

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE CRAMBE**

LUCAS POSSAMAI

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019**

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE CRAMBE

LUCAS POSSAMAI
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: PROF.^a DR.^a MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P856e Possamai, Lucas

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE CRAMBE [recurso eletrônico] / Lucas Possamai. -- 2019. Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Marlene Estevão Marchetti.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019. Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Biodiesel. 2. Eficiência Nutricional. 3. Teor de óleo. I. Marchetti, Marlene Estevão.
II. Título.

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

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

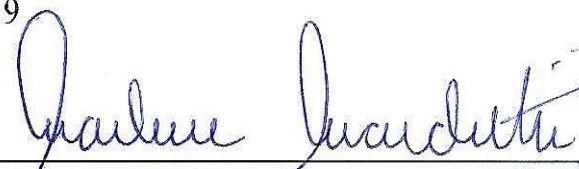
EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE CRAMBE

por

Lucas Possamai

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 12/02/2019



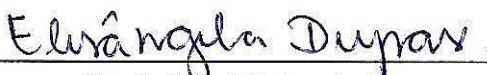
Prof.^a. Dr.^a. Marlene Estevão Marchetti

Orientadora – UFGD




Prof.^a. Dr.^a. Anamari Viegas de Araujo Motomiya

FCA/UFGD



Prof.^a. Dr.^a. Elisângela Dupas

FCA/UFGD



Prof.^a. Dr.^a. Simone Cândido Ensinas Maekawa

Membro titular UEMS

Não deixem que lhe façam pensar que você não é capaz de fazer algo porque essa pessoa não consegue fazer. Se você deseja alguma coisa, se quer realmente, lute por isso. Ponto final!

Christopher Paul Gardner

DEDICO.

Aos meus pais, Juventino Possamai e Alzira Molgato Possamai, pelo carinho e amor incondicional.

Também a pessoa que me fortalece todos os dias, Bruna Carolina Statkiewicz e ao nosso amado filho Lorenzo Possamai, vocês são tudo para mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade da vida.

Aos meus pais pelo acolhimento, pelos ensinamentos com palavras e, principalmente, com atitudes. Com certeza me espelho em vocês.

Aos meus irmãos Alex e Donizete que me ajudaram a chegar até aqui.

À minha irmã Janaina, que sempre me deu forças. Saiba que para mim você é como uma mãe mais nova.

À minha companheira de vida Bruna, por sempre me apoiar nos momentos fáceis e difíceis, por me dar segurança, saiba que você é a minha fortaleza.

Ao meu filho Lorenzo que alegria a minha vida, de todas as bênçãos que eu poderia receber você sempre será a maior e melhor de todas.

Ao Centro Universitário FAG e seus professores por me permitir chegar até aqui.

À Universidade Federal da Grande Dourados, em especial ao programa de Pós - Graduação em Agronomia por me permitir fazer parte de sua história.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa concedida.

À professora Marlene Estevão Marchetti, pela orientação, dedicação e contribuição para realização deste trabalho, pois é uma das poucas pessoas que tenho grande admiração, sendo um exemplo em todos os sentidos. Obrigado por aceitar me orientar, prometo honrar seu nome perante minha titulação.

A todos os professores da Pós-Graduação em Agronomia, em especial aos professores que tive a honra de ser aluno, Munir Mauad, Silvana de Paula Quintão Scalon, Manoel Carlos Gonçalves, Tathiana Elisa Masseto, Gessi Ceccon, Fabricio Fagundes Pereira e minha orientadora Marlene Estevão Marchetti, vocês são motivo de inspiração para mim. Obrigado pelos ensinamentos.

À professora Alessandra Mayumi Tokura Alovisi, pelas conversas, pelas dúvidas sanadas e pela oportunidade de aprender mais no estágio de docência.

A todos os colegas da Pós-Graduação em Agronomia, que sempre estiveram dispostos a ajudar.

Enfim agradeço a todos que direta ou indiretamente me ajudaram a vencer mais esta etapa.

Meu muito obrigado a todos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Matriz energética brasileira	15
2.2. A cultura do crambe	16
2.3. Teor de óleo em sementes de crambe	19
2.4. Fertilidade do solo e nutrição das plantas.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Caracterização do local experimental.....	23
3.2 Dados metereológicos.....	23
3.3 Genótipos utilizados	24
3.4 Implementação do experimento.....	24
3.5 Delineamento experimental e avaliações	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Avaliação das variáveis: floração, altura, ciclo, massa seca da parte aérea, produtividade e teor de óleo	27
4.2 Acúmulo de macronutrientes na cultura do crambe	32
4.3 Acúmulo de micronutrientes na cultura do crambe	36
4.4 Exportação de macronutrientes nos grão de crambe	38
4.5 Exportação de micronutrientes nos grãos de crambe	41
4.6 Eficiência nutricional de macronutrientes em crambe	43
4.7 Eficiência nutricional de micronutrientes em crambe	44
5. CONCLUSÃO.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE TABELAS

PÁGINA

Tabela 1- Estimativa da porcentagem de óleo nas sementes das principais espécies de oleaginosas.....	20
Tabela 2- Floração, ciclo, altura, massa seca da palhada, produtividade e teor de óleo de genótipos de crambe.....	28
Tabela 3- Acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em genótipos de crambe.....	33
Tabela 4- Acúmulo de boro, cobre, ferro, manganês e zinco em genótipos de crambe.....	38
Tabela 5- Exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, manganês e enxofre em genótipos de crambe.....	40
Tabela 6- Exportação de boro, cobre, ferro, manganês e zinco em genótipos de crambe.....	42
Tabela 7- Eficiência na utilização de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, manganês e enxofre em genótipos de crambe.....	43
Tabela 8- Eficiência na utilização de boro, cobre, ferro, manganês e zinco em genótipos de crambe.....	44

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1- Precipitação pluviométrica mensal e temperatura média durante o período experimental	23
Figura 2- Campo experimental instalado na Fazenda da Fundação MS, em Maracaju-MS.....	25

RESUMO

POSSAMAI, Lucas. Universidade Federal da Grande Dourados, Fevereiro de 2019. **EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE CRAMBE**. Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marlene Estevão Marchetti.

O crambe pertence à família das crucíferas, nativa da região do Mediterrâneo, a qual demonstra adaptabilidade ao clima brasileiro, com isso será uma alternativa para alavancar a matriz de óleos vegetais e o programa de biodiesel do Brasil. Objetivou-se com este trabalho avaliar 20 materiais de crambe no sul do estado de Mato Grosso do Sul, (dentre eles a única cultivar brasileira, que foi tida como testemunha, FMS BRILHANTE), as variáveis estudadas foram: dias para florescimento, altura de plantas, ciclo, produção de massa seca da parte aérea, acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea, produtividade de grãos, teor de óleo, exportação de nutrientes nos grãos, bem como a eficiência na utilização dos macronutrientes e micronutrientes. O experimento foi instalado na fazenda aeroporto da Fundação MS em Maracaju-MS, em maio/2017, disposto em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas tiveram seis linhas com 5 m de comprimento e espaçadas a 21 cm. Utilizou-se 200 kg/ha do fertilizante 10-15-15. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0.05$). Dos genótipos estudados neste experimento o FMSCR 15 foi superior aos demais na produção de matéria seca da parte aérea, grãos e teor de óleo, foi ainda o mais eficiente na utilização dos macronutrientes, P, K e Mg e dos micronutrientes, Fe, Cu e Mn e esteve entre os mais eficientes na utilização dos nutrientes: N, Ca, S, B e Zn, assim como o FMSCR 11 que merece atenção, pois esteve entre os melhores na eficiência de Ca, S e B, além de estar entre os 3 mais produtivos. Dessa forma os genótipos FMSCR 15 e 11 podem ser considerados como genótipos com potencial para subsidiar programas futuros de melhoramento genético para esta cultura, podendo obter resultados superiores a única cultivar brasileira FMS BRILHANTE.

Palavras-chave: Biodiesel, Eficiência nutricional, Teor de óleo.

ABSTRACT

POSSAMAI, Lucas. Federal University of Grande Dourados, February 2019. **NUTRITIONAL EFFICIENCY AND AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF CRAMBE GENOTYPES..** Mentor: Dr.^a Marlene Estevão Marchetti.

The crambe belongs to the cruciferous family, native to the Mediterranean region, which demonstrates adaptability to the Brazilian climate, with which it will be an alternative to leverage the matrix of vegetable oils and the Brazilian biodiesel program. The objective of this work was to evaluate 20 crambe materials in the southern state of Mato Grosso do Sul (among them the only Brazilian cultivar, which was taken as a witness, FMS BRILHANTE), the variables studied were: days for flowering, height plants, cycle, dry matter production of aerial part, accumulation of macro and micronutrients in the aerial part, grain yield, oil content, export of nutrients in the grains, as well as efficiency in the use of macronutrients and micronutrients. The experiment was installed at the Fazenda MS airport farm in Maracaju-MS, in May / 2017, arranged in a randomized complete block design with four replicates. The plots had six lines 5 m long and spaced at 21 cm. 200 kg / ha of fertilizer 10-15-15 was used. Data were submitted to analysis of variance and means were compared by the Scott-Knott test ($p < 0.05$). From the genotypes studied in this experiment the FMSCR 15 was superior to the others in the dry matter production of the aerial part, grain and oil content, it was also the most efficient in the use of the macronutrients, P, K and Mg and of the micronutrients, Fe, Cu and Mn and was among the most efficient in the use of nutrients: N, Ca, S, B and Zn, as well as FMSCR 11 that deserves attention, since it was among the best in the efficiency of Ca, S and B, besides being among the 3 more productive. In this way the genotypes FMSCR 15 and 11 can be considered as genotypes with potential to subsidize future programs of genetic improvement for this crop, being able to obtain results superior to the only Brazilian cultivar FMS BRILHANTE.

Key words: Biodiesel, crop rotation, build-up nutrients.

1. INTRODUÇÃO

A expectativa é que a população mundial aumente de forma considerável nos próximos anos, dessa forma o consumo de energia deve subir exponencialmente. No Brasil a matriz energética é caracterizada pela grande participação de fontes de energias renováveis em sua natureza, com 44,1% (BRASIL, 2012). Como bem menciona Tolmasquim (2012), a identificação do país como potência mundial na geração de energia não é um exagero, sendo este fato possibilitado por ser rico em alternativas de produção das mais variadas fontes.

A cultura do crambe aparece com grande potencial para a produção de matéria-prima, para fins industriais e, também como oleaginosa a ser utilizada na produção de biodiesel, ainda pode ser aproveitada como adubação verde na cobertura de solos e também na rotação de cultura, fator indispensável para minimizar a degradação do solo e o controle de plantas daninhas (MÖLLER, 2011).

Nos anos 80, após a introdução do crambe nos Estados Unidos da América, Reino Unido e outros países europeus como Itália, França e Portugal as pesquisas com essa cultura se intensificaram, mas apesar dessa intensificação as áreas de cultivo nestes países não aumentaram de maneira expressiva já que nessas regiões as áreas cultivadas concorrem com outras culturas consideradas principais na safra, como milho, soja e o trigo. Pondera-se que são locais onde não é possível cultivar o crambe em safrinhas de verão. Sendo assim, o crambe tem se espalhado para outros países como a África do Sul, Austrália, Paraguai e o Brasil (PITOL et al., 2010).

Além do fator climático, o solo é outro fator importante para o cultivo de qualquer cultura, o crambe retira quantidades expressivas de nutrientes, sendo então necessárias as suas reposições (BROCH e ROSCOE, 2010).

Segundo Marschner (2012), as plantas necessitam de elementos minerais essenciais, e quando existe a deficiência ou a indisponibilidade de um destes nutrientes as plantas tem dificuldade de expressar o seu potencial máximo e completar seu ciclo de vida.

No entanto, as espécies vegetais têm diferentes exigências nutricionais, necessitando de melhor exploração da planta para determinar suas necessidades em relação aos nutrientes (EPSTEIN e BLOOM, 2004).

Na agricultura, a qualidade e a quantidade de um produto colhido, são altamente influenciadas pela nutrição e pela eficiência de utilização dos nutrientes pelas plantas

(PASCHOAL, 2016). De acordo com Israel e Rufty Júnior (1988) a eficiência nutricional é a relação entre a biomassa total e a quantidade de nutriente absorvido.

A única cultivar de crambe nacional FMS Brilhante tem demonstrado em alguns trabalhos alta variabilidade genética, podendo assim servir como fonte de genes ou alelos, podendo ser utilizados em programas de melhoramento para obtenção de cultivares mais produtivos e com maior uniformidade (GONÇALVES et al., 2016).

O ponto chave para o desenvolvimento da cultura do crambe no Brasil, nos anos seguintes deve ser o lançamento de novas cultivares, aliado à estruturação da cadeia produtiva, possibilitando inúmeros benefícios sociais, econômicos e ambientais. Para isso é imprescindível desprendimento público e privado com fins de promover a estruturação da cultura no Brasil (COLODETTI et al., 2012).

Poucos estudos com essa cultura tem sido desenvolvidos, com isso a tendência é que a literatura aprimore as informações sobre seu cultivo. Objetivou-se com este trabalho avaliar características agronômicas como dias de florescimento, altura, ciclo, matéria seca da parte aérea, acúmulo de nutrientes na parte aérea (sem o grão), produtividade de grãos e teor de óleo de genótipos da cultura do crambe, bem como a exportação de nutrientes nos grãos e eficiência na utilização de macro e micronutrientes, em experimento realizado no sul do estado do Mato Grosso do Sul.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Matriz energética brasileira

O cenário energético brasileiro é favorecido pelas próprias características do seu território, considerando o clima e os bens naturais que favorecem o uso de fontes de energia, tendo, por esse motivo, uma matriz elétrica predominantemente renovável, tanto que tem se destacado entre os demais países do mundo como um dos maiores investidores nessas fontes alternativas de energia.

De acordo com Bronzatti e Iarozinski Neto (2008), o Brasil tem como característica predominante em seu cenário energético o potencial para a produção de combustíveis fósseis.

De toda a energia que é consumida no nosso planeta, a maior parte é proveniente de petróleo e seus derivados, da queima do carvão e do gás natural. A ciência está buscando outras formas de energia para atender a demanda crescente, de maneira quantitativa, sempre visando cuidados com o meio ambiente e, também buscando a obtenção de lucro com essas outras fontes (CATTANÊO, 2014).

Para Boiral (2004) existe uma preocupação com questões ligadas a preservação ambiental no quesito energia, pelo fato das empresas estarem sujeitas a pressões sociais, para que seja diminuída as atividades que causem danos ao meio ambiente, sendo assim um ponto positivo para as entidades que primam por esses cuidados.

