que visem a maximização da produção sustentável com aplicação de tecnologias conservacionistas têm sido priorizados, passando a ser exigência básica a aplicação destas, afim de reduzir custos, otimizar as áreas de produção para haver incremento de rendimentos (FARIAS, NEPOMUCENO & NEUMAIER, 2007).

Os solos característicos do Centro-Oeste, onde as lavouras se expandiram sobre áreas de cerrado, são naturalmente pobres e nos induz a entender que é possível ainda um incremento de produtividade levando em consideração a estreita relação entre solo, planta e ambiente como fatores fundamentais no manejo para que a produtividade possa ultrapassar as médias nacionais e entre em concorrência com

os demais países produtores frente ao mercado mundial (CONAB, 2017; EMBRAPA, 2000).

Dentre as alternativas para sanar os problemas de baixa produtividade no período de inverno seco, o cártamo representa uma espécie oleaginosa que pode diversificar a produção de bioenergia e alimento mesmo em sistemas onde a soja seja a cultura principal, fundamentalmente em áreas que ficam descobertas no período de estiagem prolongada (SANTOS & SILVA, 2015).

2.6 Cártamo

O cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) é uma espécie oleaginosa anual pertencente à família Asteraceae e originária do continente asiático. Atualmente a cultura é produzida em mais de 60 países ao redor do mundo, maioritariamente representada pela Índia, EUA, China, Espanha, Etiópia, Turquia e México, atingindo uma área plantada equivalente a 900 mil hectares e produção estimada em 850.000 toneladas de grãos colhidos (FLEMMER et al., 2015; FAOSTAT, 2019).

À priori o cultivo era voltado especificamente à produção de corantes alimentícios, têxteis e utilização de flores para fins ornamentais, entretanto com a expansão de pesquisas quanto a energias biorenováveis, culturas com potencial para produção de biodiesel, tem entrado em evidência nos últimos anos (GIRARDI et al., 2010; GOLZAFAR et al., 2012).

O cártamo foi introduzido no Brasil pelo Instituto Mato-grossense de Algodão, e atualmente cultivares já são avaliadas pelo Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). Apesar das poucas pesquisas existentes, o cártamo surge como uma opção promissora de cultivo, comércio e consumo pelas suas diversas formas de utilização, destacando a produção de óleo com cerca de 35 a 50% (ÇAMAS et al., 2007; SAMPAIO, 2016), superando até mesmo algumas das oleaginosas mais conhecidas no mercado.

O óleo de cártamo é notório pelas propriedades benéficas à saúde, proporcionados pelos níveis de ácidos oleicos e linoleicos presentes no grão. Contém naturalmente baixo teor de gordura saturada, similar ao azeite de oliva, óleo de girassol e canola, podendo ser utilizado para consumo animal e humano por não conter fatores anti-nutricionais, o que confere a esta espécie a aceitabilidade deste óleo no setor alimentício (ABUD et al., 2010; ÇAMAS et al., 2007; ARANTES, 2011).

É uma cultura de ciclo curto que varia de 140 a 150 dias, a qual pode ser colhida precoce ou tardiamente de acordo com as condições edafoclimáticas. O hábito de crescimento é herbáceo com haste ereta, ligeiramente lisa, sólida e ramificada lenhosa conferindo a esta, a capacidade de atingir 30 a 150 cm de altura. A raiz é pivotante com registros de 2 a 3 m de profundidade, mas esta varia de acordo com cada genótipo (PASCHOAL, 2016). As inflorescências são denominadas capítulos e são localizados na terminação de cada ramo. As flores geralmente são amarelas e em quantidades variáveis, mas comumente em torno de 50 flores por capítulo (CORONADO, 2010).

O cártamo é uma cultura promissora com exploração primária em diversos países do mundo, pela sua rusticidade e adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e ao seu baixo custo de investimento (DAJUE & MÜNDEL, 1996). Apesar de pouco conhecido na agricultura brasileira, apresenta importância econômica em outras partes do mundo, pela sua multiplicidade de usos (BORTOLHEIRO, 2015). Convencionalmente é cultivado em rotação com cereais, no entanto o cultivo pode se estender à rotação com leguminosas, pastos, pousios e oleaginosas (MALEK & FERRI, 2014).

É uma cultura anual que requer baixa pluviosidade, cerca de 300 a 400 mm/ciclo e possui tolerância a baixas temperaturas, suportando ainda temperaturas negativas na primeira fase do ciclo vegetativo (AMBROSANO, 2012). Apesar de tolerar diferentes condições de umidade no solo, o excesso de água causa podridão radicular e a chuva excessiva no estágio reprodutivo impede o enchimento completo dos aquênios que não pode ser perceptível no campo (FAO, 2019).

Apesar de tal característica, pesquisas que relacionem o fósforo e potássio sob condições de campo, aliado a recomendações de manejo de adubação, tratos culturais e produtividade sob as condições edafoclimáticas brasileiras ainda são incipientes inviabilizando o incentivo da sua produção em larga escala.

Neste contexto a cultura do cártamo surge como uma alternativa para utilização em rotação de culturas. É uma cultura de inverno já difundida em diversos países ao redor do mundo, utilizada muito além do uso para extração de óleo. As características de rusticidade e adaptação à diversas condições edafoclimáticas faz desta uma opção para utilização no período entressafra.

Contudo, nos sistemas de produção deve-se levar em consideração a cultura antecessora e a sucessora para que os benefícios gerados por este possam ser

observados em todo o sistema, visto que os cultivos com cártamo no Brasil ainda são insipientes e é restrito a áreas de pesquisa e o comportamento em associação a sistemas de cultivo e rotação de culturas ainda é pouco conhecido (GERHARDT, 2014).

3.OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o desenvolvimento da cultura do cártamo submetido a doses de fósforo e potássio e o efeito residual destas na cultura da soja em região de inverno seco.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar dentre as diferentes combinações entre doses de fósforo e potássio qual proporciona maior crescimento e produtividade do cártamo;
- Avaliar o efeito residual dentre as diferentes combinações entre doses de fósforo e potássio qual proporciona maior crescimento e produtividade da soja.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e desenvolvido na Fazenda Escola da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí - Campus Jatobá, em duas etapas com cultivo de cártamo no período de segunda safra (março de 2018), seguido de soja na safra 2018/2019.

5.1 Localização e caracterização da área experimental

A Fazenda Escola da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí - Campus Jatobá tem como coordenadas geográficas 17° 53' S e 52°43' W, com 670 m de altitude. De acordo com a classificação de Köeppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical de savana com chuva no verão e seca no inverno.

O solo da área experimental foi caracterizado como Latossolo Vermelho distroférico de acordo com a classificação brasileira de solos descrita por Santos (2018), com teores de 680,125 e 195 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente. Os resultados dos atributos do solo estão descritos na Tabela 1. De acordo com a interpretação da análise de solo descrita por Souza e Lobato (2004) para solos do cerrado, os teores de fósforo e potássio estão adequados, e a saturação por bases próxima a 50%, valor considerado adequado para produção de grãos.

Tabela 1. Caracterização química do solo antes da instalação do experimento. Jataí, GO, 2018

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	S	Al ⁺³ -----	H+Al ⁺³ mmol _c dm ⁻³ -----	K	Ca	Mg	V %
0-20	4,9	44	40	6	2	39	1,7	25	10	49
20-40	5,0	38	18	5	1	23	1,9	15	6	49

As informações meteorológicas de temperatura e precipitação foram disponibilizadas pelo INMET no período de condução e seguem representadas na Figura 1.

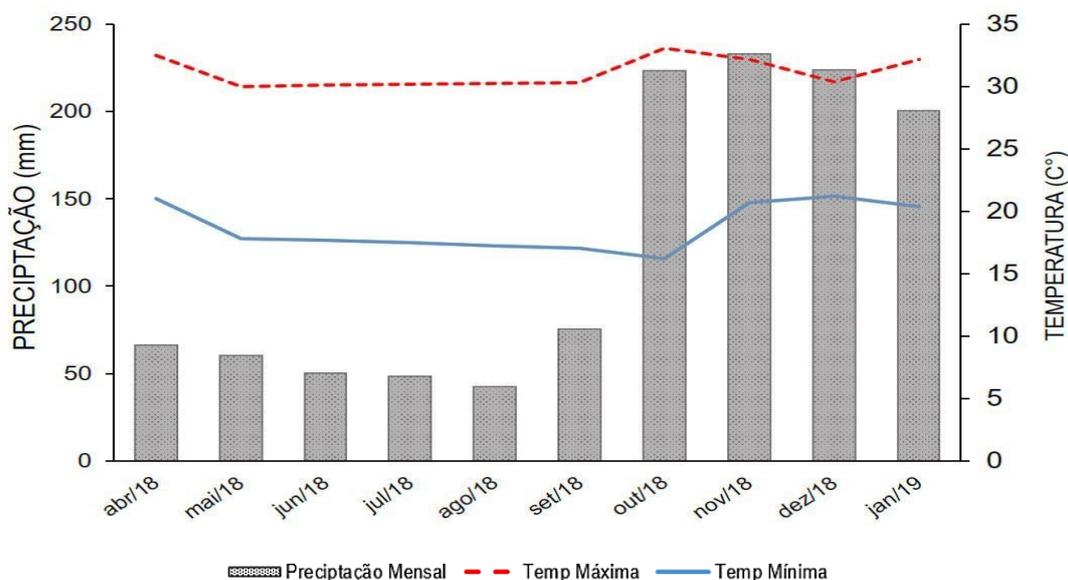


Figura 1. Precipitação mensal, temperaturas máximas e mínimas no período de desenvolvimento do cártamo (abr- ago) e da soja (out - jan).

5.2 Implantação e desenvolvimento experimental

Inicialmente, realizou-se a dessecação da área com a finalidade de controlar as plantas espontâneas e restos culturais do plantio antecedente de soja, a qual foi cultivada com adubação convencional de plantio para as expectativas de rendimento sob solos de cerrado de 350 kg ha^{-1} do formulado 8-20-20 de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$.

A semeadura da cultura do cártamo foi realizada no dia 29 de março de 2018 com semeadora-adubadora tratorizada, visando manter uma densidade de 28 plantas por metro em um espaçamento de 45 cm. As sementes utilizadas continham taxa de germinação de 95% e foram previamente tratadas com inseticida e fungicida.

A adubação foi distribuída superficialmente a lanço, 4 dias após a semeadura sob um delineamento experimental em blocos casualizados com esquema fatorial 4x4, contendo 4 repetições. Os tratamentos foram compostos por 3 doses de potássio (30, 60 e 120 kg ha^{-1} de K_2O) + tratamento controle e 3 doses de fósforo (30, 60 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5) + tratamento controle. Foram realizados tratamentos culturais para controle de plantas espontâneas com capina aos 7 dias após a semeadura.

De acordo com a necessidade e manejo, aos 25 dias após a emergência foi realizada a aplicação de herbicida seletivo recomendado para o controle pós-emergente de plantas daninhas de folhas estreitas (Haloxifope-P-metilico) na

dosagem de 500 ml ha⁻¹, no decorrer do desenvolvimento foi realizada a aplicação de herbicida pós-emergente, seletivo condicional de ação não sistêmica (Carfentrazone-etílica) na dosagem de 75ml ha⁻¹. Para manejo de pragas incidentes no cultivo aproximadamente aos 80 dias após emergência, foram realizadas aplicações do inseticida imidacloprida para controle de pragas.

Após a colheita do cártamo procedeu-se a dessecação da área com herbicida Glyphosate para semeadura da soja. O experimento foi instalado na safra verão (outubro/novembro 2018) reaproveitando as parcelas com delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 4x4, e 4 repetições. Os tratamentos foram compostos pelas doses potássicas e fosfatas antecipadas na cultura do cártamo, não havendo adubação de semeadura.

Com auxílio de semeadora-adubadora tratorizada a soja foi semeada utilizando a densidade de sementes de acordo com as recomendações para a cultivar (SYN1163 RR) de 13 sementes/m compondo parcelas de 6 linhas de 8 metros de comprimento, com espaçamento de 0,45m perfazendo uma área de 26m².

As sementes foram previamente tratadas com inseticida e fungicida, e posteriormente inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. e após emergência foi manejada de acordo com as necessidades de controle de plantas espontâneas pós-emergência e para controle de vaquinhas e percevejos com incidência no decorrer do ciclo foram realizadas duas pulverizações.

5.3 Avaliações nas culturas

5.3.1 Avaliação dos componentes biométricos

As avaliações foram realizadas em três etapas em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura do cártamo (Figura 2) e soja, correspondendo ao período de estabelecimento das culturas, na floração plena e posterior a colheita de acordo

com a metodologia para cada componente avaliado.

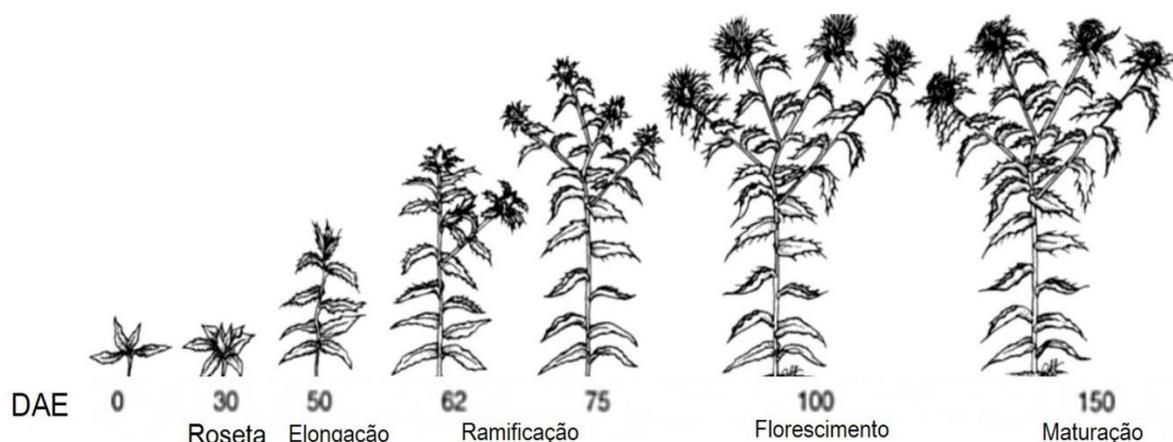


Figura 2. Ciclo fenológico da cultura do cártamo. (Adaptado de Kaffka & Kearney, 1998)

Índice de clorofila Falker – ao início do período reprodutivo das culturas correspondente a 100 DAE do cártamo e estágio R2 na soja, foi aferido o índice clorofila com o auxílio do clorofilômetro (Clorofilog Falker) realizando leituras em 10 folhas ao acaso no terço médio das plantas no período de maior incidência luminosa possível. Considerou-se como área útil da parcela as 6 linhas centrais desprezando 0,5 m de bordadura nas extremidades para a cultura do cártamo e 3 linhas centrais desprezando a bordadura nas parcelas na soja para aferição do índice.

Índice de área foliar – foi realizada a leitura aos 45 DAE da cultura do cártamo (correspondente ao alongamento do caule), e ao início do período reprodutivo (R2) na soja, realizando-se 3 leituras por parcela com auxílio do ceptômetro. As leituras foram feitas ao acaso na área útil de cada parcela, alocando o aparelho paralelamente à linha de plantio, no qual simultaneamente barra é alocada abaixo o sensor acima e abaixo do dossel por meio da barra de captação da radiação e sensor externo, transformam por diferença de radiação captada em um índice denominado Índice de área foliar (IAF).

Teor de macronutrientes nas plantas – para determinação do teor nutricional foram utilizadas 30 plantas de cártamo colhidas no início do florescimento (MALAVOLTA et al., 1997). Não havendo recomendação de folha diagnóstica para a cultura, foram coletadas plantas inteiras objetivando-se determinar a extração do nutriente em planta inteira, e não a qualidade nutricional.

Para a soja foram coletadas cerca de 30 folhas diagnósticas por parcela, de acordo com a recomendação para determinação do teor nutricional da soja coletando a terceira folha com pecíolo a partir do terço médio (AMBROSANO et al., 1997).

O material colhido foi submetido a uma lavagem rápida com água corrente e levado a estufa com circulação forçada de ar a 60-70 °C, até atingir peso constante, sendo em seguida moídos em moinho tipo Willey. As amostras foram separadas, identificadas e enviadas para laboratório. Os dados foram obtidos em teor de macronutriente por kg de matéria seca. Os teores nutricionais nas plantas de cártamo foram extrapolados para kg ha⁻¹ para determinação de um valor base de extração de macronutriente pela planta.

No momento da colheita procedeu-se a coleta de 10 plantas na área útil de cada parcela para avaliação dos seguintes componentes para a cultura do cártamo:

Altura média de plantas – determinada mediante a medição da distância entre o colo e o ponto mais alto da planta, com auxílio de fita métrica.

Altura média de inserção da primeira ramificação – determinada através da medição da distância entre o colo e o ponto de inserção do primeiro ramo, com auxílio de fita métrica.

Número médio de ramificações por planta – determinado, através da contagem das ramificações a partir da haste principal da planta (ramificação primária) para a cultura do cártamo.

Diâmetro médio da haste – determinado com auxílio de paquímetro digital na parte basal da planta.

Para a determinação dos componentes biométricos da cultura da soja procedeu-se a coleta de 10 plantas na área útil de cada parcela e mensurados:

Altura média de plantas – determinada mediante a medição da distância entre o colo e o ponto mais alto da planta, com auxílio de fita métrica.

Altura média de inserção da primeira vagem – determinada através da medição da distância entre o colo e o ponto de inserção da primeira vagem na soja com auxílio de fita métrica.

Número médio de vagens por planta – determinado, através da contagem do número total de vagens.

Diâmetro médio da haste – determinado com auxílio de paquímetro digital na parte basal da planta.

5.3.2 Avaliação dos componentes produtivos

Posteriormente, procedeu-se com as plantas coletadas a avaliação dos componentes produtivos para cártamo e soja respectivamente:

Número de capítulos granados/planta – relação entre número total de capítulos granados e o número total de plantas.

Número de capítulos chochos/planta – relação entre número total de capítulos chochos e o número total de plantas.

Número de grãos/capítulo – relação entre número total de grãos e o número total de capítulos.

Número vagens por planta: Resultante da relação entre número total de vagens e número total de plantas;

Número de grãos por vagem: relação entre número total de grãos e o número total de vagem.

Massa de mil grãos – O grau de umidade das amostras foram caracterizados pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24h, pesadas, em balança analítica de precisão (0,001g), em quatro repetições de oito subamostras de 100 grãos para cada parcela (BRASIL, 2009), corrigidos a 8% de umidade recomenda para base úmida de cártamo. Para caracterização da umidade da soja foi utilizado o determinador de umidade de grãos portátil e os dados corrigidos a base úmida de 13%.

Matéria seca de raízes – no período correspondente ao início da floração foram coletadas 2 amostras de solo com sonda de 45mm nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm na área útil de cada parcela. As amostras foram identificadas e acondicionadas na geladeira para preservação das raízes, e prosseguiu-se com o processo de lavagem.

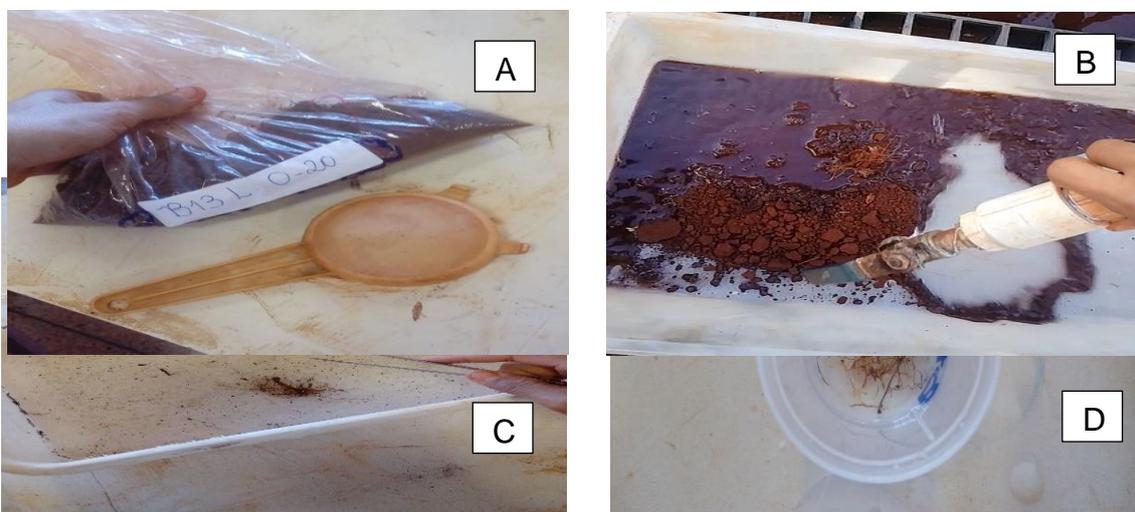


Figura 3. (A) Amostra coletada e identificada; (B) processo de Lavagem para extração das raízes; (C) coleta manual de raízes retidas em peneira; (D) amostra de raízes acondicionadas em álcool 70.

As amostras foram lavadas em água corrente e passadas em peneiras de 4 mm. As raízes nas peneiras foram levadas a bandejas com água para coleta e posteriormente identificadas e levadas a geladeira.

Ao final do processo de lavagem, as raízes foram encaminhadas para a estufa com circulação de ar forçada até atingirem peso constante. A massa da matéria seca foi determinada em balança analítica (0,000g). Os dados obtidos foram extrapolados para kg por hectare de matéria seca de raízes.

Produtividade– determinada através da colheita manual de todas as plantas na área útil em cada unidade experimental, e em uma única ocasião, trilhadas. Após esta operação, os grãos foram separados e pesados. Posteriormente, os dados obtidos foram corrigidos para base úmida recomendada para cada cultura (13% para soja e 8% para cártamo) e extrapolados para produtividade em kg ha⁻¹.