Além das questões ambientais, outra preocupação é o aumento da demanda de energia e a diminuição nas reservas de petróleo, o que acarreta em aumento da necessidade e a urgência em substituir os combustíveis de origem fósseis, não renováveis, por outras fontes que sejam renováveis (SORANSO et al., 2008).

A energia de fonte renovável é definida por Silva (2012) como aquela fonte que é impossível ter certeza temporal para o seu fim, ou seja, são consideradas inesgotáveis, porém a quantidade de energia possível é limitada, como exemplos os raios solares, ventos e movimento das marés.

Conforme Parizotto (2014), a necessidade de obter energia por meio de fontes renováveis tem movido empresas e governos a somarem esforços e a pesquisas na busca de uma opção viável e lucrativa, como a energia solar, eólica e os biocombustíveis.

Com isso muito se pesquisa sobre culturas energéticas oleaginosas capazes de serem utilizadas como fonte de matéria prima para a produção de energias alternativas como o biodiesel (FEROLDI, 2012). Várias espécies com potencial oleaginoso são

pesquisadas para que surjam novas possibilidades concretas de aplicação e obtenção de combustíveis alternativos (TRZECIAK et al., 2008). Exxonmobil (2012) corrobora que existe uma dependência atual e futura do mundo por energia de matrizes não renováveis.

Fornasari (2014) descreve em seu trabalho que uma das opções dentro das fontes de energia renováveis é a produção de óleos vegetais para a geração de biocombustíveis, os quais estão presentes em vários países e são consideradas fontes viáveis economicamente e, também ambientalmente. O Brasil, por ser um país com amplas áreas de terras voltadas para a produção agrícola, possui grande potencial na produção de matéria prima para biocombustíveis. A inclusão dos biocombustíveis na matriz energética do Brasil e em outros países do mundo vem acontecendo através da obrigatoriedade de se misturar o biocombustível ao diesel tradicional.

Com isso as oportunidades para o setor público e privado aumentam, pois a inserção dos biocombustíveis é fortemente influenciada pelo aumento do preço do barril do petróleo, pelas inseguranças climáticas e o aumento do apelo ao uso de energia que não degrade o meio ambiente. Dessa maneira é facilmente verificado grande aumento de investimentos em projetos e pesquisas relacionados aos biocombustíveis (GARCIA e COSTA, 2011).

2.2. A cultura do crambe

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma oleaginosa da família das brassicaceae, uma crucífera de inverno, sendo proveniente da região de transição entre temperada e quente, com precipitação moderada da Etiópia (PITOL, 2008).

Domesticado e adaptado nas regiões secas e frias do Mediterrâneo foi introduzido nos Estados Unidos da América do Norte (EUA) pela Estação Experimental de Agricultura de Connecticut em 1940. Os estudos de avaliação como produto agrícola iniciaram no estado do Texas em 1958. Desde então, tem sido cultivado em diversas áreas dos EUA. No mundo, o crambe está sendo cultivado em maior escala no México e Estados Unidos, tendo fins industriais, não concorrendo com a alimentação humana (FUNDAÇÃO MS, 2010).

Existem 39 espécies do gênero crambe conhecidas. O *Crambe abyssinica* Hochst pois possui genética estreita, o que dificulta o seu melhoramento genético (WARWICK e GUGEL, 2003). No Brasil, a única variedade foi lançada pela Fundação MS no ano de 1995, denominada FMS Brilhante, obtida a partir de materiais adaptados no México. As

pesquisas agora buscam novas variedades para que a planta se torne cada vez mais cultivada.

Na Europa, o melhoramento do crambe ocorreu em centros de pesquisas na cidade de Wageningen na Holanda (MULDER e MASTEBROEK, 1996) e na Itália, em 1995, o Instituto Sperimentale per le Colture Industriali em Bolonha apresentou um pedido de registo de um novo genótipo, a cultivar 'Mario', selecionado para as condições de cultivo da Itália. Na Holanda, foram lançadas as variedades Galáctica, Nebula, Charlotte e Carmen nos anos 90 (PITOL e ROSCOE, 2010).

É uma planta herbácea anual, tem em média 1 m de altura, sua ramificação se dá próximo ao solo desenvolvendo galhos que se ramificam, formando assim galhos terciários. Suas folhas são ovais e assimétricas, suas flores são brancas e produzem grande número de sementes (OPLINGER et al., 1991), que são albuminosas, ortodoxas, do tipo cariopse e tem seu eixo embrionário curvo contendo plúmula que é protegida por uma fina cobertura mucilaginosa (SOUZA et al., 2009).

O pericarpo permanece aderido na semente mesmo após a colheita, representando cerca de 30% do peso total dos frutos, e com elevado teor de celulose e lignina (GASTALDI et al., 1998). Seu pecíolo possui aproximadamente 20 cm de comprimento e é pubescente (OPLINGER et al., 1991).

Seu fruto é uma síliqua de desenho esférico primeiramente verde, tornando-se amarelas com a maturidade e espalhadas por todos os galhos da planta. Cada síliqua possui uma semente de cor verde ou marrom esverdeado com diâmetro entre 0,8 a 2,5 mm (DESAI et al., 1997).

Segundo Toebe et al. (2010), é uma importante cultura, tolerante ao frio sendo que a planta é capaz de resistir sem maiores danos temperaturas de até $-6,0^{\circ}\text{C}$ (PILAU et al., 2011), e requer temperaturas entre 15°C e 25°C em seu período vegetativo (FALASCA et al., 2010).

Devido sua grande tolerância a secas e seu curto ciclo (por volta de 90 dias de cultivo) apresenta certa vantagem diante de outras oleaginosas, além de seu cultivo mecanizado e custos de produção relativamente baixos (ONOREVOLI, 2012). Sua tolerância em climas, seco e frio, faz com que no Brasil sua implantação possa ser no outono e inverno (FUNDAÇÃO MS, 2014).

Quando comparado com a colza e a canola, o crambe tolera melhor temperaturas mais elevadas, permitindo, assim, que o seu plantio se amplie a regiões mais quentes do Brasil central. Apresenta boa adaptação, rusticidade, precocidade e bom desempenho

produtivo, ainda é ponderada como cultura de inverno. Por conta disso se caracteriza como alternativa para ser cultivada após a colheita da soja, no período entre março e abril (PLEIN et al., 2010).

As produtividades consideradas aceitáveis variam entre espaçamentos de 15 e 70 cm, entretanto maiores produtividades foram alcançadas com espaçamento de 15 e 30 cm. Quando cultivado em espaçamentos superiores a 80 cm exibe acamamento o que dificulta a colheita no Brasil sua produtividade é de 1000 a 1500 kg/ha (PITOL, 2008).

Em alguns campos experimentais da Fundação MS e do Centro Universitário-FAG a produtividade alcançou 2300 kg/ha (MAI NETO e PRIMIERI, 2009). Já nos EUA e na Europa, há relatos de produtividades superiores a 3000 kg/ha. Além do baixo custo na condução da cultura, o crambe surge como mais uma opção de cultivo no inverno podendo ter um retorno econômico sem grandes riscos de frustração de safra.

No Centro-Oeste brasileiro, o plantio é dependente da incidência de chuvas pré-plantio e pode variar entre os meses de abril a julho. O espaçamento deve ser de 17 a 45 cm entre linhas com densidade de plantio de 8 a 22,5 kg/ha, com profundidade de 3 cm (PITOL et al., 2010).

Segundo de Jasper et al. (2010), a cultura do crambe apresenta menor custo de produção, desde seu plantio e colheita até seu pré-beneficiamento, do que outras fontes oleaginosas como a canola, girassol e soja. No Brasil, desponta a adaptabilidade ao clima, rusticidade, precocidade, tolerância ao déficit hídrico e, a sua fundamental característica que é o ciclo de produção reduzido, ocorrendo por volta de 90 a 95 dias da data de semeadura até alcançar a maturidade fisiológica.

Apresenta-se assim como excelente opção para a rotação de culturas com grande potencial de ampliação como alternativa de safrinha em boa parte do cerrado brasileiro, não concorrendo com as culturas principais e as alimentares. Seu cultivo é inteiramente mecanizado com equipamentos utilizados em outros cultivos, como na soja, utilizando as mesmas máquinas e sistema de beneficiamento (semeadoras, colhedoras, armazéns) (ROSCOE e DELMONTES, 2008).

Ainda é capaz de fornecer inúmeros produtos como lubrificantes industriais, inibidor de corrosão, filmes plásticos, náilon, adesivos, isolantes elétricos e biocombustíveis. É possível utilizar o óleo de crambe como matéria prima para o farelo que pode ser utilizado como suplemento proteico na nutrição animal em porcentagem relativamente baixa (JASPER, 2009).

O uso de fluido isolante a base de óleos vegetais também tem se mostrado muito promissor no cenário do setor elétrico, por ter um produto final de segurança operacional, biodegradável o que acarreta em menor impacto ambiental e ser um produto que agrega valor no setor agrícola e industrial, atendendo desta forma os princípios de sustentabilidade que se faz tão necessário na manutenção da qualidade e da segurança do setor produtivo do agronegócio e elétrico (OLIVEIRA et al., 2015).

2.3. Teor de óleo em sementes de crambe

De acordo com o tipo de reserva predominante, as sementes podem ser classificadas em oleaginosas, onde prevalecem lipídeos (MARCOS FILHO, 2015), encontrados em todas as partes da semente, em maior parte no embrião (cotilédones) ou no endosperma (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Com exceção de alguns frutos, altas concentrações de lipídios distinguem as sementes dos outros órgãos da planta. Os lipídios são fontes de energia mais eficientes que os carboidratos, durante a germinação e, também, podem ter função de reserva e estrutural. Podem ser simples, compostos ou derivados, sendo a maioria presente em sementes do tipo simples, que incluem ésteres de ácidos graxos, e glicerol ou outros álcoois. Os principais ácidos graxos insaturados em sementes são o oleico, com uma ligação dupla (18:1), e o linoleico, com duas (18:2), representando cerca de 60% do peso de todos os lipídios presentes em oleaginosas.

Durante a germinação, as lipases hidrolisam os triglicerídios, formando glicerol e ácidos graxos; parte destes é transformada posteriormente em açúcares, desprendendo energia para a germinação. Em termos de óleos comestíveis é interessante o alto teor de óleo linoleico (milho, girassol) e baixo linolênico; este apresenta fácil oxidação durante o armazenamento e produção de sabor desagradável (MARCOS FILHO, 2015).

Em boas condições de solo e clima, as sementes de crambe apresentam de 26% a 38% de óleo segundo Silva e Freitas (2008) e Pitol (2008). Desai et al. (1997) confirmam que o conteúdo de óleo aproximado é de 40%, Toebe et al. (2010) afirmaram que suas sementes apresentem grande potencial para lubrificantes e teores de óleo que variam entre 30% e 45% da semente.

A semente de crambe é rica em óleo, porém possui alto teor de ácido erúico (cerca de 60%), não podendo, portanto ser destinado ao consumo humano, sendo seu uso recomendado como fonte de biomassa (ONOREVOLI, 2012; FUNDAÇÃO MS, 2018).

Lara et al. (2012) avaliaram o teor de óleo de progênies de crambe selecionadas a partir do método de seleção individual com teste de progênies sobre população do cultivar FMS Brilhante. As progênies foram aferidas quanto ao teor de óleo das sementes, comparadas com a testemunha (cultivar FMS Brilhante). O teor de óleo se mostrou uma característica importante em crambe e as progênies selecionadas exibiram variabilidade para tal, corroborando que existe potencial para seleção de melhores genótipos. Na Tabela 1 é possível verificar a média do teor de óleo de várias culturas, a cultura do crambe apresenta teores médios se comparados com outras culturas.

Tabela 1 - Estimativa da porcentagem de óleo nas sementes das principais espécies de oleaginosas.

Espécie	Teor de óleo (%)
Amendoim	40 a 50
Algodão	15 a 25
Babaçu	55 a 65
Canola	40 a 50
Cártamo	35
Dendê	45 a 50
Gergelim	50 a 55
Girassol	35 a 52
Linhaça	30 a 48
Mamona	40 a 50
Nabo forrageiro	35 a 50
Soja	18 a 22
Tungue	30 a 35
Pinhão-manso	38 a 45
Crambe	30 a 45

Fonte: Adaptado de GUERRA e FUCHS (2010).

2.4. Fertilidade do solo e nutrição das plantas

O crambe tem resposta quanto à fertilidade do solo muito similar com outras Brassicas, como Colza (*Brassica napus* L.) e Canola (*Brassica napus* L. e *Brassica rapa* L.) (KNIGHTS, 2002).

De maneira geral, o solo deve ser de boa a alta fertilidade, tendo camada de 0 a 20 cm corrigida, além de baixa saturação de Al^{3+} na camada de 20 a 40 cm (PITOL et al., 2010).

Na implementação da cultura, os solos devem ter teores de argila acima de 20% quando eutróficos e 25% quando distróficos (BROCH e ROSCOE, 2010). Os solos que vem proporcionando maiores produtividades são os argilosos, férteis e bem drenados,

porém, solos arenosos quando adubados corretamente, também, apresentam produtividades elevadas.

O crambe se desenvolve melhor com pH entre 6,0 a 7,0, com umidade na época de semeadura. O solo deve ser profundo, com boa capacidade de retenção de umidade. Em solos com altos níveis de silte, as plântulas são frequentemente fracas o que pode dificultar a germinação (DICRA, 2003).

O sistema radicular do crambe é profundo o que favorece o aproveitamento e a reciclagem dos nutrientes do solo, utilizando assim as adubações residuais das culturas anteriores, porém, é sensível ao alumínio tóxico, existindo assim a necessidade de perfil de solo bem corrigido (BROCH e ROSCOE, 2010), pois a presença de alumínio trocável no solo prejudica severamente a produção do crambe, assim como os baixos teores de cálcio e magnésio. Dessa forma, é importante a análise do solo, para se realizar a correção adequada, visando sempre o conjunto produtivo como um todo, e não somente a cultura do crambe.

Caso o ambiente de cultivo apresente deficiência ou ausência de algum dos macro ou micronutrientes, é necessário que haja o suprimento através da adubação para que a demanda da cultura seja atendida (MALAVOLTA, 2006).

Para Kano et al. (2010), é importante conhecer a capacidade de remoção de nutrientes de cada cultura, tendo em vista que a nutrição adequada poderá representar maior produção de sementes. O acúmulo dependerá do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada (FRANÇA e COELHO, 2001).