5.3.3 Avaliação da composição bromatológica dos grãos de cártamo

Para a cultura do cártamo após a obtenção dos grãos, foram separadas amostras de 10 g por tratamento em duplicata, para pré-secagem em estufa a 105 °C por 24 h, moídas e postas em estufa para determinação da ASE (amostra seca em estufa) e procedeu-se a avaliação da composição bromatológica:

Matéria seca de grãos – através da moagem das amostras, pesagem em balança analítica, secagem em estufa até atingir peso constante e pesagem novamente para determinação da massa da matéria seca contida na amostra. Os dados obtidos foram extrapolados para matéria seca de grãos ha⁻¹ de acordo com a produtividade obtida.

Matéria mineral de grãos – De acordo com IAL (1985) determinou-se a quantidade de cinzas posteriormente à determinação da massa da matéria seca, nas quais amostras foram levadas à mufla por 240 minutos à 600 °C. Procedeu-se a pesagem para determinação da fração mineral da amostra e os dados extrapolados para kg ha⁻¹ de acordo com a produtividade obtida para cada parcela.

Extrato etéreo – para obtenção do teor de óleo nos grãos utilizou-se o método de determinação de lipídios com extrator direto Soxhlet proposto por Zenebon et al.

(2005). Efetuando-se a pesagem de 2 g de amostras em duplicata por tratamento pré-secas e moídas, as amostras foram postas em cartuchos de papel tipo filtro.

Para extração lipídica utilizou-se como solvente orgânico para destilação o éter de petróleo, no volume de 200 ml e levadas ao extrator por 4 horas. Seguindo as etapas de secagem, os balões contendo o óleo extraído foram pesados e o teor de óleo foi dado em percentual. Para rendimento de óleo por hectare, os dados foram ajustados de acordo com a produção de matéria seca de grãos por hectare, e a produção de óleo dada em kg ha^{-1} .

Proteína Bruta – utilizou-se o método Kjeldahl, I (AOAC, 1995), seguindo as etapas:

Digestão: esta etapa consistiu na pesagem de 0,25 g de amostras de grãos moídas, condicionadas em tubos, e adicionadas 0,5 g de mistura catalítica, 5ml de ácido sulfúrico e levadas ao digestor. Posteriormente esses tubos seguiram para a fase de neutralização.

Neutralização: realizou-se no determinador de nitrogênio total, misturando à amostra que foi digerida a 25 ml de Hidróxido de sódio (NaOH), no qual após a mistura o nitrogênio contido na solução é isolado e adicionado a em 5 ml de ácido bórico.

Titulação: determinou-se o nitrogênio contido na amostra em razão do volume da solução de HCl (005) gasto para titulação do branco em comparação com a amostra em duplicata por tratamento.

Os dados obtido em teor de Nitrogênio total das amostras foram aplicadas na formula descrita por Zenebon, Pascuet e Tiglea (2008):

$$NT = (V_a - V_b) \times F \times 0,1 \times 0,14 \times 100 / P_1$$

NT: Teor de nitrogênio total da amostra, em percentagem;

V_a: Volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra;

V_b: Volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco;

F: Fator de correção para ácido clorídrico

P₁: Peso da amostra (g)

Sendo tais valores convertidos em teor de proteína pelo uso do fator 6,25, para alimentos gerais nos quais não possuem fator de correção definidos.

5.4 Análise Estatística

Os dados obtidos correspondentes as variáveis supracitadas foram submetidos à análise de variância e quando significativos, à regressão a 5% de significância utilizando o programa estatístico Agroestat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2019). Para escolha do modelo de regressão utilizou-se como critério de ajuste a significância das equações.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado interação significativa em nenhum dos parâmetros avaliados, ocorrendo apenas efeito isolado da aplicação de fósforo (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo das análises de variância para quantidade acumulada de N, P, K, Ca, Mg e S pela parte aérea de plantas de cártamo. Jataí-GO, 2019.

Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
	P valor					
Doses de K ₂ O	0,9992 ^{ns}	0,0259*	0,1927 ^{ns}	0,3272 ^{ns}	0,3272 ^{ns}	0,0565 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	0,8574 ^{ns}	0,4807 ^{ns}	0,2864 ^{ns}	0,4484 ^{ns}	0,4484 ^{ns}	0,8689 ^{ns}
Interação K ₂ O x P ₂ O ₅	0,3970 ^{ns}	0,0997 ^{ns}	0,5173 ^{ns}	0,6265 ^{ns}	0,6265 ^{ns}	0,9895 ^{ns}
	kg ha ⁻¹					
Média geral	128,46	10,39	58,12	14,57	14,57	8,89
CV%	7,94	9,43	8,8	10,20	10,20	13,33

^{ns} Não significativo, * Significativo a 5% pelo teste F.

A quantidade acumulada de fósforo reduziu linearmente com a adubação potássica, representando uma redução de 4 kg ha⁻¹ comparativamente entre a maior e menor dose de K₂O (Figura 4). É importante ressaltar que este efeito é pouco observado na literatura, sendo observado também por Costa et al. (2015) na cultura do amendoim forrageiro (*Arachis pinto* cv. Amarillo).

No presente trabalho é provável que esteja associada a maior concentração de sais em superfície em razão da adubação potássica, o que pode ter prejudicado o crescimento das raízes na superfície, interferindo na absorção deste nutriente que se encontra concentrado em superfície devido à pouca mobilidade deste e a forma superficial de aplicação.

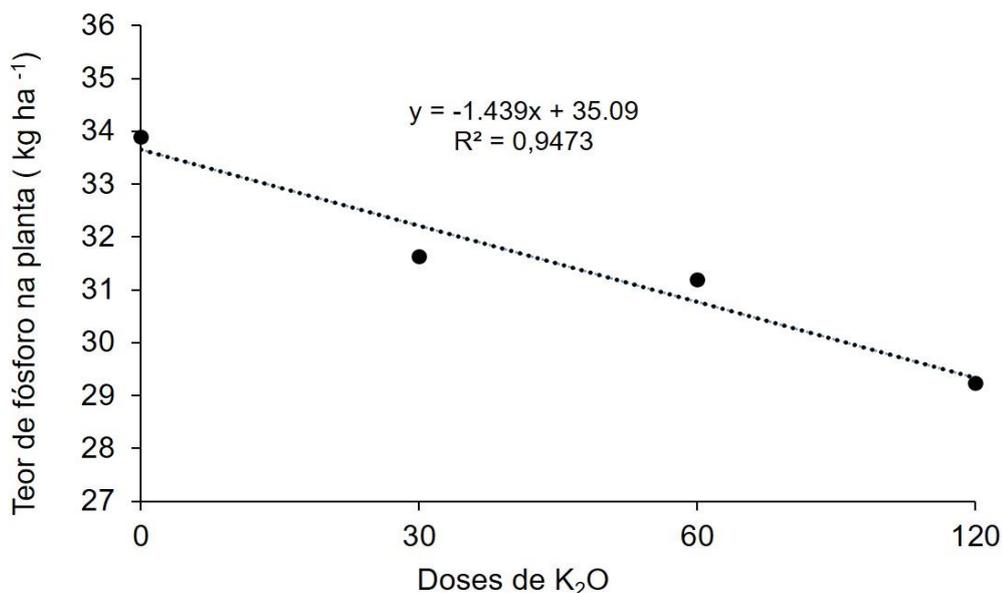


Figura 4. Fósforo acumulado nas plantas de cártamo em função das doses de potássio. Jataí, GO, 2019.

Quanto aos demais macronutrientes, apesar da ausência de efeito significativo é importante destacar a grande quantidade de nutrientes extraídos pelas plantas de cártamo, principalmente de N e K, na ordem de 128 e 58 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

Comparando a cultura do cártamo com o girassol, Abbadi (2017) evidenciou a eficiência do cártamo no acúmulo de potássio em planta inteira onde, seja com baixo suprimento de potássio ou sob fornecimento ideal, a concentração do nutriente na matéria seca do cártamo supera a do girassol. Isto se torna ainda mais interessante quando comparamos a época de plantio da cultura do cártamo, considerada de alto risco para a maioria das culturas no cerrado, proporcionando boa cobertura do solo e ciclagem de nutrientes sob baixa precipitação pluviométrica (Figura 1).

Houve interação para a quantidade de massa de matéria seca de raízes acumulada na profundidade do solo de 0 a 20 cm. (Tabela 3). Entretanto, os dados obtidos não se ajustaram aos modelos propostos.

Tabela 3. Resumo das análises de variância para matéria seca de raízes acumuladas nas camadas 0-20 cm e 20-40cm na cultura do cártamo. Jataí-GO, 2019.

Fontes de variação	Profundidade	
	0- 20 cm	20-40 cm
	P valor	
Doses de K ₂ O	0,1942 ^{ns}	0,2106 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	0,2093 ^{ns}	0,2525 ^{ns}
Interação K ₂ O x P ₂ O ₅	0,0185*	0,7485 ^{ns}
	kg ha ⁻¹	
Média geral	0,8	0,3
CV%	86,27	66,52

^{ns} Não significativo, ** Significativo a 1% pelo teste F.

A matéria seca de raiz é um parâmetro que engloba maior complexidade para análise, principalmente pelas dificuldades metodológicas relacionadas com a amostragem através de sonda, mais comumente utilizado e considerado um método destrutivo. Por conta disto ainda são escassos dados sobre sistema radicular de raízes (MUÑOZ-ROMERO et al., 2010) sobretudo para esta cultura em questão.

Tabela 4. Quantidade média de massa de matéria seca de raízes acumulada (kg ha⁻¹) pelas plantas de cártamo em função das doses de P₂O₅ e K₂O na camada 0-20 cm na cultura do cártamo. Jataí-GO, 2019.

Doses	kg ha ⁻¹			
	K ₂ O			
P ₂ O ₅	0	30	60	120
0	1170,9	900,2	1035,7	764,1
30	659,3	898,6	496,7	558,1
60	486,0	542,8	524,7	548,6
120	848,9	465,1	413,6	637,9

Dentre todos os parâmetros biométricos analisados, apenas a altura de plantas apresentou efeito significativo da interação (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo das análises de variância para os parâmetros biométricos: índice de clorofila Falker (ICF), índice de área foliar (IAF), altura (ALT), diâmetro da haste (DH), altura de inserção da 1ª ramificação (ALT R), número de ramificações (Nº R) na cultura do cártamo

Fontes de variação	ICF	IAF	ALT	DH	ALT R	Nº R
	P valor					
Doses de K ₂ O	0,3617 ^{ns}	0,1754 ^{ns}	0,0015 ^{**}	0,8970 ^{ns}	0,8901 ^{ns}	0,7012 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	0,9909 ^{ns}	0,0159 [*]	0,0035 ^{**}	0,3387 ^{ns}	0,1661 ^{ns}	0,2655 ^{ns}
Interação K ₂ O x P ₂ O ₅	0,4911 ^{ns}	0,4788 ^{ns}	0,0001 ^{**}	0,3648 ^{ns}	0,2282 ^{ns}	0,9757 ^{ns}
	ICF	IAF	cm	mm	cm	nº
Média geral	64,33	2,61	92,74	7,21	61,71	9,45
CV%	7,31	14,52	4,06	11,02	7,11	23,23

^{ns} Não significativo, ^{**} Significativo a 1% pelo teste F.

Neste ensaio, nota-se que as maiores alturas foram obtidas à medida que se aumenta as doses de cada nutriente, alcançando a altura máxima de plantas nas doses de 101 e 91 kg ha⁻¹ de K₂O e P₂O₅, respectivamente (Figura 5).

O potássio, além da ativação de sistemas enzimáticos, sua concentração em uma planta está intimamente ligada à abertura e fechamento dos estômatos, que em períodos de déficit hídrico, sob concentração adequada de K nas plantas, pode promover menor perda de água pelas plantas, permitindo o pleno funcionamento do processo fotossintético (DECHEN & NACHTIGALL, 2007), refletindo em maior desenvolvimento das plantas.

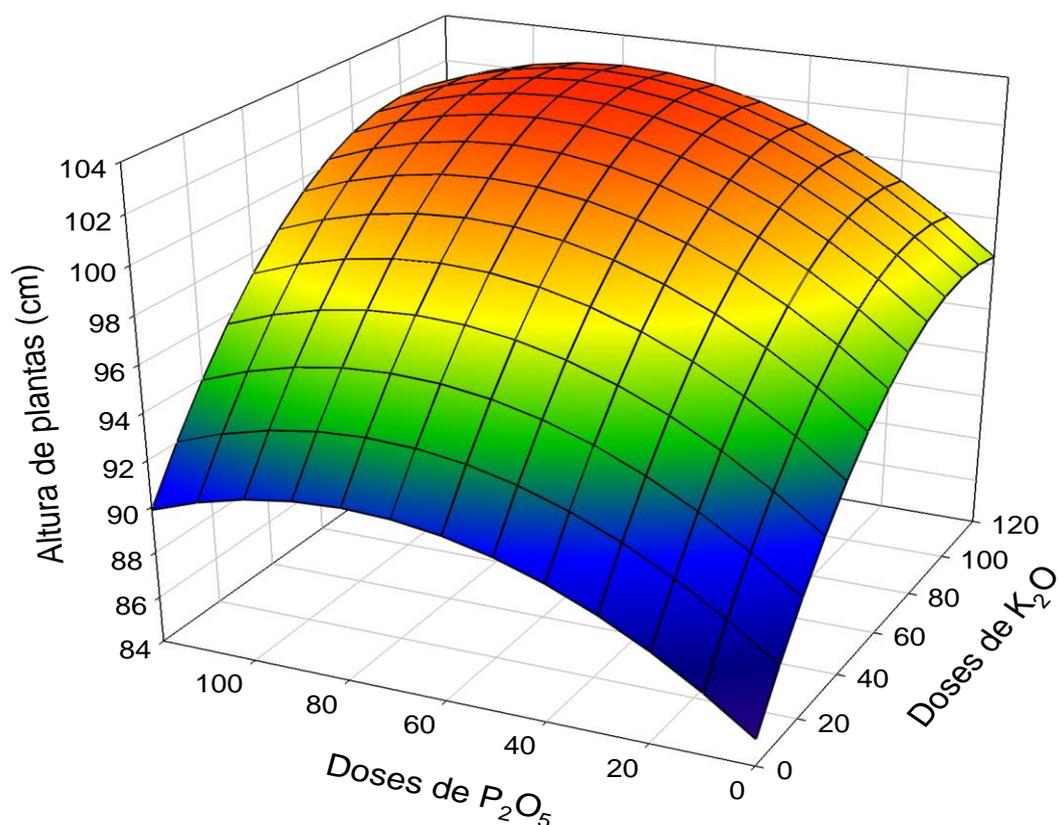


Figura 5. Altura de plantas de plantas de cártamo em função das doses de fósforo e potássio. $Y = 85,1467 + 0,2252x + 0,1593y - 0,0011x^2 - 0,001y^2$ $R^2=0,95$. Jataí, GO, 2019.

Para que uma espécie seja introduzida como cultura de sucessão em um sistema de produção, esta necessita ser adaptada as condições edafoclimáticas da região e ao período de cultivo a qual foi submetida, a fim de trazer benefícios que perpassem os ganhos produtivos. De acordo com Wachsmann et al. (2010) o cártamo necessita de 300 mm durante o ciclo e que sejam bem distribuídos. A precipitação média acumulada de 267 mm durante o ciclo da cultura (Figura 1). Nota-se também que as maiores precipitações ocorreram nos meses de estabelecimento da cultura, fase que necessita de maior aporte de água para desenvolvimento satisfatório, após este estágio o cártamo suporta maiores períodos de estiagem por suas extensas raízes.

Assim também o manejo da fertilidade do solo torna-se primordial no desenvolvimento das culturas. E tais resultados foram constatados por Abbadi &

Gerendas (2008), que demonstraram a importância do potássio sobre o crescimento de plantas de cártamo notando que o aumento das doses potássicas propiciam incremento na altura de plantas de cártamo, as quais atingiram até 99 cm. Em espécies da mesma família Asteraceae, Torqueti et al. (2016) submeteram um cultivo de girassol ornamental a diferentes doses e fontes de adubação potássica, no qual também notaram que independente da fonte o incremento do elemento propiciou maior altura de haste.

Da mesma forma, o fósforo desempenha papel importante na fotossíntese, respiração, armazenamento de energia e principalmente na divisão e crescimento celular, portanto a deficiência deste nutriente pode tornar limitante o crescimento (ABBADI & GERENDAS, 2011; FAQUIN, 2005). Neste sentido, os resultados do presente trabalho corroboram os de Soares et al. (2016), que observaram em cultivo de girassol uma resposta linear e positiva as doses de fósforo, com aumento de 22,5 cm entre as doses de 0 e 100 kg ha⁻¹ aplicados.

Os componentes biométricos das plantas são atributos importantes quando se avalia os efeitos destes na translocação dos assimilados e a utilização na formação das estruturas vegetativas e reprodutivas. Neste sentido, os demais componentes biométricos, como a altura de primeira ramificação, diâmetro da haste e o número de ramificações, não diferiram entre si (Tabela 5). A morfologia do cártamo resulta na produção de um capítulo na terminação de cada ramificação, assim plantas que possuem inserção de ramificação muito baixas podem dificultar o manejo e aumentar as perdas no momento da colheita mecanizada.

Entretanto, as características supracitadas são altamente influenciados pela densidade de plantas, ou seja, quanto maior o adensamento das plantas maior a altura de inserção de primeira ramificação e menor diâmetro de haste (Smith, 1996). Assim, como propiciou-se o mesmo espaçamento e densidade para todos os tratamentos, estas não vieram a se diferir.

Avaliando o efeito isolado da aplicação dos fertilizantes notou-se que o índice de área foliar teve comportamento inversamente proporcional ao aumento das doses de fósforo (Tabela 5 e Figura 6), com redução de 0,43 no índice de área foliar entre as doses de 0 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Este resultado pode estar relacionado ao período o qual foi realizada a avaliação onde, nos primeiros estádios (entre roseta que se inicia aos 30 dias e o alongamento da haste aos 50 dias após a emergência) o aumento das doses de P pode ter sido responsável pelo alongamento mais acelerado da haste.

Deste modo, as plantas que não receberam adubação de semeadura podem ter tido o estágio de roseta prolongado, propiciando uma maior área de cobertura do sensor nas leituras em relação as plantas mais desenvolvidas.

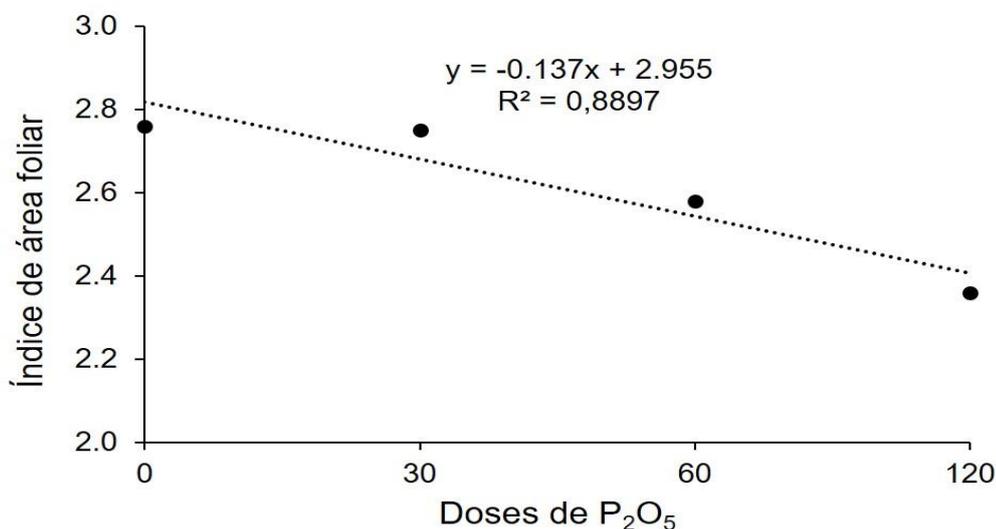


Figura 6. Índice de área foliar na cultura do cártamo em função das doses de fósforo. Jataí, GO, 2019.

Apesar de haver variações nos parâmetros biométricos (Tabela 5), os resultados observados para o número de capítulos produzidos por planta, número de capítulos chochos, número de grãos por capítulo e matéria seca de plantas não refletiram em alterações nestes parâmetros nos tratamentos de forma isolada, tampouco na interação destes (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo das análises de variância para os parâmetros produtivos, número de capítulos granados (NCG), número de capítulos chochos (NCC), número de grãos por capítulo (NGC), massa de mil grãos (MMG), matéria seca (MS) e produtividade de aquênios (PROD) na cultura do cártamo.

Fontes de variação	NCG	NCC	NGC	MMG	MS	PROD
	P valor					
Doses de K ₂ O	0,1995 ^{ns}	0,0505 ^{ns}	0,6239 ^{ns}	0,0001 ^{**}	0,4579 ^{ns}	0,7066 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	0,3113 ^{ns}	0,3579 ^{ns}	0,9318 ^{ns}	0,0922 ^{ns}	0,0871 ^{ns}	0,7093 ^{ns}
Interação K ₂ O x P ₂ O ₅	0,8578 ^{ns}	0,0836 ^{ns}	0,3983 ^{ns}	0,1219 ^{ns}	0,2284 ^{ns}	0,4527 ^{ns}
	n ^o	n ^o	n ^o	g	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Média geral	8,15	0,9	16,37	33,82	11.629,50	844,00
CV%	25,27	39,44	24,20	2,03	21,57	13,98

^{ns} Não significativo, ^{**} Significativo a 1% pelo teste F.