Para Colodetti et al. (2013), é fundamental conhecer a marcha de absorção de nutrientes de uma cultura. Deste modo, critérios relacionados à qual nutriente, à quantidade, bem como época de maior necessidade são essenciais para o manejo adequado. Também deve se analisar de que maneira os nutrientes interferem o desenvolvimento e produtividade da cultura para que haja maior produtividade com o menor custo possível (CORRÊA et al., 2001).

Segundo Coelho (2008), a disponibilidade de nutrientes no solo deve estar sincronizada com a necessidade da cultura considerando sua quantidade, forma e tempo, normalmente culturas com maior rendimento extraem e exportam maiores quantidades de nutrientes.

A quantidade de fertilizantes a ser aplicada deve sempre ser fundamentada pela análise química do solo, para assim verificar a real necessidade da cultura, tanto em

relação a qual nutriente como em relação à quantidade desse nutriente, levando em conta ainda, as condições do clima da região (SEREVINO et al., 2006).

Segundo Moreira et al. (2017) quando a cultura anterior for uma gramínea deve-se aplicar em média 55 kg/ha de nitrogênio (N) para produtividade média de 1500 kg/ha, se a cultura anterior for uma leguminosa a aplicação de N deve ser aplicado em média 25 kg/ha para produtividade de grãos de até 2000 kg/ha, para a aplicação de fósforo (P) e potássio (K) os valores são tabelados de acordo com os teores destes nutrientes no solo, para o macronutriente enxofre (S), deve-se aplicar 30 kg/ha na semeadura, isso quando os níveis no solo estiverem baixos, para o micronutriente boro (B) é recomendado à aplicação de 1 kg/ha na semeadura.

Colodetti et al. (2013), estudando a cultura do crambe verificaram que plantas de crambe com deficiência de K, obtiveram redução no crescimento e na resistência do caule, ficando assim suscetíveis ao acamamento.

Contudo devem ser consideradas as quantidades de nutrientes extraídas e exportadas pelas culturas para melhor planejamento da adubação. A diferença entre a quantidade de nutrientes que entra e que sai no sistema é o princípio do balanço de nutrientes. As entradas são calculadas com base na adubação realizada, fixação biológica e outras fontes em menor quantidade, e as quantidades de saídas, ou a quantidade exportada pode ser determinada pela análise do conteúdo de nutrientes nos produtos colhidos (CUNHA et al., 2010).

A necessidade de nutrientes de uma planta é determinada pela quantidade de nutrientes que essa planta é capaz de extrair do solo. Essa capacidade de absorção é influenciada por vários fatores como: clima, genótipo e sistema de plantio. Geralmente a absorção ocorre durante todo o ciclo em diversas velocidades de extração, o conhecimento sobre estes fatores são essenciais para definir as estratégias de adubação visando rendimentos elevados (ZOBIOLE et al., 2010), a saturação por bases adequada para o desenvolvimento e produção de grãos de crambe, evidenciam que em solo de textura média necessita ser de cerca de 50% sendo o crescimento e produção afetadas proporcionalmente ao aumento da saturação por bases.

São poucos os estudos relacionados à nutrição mineral do crambe, e boa parte busca analisar o desenvolvimento da cultura associado principalmente aos macronutrientes N, P e K. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas mais amplas voltadas à nutrição desta cultivar tanto para macronutrientes como micronutrientes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do local experimental

O experimento foi desenvolvido na Unidade Experimental Fazenda Aeroporto, Maracaju – MS, com coordenadas: Lat. 21° 36' S, Long. 55° 10' W, com altitude de 347 metros. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006), originalmente sob vegetação de cerrado. Através da análise de solo realizada antes da semeadura do experimento é possível verificar as características químicas do solo, a coleta do solo foi realizada na profundidade de 0-20 cm e os resultados foram os seguintes: pH (CaCl₂) = 5,16 ; M.O. = 39,21 g/dm³ ; P (Mehlich I) = 25,20 mg/dm³ ; K = 0,40 mg/dm³ ; Ca = 6,35 cmol_c/dm³ , Mg = 1,15 cmol_c/dm³, H+Al = 5,11 cmol_c/dm³, S = 17,65 mg/dm³, CTC = 13,01 g/dm³ ; V = 60,07%. Os micronutrientes também foram analisados apresentando 220,42 mg/dm³ de Fe, 25,18 mg/dm³ de Mn, 10,78 mg/dm³ de Cu, 3,05 mg/dm³ de Zn, 0,32 mg/dm³ de B. A cultura antecessora ao crambe era a soja, a cultura anterior ao experimento é de extrema importância para entender as demandas nutricionais do solo.

3.2. Dados Meteorológicos

As precipitações pluviométricas e as temperaturas médias foram registradas durante a realização do experimento, e estão apresentadas na figura 1.

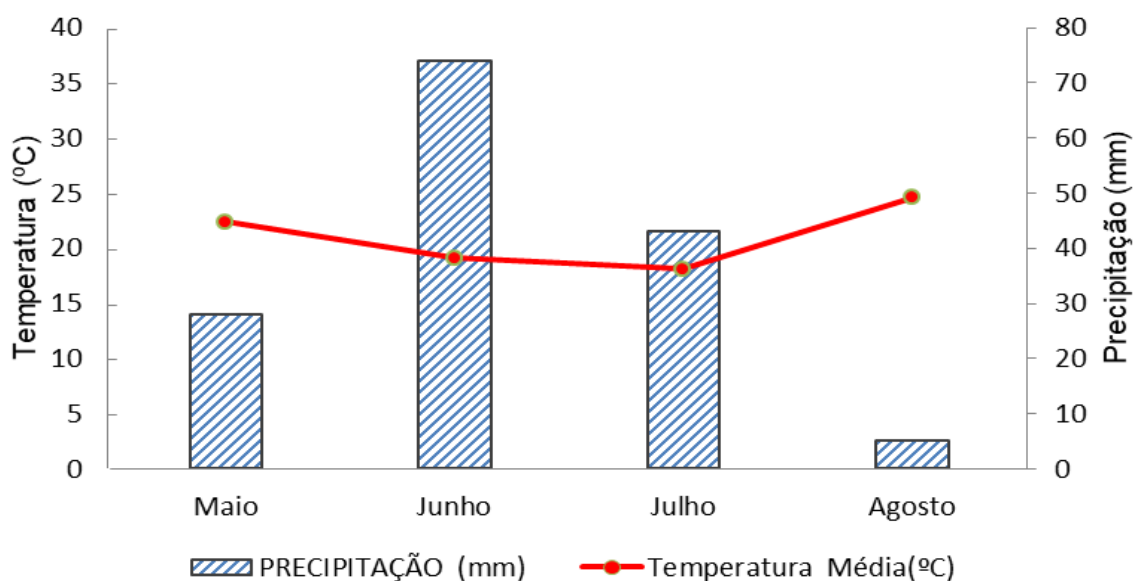


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal e temperatura média no período experimental, (maio a agosto/2017). Fonte: Autor.

3.3. Genótipos utilizados

Os genótipos utilizados nesse trabalho faziam parte do programa de melhoramento genético da Fundação MS, porém o programa de melhoramento para esta cultura está parado no momento.

O experimento incluiu 20 materiais, sendo eles, a testemunha FMS BRILHANTE, MARIO, GALÁCTICA, FMSCR 4, FMSCR 5, FMSCR 6, FMSCR 7, FMSCR 8, FMSCR 9, FMSCR 10, FMSCR 11, FMSCR 12, FMSCR 13, FMSCR 14, FMSCR 15, FMSCR 16, FMSCR 17, FMSCR 18, FMSCR 19, FMSCR 20, a FMS BRILHANTE é a única cultivar brasileira, Mario é uma cultivar italiana e galáctica é uma cultivar holandesa, todos os outros materiais são genótipos oriundos da cultivar FMS BRILHANTE.

3.4. Implementação e condução do experimento

O preparo do solo foi todo realizado, a semeadura foi realizada de forma mecanizada com auxílio de uma semeadora de parcela no dia 06/05/2017, a uma profundidade de 3 cm, a população utilizada foi de 1,2 milhão de plantas/ha ou 25,2 sementes por metro o que corresponde a 12 kg/ha de semente, que foram previamente tratadas com Carboxina + Tiram, visando proteger o sistema semente-plântula contra a ação de fungos fitopatogênicos do solo.

Para adubação, na semeadura, utilizou-se o fertilizante formulado 10-15-15 com a dosagem de 200 kg/ha, aplicado no sulco de semeadura. Não foi realizada adubação de cobertura.

Durante o desenvolvimento do experimento foi realizado o monitoramento periódico de pragas e doenças durante o ciclo da cultura. Não houve necessidade de aplicação de inseticidas, porém foi efetuada uma aplicação preventiva de fungicida no estágio de florescimento (200 g/l Azoxistrobina 80 g/l Ciproconazol, 300 ml/ha p.c.). Não houve a necessidade de aplicação de herbicida, sendo o controle de plantas daninhas realizado através da capina durante o ciclo da cultura.

3.5. Delineamento experimental e avaliações

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por 6 linhas x 5 m, espaçadas a 21 cm, totalizando 6,3 m² de área total. Para as avaliações foi considerado apenas as 4 linhas centrais totalizando 4,2 m² de área útil (Figura 2).



Figura 2. Campo experimental instalado na Fazenda da Fundação MS na cidade de Maracaju-MS. Fonte: Autor.

As variáveis avaliadas foram:

Dias de florescimento: contados a partir da emergência até o florescimento pleno da cultura.

Altura das plantas: A altura das plantas foi determinada no dia da colheita e compreendeu a distância entre o solo e a extremidade das plantas.

Ciclo da cultura: Foi determinado pelo período compreendido entre a semeadura e a colheita.

Produção de massa seca da parte aérea (sem os grãos): Após a colheita, 300 g da parte aérea das plantas (sem grãos) foram lavadas com água destilada e seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até massa constante e, subsequentemente, pesada para determinação da produção de massa seca da palhada.

Acúmulo de macro e micronutrientes: A matéria seca da palhada foi moída em moinho tipo Wiley, com peneira de malha 0,84 mm. Foi mineralizada pela mistura nítrico-perclórica (3:1 v/v), determinando-se os teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica. Os teores de K foram determinados por fotometria de emissão de chama e os de P e S por colorimetria. Para determinar o teor de N, foi utilizado o método semimicro Kjeldahl, com mineralização das amostras com ácido sulfúrico. A determinação do B foi realizada através da digestão por incineração e determinação colorimétrica já os outros micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) foram determinados por digestão nítrico-perclórica, conforme metodologia descrita por

Malavolta et al. (1997). O acúmulo de nutrientes foi calculada pelo produto da massa de matéria seca total da parte aérea e pelo teor de nutrientes nela contido.

Produtividade de grãos: A colheita foi realizada com uma colhedora de parcela, para determinar a produtividade, os grãos foram encaminhados ao laboratório para beneficiamento, realizando-se as pesagens e determinação da umidade, posteriormente, foi calculada a produtividade (kg/ha) corrigida a 13% de umidade.

Teor de óleo nos grãos: O teor de óleo foi determinado conforme a metodologia adaptada do Instituto Adolfo Lutz (2008), utilizando-se o extrator de óleo Soxhlet. Os grãos foram triturados em moinho analítico. Em seguida 5g da amostra triturada foram pesadas com papel filtro e transferidas para o cartucho do aparelho extrator. Um balão de fundo chato foi acoplado ao extrator, sendo adicionados 200 ml do solvente orgânico hexano. A chapa aquecedora foi ligada a uma temperatura constante e a extração realizada de forma contínua por 2h.

Posteriormente a extração do óleo realizada por 2h foram retirados os cartuchos, após a recuperação dos solventes os balões com o óleo extraído foram colocados em estufa a 105 °C, mantidos por cerca de 1h. Após esse período os balões foram retirados da estufa e colocados para resfriar em dessecador até atingirem a temperatura ambiente, em seguida foram pesados para assim determinar a quantidade de lipídios presentes.

Exportação de macro e micronutrientes: Uma amostra de 300g de grãos passou por procedimento idêntico à metodologia de: Acúmulo de macro e micronutrientes para assim obter os teores de macronutrientes e micronutrientes nos grãos. A exportação de nutrientes foi calculada pelo produto da produtividade de grãos e pelo teor de nutrientes nos grãos.

Eficiência na utilização de macro e micronutrientes: Como foram avaliados o acúmulo e a exportação de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S e os micronutrientes B, cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) a eficiência na utilização desses nutrientes, também foi avaliada.

A eficiência na utilização dos nutrientes foi obtida pela razão entre a produtividade dos grãos e a extração de nutrientes, sendo o resultado para os macronutrientes dado em kg de grãos/kg de nutriente extraído e para os micronutrientes dado em g de grãos/g de nutriente extraído (PASCHOAL, 2016).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa AgroEstat 1.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação das variáveis: floração, altura, ciclo, massa seca da parte aérea, produtividade e teor de óleo.

Para as variáveis: floração plena (flor) e ciclo da cultura (ciclo) (tabela 2), não houve diferença significativa ($p > 0,05$), as médias encontradas para estas variáveis foram de 49 e 96 dias respectivamente.

O crambe é uma cultura de ciclo de florescimento indeterminado, com isso a produção de sementes de crambe, ocorre por longo período, o que evidencia os efeitos da maturação fisiológica na qualidade das sementes (MARCOS FILHO, 2005; MEDEIROS et al., 2010).

O ciclo do crambe compreendido entre o plantio e a colheita não teve diferença estatística entre os genótipos, os valores encontrados corroboram com os encontrados em trabalho realizado por Jasper et al. (2009), que alegaram que o crambe ao se aproximar do término de seu ciclo, as folhas tendem a secar e cair das plantas, a coloração das sementes e de pequenos ramos tendem a amarelar, descendo pela base do caule, estes sinais segundo os autores ocorrem entre 90 e 110 dias após o plantio, atingindo assim o ponto de colheita. Beraldo (2010), pesquisando 6 épocas de semeadura para o crambe (setembro/2008, novembro/2008, janeiro/2009, março/2009, maio/2009 e julho/2009) no município de Jaboticabal, SP, verificaram que o ciclo da cultura foi de 83, 72, 78, 91, 85 e 81 dias, respectivamente, no mês de maio o ciclo foi de 85 dias valor este que se mostra inferior ao encontrado nos genótipos deste estudo que ficaram em média aos 96 dias.

Segundo Pitol et al. (2010), até o florescimento pleno, a necessidade máxima ideal é de 150 a 200 mm de água e, posteriormente esse período, o ideal é ausência de chuva, sendo tolerado até 20 mm de água. Como pode ser observada na Figura 1, durante o experimento, a precipitação pluvial posterior à floração foi maior do que a necessidade e este fato pode ter contribuído para o prolongamento do ciclo da cultura.