Dentre os componentes produtivos, apenas a massa de mil grãos foi alterado pelas doses de K, sendo os dados ajustados ao modelo linear (Tabela 6 e Figura 7). O aumento das doses de K proporcionou incremento na ordem de 1,09 g entre as doses de 0 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondendo a 3% de aumento. A nutrição de potássio tem efeito pronunciado na partição de carboidratos por afetar tanto a exportação de fotoassimilados via floema (CAKMAK et al., 1994), o que pode redirecionar maior quantidade destes para o enchimento dos grãos. Este efeito positivo do K na massa de grãos de cártamo também foram observados por Abbadi e Gerendas (2008) nos dois anos agrícolas.

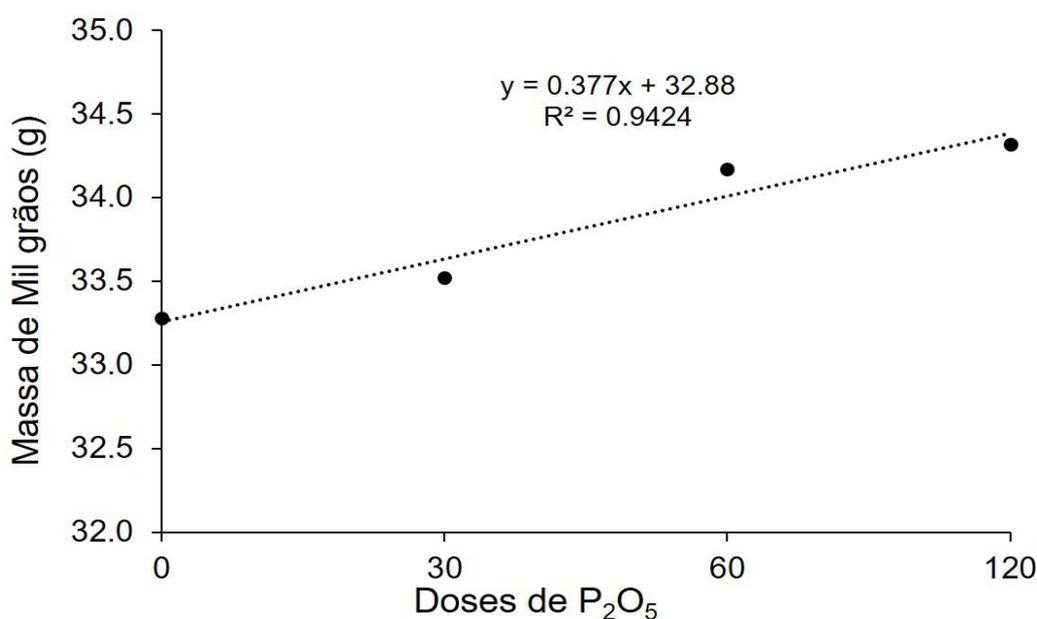


Figura 7. Massa de mil grãos da cultura do cártamo em função das doses de potássio. Jataí, GO, 2019

O acréscimo de 3% observado na massa de mil grãos, correspondendo ao incremento de 0,37g de grão a cada quilograma de P₂O₅ aplicados não foi suficiente para influenciar na produtividade de grãos do cártamo (Tabela 6).

Este fato pode estar relacionado a alta capacidade de captação dos nutrientes e eficiência de utilização pela espécie. A produção média de 800 kg ha⁻¹ com doses 0 de K₂O e P₂O₅ não se diferirem entre as maiores doses aplicadas, podem estar intimamente ligada a baixa exigência de potássio e fósforo da cultura como apontado por El-Naknally (1988), no qual estudando os efeitos entre as doses aplicadas de N-P-K notou que quando os níveis de P e K atingiram 46 e 25 kg ha⁻¹, respectivamente, apenas a adição de até 138 kg de N é responsável pelo acréscimo produtivo de

aproximadamente 718 kg ha⁻¹ de aquênios de cártamo quando comparado ao controle.

A textura do solo e os teores adequados dos nutrientes em questão podem ter sido fatores responsáveis pelo suprimento da demanda nutricional da cultura já considerada na literatura como uma espécie rústica e pouco exigente. Assim, tais fatores contribuíram para que os tratamentos aplicados tivessem pouco efeito sobre o desenvolvimento da cultura.

De acordo com Abbadi & Gerendas (2017), a recuperação de fósforo diminui com o aumento da oferta do nutriente externamente, bem como, há o aumento da exigência da planta pelo nutriente. O fato do cártamo ter uma maior eficiência de captação conferida ao seu sistema radicular, pode trazer benefícios ao sistema, recuperando-se o P não disponível quando não disponibilizado via sementeira.

Assim também ocorre com o suprimento de potássio, constatado por Abbadi (2008), no qual avaliando a eficiência do cártamo na captação e utilização de potássio, em diferentes texturas de solos, observou alta eficiência deste sobre a concentração de potássio em toda a planta, seja em solo argiloso ou arenoso, ainda que com suprimento subótimo, concluindo que esta possui baixa demanda por adição nutricional externa para incremento produtivo.

Quanto a composição do aquênio, notou-se que os tratamentos não influenciaram a fração da matéria seca de grão, proteína bruta, matéria mineral e extrato etéreo (Tabela 7). O cártamo produziu em média 138 kg de proteína por hectare e 268 kg de óleo, atingindo uma composição que variou de 30,20% a 41,05% de acordo com a matéria seca de grãos produzida.

Tabela 7. Resumo das análises de variância para as variáveis, matéria seca de grãos (MSG), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) e nos aquênios de cártamo.

Fontes de variação	MSG	PB (%MS)	MM (%MS)	EE (%MS)
	P valor			
Doses de K ₂ O	0,6391 ^{ns}	0,5715 ^{ns}	0,9127 ^{ns}	0,8068 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	0,5886 ^{ns}	0,8594 ^{ns}	0,8172 ^{ns}	0,6134 ^{ns}
Interação K ₂ O x P ₂ O ₅	0,3458 ^{ns}	0,2901 ^{ns}	0,4848 ^{ns}	0,1744 ^{ns}
	kg ha ⁻¹			
Média geral	738,83	139,28	17,13	268,35
CV%	17,55	17,68	17,43	17,22

^{ns} Não significativo, * Significativo a 5% pelo teste F.

Apesar do teor de óleo e proteína ser uma característica determinada geneticamente em diversas culturas, diversos autores constataram que este também pode ser influenciado pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento dos grãos (CHAMPOLIVIER; MERRIEN, 1996; RANGEL et. al., 2004; THOMAZ et al., 2012). Desta maneira, assim como para produtividade, a adubação não alterou a composição dos grãos, tendo produzido o mesmo teor de matéria mineral, matéria seca, óleo e proteína.

A partir dos resultados das análises de variância e as médias gerais referentes obtidas na cultura sucessora (soja) para os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S (Tabela 8) coletados no florescimento pleno da cultura da soja, notou-se que todos os nutrientes estavam dentro da faixa considerada adequada para cultura conforme Ambrosano et al. (1997), 40-54; 2,5-5,0; 17-25; 4-20; 3-10 e 2,1-4,0 g kg⁻¹ para o N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente.

Tabela 8. Resumo das análises de variância para teor foliar de N, P, K, Ca, Mg e S, na soja.

Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
	P valor					
Doses de K ₂ O	0,5173 ^{ns}	0,3472 ^{ns}	0,0462*	0,3717 ^{ns}	0,5531 ^{ns}	0,4825 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	0,9169 ^{ns}	0,0210*	0,7277 ^{ns}	0,8754 ^{ns}	0,7504 ^{ns}	0,7494 ^{ns}
Interação K ₂ O x P ₂ O ₅	0,6774 ^{ns}	0,1755 ^{ns}	0,0886 ^{ns}	0,3952 ^{ns}	0,3861 ^{ns}	0,5765 ^{ns}
	g kg ⁻¹					
Média geral	40,65	5,29	23,46	11,13	3,81	2,35
CV%	9,16	10,15	14,23	10,68	10,48	17,40

^{ns} Não significativo, * Significativo a 5% pelo teste F.

Houve efeito quadrático quanto ao teor de potássio foliar quando incrementadas as doses de K₂O aplicadas. Com ponto de mínimo teor acumulado na dose de 60kg ha⁻¹ houve uma redução de 6,69% nos teores entre a testemunha e a dose de 60 kg ha⁻¹ (Figura 8).

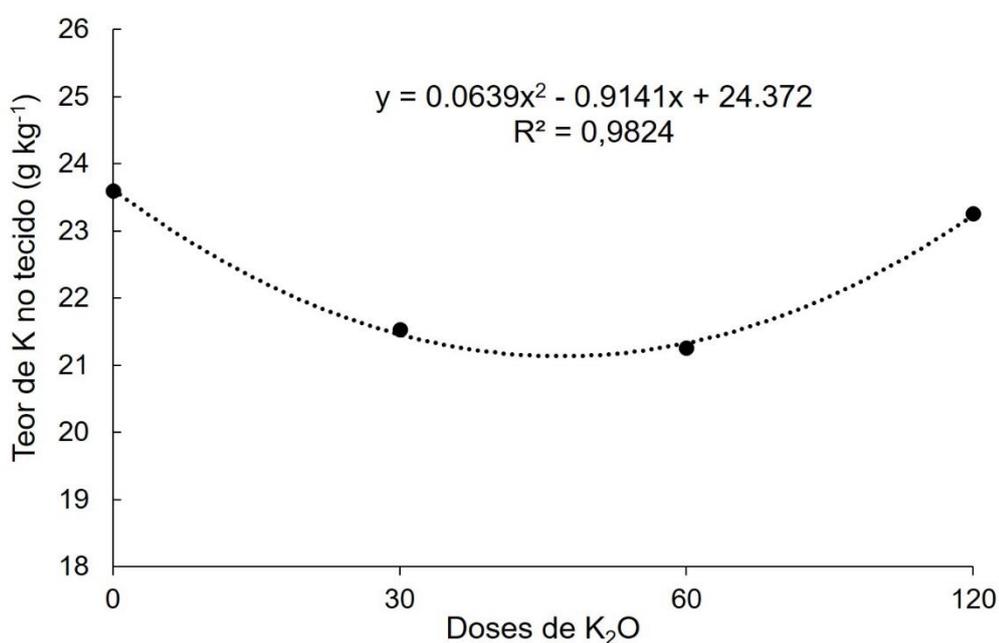


Figura 8. Teor foliar de potássio na cultura da soja em função das doses de K₂O. Jataí, GO, 2019.

Nota-se ainda um incremento sobre a dose de 60 e 120 kg ha⁻¹. Resultados similares também foram descritos por Ferrazza (2016), onde notou a diminuição dos teores de K, atribuindo tal resultado a diluição do K, conforme o acúmulo de matéria seca produzida e também ao teor de N na planta responsável pela absorção de potássio.

As doses aplicadas anualmente em sistemas de sucessão podem ter propiciado o suprimento da necessidade da cultura ainda que sobre a ausência de adubação na cultura antecessora vista a fertilidade do solo disponível na implantação do sistema. Diante disto faz-se necessário entender os fatores que influenciam a concentração de cada nutriente na planta. Sabendo-se que estas podem apresentar diferentes comportamentos quanto as concentrações de nutriente as quais foram submetidas.

De acordo com Borket et al. (1997) para a cultura da soja é necessária pelo menos a aplicação de 80 kg por hectare de K para manutenção da fertilidade do solo e para manter teor de K-trocável próximo ao teor inicial visando alta produtividade, fator este associado à alta porcentagem de K nas folhas de soja na floração.

A cultura manteve-se nutricionalmente acima do nível crítico (17-25 g kg⁻¹ de MS) em todos os tratamentos, ocasionada pela disponibilidade de K trocável nas camadas 0-20 cm constatado também por Borkert et al. (1997). O tipo de manejo adotado exerce efeito primordial sobre estes resultados no qual o histórico de fertilidade da área conta com adubações anuais de acordo com o recomendado para a cultura, além dos altos teores iniciais de K. Deste modo, a ausência de resposta aos teores aplicados na cultura antecessora que não expressou maior demanda por este nutriente, aliada às maiores doses acrescidas através da mineralização de K pela palhada pode ter condicionando um efeito de diluição com maior absorção do nutriente até certo limite e posterior a este o consumo passa a ser de luxo visto que não há aumento na produção, entretanto há a maior absorção do nutriente.

O teor de P nos tecidos foi incrementado de forma linear positiva com o aumento das doses (Figura 9). Podendo ainda ser maiores de acordo com Kurihara et al. (2008), quando a amostra coletada possui apenas o limbo foliar.

Resultados similares foram descritos por Procópio et al. (2005), onde avaliando absorção e utilização do fósforo pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas notou que o aumento no fornecimento de P ocasionou incremento na quantidade desse nutriente presente nos tecidos em todas espécies avaliadas.

Apesar dos solos argilosos e principalmente intemperizados possuírem alta capacidade de fixação de P, quando há o aumento na concentração deste elemento no solo pode-se exceder a capacidade de adsorção de P nos coloides (BENDIN et al., 2003; WHALEN & CHANG, 2002). Bem como a permanência da palhada da cultura antecessora na superfície do solo pode ter aumentado o nível de matéria orgânica responsável por propiciar um ambiente menos oxidativo em razão dos ácidos

orgânicos liberados pela palha, minimizando as reações de fixação de P no solo (CORRÊA et al., 2004; FRANCHINI et al., 2001).

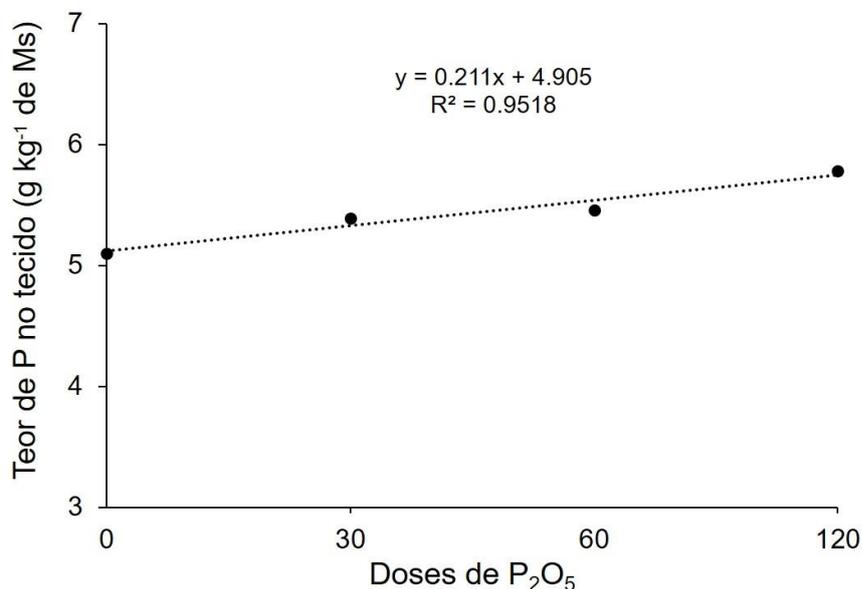


Figura 9. Teor foliar de fósforo na cultura da soja em função das doses de P₂O₅. Jataí, GO, 2019.

Contudo, é importante ressaltar que de acordo com a interpretação da análise química inicial do solo as quantidades de fósforo e potássio eram consideradas adequadas para o desenvolvimento das culturas, o que provavelmente proporcionou a extração dos nutrientes em quantidades adequadas para que completasse seu ciclo. Também salienta-se que a cultura antecessora (cártamo) possa ter contribuído na ciclagem dos nutrientes, principalmente por esta espécie apresentar raízes profundas, beneficiando a cultura sucessora (soja).

As características biométricas e o índice de clorofila falker na cultura da soja após a cultura do cártamo, não foram influenciadas pela interação dos fatores doses de K e P para (Tabela 9). Isoladamente, a adubação residual de fósforo afetou a altura de plantas significativamente, porém, assim como as doses de potássio, não houve efeito para as demais características biométricas.

Tabela 9. Resumo das análises de variância para os parâmetros biométricos, índice de clorofila falker (ICF), Índice de área foliar (IAF), altura (ALT), diâmetro da Haste (DH), altura de inserção da 1ª vagem, na cultura da soja.

Fontes de variação	ICF	IAF	ALT	DH	ALT V
	P valor				
Doses de K ₂ O	0,8644 ^{ns}	0,4010 ^{ns}	0,4174 ^{ns}	0,8141 ^{ns}	0,7539 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	0,1742 ^{ns}	0,2509 ^{ns}	0,0451*	0,9099 ^{ns}	0,1981 ^{ns}
Interação K ₂ O x P ₂ O ₅	0,4042 ^{ns}	0,2574 ^{ns}	0,4487 ^{ns}	0,7868 ^{ns}	0,8957 ^{ns}
	ICF	IAF	cm	mm	cm
Média geral	43,59	4,21	96,89	7,89	15,09
CV%	9,56	17,73	6,51	12,30	8,25

^{ns} Não significativo, ** Significativo a 5% pelo teste F.

Nota-se que as plantas de soja apresentaram uma altura média de 97 cm com as doses residuais (Figura 10). Este resultado pode estar associado ao teor de fósforo acumulado, sabendo-se que este é um dos elementos responsáveis pelo desenvolvimento das plantas, podendo interferir diretamente na altura de plantas (OLIVEIRA et al. 1982).

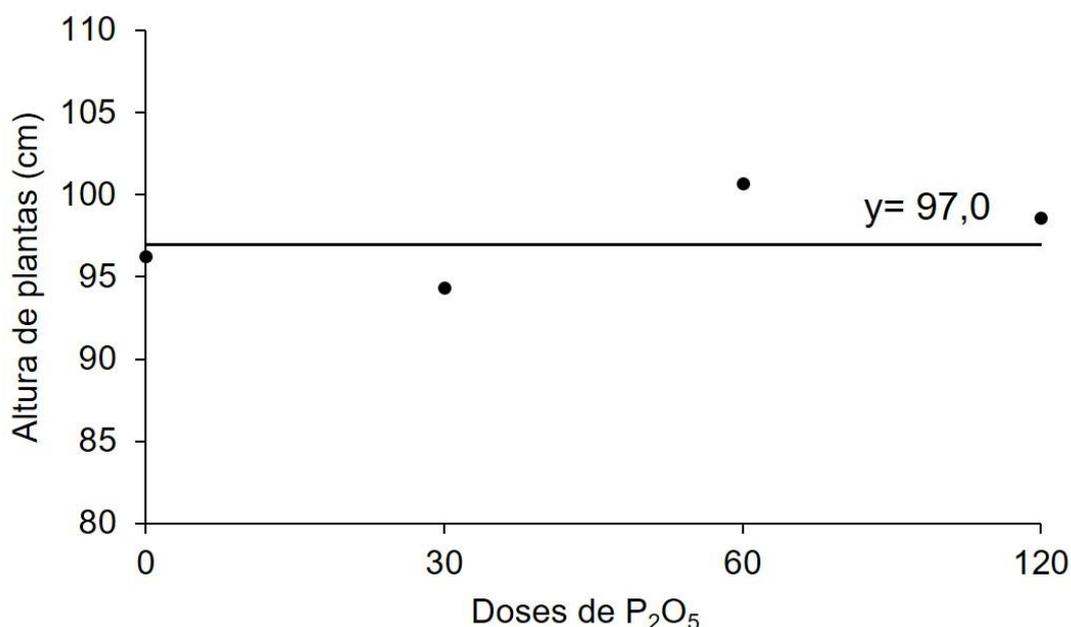


Figura 10. Altura de plantas de soja em função das doses de fósforo. Jataí, GO, 2019.

A velocidade de mobilidade do fósforo no solo é regulada por vários fatores como o teor de água no solo, a interação dos colóides do solo/nutriente e distância a ser percorrida até ser absorvido via contato com as raízes (BHADORIA et al., 1991).

Assim, infere-se que as maiores adubações podem ter sido responsáveis por um maior acúmulo de fósforo nas camadas mais superficiais mantendo uma alta concentração do nutriente na rizosfera, aliado a alta pluviosidade nos estádios iniciais da cultura que demanda maior quantidade de fósforo após esgotamento das reservas. Portanto, a relação entre estes fatores pode ter refletido sobre o desenvolvimento da planta em estatura bem como maior absorção de fósforo.

Silva et al. (2018), avaliando o desenvolvimento de plantas de soja submetidas a diferentes doses de fósforo aplicadas ao solo corroboraram a importância da adubação fosfatada, indicando que diferentes níveis de fósforo aplicados no solo promoveram maior estatura da planta. Assim também Zanella (2019), avaliando o efeito da antecipação da adubação em cultura de inverno sobre o desempenho agrônomo da soja constatou maior desenvolvimento inicial que resultaram em maior estatura de planta em função dos níveis de adubação.

Apesar do alto teor e absorção de fósforo, as plantas não responderam negativamente a esta aplicação como ocorreu com Valadão Júnior et al. (2008), os quais encontraram um modelo quadrático na resposta da altura de plantas de soja submetidas a cinco níveis de fósforo, justificando para tal a redução de absorção de zinco em doses elevadas de fósforo, bem como não foram notados sintomas de deficiência nutricional decorrente de desbalanço entre a absorção dos nutrientes.

As demais características biométricas não apresentaram efeito significativo por serem variáveis pouco influenciadas pelas nutrientes em questão. O ICF é uma característica maioritariamente influenciada pela qualidade nutricional da planta principalmente relacionada ao teor de N, atualmente a leitura do teor de clorofila tem-se tornado importante no monitoramento da lavoura, que pode detectar a deficiência de N (SOUSA et al., 2015). Portanto, esta é uma característica que independe dos tratamentos as quais as plantas foram submetidas.