Pilau et al. (2011), em experimentos realizados em 2009 e 2010, verificaram ciclos que foram de 77 dias a 136 dias e, segundo os autores a temperatura ambiente foi a responsável pela variação do ciclo de desenvolvimento do crambe.

Tabela 2- Floração plena (FLOR), ciclo da cultura, altura (ALT), massa seca da parte aérea (sem grãos) (M.S.P.A), produtividade (PROD) e teor de óleo (ÓLEO) de genótipos de crambe, na região sul de Mato Grosso do Sul. Maracaju, 2017.

GENÓTIPOS	FLOR (dias)	CICLO (dias)	ALT (cm)	M. S. P.A (kg/ha)	PROD (kg/ha)	ÓLEO (%)
FMS BRILHANTE	46 a	94 a	116,75 b	1753,25 b	1454,40 b	36,51 b
GALÁCTICA	53 a	95 a	127,75 a	1478,27 d	1242,89 c	31,08 e
MARIO	47 a	95 a	125,00 a	1508,14 d	1272,10 c	36,09 b
FMSCR 4	51 a	96 a	124,50 a	1414,86 f	998,28 f	31,26 e
FMSCR 5	47 a	96 a	120,75 b	1483,20 d	990,77 f	32,66 d
FMSCR 6	47 a	98 a	120,25 b	1570,49 c	866,95 g	30,98 e
FMSCR 7	45 a	98 a	119,25 b	1430,47 e	1204,97 d	33,75 c
FMSCR 8	49 a	98 a	116,25 b	1502,71 d	1097,41 e	32,45 d
FMSCR 9	46 a	98 a	109,00 c	1362,18 g	1000,75 f	32,29 d
FMSCR 10	47 a	96 a	107,75 c	1495,06 d	995,71 f	31,78 e
FMSCR 11	47 a	96 a	102,50 d	1493,60 d	1446,42 b	33,25 c
FMSCR 12	51 a	94 a	93,75 e	1416,41 f	1044,13 f	33,18 c
FMSCR 13	51 a	94 a	95,75 e	1334,06 g	1267,05 c	32,20 d
FMSCR 14	52 a	98 a	93,75 e	1217,64 i	1240,42 c	31,49 e
FMSCR 15	50 a	98 a	109,75 c	1937,39 a	1707,81 a	38,57 a
FMSCR 16	49 a	98 a	117,25 b	1270,66 h	1113,57 e	32,69 d
FMSCR 17	48 a	94 a	118,25 b	1493,87 d	1184,54 d	31,14 e
FMSCR 18	53 a	92 a	101,50 d	1548,11 c	898,39 g	30,70 e
FMSCR 19	48 a	92 a	94,00 e	1392,59 f	810,78 h	31,56 e
FMSCR 20	48 a	94 a	93,50 e	1383,73 f	1109,53 e	33,27 c
Média	48,75	95,70	110,36	1474,33	1147,34	32,84
C. V. (%)	2,25	1,35	2,44	2,31	3,99	1,98

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste Scoot-Knott.

Já para altura de plantas, massa seca da palhada, produtividade e teor de óleo verificou-se diferença significativa a ($p < 0,05$). A altura das plantas variou entre 93,5 cm e 127,75 cm com média geral de 110,36 cm (Tabela 2). Desta maneira houve diferença estatística entre os genótipos que formaram 5 grupos de acordo com a análise estatística, onde os genótipos com maior estatura foram o GALÁCTICA, MARIO e FMSCR 4 com 127,75 cm, 125,00 cm e 124,50 cm (Tabela 2), respectivamente. Em trabalho realizado no oeste do estado do Paraná por Oliveira et al. (2015), o genótipo FMSCR 4 apresentou a maior altura entre 18 genótipos estudados tendo altura média de 123 cm, dentre os 18 genótipos a média geral foi de 109,22 cm. Na presente pesquisa o FMSCR 4 obteve valor similar estando entre as mais altas com média de 124,50 cm.

Viana (2013) observou alturas entre 99 cm e 111 cm para a cultivar FMS Brilhante. Em outros trabalhos, foram observadas médias de 108 cm (FREITAS, 2010),

83,7 cm (BOTTEGA et al., 2010) e 91cm (MAEKAWA JUNIOR et al., 2010), respectivamente.

Quando se fala em parâmetros genéticos em crambe Silva et al. (2014) reiteram que o melhoramento desta cultura precisa se concentrar na altura da planta, pois essa característica apresenta alta herdabilidade e correlação genotípica positiva com o número de ramificações e massa de mil grãos. Isso pode justificar as diferenças encontradas em diversos trabalhos para esta variável na cultura do crambe. Assim como questões climáticas, épocas de semeadura e densidade populacional podem justificar algumas alterações quanto ao tamanho da planta.

Para Gerhardt (2014), a altura de plantas é uma característica muito importante a ser analisada na seleção de genótipos, pois plantas muito baixas dificultam a colheita mecanizada, podendo ocorrer embuchamento do molinete da máquina colhedora e as plantas muito altas estão mais propensas ao acamamento no campo. Desta forma podem os genótipos que obtiveram altura intermediária são os que possuem melhor característica para variável altura das plantas.

A variável massa seca da parte aérea apresentou diferença estatística entre os tratamentos, sendo que os genótipos variaram entre 1270,66 e 1937,39 kg/ha, a média geral ficou em 1474,33 kg/ha (Tabela 2), estes valores ficaram abaixo dos encontrado por Heinz et al. (2011) e Lazaro et al. (2013), onde relataram que a massa seca da parte aérea da cultura do crambe é de aproximadamente 2500 kg/ha.

Mauad et al. (2013a) observaram que a produção de massa de matéria seca de crambe foi maior no florescimento (4070 kg/ha), em relação ao valor obtido na maturação dos grãos (2203 kg/ha). Segundo os autores isso se deve a queda acentuada de suas folhas a partir do florescimento.

A produção de massa seca da parte aérea foi a similar a encontrada por Pitol et al. (2010), que observaram valor de 1742 kg/ha. Em trabalho realizado por Silva et al. (2011) foram encontrados valores, que ficaram entre 6202 e 6439 kg/ha de massa seca para uma população de plantas estimada em um milhão de plantas por hectare, estes resultados são muito superiores aos encontrados neste trabalho. Essa diferença pode ser justificada pela época de colheita dos dois experimentos, enquanto no trabalho dos referidos autores ocorreu aos 86 dias em 2008 e aos 87 dias em 2009, neste foi efetuado em média aos 96 dias, onde a maioria das folhas já havia caído.

Por outro lado, Soratto et al. (2013), em trabalho realizado durante 2 anos avaliando a produção de massa seca no florescimento, observaram que os solos do

primeiro ano tinham saturação por bases de 54% e no segundo ano 60%. Os valores encontrados para massa seca da parte aérea foram de 2134 kg/ha no primeiro ano e de 1819 kg/ha no segundo ano; também a adubação realizada pelos autores foi de 150 kg/ha de NPK nos 2 anos, apresentando diminuição de 315 kg/ha do primeiro para o segundo ano, evidenciando ainda mais a proposta de Janegitz et al. (2010) que obtiveram resultados onde a cultura do crambe responde negativamente a elevação da saturação por bases, sendo que valores maiores que 50% podem prejudicar o desenvolvimento desta cultura, o que pode ser um dos fatores para a baixa quantidade de massa seca encontrada nesse trabalho.

Marschner (2012) cita que a disponibilidade de micronutriente no solo é afetada pelo pH, uma vez que ao elevar o pH do solo a disponibilidade de quase todos micronutrientes é diminuída, isso ocorre devido ao aumento da retenção no complexo coloidal ou a redução da solubilidade de suas fontes, corroborando com Valadares et al. (2014), onde trabalharam em solos com pH superior a 7,0, e verificaram redução da disponibilidade dos micronutrientes, as exceções neste caso são os micronutrientes Mo e Cl que respondem positivamente á elevação de pH.

Munoz Hernandez e Silveira (1998) analisaram plantas de milho e verificaram que o aumento da saturação por bases incrementou as quantidades de Ca e Mg do solo, proporcionando aumentos no crescimento das plantas e maior produção de massa seca. Porém, em trabalho realizado por Medeiros et al. (2008) com a cultura do milho, as elevadas concentrações de Ca trocável no solo provocadas pela adição dos corretivos da acidez com alta relação Ca:Mg inibiram a absorção de Mg e K pelas plantas, bem como o aumento da relação Ca:Mg no solo diminuiu a produção de massa seca e altura de plantas. Na cultura do crambe a saturação por bases acima de 50% pode ter favorecido os baixos valores produzidos de massa seca da palhada nesse trabalho.

Para produtividade de grãos verificou-se diferença significativa entre os genótipos, sendo que a maior produtividade foi obtida com o genótipo FMSCR 15 (1707,81 kg/ha), valor este superior à testemunha (Tabela 2). O menor valor encontrado foi pelo genótipo FMSCR 19 com 810,78 kg/ha e a média geral foi de 1147,34 kg/ha (Tabela 2).

Em trabalho realizado por Oliveira et al. (2015) o genótipo FMSCR 15 obteve rendimento médio no ano de 2014 de 1464 kg/ha, tendo rendimento superior a testemunha FMS Brilhante. Os valores para o genótipo FMSCR15 no presente trabalho foram superiores aos encontrados pelos autores acima.

A média geral entre os 18 genótipos avaliados por Oliveira et al. (2015) foi de 1229 kg/ha. Os autores estudaram 18 genótipos de crambe, dentre estes 10 obtiveram produtividade superior à testemunha FMS brilhante, vale ressaltar que todos os 18 genótipos estudados por Oliveira et al. (2015) participaram da presente pesquisa. No presente trabalho apenas o genótipo FMSCR 15 (Tabela 2), obteve produtividade superior à testemunha.

Segundo Pitol et al. (2010), a cultivar FMS Brilhante tem produtividade média de 1000 a 1500 kg/ha, porém vários autores obtiveram produtividades de grãos do crambe superiores a 1500 kg/ha, (JASPER et al., 2010; ROGÉRIO et al., 2012; ROGÉRIO et al., 2013; SANTOS et al., 2012). Nessa pesquisa a cultivar FMS Brilhante teve produtividade similar a encontrada por Pitol et al. (2010), com valor médio de 1454,40 kg/ha.

Em 1995, o Instituto Experimental de Culturas Industriais Bolonha, Itália, obteve novo genótipo: "Mario", selecionado para as condições centrais e setentrionais da Itália. Após 3 anos de ensaios experimentais este genótipo obteve rendimento médio de 2900 kg/ha, em outro experimento de 3 anos a cultivar Mario chegou produzir 4000 kg/ha (FILA et al., 2002). Na Áustria esta cultivar obteve produtividade que variaram de 970 kg/ha a 3330 kg/ha com teor de óleo de 23% a 38% Vollmann e Ruckenbauer (1993). Mostrando assim ser uma cultivar com grande potencial produtivo, principalmente as condições de clima na Italia.

Um dos fatores que pode influenciar essa diferença de produtividade de grãos é a precipitação pluviométrica. Roscoe et al. (2010) relatam que em solos com boa capacidade de retenção de água, o crambe tem produção satisfatória quando recebe pelo menos 50 mm de água após a semeadura, distribuída em duas chuvas. A necessidade ideal varia entre 150 e 200 mm de água, concentrando-se, principalmente até o florescimento pleno e que chuvas após este período não são necessárias. De acordo com a figura 1 é possível verificar que o volume de chuva até o florescimento não foi o desejado, e que após o florescimento houve precipitação que é considerada desnecessária, estes fatores podem ter influenciado negativamente a produtividade de grãos dos genótipos.

O teor de óleo apresentou diferença estatística a ($P>0,05$) variando de 30,70 % a 38,57% com média geral de 32,84%. Dos 20 materiais estudados, 7 obtiveram resultados acima da média geral, o FMSCR15 foi estatisticamente superior a todos os outros materiais (Tabela 2).

Alguns trabalhos demonstram que o teor médio de óleo dos grãos é de 38%, podendo este índice variar de acordo com as condições de clima e solo (SILVA et al., 2011). Em pesquisa realizada com 8 amostras de grãos com casca, de crambe FMS Brilhante, Souza et al. (2009) observaram teor de óleo médio de 44,1%, este valor é muito superior aos encontrados nesse trabalho. Adamsen e Coffelt (2005), em estudo realizado no Arizona-EUA, observaram teor de óleo variando de 33,8 a 39,5% nas sementes de crambe.

Lara et al. (2012) avaliaram o teor de óleo em 100 progênies de crambe selecionadas a partir do método de seleção individual com teste de progênies, e verificaram média de 28,97 %. Vasquez et al. (2014) obtiveram teor médio de óleo em sementes de crambe de 30,22 %.

Em trabalho realizado por Freitas (2010), houve diminuição do teor de óleo quando houve aumento das doses de nitrogênio na adubação, mostrando assim efeito prejudicial na porcentagem de óleo dos grãos de crambe, com isso, o cuidado na adubação nitrogenada deve ser redobrado, não necessitando assim, utilizar altas doses de N na adubação.

Segundo Murphy (1999), para espécies oleaginosas o melhoramento vem trabalhando para aprimorar os aspectos agrônômicos e tecnológicos para suprir as necessidades e atender a indústria, o que evidencia a importância do estudo da adaptabilidade e estabilidade do crambe, quanto à produção de óleo.

4.2. Acúmulo de macronutrientes na cultura do crambe

Para Borges et al. (2009) e Sanes et al. (2013), existe variação nos parâmetros cinéticos de absorção de nutrientes e diferenças morfológicas no sistema radicular entre cultivares de uma mesma espécie, conforme verificado por Erdal e Baydar (2005) e Murthy (2006) na cultura do cártamo, por Jardini et al. (2014) na cultura do girassol e Ludwig et al. (2013), na cultura da gérbera, duas espécies da família Asteraceae, como o cártamo, dessa forma é normal a absorção de nutrientes ser diferente mesmo entre cultivares de uma mesma espécie. O acúmulo de macronutrientes seguiu em média a seguinte ordem para todos os genótipos: $K > N > Ca > S > Mg > P$ (Tabela 3). Em média o acúmulo foi de 80,01 kg/ha de K, 45,73 kg/ha de N, 29,28 kg/ha de Ca, 7,92 kg/ha de S, 7,87 kg/ha de Mg e 5,37 kg/ha de fósforo.

Tabela 3 – Acúmulo na parte aérea (sem os grãos) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em genótipos de crambe na região sul do estado de Mato Grosso do Sul. Maracaju, 2017.

GENÓTIPOS	-----kg/ha-----					
	N	P	K	Ca	Mg	S
FMS BRILHANTE	38,55 i	5,38 e	80,17 b	25,00 b	8,23 a	7,35 f
GALÁCTICA	38,98 i	5,35 e	80,79 b	26,75 b	7,85 b	8,10 d
MARIO	46,88 f	5,30 e	76,97 c	28,50 b	7,58 b	7,68 e
FMSCR 4	42,08 h	5,48 e	79,50 c	25,75 b	7,95 b	7,40 f
FMSCR 5	43,70 g	6,03 c	80,91 b	25,00 b	7,95 b	7,83 d
FMSCR 6	47,90 e	4,85 f	76,82 c	28,25 b	7,87 b	8,08 d
FMSCR 7	43,80 g	5,23 e	83,53 a	29,50 b	8,25 a	7,63 e
FMSCR 8	51,00 c	6,43 a	83,65 a	29,00 b	7,83 b	8,00 d
FMSCR 9	43,18 g	5,43 e	82,05 a	30,75 a	7,83 b	9,70 a
FMSCR 10	55,35 b	6,10 c	81,35 b	28,75 b	8,13 a	7,38 f
FMSCR 11	65,73 a	5,23 e	79,83 b	34,00 a	7,80 b	7,10 g
FMSCR 12	47,60 e	4,93 f	80,45 b	26,75 b	7,95 b	7,18 d
FMSCR 13	43,80 g	5,80 d	81,18 b	32,50 a	8,28 a	8,50 c
FMSCR 14	49,35 d	6,20 b	80,18 b	22,50 b	7,80 b	9,28 b
FMSCR 15	46,53 f	5,43 e	80,38 b	30,75 a	7,73 b	8,35 c
FMSCR 16	44,38 g	4,93 f	78,96 c	24,50 b	7,63 b	8,03 d
FMSCR 17	39,41 i	4,55 g	78,83 c	34,25 a	7,40 b	7,03 g
FMSCR 18	41,50 h	5,43 e	78,50 c	34,25 a	7,75 b	7,73 e
FMSCR 19	48,32 e	4,70 g	78,00 c	34,75 a	7,73 b	7,68 e
FMSCR 20	36,73 j	4,80 f	78,35 c	34,25 a	7,93 b	7,60 e
Média	45,73	5,37	80,01	29,28	7,87	7,92
CV%	1,31	2,65	2,00	13,50	3,45	2,03

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% pelo teste de Scoot-Knott.

Heinz et al. (2011) em estudo com a cultivar FMS Brilhante, com espaçamento de 0,20m entre linha, sem uso de adubação, verificaram a seguinte ordem de acúmulo de macronutrientes na parte aérea: $K > N > Ca > S > P > Mg$, sendo que o experimento do autor foi implantado na cidade de Dourados-MS, em Latossolo Vermelho Distroférico com 56% de saturação por bases, os autores não realizaram adubação nem na semeadura nem de cobertura.

Em trabalho realizado por Mauad et al. (2013b) os teores dos macronutrientes na parte aérea das plantas de crambe, obtiveram a seguinte ordem no florescimento: $N > Ca > P > S > K > Mg$. A diferença entre os trabalhos destes autores e o presente trabalho pode ser explicada pelas diferenças nas condições climáticas e de solo, bem como na adubação empregada.

Para o acúmulo de N foram verificados valores entre 36,73 kg/ha (genótipo FMSCR 20) e 65,73 kg/ha (genótipo FMSCR 11), a média geral ficou em 45,73 kg/ha

(Tabela 3), dos genótipos estudados 18 obtiveram extrações intermediárias, 16 apresentaram acúmulo maior de N que a testemunha (FMS BRILHANTE). Soratto et al. (2013), utilizando diferentes adubações de NPK na cultura do crambe em 2 anos, observaram que os teores de N não foram influenciados pela adubação, nos 2 anos avaliados. Os autores encontraram valores entre 68,10 kg/ha e 50,53 kg/ha, respectivamente, valores estes um pouco acima da média geral encontrada nesse trabalho.

Segundo Broch e Roscoe (2010), a cultura antecessora interfere na disponibilidade de N para a cultura seguinte. Um exemplo é a cultura da soja que disponibiliza N residual da fixação biológica para a cultura em sucessão, embora a exportação de N pela cultura da soja seja alta, existe um balanço positivo de N no solo após o cultivo dessa leguminosa (ALVES et al., 2006).

Dos genótipos estudados o FMSCR 11 foi o que obteve maior acúmulo para N, também esteve entre os mais produtivos e entre os teores de óleo mais elevado, porém não se pode afirmar que quando mais se acumula N maior será seu desempenho quanto à produtividade e teor de óleo, pois outros genótipos entre os mais produtivos obtiveram acúmulo inferior para este nutriente.

Em trabalho realizado por Rezende et al. (2015), a aplicação de N proporcionou aumento na densidade dos grãos, mas sem incremento na produtividade, o que pode ser explicado pelo fato de que a aplicação das doses de N contribuiu para maior acúmulo de massa dos grãos, do que para a formação dos grãos por planta, sendo que os tratamentos constituíram-se da aplicação de 0, 5, 10, 20 e 40 kg/ha de N em cobertura, para a adubação de semeadura, aplicou-se 200 kg/ha da formulação 08-20-20 a análise química mostrou saturação por bases de 71% o que também pode ter prejudicado o desempenho da cultura, durante a condução do experimento a temperatura média foi de 20,7°C e 340,8 mm de precipitação.

Em oleaginosas, o N é o que determina o equilíbrio nos teores de proteínas acumuladas e produção de óleo, pois influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes. O aumento na adubação nitrogenada, eleva os teores do nutriente nos tecidos, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteínas nas sementes (CASTRO et al., 1999), porém a adubação nitrogenada incrementa a concentração de proteína bruta, mas pode diminuir o teor de lipídios no grão (LIMA FILHO et al., 2008).

Para o acúmulo de P foram encontrados valores entre 4,55 kg/ha (genótipo FMSCR 17) e 6,43 kg/ha (genótipo FMSCR 8), com média geral de 5,37 kg/ha (Tabela 3). Uma extração intermediária deste nutriente foi obtida em 7 genótipos.

Quando é realizada a adubação com fertilizantes contendo P, o seu acúmulo pela cultura do crambe é aumentada (CIHACEK et al., 1993), podendo até alterar a ordem de extração, corroborando com Soratto et al. (2013), onde houve diferença estatística entre 3 dosagens de adubação, em 2 anos de trabalho, a média de acúmulo deste nutriente ficou em 8,53 kg/ha no primeiro ano e 6,63 kg/ha no segundo ano, estes resultados são de análises realizadas no florescimento da cultura.

Resultados encontrados por Mauad et al. (2013a) evidenciam que existe grande demanda por P a partir do florescimento da planta, isso devido aos elevados teores de P durante a formação dos frutos. O aumento da demanda de P para a formação dos frutos é atendido a partir da realocação do P contido nas folhas, caules e ramos, que segundo os autores apresentaram decréscimos a partir de aproximadamente 40 dias após a emergência. Desta forma, fica evidente a importância da disponibilidade de P nas fases iniciais das plantas, em função do rápido desenvolvimento das fases de florescimento e formação dos grãos. Segundo Marschner (2012), o P está relacionado com a síntese de proteínas, óleos e gorduras, formando estruturas como fosfolipídios, que se encontra em várias partes da célula. Portanto a aplicação de P torna-se prática indispensável para plantas produtoras de óleo, desde que o teor existente no solo não seja suficiente para suprir a necessidade da cultura.

No que diz respeito ao acúmulo de K foi constatado que 3 genótipos obtiveram mais deste nutriente sendo: FMSCR 7, FMSCR 8, FMSCR 9, os valores foram 83,53, 83,65 e 82,05 kg/ha, respectivamente (Tabela 3), não havendo diferença estatística entre eles. Além desses genótipos, estatisticamente houve a formação de 1 grupo intermediário, sendo formado por 9 genótipos, sendo eles FMS BRILHANTE, GALÁCTICA, FMSCR 5, FMSCR 10, FMSCR 11, FMSCR 12, FMSCR 13, FMSCR 14, FMSCR 15, os valores para este grupo variaram entre 79,83 e 81,35 kg/ha (Tabela 3). Outro grupo foi formado por genótipos que obtiveram menor extração sendo eles, MARIO, FMSCR 4, FMSCR 6, FMSCR 16, FMSCR 17, FMSCR 18, FMSCR 19, FMSCR 20 (Tabela 3).

A média acumulada para este nutriente entre todos os genótipos foi de 80,01 kg/ha, resultados similares aos valores encontrados por Da Costa et al. (2017) que avaliaram a cultivar FMS Brilhante na cidade de Marechal Cândido Rondon-PR e

encontraram valores médios de 78,60 kg/ha para acúmulo de K. A determinação da ocorrência ocorreu 90 dias após a semeadura, quando a cultura se encontrava na fase de maturação fisiológica. Ainda segundo os autores, avaliando várias culturas de inverno, o crambe foi o que apresentou maior concentração de K.

O acúmulo de Ca variou de 22,50 kg/ha para o genótipo FMSCR 14, a 34,75 kg/ha para a FMSCR19. A média geral ficou em 29,28 kg/ha (Tabela 3), e os genótipos FMSCR 9, FMSCR 11, FMSCR 13, FMSCR 15, FMSCR 17, FMSCR 18, FMSCR 19, FMSCR 20 foram os que obtiveram os maiores acúmulos, não diferindo estatisticamente, com valores entre 30,75 kg/ha e 34,75 kg/ha (Tabela 3), os genótipos FMS BRILHANTE, MARIO, GALÁCTICA, FMSCR 4, FMSCR 5, FMSCR 6, FMSCR 7, FMSCR 8, FMSCR 10, FMSCR 12, FMSCR 14, FMSCR 16, foram os que apresentaram menores valores ficando entre 22,50 kg/ha e 29,50 kg/ha (Tabela 3).

Soratto et al. (2013), trabalhando com determinação dos nutrientes no florescimento, chegaram a média de 54 kg/ha no primeiro ano de avaliação e 42,5 kg/ha no segundo ano para o Ca, utilizando adubação de base com 150 kg/ha, do formulado 08-28-16. Os valores obtidos por Soratto et al. (2013), ficaram bem acima da média encontrada no presente trabalho, porém em trabalho realizado na maturação fisiológica por Da Costa et al. (2017), os valores encontrados foram de 17,87 kg/ha, de acordo com Mauad et al. (2013a), o acúmulo de Ca nas folhas tem considerável decréscimo depois do florescimento das plantas.

Vale ressaltar que o Ca é um nutriente que possui baixa mobilidade na planta, dessa forma a possível explicação para a diferença de valores encontrados nos trabalhos pode ser a queda das folhas após o florescimento, sendo que a avaliação nesse trabalho foi realizada na colheita, onde presume-se que a área foliar da planta era menor.

4.3. Acúmulo de micronutrientes na cultura do crambe

Em relação ao acúmulo de micronutrientes para a cultura do crambe, verificou-se diferença significativa de 5% para todos os elementos estudados (Tabela 4). A ordem média de acúmulo foi a seguinte Zn > Fe > Mn > B > Cu, com média de 220,64, 108,47, 80,20, 59,12 e 15,82 kg/ha, respectivamente (Tabela 4). Em estudo de efeito da fertilização em semeadura realizado por Soratto et al. (2013) mostraram sequência semelhante independente da quantidade de fertilizante utilizado.

Para o B a cultivar FMS Brilhante apresentou acúmulo superior aos demais, já os genótipos FMSCR 7, 9, 11 e 19 foram os mais inferiores, embora a cultivar FMS

Brilhante tenha demonstrado maior acúmulo de B e o genótipo FMSCR 11 uma das menores, estes obtiveram maiores produtividades de grãos e teores de óleo (Tabela 2).

Resultados encontrados por Da Silva et al. (2017) mostraram que ao aplicarem B foliar em plantas de crambe a produtividade tendeu a aumentar com até 120 g/ha de B aplicado, contudo a porcentagem no teor de óleo foi afetada negativamente pela aplicação de B em todas as doses (0, 40, 80, 120 e 160 g/ha), aplicadas via foliar.

Para Cu, o genótipo em destaque foi FMSCR 9 com acúmulo superior aos demais com 20,80 kg/ha (Tabela 4). Nota-se que com esse alto acúmulo de Cu, o genótipo apresentou baixa produtividade em relação à maioria dos demais e à média.

Tito et al. (2014) ao estudarem o efeito de Cu, Zn, Cd e Cr no crescimento de crambe, mostraram que quanto maior é a concentração de Cu no solo, menor será o número de galhas e peso seco das sementes.

Os solos brasileiros, em sua maioria são ricos em Fe (PRADO, 2008), sendo solos altamente intemperizados, como o Latossolo deste estudo que apresentam quase que em sua totalidade óxidos de ferro, hematita e goethita (FERNANDES et al., 2004) porém essa predominância parece não ter sido suficiente, podendo comprometer a exportação deste nutriente para os grãos, devido a competição com outros íons catiônicos como P, Mn e Zn que em elevadas concentrações na solução do solo podem inibir a absorção de Fe.

O genótipo FMSCR 19 superou os demais no acúmulo de Zn (Tabela 4). Observa-se que para esse elemento a maioria dos genótipos que mostraram as menores respostas na extração de Zn (FMS Brilhante e FMSCR 15), está entre os genótipos de menores respostas na produção de grãos e teor de óleo.

Em trabalho realizado por Tito et al. (2016), os teores de Zn aumentaram significativamente na fitomassa do crambe em função da aplicação destes elementos no solo, no entanto, a produção dos grãos do crambe não foram afetadas em função das doses (0, 20, 30, 40 e 50 mg/kg) de Zn utilizadas.

Tabela 4 - Acúmulo na parte aérea (sem os grãos), de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em genótipos de crambe na região sul do estado de Mato Grosso do Sul. Maracaju, 2017.