A altura de inserção da primeira vagem de acordo com Santos et al. (2018) é particularmente relacionada à resposta de cada cultivar ao manejo de semeadura, indicando que a altura mínima da inserção da primeira vagem ideal está acima de 12 centímetros (AGUILA et al., 2011) visando o melhor a adaptação à colheita mecânica. Assim sendo, apresentando uma altura de inserção de vagem média de 15,09 cm (Tabela 9), esta encontra-se dentro da faixa ideal para colheita, sendo o manejo de

semeadura aplicado e as adubações antecipadas fatores alheios as respostas obtidas sobre esta característica.

Quanto aos componentes da produção e matéria seca de plantas não foi observado efeito de interação entre os fatores para nenhuma das variáveis, bem como analisando os fatores isolados os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 10). Estes resultados refletem os observados na nutrição mineral das plantas e parâmetros biométricos.

Tabela 10. Resumo das análises de variância para os parâmetros produtivos, Número de vagens por planta (NVP), Número de Grãos por vagem (NGV), Massa de mil grãos (MMG), e Produtividade de grãos (PROD) Matéria seca (MS), na cultura da soja.

Fontes de variação	NVP	NGV	MMG	PROD	MS
	P valor				
Doses de K ₂ O	0,9443 ^{ns}	0,4977 ^{ns}	0,4431 ^{ns}	0,1749 ^{ns}	0,7536 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	0,5302 ^{ns}	0,9910 ^{ns}	0,8539 ^{ns}	0,2664 ^{ns}	0,3137 ^{ns}
Interação K ₂ O x P ₂ O ₅	0,9606 ^{ns}	0,9943 ^{ns}	0,2435 ^{ns}	0,4135 ^{ns}	0,1809 ^{ns}
	n ^o	n ^o	g	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Média geral	47,05	2,39	168,50	3.815,91	1.748,44
CV%	20,60	5,32	6,78	15,69	24,10

^{ns} Não significativo pelo teste F.

A produtividade média de 3.816 kg por hectare de grãos, cerca de 64 sacas de 60 kg ha⁻¹, considerado acima da média nacional (Tabela 10). A antecipação da adubação com 100% das doses distribuídas na cultura de inverno não alterou o rendimento de grãos, mas deve-se levar em consideração a fertilidade do solo adequada, no perfil de 0-20 cm (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram obtidos por Cibotto et al. (2016) nos quais a antecipação total da adubação da soja em cultivos antecessores inverniais como de aveia preta, canola e trigo apresentaram um desempenho semelhante ao fornecimento tradicional, concomitante a semeadura da soja, concluindo que esta prática pode ser utilizada sem maiores comprometimentos a produtividade da cultura principal.

As maiores produtividades das culturas são alcançadas quando a disponibilidade de P no solo está na classe adequada ou acima dela, ou seja, com teores de P de 15 mg dm⁻³ a 20 mg dm⁻³. No presente estudo, o fósforo está acima do

requerido de acordo com a necessidade da cultura para atingir as expectativas de rendimento (SOUSA et al., 2016)

Diante disto, cabe a avaliação quanto a necessidade do manejo de adubação fosfatada, pois, Cancian (2018) constatou que em solos com teores muito altos de fósforo deve ser conciliado o manejo para um uso mais eficiente dos fertilizantes para haver maior lucratividade, visto que a ele ocorreu que o aumento da produtividade da soja obtido com as aplicações externas não foi economicamente viável.

Quanto a adubação potássica na cultura da soja, os resultados obtidos por Cavalli & Lange (2018) avaliando o efeito de adubação em culturas de inverno e o efeito residual sobre a soja, refutaram a necessidade da adubação na semeadura da soja quando são utilizadas culturas na entressafra. Principalmente quando cultivada em solos onde a adubação é realizada anualmente, visto que a soja não responde a aplicação de potássio em sistemas nos quais o teor deste nutriente no solo está adequado, não havendo interferência sobre a produtividade quando esta é 100% antecipada na cultura antecessora.

7. CONCLUSÕES

A adubação potássica e fosfatada em solos com fertilidade construída nos quais são adotados sistemas de sucessão não incrementaram a produtividade do cártamo.

A cultura do cártamo teve desenvolvimento satisfatório nas condições edafoclimáticas da região podendo representar uma cultura alternativa para cultivos na segunda safra sem fonte nutricional externa, nas condições as quais foi cultivado.

As doses antecipadas não exerceram efeito sobre a produtividade da soja.

A antecipação da dose total de P e K em SPD em sucessão dispensa a adubação de semeadura em solos com fertilidade construída.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBADI J. Phosphorus Use Efficiency of Safflower and Sunflower Grown in Different Soils. **World Journal of Agricultural Research**, Vol. 5, No. 4, 2017.
- ABBADI, J.; GERENDAS J. Effects of phosphorus supply on growth, yield, and yield components of safflower and sunflower. **Journal of Plant Nutrition**, 34:1769–1787, Jerusalem Palestine, 2011.
- ABBADI, J.; GERENDAS J. Effects of potassium supply on growth and yield of safflower as compared to sunflower. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 2008.
- ABIOVE - Associação brasileira das indústrias de óleos vegetais. Estimativa de oferta e demanda do complexo soja em 2015, **MAPA**, Brasília, 2015.
- ABUD, H. F.; GONÇALVES, N. R.; REIS, R. G. E.; GALLÃO, M. I.; INNECCO, R. Morfologia de sementes e plântulas de cártamo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 259-265, Fortaleza, 2010.
- AGUILA, L. S. H.; AGUILA, J. S.; THEISEN, G. Perdas na Colheita na Cultura da Soja. **Comunicado técnico embrapa**, 1806-9185. Pelotas, 2011.
- ANICÉSIO, E. C. A. **Nitrogênio e potássio na adubação do cártamo cultivado em Latossolo Vermelho**. (Dissertação de Mestrado) 74f. Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis, 2014.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC Official methods of analysis. 16^a ed. Washington, D.C, **AOAC International**, 1094p.1995.
- ARANTES, A. M. **Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) produção de biomassa, grãos, óleo e avaliação nutritiva da silagem**, (Dissertação de Mestrado), 34p., Instituto de Zootecnia, Nova Odessa-SP, 2011.
- BALARDIN, R. S.; DALLAGNOL, L. J.; DIDONÉ, H.T.; NAVARINI, L. Influência do Fósforo e do Potássio na Severidade da Ferrugem da Soja *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, 31:462-467, 2006.
- BARBOSA, C. J.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat. Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos, 2019.
- BENDIN I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIN V.; TOKURA A. M.; SANTO, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato **Revista Brasileira de ciência do solo**, 27:639-646, 2003.
- BEZERRA, M. G. S.; SANTOS, T. J. A.; DIFANTE, G. S. Crescimento e produtividade do girassol sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.6, n.2, p.19-25, 2016.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTHI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1269-1276, Brasília, 2007.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. A. Soja no Brasil: histórico e estatística. **EMBRAPA- CNPSo**, 61p. Londrina, 1987.

- BORDINGNON, J. R.; MANDARINO, J. M. G.; Soja: Composição Química, valor nutricional e sabor. **EMBRAPA: CNPSo**, 32p, Londrina, 1994.
- BORTOLHEIRO, F. P. A. P. **Caracterização de linhagens de Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) em condições de deficiência hídrica e reidratação.** (Dissertação de mestrado), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, 2009. 395 p.
- BRESSAN, S. B.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; BARBOSA, R. S.; SOUSA, L. B. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.371–378, Campina Grande, 2013.
- CAIRES, E. F.; SHARR, A.; JORIS, H. A. W.; BINI, A. R. Phosphate fertilization strategies for soybean production after conversion of a degraded pastureland to a no-till cropping system. **Geoderma**, v. 308, p. 120-129, 2017.
- CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSCHNER, H. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. **Journal of experimental botany**., 45, 1245-1250, 1994.
- CALEGARI, A.; TIECHER T.; HARGROVE, W. L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M. F.; SANTOS, D. R. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 133, p. 32–39, 2013.
- ÇAMAŞ, N.; ÇIRAK, C.; ESENDAL E. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in northern turkey conditions. **Journal of Fac. of Agric**, v. 22, n. 1, p. 98-104, 2007.
- CANCIAN, M. **Aplicação de cobre na cultura da soja com altos teores de fósforo.** (Dissertação de Mestrado), Santa Maria,2018.
- CARNEIRO FILHO, A.; COSTA, K. A expansão da soja no Cerrado Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. **Agroicone**, INPUT/ 2016.
- CASALI, C. A.; TIECHER, T.; KAMINSKI, J.; SANTOS, D. R.; CALEGARI, A.; PICCIN, R. **in:** Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Cap. 2, p. 23-33, 2016.
- CAVALLI, E.; LANGE A. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado mato-grossense. **Cultura Agrônômica**, v.27, n.2, p.310-326, Ilha Solteira, 2018.
- CHAMPOLIVIER, L.; MERRIEN, A. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. oleifera on yield, yield components and seed quality. **European Journal of Agronomy**, v.5, p.153-160.1996.
- CIBOTTO, D. V.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; MEERT, L.; BOTTEGA, E. L.; LEAL, G. B. Produtividade da soja com antecipação da adubação potássica nas culturas da aveia preta, canola e trigo. **Campo Digit@l: Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 11, n. 1, p.25-32, 2016.

CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de grãos **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acomp. Safra bras. grãos, v. 6 Safra 2018/19 .Terceiro levantamento, p. 1-127, Brasília, 2018.

CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de grãos **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acomp. Safra bras. grãos, v. 7 - safra 2019/20- n. 1 p. 1-114-Primeiro levantamento, Brasília, 2019.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. A produtividade da soja: Análise e perspectivas. **Compêndio de estudos Conab**. v.10. Brasília, 2017.

CORONADO, L. M. El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México, **CENEB-CIRNO-INIFAP**. Ciudad Obregón, Sonora, México, 2010.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.39, n.12, p.1231-1237. Brasília, 2004.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; MAGALHÃES, J. A.; Rodrigues, B. H. N.; Rodrigues, A. N. A. Adubação potássica na produção e composição química da forragem de *Arachis pintoi* cv Amarillo. **Pubvet**, v.9, n.2, p.65-69, 2015.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, R.; SANTANA, D.P. Plantio direto. **Agencia Embrapa de Informação tecnológica**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_592005_23355.html. Acesso: 20/11/2019.

DAJUE, L.; MÜNDEL, H. H. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crop. **IPGRI: International Plant Genetic Resource Institute**, 81sp., Rome, 1996.

DALL´AGNOL, A. A. Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições. **Embrapa**, Brasília, 2016.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. 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, SBCS/UFV, p. 92-132, Viçosa, 2007.

DORDAS, C. A.; SIOULAS, C. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.110, p.35-43, 2009.

EL-NAKHLAWY, F. S. Response of safflower to different levels of nitrogen, phosphorus and potassium. **Acta agronômica hungarica**, 40 (1-2), pp.87-92, 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS. Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil. **Embrapa Soja**, Londrina, 2000.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA J. A.; SANTOS F. C. Potássio. In: **Fertilidade do solo**. NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds) SBCS, 1017p., Viçosa, 2007.