GENÓTIPOS	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	-----g/ha-----									
FMS BRILHANTE	87,50	a	15,47	d	136,67	b	74,45	b	173,80	f
GALÁCTICA	63,50	c	15,42	d	99,10	k	75,20	b	139,67	g
MARIO	63,00	c	15,12	d	97,60	l	73,92	b	145,60	g
FMSCR 4	56,75	d	15,60	d	105,87	h	85,17	a	161,80	g
FMSCR 5	53,02	e	15,55	d	100,75	j	83,22	a	140,07	g
FMSCR 6	53,25	e	15,55	d	117,15	d	82,50	a	140,70	g
FMSCR 7	47,25	f	15,55	d	111,55	f	83,85	a	313,92	b
FMSCR 8	56,75	d	15,87	c	110,52	g	83,30	a	314,57	b
FMSCR 9	46,75	f	20,80	a	134,55	c	81,90	a	183,00	f
FMSCR 10	63,50	c	15,75	d	146,70	a	80,57	a	149,12	g
FMSCR 11	44,75	f	15,55	d	101,52	i	76,62	a	302,62	c
FMSCR 12	74,50	b	15,45	d	100,55	j	74,85	b	289,35	c
FMSCR 13	75,00	b	15,47	d	98,00	l	74,20	b	180,65	f
FMSCR 14	56,00	d	16,45	b	96,77	m	77,90	b	176,90	f
FMSCR 15	52,50	e	15,30	d	113,62	e	80,42	a	180,12	f
FMSCR 16	53,50	e	15,12	d	101,72	i	81,60	a	199,32	e
FMSCR 17	65,75	c	16,02	C	101,47	i	82,47	a	300,30	c
FMSCR 18	66,00	c	15,62	d	98,12	l	84,65	a	273,55	d
FMSCR 19	46,00	f	15,42	d	100,77	j	85,55	a	332,67	a
FMSCR 20	57,12	d	15,37	d	96,52	m	81,72	a	315,12	b
Média	59,12		15,82		108,47		80,20		220,64	
CV%	3,52		1,93		0,61		3,49		5,42	

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste Scoot-Knott.

4.4. Exportação de macronutrientes nos grãos de crambe

A exportação de nutrientes representa a quantidade destes elementos que é acumulada nos grãos. Sendo assim, a exportação representa uma perda de nutrientes através dos grãos colhidos, que deve ser reposta em adubações futuras. A exportação de macronutrientes em relação ao acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta ocorreu em média geral nas seguintes porcentagens: N= 85%, P= 50%, K= 36%, Ca= 15%, Mg= 46%, S= 92%. (Tabelas 3 e 5). Admitindo-se então a permanência dos restos culturais no campo, as taxas de possível retorno de nutrientes ao solo ocorrem nas porcentagens médias de N = 15%, P = 50%, K = 64%, Ca = 85%, Mg = 54% e S = 8%.

A exportação de macronutrientes pelos grãos de crambe apresentaram diferença significativa a 5% para todos os elementos químicos (Tabela 5). Para os

macronutrientes a sequência média foi $N > K > S > Ca > Mg > P$, tendo uma ordem diferente ao acúmulo de macronutrientes.

O genótipo FMS Brilhante se destacou por estar entre os materiais que mais exportou P, K, Ca e Mg, porém não mostrou a mesma resposta para acúmulo na parte aérea, contudo está entre os 3 materiais de melhor resposta na produção de grãos. Possivelmente, genótipos de crumbe com eficiência na exportação de macronutrientes podem obter altas produtividades de grão.

A exportação de nitrogênio do genótipo FMSCR 11 foi superior aos demais, já o FMS Brilhante e Galáctica foram os que menos exportaram (Tabela 5). De acordo com Gomes Junior et al. (2005), o N participa da composição dos aminoácidos, desempenhando um efeito direto no teor de proteínas dos grãos, existe uma facilidade na reação do óleo com o ácido metanol que favorece o estabelecimento do óleo (MACHADO et al., 2007). Em trabalho que teve como objetivo avaliar o crescimento de crumbe sob diferentes doses de N (0, 40, 80, 120 kg/ha), P (0, 50, 100, 150 kg/ha) e K (0, 30, 60, 90 kg/ha) em casa de vegetação. A altura das plantas foi prejudicada em função do aumento das doses de nitrogênio. A interação de nitrogênio e fósforo na cultura da crumbe aumentou o número de grãos e a biomassa seca da parte aérea. O crescimento e produtividade da cultura não foram influenciados pelo uso de potássio na adubação mineral (DE VASCONCELOS et al., 2017).

No entanto, (SOUSA e CHAVES, 2017), afirmam que o aumento no número de grãos e massa seca total é diretamente proporcional ao aumento das doses de N aplicadas.

Para a exportação de P, FMS Brilhante e FMSCR 14 obtiveram as respostas superiores aos demais, enquanto que Galáctica e Mario estão entre as inferiores (Tabela 5). Pode-se observar que a cultivar FMS BRILHANTE e a FMSCR14 se destacaram com valores de 3,32 e 3,35 kg/ha, respectivamente, sabe-se que P em quantidades adequadas para a planta estimula o desenvolvimento radicular, proporciona rápido desenvolvimento inicial, antecipa a maturação fisiológica, estimula o florescimento, ajuda a formação das sementes, aumenta a resistência ao frio e também aumenta a produtividade (MALAVOLTA, 2006), além disso, Segundo Ramos et al. (2005), o P é de grande importância para a obtenção de óleo de melhor qualidade, garantindo ao produtor maior ganho em qualidade, além disso a alta mobilidade de N e P nas plantas e a necessidade desses elementos para produção de lipídeos e proteínas explica maiores porcentagens desses nutrientes nos grãos em detrimento de caule e folhas.

Tabela 5 - Exportação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), manganês (Mg) e enxofre (S), nos grãos de crambe na região sul do estado de Mato Grosso do Sul. Maracaju, 2017.

GENÓTIPOS	N		P		K		Ca		Mg		S	
	-----kg/ha-----											
FMS BRILHANTE	35,15	e	3,32	a	30,80	a	4,92	a	4,22	a	7,17	d
GALÁCTICA	35,80	e	2,27	d	31,95	a	4,70	b	3,22	d	7,45	c
MARIO	39,60	b	2,40	d	30,97	a	3,62	d	3,10	d	7,30	d
FMSCR 4	39,25	c	2,75	c	28,77	b	4,22	c	3,27	d	7,27	d
FMSCR 5	38,35	c	3,05	b	26,37	c	3,42	d	3,37	d	7,22	d
FMSCR 6	38,45	c	2,55	d	26,15	c	4,87	a	3,45	c	7,52	c
FMSCR 7	37,80	d	2,52	d	26,65	c	5,07	a	3,62	c	7,47	c
FMSCR 8	38,27	c	2,52	d	25,92	c	4,22	c	3,52	c	6,65	e
FMSCR 9	38,67	c	2,70	c	28,50	b	4,52	b	3,35	d	8,15	a
FMSCR 10	37,05	d	3,07	b	31,52	a	4,30	c	3,37	d	6,52	e
FMSCR 11	45,82	a	2,62	c	29,00	b	5,10	a	4,07	a	6,77	e
FMSCR 12	40,52	b	2,37	d	28,50	b	4,45	b	4,00	b	7,47	c
FMSCR 13	40,85	b	2,42	d	31,42	a	4,07	c	3,57	c	7,77	b
FMSCR 14	38,57	c	3,35	a	28,30	b	3,75	d	4,30	a	8,27	a
FMSCR 15	39,95	b	2,60	c	27,97	b	4,22	c	3,25	d	8,35	a
FMSCR 16	39,27	c	2,70	c	27,77	b	4,27	c	3,17	d	7,87	b
FMSCR 17	37,00	d	2,82	c	29,17	a	4,30	c	4,12	a	6,72	e
FMSCR 18	38,30	c	2,50	d	25,87	c	4,22	c	3,85	b	6,80	e
FMSCR 19	39,85	b	2,50	d	26,00	c	4,10	c	3,87	b	6,62	e
FMSCR 20	36,95	d	2,70	c	29,05	c	4,65	b	3,55	c	6,62	e
Média	38,77		2,68		28,54		4,35		3,61		7,30	
CV%	2,39		7,03		2,74		6,63		4,96		1,92	

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste Scoot-Knott.

A FMS Brilhante e Galáctica exportaram menos N, mas se destacaram na exportação de K com 30,8 e 31,95 kg/ha, respectivamente, no caso do K na média aproximadamente 64% do total acumulado pode voltar ao solo através dos restos culturais o que favorece a reciclagem desse nutriente. Em estudo de 2 anos com adubação potássica em semeadura na cultura do crambe, Santos et al. (2012) concluíram que altas doses de K proporcionaram altos rendimentos de grãos, mas não alterou o teor de óleo no grão, as doses de K utilizadas foram 0, 15, 30, 60 e 90 kg/ha, sendo que a fonte utilizada foi o cloreto de potássio. A adubação de semeadura foi efetuada com 9 kg/ha de N (ureia) e 30 kg/ha de P₂O₅ (superfosfato triplo), a cultivar utilizada foi a

FMS Brilhante e o experimento foi realizado na cidade de Maringá-PR, em um Latossolo Vermelho Distrófico típico.

Para a exportação de Ca e Mg os genótipos FMS Brilhante e FMSCR 11 se destacaram por estarem entre os genótipos de maior exportação nos 2 elementos. Um estudo com o uso de torta de mamona e silicato de serpentinito na cultura do crambe, mostrou que a aplicação de silicato sem S propiciou incremento no teor de Ca e Mg na semente, conseqüentemente, incrementou a produção de grãos (PRATES et al., 2014). Nota-se que o genótipo FMSCR 9 está entre os genótipos que mais acumulou e exportou S, contudo não está entre os genótipos com maior produção de óleo (Tabela 2). Para Freitas et al. (2010), existe uma grande dificuldade na recomendação de semeadura comercial de crambe para produção de grãos o que está relacionado à falta de conhecimento da cultura, especialmente a adaptabilidade e recomendação de fertilização.

4.5. Exportação de micronutrientes em grãos de crambe

A exportação de micronutrientes em relação ao acúmulo de micronutrientes na parte aérea da planta ocorreu em média geral nas porcentagens: B= 64%, Cu= 85%, Fe= 82%, Mn= 24%, Zn= 45%. (Tabelas 4 e 6). Admitindo-se então a permanência dos restos culturais no campo, as taxas de possível retorno de nutrientes ao solo ocorrem nas porcentagens médias de B = 36%, Cu = 15%, Fe = 18%, Mn = 76%, e Zn = 55%.

Observa-se semelhança com a exportação de macronutrientes para FMS Brilhante, onde para a maioria dos elementos esteve sempre entre os maiores níveis (Tabela 6). Mesmo apresentando esta característica não foi o melhor genótipo na produção de grãos e teor de óleo, a ordem média de exportação de micronutrientes foi Zn > Fe > B > Mn > Cu.

Para o B o genótipo FMSCR 14 obteve maior exportação que os demais, enquanto que o genótipo de melhor resposta na produção de grãos e teor de óleo o FMSCR 15, esteve entre os que menos exportaram B. Os genótipos FMS Brilhante, FMSCR 9, 10, 14, 17, 19 e 20 apresentaram as maiores exportações de Cu, contudo, com exceção do FMS Brilhante, os demais genótipos estão entre as mais baixas respostas na exportação de Fe e Mn (Tabela 6).

Tabela 6 - Exportação de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em genótipos de crambe na região sul do estado de Mato Grosso do Sul. Maracaju, 2017.

GENÓTIPOS	-----g/ha-----				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
FMS BRILHANTE	46,20 b	15,25 a	115,05 a	25,27 a	95,92 g
GALÁCTICA	44,37 c	11,02 e	85,05 f	19,20 e	91,47 h
MARIO	34,90 h	10,55 e	95,75 d	15,07 h	94,85 g
FMSCR 4	30,55 j	11,05 e	95,75 d	25,40 a	81,65 k
FMSCR 5	27,05 l	13,67 c	75,82 h	16,95 g	91,55 h
FMSCR 6	42,35 d	12,22 d	84,42 g	16,60 g	84,62 j
FMSCR 7	36,97 g	10,60 e	103,05 b	15,92 h	100,82 f
FMSCR 8	36,67 g	11,05 e	102,40 b	17,67 f	103,42 e
FMSCR 9	36,72 g	15,50 a	85,62 f	18,37 f	102,42 e
FMSCR 10	36,20 g	15,52 a	83,92 g	22,45 b	121,37 b
FMSCR 11	36,10 g	14,40 b	85,42 f	21,15 c	134,45 a
FMSCR 12	34,95 h	14,02 b	86,07 f	16,25 g	92,37 h
FMSCR 13	29,40 k	12,10 d	98,97 c	16,40 g	103,62 e
FMSCR 14	49,82 a	15,70 a	83,62 g	20,40 d	102,42 e
FMSCR 15	32,80 i	14,27 b	82,25 g	19,37 e	86,25 i
FMSCR 16	42,80 d	14,40 b	96,75 d	18,40 f	92,62 h
FMSCR 17	39,20 e	14,92 a	83,65 g	18,17 f	111,27 c
FMSCR 18	37,62 f	13,20 c	73,07 i	17,35 g	94,95 g
FMSCR 19	37,60 f	15,07 a	86,22 f	19,27 e	106,45 d
FMSCR 20	43,45 c	14,92 a	88,82 e	21,50 c	103,47 e
Média	37,78	13,47	88,99	19,06	99,80
CV%	1,94	3,35	1,53	3,31	1,07

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste Scoot-Knott.

Na exportação de Zn destaca-se o genótipo FMSCR 11 sendo superior aos demais e FMSCR 15 o inferior. Estudo com a aplicação de Zn foliar na cultura do crambe evidenciou que o aumento nas doses prejudicou a produção de grãos, mas no teor de óleo não diferença estatística (CARRARO e DA SILVA, 2016). Mesmo que esse elemento químico esteja presente na proteção de plantas contra estresses bióticos e abióticos e na fase reprodutiva da maioria das plantas, parece não estar relacionado com a produção de grãos e/ou teor de óleo nos genótipos estudados nessa pesquisa.

4.6. Eficiência nutricional de macronutrientes em crambe

Um genótipo que tenha alta eficiência nutricional, ou seja, que tenha alta eficiência na utilização dos nutrientes, se destacará das demais, pois mesmo em condições adversas como, baixa fertilidade, déficit hídrico ou excesso de sais pode obter maiores produtividades. Na Tabela 7 é possível verificar a eficiência na utilização dos macronutrientes na cultura do crambe.

Tabela 7 - Eficiência na utilização de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em genótipos de crambe na região sul do estado de Mato Grosso do Sul. Maracaju, 2017.

GENÓTIPOS	N		P		K		Ca		Mg		S	
	-----kg de grãos/ kg de nutriente extraído-----											
FMS BRILHANTE	37,74	a	269,33	b	18,14	b	60,68	a	175,78	b	198,63	a
GALÁCTICA	31,88	b	232,33	c	15,38	d	47,99	a	158,46	c	152,50	d
MARIO	26,87	e	237,78	c	16,53	c	43,16	b	168,47	c	170,33	b
FMSCR 4	23,72	f	181,43	f	12,55	g	40,49	b	125,56	e	135,86	e
FMSCR 5	22,66	g	165,82	g	12,24	g	40,74	b	124,78	e	127,79	e
FMSCR 6	18,09	h	177,93	g	11,28	h	30,30	c	110,05	f	107,37	f
FMSCR 7	27,51	e	232,84	c	14,43	e	40,66	b	146,18	d	159,06	c
FMSCR 8	21,51	g	170,87	g	13,12	f	36,82	b	140,23	d	136,34	e
FMSCR 9	23,17	g	185,40	f	12,19	g	33,36	c	128,12	e	103,96	f
FMSCR 10	17,99	h	162,54	g	12,23	g	36,12	b	122,77	e	135,52	e
FMSCR 11	22,01	g	276,84	b	18,12	b	52,26	a	185,57	b	205,92	a
FMSCR 12	21,94	g	216,37	d	12,97	f	38,44	b	131,51	d	126,99	e
FMSCR 13	28,92	d	222,22	d	15,61	d	38,54	b	153,14	c	148,61	d
FMSCR 14	25,13	f	199,25	e	15,46	d	57,11	a	159,06	c	134,37	e
FMSCR 15	36,70	a	314,79	a	21,24	a	55,25	a	221,16	a	203,91	a
FMSCR 16	25,09	f	223,99	d	14,10	e	42,85	b	146,08	d	138,78	e
FMSCR 17	30,05	c	260,35	b	15,04	d	35,72	b	160,34	c	168,60	b
FMSCR 18	21,64	g	165,63	g	11,44	h	25,53	d	115,90	f	115,54	f
FMSCR 19	16,77	h	175,46	g	10,39	i	22,84	d	104,99	f	105,66	f
FMSCR 20	31,21	c	235,03	c	14,16	e	31,91	c	140,20	d	145,52	d
Média	25,48		215,31		14,33		40,54		145,92		146,06	
CV%	3,95		4,27		4,04		14,64		5,22		4,81	

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste Scoot-Knott.

Nota-se que para a eficiência de uso dos macronutrientes o genótipo FMSCR 15 se mostrou altamente eficaz para todos os macronutrientes, obtendo resultado superior

aos demais para P, K e Mg, estando também entre os melhores genótipos na eficiência de uso de N, Ca e S (Tabela 7), se apresentando assim como um genótipo com grande possibilidades de se destacar em situações adversas. Além do genótipo FMSCR 15, podemos citar o FMSCR 11 que esteve entre os mais eficientes na utilização de Ca e S, tendo comportamento muito parecido com a testemunha FMS BRILHANTE.

4.7. Eficiência nutricional de micronutrientes

Para a eficiência dos micronutrientes (Tabela 8) o genótipo FMSCR 15 também foi o único a se mostrar mais eficiente em todos os micronutrientes, sendo superior para Cu, Fe e Mn, estando também entre os melhores genótipos na eficiência de B e Zn.

Tabela 8 - Eficiência na utilização de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em genótipos de crambe na região sul do estado de Mato Grosso do Sul, Maracaju, 2017.

GENÓTIPOS	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	-----g de grãos/ g de nutriente extraído-----									
FMS BRILHANTE	16,00	f	90,53	b	10,24	j	18,82	b	8,06	B
GALÁCTICA	19,82	d	81,59	c	12,69	d	16,74	c	9,01	a
MARIO	19,40	d	80,81	c	12,52	e	16,61	c	8,42	b
FMSCR 4	17,27	e	62,69	g	9,23	k	11,48	g	6,08	e
FMSCR 5	20,14	d	68,61	f	10,58	i	12,83	f	7,62	c
FMSCR 6	15,03	g	51,45	j	6,82	n	9,70	h	5,70	f
FMSCR 7	26,11	b	79,35	d	11,05	g	14,72	d	3,93	h
FMSCR 8	19,92	d	71,06	e	10,20	j	13,55	e	3,58	i
FMSCR 9	22,36	c	50,22	j	7,76	m	12,78	g	5,72	f
FMSCR 10	15,05	g	60,69	h	6,51	o	11,87	g	6,42	e
FMSCR 11	31,39	a	90,29	b	13,82	b	18,33	b	4,63	g
FMSCR 12	14,56	g	70,24	f	10,79	h	14,49	d	3,75	h
FMSCR 13	16,36	f	79,27	d	12,51	e	16,54	c	6,80	d
FMSCR 14	22,95	c	78,02	d	13,26	c	16,49	c	7,26	c
FMSCR 15	31,79	a	109,05	a	14,67	a	20,74	a	9,28	a
FMSCR 16	20,52	d	72,59	e	10,79	h	13,45	e	5,50	f
FMSCR 17	17,55	e	71,77	e	11,33	f	13,95	d	3,83	h
FMSCR 18	13,01	h	54,93	i	8,74	l	10,14	h	3,17	i
FMSCR 19	17,19	e	51,23	j	7,83	m	9,23	h	2,37	j
FMSCR 20	19,23	d	71,47	e	11,37	f	13,44	e	3,48	i
Média	19,78		72,29		10,64		14,29		5,73	
CV%	3,75		2,00		0,68		3,61		4,97	

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si a 5 % pelo teste Scoot-Knott.

Observa-se que o genótipo Galáctica se destacou na eficiência de uso de Zn, mas não esteve entre os mais produtivos, nem entre os maiores teores de óleo.

Pesquisas com aplicação de Zn e N na cultura do crambe mostraram que não houve efeitos significativos na produção de grãos e teor de óleo (SILVA et al., 2011; SOUZA et al., 2014; CARRARO e SILVA, 2016).

Observa-se também que o genótipo FMSCR 11 se destacou na alta eficiência dos macronutrientes, Ca e S, juntamente com FMSCR15 e FMS Brilhante, além disso, a FMSCR 11 ficou entre os 3 genótipos mais produtivos e entre os 4 com maior teor de óleo, mostrando uma relação da eficiência destes macronutrientes com a produtividade de grãos e de óleo.

A eficiência nutricional dos genótipos podem fornecer subsídios a programas de melhoramento genético, os quais poderão selecionar genótipos com maior capacidade de absorver e assimilar nutrientes quando em condições limitantes ou adversas, (PAULA et al., 2003 e TOMAZ et al., 2003).

5. CONCLUSÕES

Dos genótipos estudados o FMSCR 15 foi o melhor na produção de matéria seca da parte aérea, grãos e teor de óleo superando os demais, foi o mais eficiente na utilização dos macronutrientes, P, K e Mg e dos micronutrientes, Fe, Cu e Mn, esteve entre os mais eficientes na utilização dos nutrientes: N, Ca, S, B e Zn, assim como o FMSCR 11 que também merece atenção, pois esteve entre os melhores na eficiência de Ca, S e B, além de estar entre os 3 mais produtivos.

Sendo assim FMSCR 15 e 11 podem ser considerados como genótipos com potencial para subsidiar programas futuros de melhoramento genético para esta cultura, podendo alcançar resultados satisfatórios perante a única cultivar brasileira FMS BRILHANTE.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMSEN, F. J.; COFFELT, T. A. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. **Industrial Crops and Products**, v. 21, n. 3, p. 293-307, 2005.

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 449-456, 2006.

BERALDO, J. M. G. Determinação da época de semeadura do Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na região nordeste do Estado de São Paulo-SP. In: **4º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL**. Biodiesel: inovação, tecnologia e qualidade: **anais**. Lavras: UFLA, 2010, p. 29-30.

BOIRAL, O. Environnement et économie: une relation équivoque. **Vertigo – La revue en sciences de l’environnement**, v. 5, n. 2, p. 1-8, 2004.

BORGES, E. A.; LOSS, A.; SILVA, E. E.; SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Cinética de absorção de amônio e efluxo de prótons em variedades de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, p. 513-526, 2009.

BOTTEGA, S. P.; SILVA, C. J.; SOUZA, L. C. Avaliação do comportamento agrônômico do crambe em função de dois espaçamentos entre plantas. In: **4º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL E 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL**, Belo Horizonte, 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2012**. Brasília, DF, 2012.

BROCH, D. L.; ROSCOE, R. Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe. In: **FUNDAÇÃO MS. Tecnologia e produção: crambe 2010**: FUNDAÇÃO MS, v. 1, p. 22-36, 2010.

BRONZATTI, F. L., E IAROSZINSKI NETO, A. Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 28, p. 13-16, 2008.

CARRARO, T. V.; DA SILVA, T. R. B. Aplicação de zinco via foliar na cultura do crambe. In: **25º Encontro anual de iniciação científica e 5º Encontro anual de iniciação científica júnior**, Paraná, 2016.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5. ed. Jaboticabal: **FUNEP**, 2012. 590p.

CASTRO, C.; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V. B. R. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 827-833, 1999.

CATTANÊO, A. J. **Tratamento de sementes na cultura do crambe**. 50 f., 2014. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

CIHACEK, L. J.; CARCOANA, R.; JACOBSON, K. Phosphorus and zinc fertilization effects on dry matter yield and phosphorus and zinc uptake by Crambe. **Journal of Plant Nutrition** v. 16, p. 1829-1836, 1993.

COELHO, A. M. – Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de produção, 2** – Versão eletrônica – 4. ed. 2008.

COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A. Crambe: Aspectos gerais da produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14, p.258, 2012.

COLODETTI, T.; RODRIGUES, W. N.; CHRISTO, L. F.; MARTINS, L.; TOMAZ, M. A. Perda de biomassa causada pela deficiência de macronutrientes em *Crambe abyssinica*. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p.2027-2038, 2013.

CORRÊA, J. B.; REIS JÚNIOR, R. D. A.; CARVALHO, J. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do sul de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.6, p.1279-1286, 2001.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. **Balço de nutrientes na agricultura brasileira. Informações agrônômicas**, IPNI, n. 130, Piracicaba, 2010.

DA COSTA, P. F.; OLIVEIRA, P. S. R.; PIANO, J. T.; TAFFAREL, L. E.; ARRUDA, M. A. M.; SARTO, M. V. M.; FRÓES, C. Q.; FERNANDES, S. S. L. Produção de matéria seca, composição química e acúmulo de nutrientes nas culturas de inverno. **Revista Africana de Pesquisa Agrícola**, v. 12, n. 29, p. 2421-2426, 2017.

DA SILVA T. R. B.; TIBURCIO, M. G. G.; COMAR, C. G.; SILVA, A. P.; CARRARO, T. V.; BARBOSA, N. A.; SILVA, G. D.; DUCHESKI, R. L. P.; FRIGO, P.; SOARES, D. F. D. M. Aplicação de boro via foliar na cultura do crambe cultivado em Latossolo arenoso. **Acta Iguazu**. v. 6. n. 3. p 52-55. 2017.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P. M.; SALAUNKHE, D. K. *Seeds Handbook: Biology, production, processing and storage* Marcel Dekker Inc. **New York**. P.70, 627 f. 1997.

DE VASCONCELOS, A. C. F.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D. E TITO, G. A. Crambe (*Crambe abyssinica*) Cultivation under Different Levels of Fertilization with Nitrogen, Phosphorus and Potassium. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 09, p. 2031, 2017.

DICRA – **Diversification with Crambe: an industrial oil crop**. 2003. 4. ed. 2008. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/adubacao.htm. Acessado em: 23/07/2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: 2006. 169p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Planta, 2. ed. 403 p. Londrina, 2004.

ERDAL, I.; BAYDAR, H. Deviations of some nutrient concentrations in different parts of safflower cultivars during growth stages. **Pakistan Journal of Botany**, v. 37, n. 3, p. 601, 2005.

EXXONMOBIL. 2012 – Panorama Energético: Perspectiva para 2040. Disponível em http://exxonmobil.com.br/Brazil-Portuguese/PA/Files/Panorama_Energetico_Perspectivas2040.pdf Acessado em: 20/07/2018. v. 3.

FALASCA, S. L.; LAMAS, M. C.; CARBALLO, S. M.; ANSCHAU, A. Crambe abyssinica: Uma safra quase desconhecida, com futuro promissor para produzir biodiesel na Argentina. **Revista Internacional de Energia de Hidrogênio**, v. 35, n. 11, p. 5808-5812, 2010.

FERNANDES, R. B. A.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; FONTES, M. P. F. Quantificação de óxidos de ferro de Latossolos brasileiros por espectroscopia de refletância difusa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 245-257, 2004.

FEROLDI, M.; CREMONEZ, A.; FEIDEN, A.; DE ROSSI, E.; NADALETI, W. C.; ANTONELLI, J. Cultivo do crambe: potencial para produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.2, n.4, p.11-22, 2012.

FILA, G.; FONTANA, F.; MAESTRINI, C.; BELLOCCHI, G. Field evaluation of crambe cultivars in northern Italy. In: **Proceedings VII ESA Congress, Córdoba, Spain**. 2002.

FORNASARI, C. H. **Otimização da extração de óleo por solventes e secagem em espécies vegetais com potencial energético**. 24 f., 2014. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

FRANÇA, G. E.; COELHO, A. M. **Adubação do milho para silagem**. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A.; FERREIRA, J. J. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p.53-83, 2001.

FREITAS, M. E. **Comportamento agrônômico da cultura do crambe (Crambe abyssinica Hoechst) em função do manejo empregado**. 50 f. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

FUNDAÇÃO MS. **Crambe**. Maracaju: 2018. 1p. (FUNDAÇÃO MS - Crambe). Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/produtos/crambe>. Acesso em: 17 de janeiro de 2018.

FUNDAÇÃO MS. **Produtos: Crambe**. Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias. Maracaju/MS, 2014.

FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e Produção: Crambe 2010**. Maracaju: FUNDAÇÃO MS.

GARCIA, J. R.; COSTA, A. D. Desafios para a inserção do Estado do Paraná na cadeia produtiva do biodiesel. **Informe Gepec**, Toledo, v. 15, n. 1, p. 6-24, 2011.

GASTALDI, G.; CAPRETTI, G.; FOCHER, B.; COSENTINO, C. Characterization and properties of cellulose isolated from the Crambe abyssinica hull. **Industrial Crops and Products**, v. 8, n. 3, p. 205-218, 1998.

GERHARDT, I. F. S. **Divergência genética entre acessos de cártamo (Carthamus tinctorius L.)**. 35 f. 2014. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP.

GOLZ, T. Crambe. Alternative Agriculture Series, n. 4, 1993. Disponível em: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/alt-ag/crambe.htm>. 2 Jul. 2008.. Acesso em: 23 de Jul. 2018.