FAO, Safflower. **Food and agriculture Organization of the United nations**. Disponível em: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/safflower/en/>. Acesso: 15/11/2019.

FAOSTAT, Food and agriculture Organization of the United nations. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso 15/10/2019.

- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização a Distância) Solos e Meio Ambiente. UFLA / FAEPE, Lavras, 2005.
- FARIA, L. A.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; SOUZA, C. M.; COLOMBO, G. A.; AFFÉRI, F. S. Oil and protein content in the grain of soybean cultivars at different sowing season. **Revista Brasileira de ciências agrárias**, v.13, n.2, e5518, Recife, 2018.
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Circular técnica, **Embrapa soja**, Londrina, 2007.
- FERRAZZA, J. M. **Antecipação da adubação potássica da soja aplicada na pastagem hibernal em sistemas integrados de produção agropecuária**. (Tese Doutorado), Curitiba, 2016.
- FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Rapid transformations of plant water soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant and Soil**, v.231, p.55-63, 2001
- FREITAS, S. M.; BARBOSA, M. Z.; FRANCA, T. J. F. CADEIA DE PRODUÇÃO DE SOJA NO BRASIL: o caso do óleo. **Informações Econômicas**, v.30, n.12, São Paulo, 2000.
- GABRIEL, S. G.; BUENO, A. C.; SANTOS, R. F. Resposta da soja (*glycine max* L.) à duas diferentes fontes de potássio. **Revista UNINGÁ Review**, vol.25, n.1, p. 5-9, Paraná, 2016.
- GERHARDT, I. F. S.; **Divergência genética entre acessos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)**. 2014. 43 f. Programa de Pós-Graduação em Agricultura. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Botucatu, São Paulo. 2014.
- GIRARDI, L. B.; BELLÉ R. A.; BACKES F. A.; PEITER, M. X.; NEUHAUS M.; SCHWAB, N. T.; SOUZA A. R. C.; LAZAROTTO, M.; BRANDÃO, B. Índice de velocidade de emergência em sementes de cártamo em dois substratos e diferentes capacidade de retenção. **VII ENSub**, Goiânia , 2010.
- GOLZARFAR, M.; SHIRANI RAD, A. H.; DELKHOSH, B.; BITARAFAN, Z. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) response to different nitrogen and phosphorus fertilizer rates in two planting seasons. **Žemdirbystė Agriculture**, vol. 99, No. 2 p. 159–166, 2012.
- GRANT, C. A.; FLATEN D.N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **informações agrônômicas**, N.95, Instituto postafós, Piracicaba, 2001.
- HUSSAIN, M. I.; LYRA, D.; FAROOQ, M.; NIKOLOUDAKIS, N.; KAHALID, N. Salt and drought stresses in safflower: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, n. 4, p. 1-31, 2016.
- IAL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Químicos e físicos para Análise de Alimentos. 3ª ed. **Instituto Adolfo Lutz**. 533p. São Paulo, 1985.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil. **Plataforma geográfica interativa**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/biomass> Acesso: 30/10/2019.
- KAFFKA, S. R.; KEARNEY T. E. Safflower production in california. **Agriculture & Natural resources**, 21565,1998.

KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A.; MAEDA, S. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e soja, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional. **FERTBIO**, 2008.

LOPES, A. S. Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. **ANDA**, 2ª edição, 62p., boletim técnico, São Paulo, 1994.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J.; ANDRADE, R. G.; ALVIZURI, C.; VENCOWSKY, R.; FREITAS, L. M. M. Estudos sobre a fertilidade dos solos do cerrado. Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo. **Anais da Esalq**, Vol 22, 1965.

MALEK, A. H.; FERRI, F. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on safflower yield in dry lands condition. **International Journal of Research in Agricultural Sciences**. Bhopal, v.1, n.1, p. 28-33, 2014.

MATTOS, E. C.; ATUI, M. B.; SILVA, A. M.; FERREIRA, A. R.; NOGUEIRA, M. D.; SOARES, J. S.; Estudo da identidade histológica de subprodutos de soja (*Glycine max* L.). **Revista Instituto Adolfo Lutz**. 74(2):104-10. São Paulo, 2015.

MENDONÇA, J. A.; RIBOLDI, L. B.; SOARES, C. D. F.; CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. Canola (*Brassica napus* L.) ESALQ. **Série Produtor Rural**, nº61, 32p.il. Piracicaba, 2016.

MEURER E. J; Il fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. SBCS, 1017p. Viçosa, 2007.

MONTEIRO, G. F. O cerrado brasileiro. **Embrapa cerrados**, n.4 p. 1-34, Distrito Federal, 2000.

MUÑOZ-ROMERO, V.; BENÍTEZ-VEGA, J.; LÓPEZ-BELLIDO, L.; LÓPEZBELLIDO, R. J. Monitoring wheat root development in a rainfed vertisol: Tillage effect. **European Journal of Agronomy**, v. 33, n. 3, 182-187, 2010.

OLIVEIRA, A. J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J. Adubação fosfatada no Brasil. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA**, Brasília, 1982.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1787-1799, 2011a.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.17-25, 2011b.

PASCHOAL, T. S. **Genótipos de Cártamo: produtividade de grãos teor de óleo e acúmulo de nutrientes do oeste do paraná**. (Dissertação de mestrado), 34p., Universidade Federal do Paraná, Cascavel, 2016.

PEREIRA, H. S. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. **Visão agrícola** n.9, 2009.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B.; OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, A. C. B. Evaluation of sunflower cultivars for central Brazil. **Scientia Agraria**, v. 65, n. 02, p. 139-144, Londrina, 2008.

- RAMOS JÚNIOR, E. U.; MACHADO, R. A. F.; OLIBONE, D.; CASTOLDI, G.; RAMOS, B. M. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 47-56, Londrina, 2013.
- RANGEL, M. A. S.; CAVALHEIRO, L. R.; CAVICHIOLLI, D.; CARDOSO, P. C. Efeito do genótipo e do ambiente sobre os teores de óleo e proteína nos grãos de soja, em quatro ambientes da Região Sul de Mato Grosso do Sul, safra 2002/ 2003. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, 2004.
- REZENDE, A. V.; FONTOURA, S. M. V.; BORGUI, E.; SANTOS, F. C.; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; BORIN, A. L. D. C. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Informações agronômicas**, International plant nutrition institute, n.156, 2016.
- RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, v. 59, n.3, p. 380-385, Viçosa 2012.
- ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T.; MONTANS, M.; STEINER F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um latossolo vermelho do cerrado. **Revista Brasileira de ciência do solo**, 2012.
- ROSSETO, C. A. V.; FERNANDES, D. M.; ISHIMURA, I.; RO SOLEM, C. A. Diferentes respostas de cultivares de soja ao potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.10, p. 1225-1231, Brasília, 1995.
- SAMPAIO, M. C. **Cultivo de Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) sob variação de adubações, densidades e épocas de plantio**. (Dissertação de mestrado) 63p. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2016.
- SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, vol.38 n.2, Santa Maria, 2008.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Embrapa, Brasília, 2018.
- SANTOS, L. G.; SOUZA, U. O.; CARVALHO, Z. S.; PRIMO, D. C.; SANTOS, A. R. Análise de crescimento do girassol em função do suprimento de fósforo e boro. **Bioscience journal**. v. 31, n. 2, p. 370-381, Uberlândia, 2015.
- SANTOS, R. F.; SILVA M. A. *Carthamus tinctorius* L.: Uma alternativa de cultivo para o Brasil. **Acta Iguazu** , 28p., v.4, n.1, p. 26-35, Cascavel, 2015.
- SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em latossolo húmico de santa catarina. **Revista brasileira de ciência do solo**, 22:57-62, 1998.
- SILVA, A. F.; LAZARINI, E. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n.1, p. 179-192. Londrina, 2014.
- SILVA, A. N.; BASSO C. J.; MURARO, D. S.; BREITENBACH, D. A. Doses de potássio no trigo cultivado em sucessão ao milho silagem. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.13 n.23, Goiânia, 2016.

SILVA, B. A. N. A. casca de soja e sua utilização na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, nº1, p.59-68, 2004.

SINGH, S.; ANGADI, S. V.; GROVER, K.; BEGNA, S.; AULD, D. Drought response and yield formation of spring safflower under different water regimes in the semiarid Southern High Plains. **Agricultural Water Management**, v. 163, n. 1, p. 354-362, 2016.

SMITH, J. R. Safflower. **The American Oil Chemists Society**, Urbana. 1996.

SOARES, L. E.; EMERENCIANO NETO, J. V.; SILVA, G. G. C.; OLIVEIRA, E. M. M.; BEZERRA, M. G. S.; SANTOS, T, J, A.; DIFANTE, G.S.Crescimento e produtividade do girassol sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** (RBAS), v.6, n.2, p.19-25, 2016.

SOARES, L. E.; SILVA, G. G. C.; EMERENCIANO NETO, J. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. Ed, p. 147-168. **Embrapa Informação Tecnológica** Brasília, 2004.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. Manejo da adubação fosfatada para culturas anuais no cerrado. **EMBRAPA Cerrados**, 10 p, planaltina, 2016.

SOUSA, M. G.; LOBATO, E. Latossolos. **Agência de informação embrapa**. Bioma cerrado. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acesso :30/10/2019.

SOUSA, R.; CARVALHO, M.; SILVA M. D.; SULIMARY G.; GUIMARAES W.; ARAUJO, A. Leituras de clorofila e teores de N em fases fenológicas do milho. **Colloquium Agrariae**, v. 11, n.1, p.57-63, Piauí, 2015.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sobre diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 24, p. 885-896, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.Ed.,954p, Porto Alegre: 2013.

THOMAZ, G. L.; ZAGONELI, J.; COLASANTEII, L. O.; NOGUEIRA, R. R. Produção do girassol e teor de óleo nos aquênios em função da temperatura do ar, precipitação pluvial e radiação solar. **Ciência Rural**, v.42, n.8, p.1380-1385, Santa Maria, 2012.

VALADÃO JÚNIOR, D. D. BERGAMIN, A. C.; VENTUROSO, L. R.; SCHLINDWEIN, J. A.; CARON, B.; SCHMIDT, O. D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, v. 09, n. 03, p. 369-375, 2008

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja. **POTAFOS Informações Agronômicas**, v.90, p.1-16. Piracicaba, 2000.

WACHSMANN, N.; POTTER, T.; SARDI, S.; BYRNE R.; KNIGHTS, S.; Raising the bar with better safflower agronomy. **Grains research and development Corporation**, Austrália, 2010.

WHALEN, J. K.; CHANG, C. Phosphorus sorption capacities of calcareous soils receiving cattle manure applications for 25 years. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, v.1011-1026, 2002.

ZANELLA, R. **Efeito residual da antecipação da adubação, aplicada na cultura da aveia, sobre o desempenho agrônômico da soja.** (Dissertação de mestrado), 70 f. em Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

ZENEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIGELA, P. Métodos físicos - químicos para análise de alimentos, **Instituto Adolfo Lutz.** 4ª ed., p. 1020, São Paulo, 2005.