GOMES JÚNIOR, F. G.; LIMA, E. R.; LEAL, A. J. F.; MATOS, F. A.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.37 n.3, p.455-459, 2005.

GONÇALVES, D. L.; BARELLI, M. A. A.; DOS SANTOS, P. R. J.; OLIVEIRA, T. C.; DA SILVA, C. R.; NEVES, L. G.; POLETINE, J. P.; DA LUZ, P. B. Variabilidade genética de germoplasma tradicional de feijoeiro comum na região de Cáceres-MT. **Revista Ciência Rural**, v.46, n.1, p.100-107, 2016.

GUERRA, E. P.; FUCHS W. "Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores." **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**. 8.1, p. 103-112, 2010.

HEINZ, R.; GARBIATE, M. V.; VIEGAS NETO, A. L.; MOTA, L. H. S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crame e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

ISRAEL, D. W.; RUFTY JUNIOR, T. W. Influence of phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen utilization efficiencies and associated physiological responses in soybean. **Crop Science**, v. 28, n. 6, p. 954-960, 1988.

JANEGITZ, M. C.; SOUZA-SCHLICK, G. D. S.; TROPALDI, L.; CARDOSO, S. M. Influência da saturação por bases no crescimento e produção de crame. **Cultivando o Saber**, v.3, n.4, p.175-182, 2010.

JARDINI, D. C.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; WEBER, O. L. S.; BORBA FILHO, A. B.; FERNANDES, D. A. Absorção de nutrientes em genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, 2014.

JASPER S. P.; BIAGGIONI M. A. M.; SILVA P. R. A.; SEKI A. S.; BUENO O. C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica Hochst*) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.395-403, 2010.

JASPER, S. P. Cultura do Crambe (*Crambe abyssinica hochst*): **Avaliação Energética, de Custo de Produção e Produtividade em Sistema de Plantio Direto**. 103 f. 2009. Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP. Botucatu – SP.

KANO, C.; TIVELLI, S. W.; PURQUERIO, L. F. V.; WUTKE, E. B. Desempenho do quiabeiro consorciado com *Mucuna deeringiana* e *Crotalaria spectabilis* na região Leste Paulista. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 1926-1931, 2010.

KNIGHTS, S. E. Crambe: A North Dakota Case Study, 25 f. 2002.

LARA, A. C. C.; ZANOTTO, M. D.; PIVETTA, L. G.; OKITA, C. H. Teor de óleo em progênies de *CRAMBE ABYSSINICA HOSCHT*. In: **Embrapa Algodão-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 5.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 2.; FÓRUM CAPIXABA DE PINHÃO-MANSO, 1., 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidades: anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012.

LAZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JUNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013.

LIMA FILHO, D. O. SOGABE, V. P. CALARGE, T. C. C. Mercado do biodiesel: um panorama mundial. **Espacios**, v. 29, n. 1, p. 5-27, 2008.

LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; GUERRERO, A. C.; VILLAS BOAS, R. L. Absorção de nutrientes em cultivares de gérbera cultivada em vaso. **Horticultura Brasileira**, p. 622-627, 2013.

MAEKAWA JUNIOR, M. T.; FARAUN, R. S.; LEAL, A. J. F.; ANSELMO, J. L.; HOLANDA, H. V.; ENSINAS, S. C. Produtividade de grambe (*Crambe abyssinica Hochst*) em função de adubação, espaçamento e densidade de plantas. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2010, Uberlândia. Disponível em: <http://cpcs.sites.ufms.br/files/2012/10/crambe1.pdf>. Acesso em 10-09-2018.

MACHADO, M. F., BRASIL, A. N., OLIVEIRA, L. S., NUNES, D. L. Estudo do crambe (*Crambe abyssinica*) como fonte de óleo para produção de biodiesel. In Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2, 2007, Brasília/DF. **Anais. Itaipua/MG – UFMG**.

MAI NETO, C.; PRIMIERI, C. **Avaliação da produtividade e teor de óleo de crambe através de diferentes tipos de adubações**. Artigo referente ao Curso de Agronomia. Faculdade Assis Gurgacz Cascavel, 2009.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Livro CERES. 2006. 638p.

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

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3ed. Academic Press, 2012. 649 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MAUAD, M.; GARCIA, R. A.; VITORINO, A. C. T.; SILVA, R. M. M. F.; GARBIATE, M. V.; COELHO, L. C. F. Matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de crambe. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 771-778, 2013a.

MAUAD, M.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. DE; HEINZ, R.; GARBIATE, M. V. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do crambe em função da época de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56 n. 1, p. 53-60, 2013b.

MEDEIROS, J. C., ALBUQUERQUE, J. A., MAFRA, Á. L., DALLA ROSA, J., E COLPO GATIBONI, L. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, 2008.

MEDEIROS, M. A.; GRANGEIRO, L. C.; TORRES, S. B.; FREITAS, A. V. L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p.17-24, 2010.

MÖLLER, M. **Crambe como Opção para Rotação de Cultura**, 2011. Disponível <www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=11396. Acesso em: ago. 2017.

MOREIRA, A. ; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A. ; MUNIZ, A. S.; CASSOL, L. C.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BATISTA, M. A.; MÜLLER, M. M. L.; HAGER, N.; PAULETTI, V. (Ed.). **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2017. 482p.

MULDER, J. H., MASTEBROEK, H. D. Variation for agronomic characteristics in *Crambe hispanica*, a wide relative of *Crambe abyssinica*. **Euphytica**, Wageningen, v. 89, n. 2, p. 267–278, 1996.

MUNOZ HERNANDEZ, R. J; SILVEIRA, R.I. Efeitos da saturação por bases, relações ca:mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agrícola**, v. 55, n. 1, p.78-86, 1998.

MURPHY, D. J. Production of novel oils in plants. **Current Opinion in Biotechnology**, n.10, n. 2, p. 175–180, 1999.

MURTHY, I. Y. L. N. Effect of phosphorus levels on phosphorus, potassium, calcium and magnesium content and seed yield of shallower genotypes. **Agropedology**. Nagpur, v. 16, n. 1, p. 54 – 59, 2006.

OLIVEIRA, R. C.; REIS, A. C. C. S.; AGUIAR, C. G.; VIECELLI, C. A.; PRIMIERI, C.; TOMASI, G. A.; JUNIOR, H. G. B.; ANDRADE, M. A. A.; VIANA, O. H. Agroindustrialização do crambe. 2. ed. Cascavel: **ASSOESTE**, 2015.

ONOREVOLI, B. **Estudo do Crambe abyssinica como Fonte de Matérias Primas oleaginosas: óleo vegetal, ésteres metílicos e bio-óleo**. 132 f. 2012. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre –RS.

OPLINGER, E. S.; OELKE A. R.; KAMINSKI A. R.; PUTNAM D. H.; TEYNOR T. M.; DOLL J. D.; KELLING K. A.; DURGAN B. R.; NOETZEL D. M. Crambe: alternative field crops manual. **University of Wisconsin and University of Minnesota. St. Paul, MN**, 1991.

PARIZOTTO, R. R. **Instalação e avaliação de um sistema de bombeamento d'água com aerogerador eólico de pequeno porte para propriedades rurais, na cidade de Cascavel – PR**. 69 f., 2014. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-Pr.

PASCHOAL, T. S. **Genótipos de cártamo: produtividade de grãos, teor de óleo e acúmulo de nutrientes no oeste do Paraná**. 44 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do oeste do Paraná, Cascavel-PR.

PAULA, R. C. D.; PAULA, N. F. D.; VALERI, S. V, CRUZ, M. C. P. D E TOLFO, A. L. T. Controle genético da eficiência de utilização de fósforo em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis*, em casa de vegetação. **Revista. Árvore**, v.27, n.1, p.15-23, 2003.

PILAU, F. G.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; SCHWERZ, L. Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. **Agrometeorologia. Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p.958-964, 2011.

PITOL, C.; BROCHI, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracajú: FUNDAÇÃO MS, p. 60, 2010.

PITOL, C.; ROSCOE, R. Introdução e melhoramento do crambe no brasil. In: FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracaju-MS: FUNDAÇÃO MS, 2010. p.4-6.

PITOL, C. **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno**. Fundação MS, Maracaju-MS, p.85, 2008.

PLEIN, G. S.; FAVARO, S. P. Caracterização da Fração Lipídica em Sementes de Crambe Armazenas com e sem Casca. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas. João Pessoa – PB. 2010.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. p. 223, 261, 245.

PRATES, F. B. S.; GENUNCIO, G. C.; FERRARI, A.C.; NASCIMENTO, E. C.; ALVEZ, G. Z.; PALERMO, D. P.; ZONTA, E. Acúmulo de nutrientes e produtividade de crambe em função da fertilização com torta de mamona e serpentinito. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 810-816, 2014.

RAMOS, S.; FERNANDES, L. A.; MARQUES, C. C. L.; SILVA, D. D.; PALMEIRA, C. M.; MARTINS, E. R. Produção de matéria seca e óleo essencial de menta sob diferentes doses de fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 1, 9-12, 2005.

REZENDE, R. K. S.; MARQUES R. F.; MASETTO T. E. Características morfológicas e produtividade do crambe em função da adubação nitrogenada. **Agrarian** v.8, n. 29 p.279–286, 2015.

ROGÉRIO, F.; SANTOS, J. I.; SILVA, T. R. B.; MIGLIAVACCA, R. A.; GOUVEIA, B.; BARBOSA, M. C. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento da cultura do crambe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 251-255, 2012.

ROGÉRIO, F.; SILVA, T. R. B.; SANTOS, J. I. S.; POLETINE, J. P. Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products**, v. 41, n. 2, p. 266– 268, 2013.

ROSCOE, R.; DELMONTES, A. M. A. Crambe é nova opção para biodiesel. **Agriannual** 2009. São Paulo: Instituto FNP, p. 40-41, 2008.

ROSCOE, R.; PITOL, C.; BROCH, D. L. Necessidades climáticas e ciclo cultural. In: FUNDAÇÃO MS. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracaju: FUNDAÇÃO MS, p. 07-09, 2010.

SANES, F. S. M.; CASTILHOS, R. M. V.; SCIVITTARO, W. B.; VAHL, L. C.; MORAIS, J. R. Morfologia de raízes e cinética de absorção de potássio em genótipos de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, n. 3, p. 688-697, 2013.

SANTOS, J. I.; ROGERIO, F.; MIGLIAVACCA, R. A.; GOUVEIA, B.; BARBOSA, M. C. Efeito da adubação potássica na cultura do crambe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3, p. 346-350, 2012.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macro e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 563-568, 2006.

SILVA, F. A.; TEODORO, P. E.; CASOTI, G. S.; CORREA, C. G.; RIBEIRO, L. P. TORRES, F. E. Correlações e parâmetro genéticos em crambe cultivado em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37 n.4, p. 441-446, 2014.

SILVA, L. O. **Dossiê técnico:** Energia eólica. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico - CDT/UnB, Brasília – DF, 19 p., 2012.

SILVA, P. R. F.; FREITAS, T. F. S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.843-851, 2008.

SILVA, T. R. B.; LAVAGNOLLI, R. R.; NOLLA, A. Zinc and phosphorus fertilization of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). **Journal of Food Agriculture e Environment, Helsink**, v. 9, n. 1, p. 132-135, 2011.

SORANSO, A. M.; GABRIEL FILHO, A.; LOPES, A.; SOUZA, E. G.; DABDOB, M. J.; FURLANI, C. E. A.; CAMARA, F. T. Desempenho dinâmico de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado de óleo residual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n. 5, p.553-559, 2008.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D.; FERNANDES, A. M.; SOUZA, E. F. C. Effect of fertilization at sowing on nutrition and yield of crambe in second season. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 37, n. 3, p. 658-666, 2013.

SOUZA, R. S.; CHAVES, L. H. G. Crescimento e produção do crambe submetido a doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Espacios**, v. 38, n. 8, p.25, 2017.

SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1328-1335, 2009.

SOUZA, L. G. M.; LAZARINI, E.; CAMARGO, F. P.; BOSSOLANI, J. W.; GARCIA, A. Componentes de produção e produtividade de crambe em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 523-531, 2014.

TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; ANDRADE, M. J. B.; GIÚDICE, M. P. D.; CECON, P. R. Teores de clorofila em plantas de feijoeiros influenciadas pela adubação com manganês e zinco. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 147-152, 2004.

TITO, G.; GARÓFALO CHAVES, L.; FERNANDES, J.; MONTEIRO, D.; VASCONCELOS, A. Effect of copper, zinc, cadmium and chromium in the growth of crambe. **Agricultural Sciences**, v. 5, n. 11, p. 975-983, 2014.

TITO, G.; GARÓFALO CHAVES, L.; VASCONCELOS, A. Acúmulo e translocação de cobre e zinco em plantas de *Crambe abyssinica*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n. 4, p. 12-16, 2016.

TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S. J.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVEIRA, T. R. D. Estimativa da área foliar de *Crambe abyssinica* por discos foliares e por fotos digitais. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.475-478. 2010.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos avançados**, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012.

TOMAZ, M. A.; SILVA, S. R.; SAKIYAMA, N. S.; e MARTINEZ, H. E. P. Efficiency of uptake, translocation and use of calcium, magnesium and sulphur in young *Coffea arabica* plants under the influence of the rootstock. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, n.5, p. 885–892, 2003.

TRZECIAK, M. B.; NEVES, M. D.; VINHOLES, P. D. S.; VILLELA, F. A. Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. **Informativo Abrates**. v.18, n.1-3, p.30-38, 2008.

VALADARES, R. V.; VALADARES, S. V.; FERNANDES, L. A.; SAMPAIO, R. A. Teores de nutrientes no solo e nutrição mineral do milho em áreas irrigadas com água calcária. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p.169-176, 2014.

VASQUEZ, G. H.; LAZARINI, E.; CAMARGO, F.P.; FERREIRA, R.B.; PERED, A.R. Produtividade, qualidade e composição química de sementes de crambe em diferentes doses de fósforo. **Bioscience Journal**, v.30, n.3, p.707-714, 2014.

VIANA, O. H. **Cultivo do crambe na região oeste do Paraná**. 60 f., 2013. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

VOLLMANN, J.; RUCKENBAUER, P. Agronomic performance and oil quality of crambe as affected by genotype and environment. **Bodenkultur -wienandmunchen**. v.44, p 335–343, 1993.

WARWICK S. I.; GUGEL R. K. Genetic variation in the *Crambe abyssinica*-*C. hispanica*-*C. glabrata* complex. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 50, n. 3, p. 291-305, 2003.

ZOBIOLE L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVERIA, A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, n.2, p. 425-433, 2010.