ISSN: 2674-9270
Volume. 7, n. 1, jan./jul. 2025

ARTIGO

Recital
Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

Teor de nutrientes na dinâmica da fenologia do gergelim

Tanismare Tatiana de Almeida
Universidade do Estado de Mato Grosso
E-mail: tanismaresilva@unemat.br

Andréa dos Santos Oliveira
Universidade do Estado de Mato Grosso
E-mail: andrea.santos.oliveira@unemat.br

Leonardo Gonçalves Bastos
Universidade do Estado de Mato Grosso
E-mail: leobastos4marcos12@gmail.com

Murilo Oliveira Sampaio
Universidade do Estado de Mato Grosso
E-mail: murilo.sampaio@unemat.br

Fernando André Silva Santos
Universidade do Estado de Mato Grosso
E-mail: fernan.agr@hotmail.com

DOI: *https://doi.org/10.46636/recital.v7i1.510*

Recebido: *04 Fev. 2024*
Aceito*: 05 Mai. 2025*

Como citar este artigo: ALMEIDA, Tanismare Tatiana de; OLIVEIRA, Andréa dos Santos; BASTOS, Leonardo Gonçalves; SAMPAIO, Murilo Oliveira; SANTOS, Fernando André Silva. Teor de nutrientes na dinâmica da fenologia do gergelim. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 7, n. 1, p. 174–187, 2025. DOI: 10.46636/recital.v7i1.510. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/article/view/510.

Está obra está licenciada sobre uma Creative Commons Attribution 4.0 International License. Nenhuma parte desta revista poderá ser reproduzida ou transmitida, para propósitos comerciais, sem permissão por escrito. Para outros propósitos, a reprodução deve ser devidamente referenciada. Os conceitos emitidos em artigos assinados são de responsabilidade exclusiva de seus autores.

Teor de nutrientes na dinâmica da fenologia do gergelim

RESUMO

Com o objetivo de investigar o acúmulo de nutrientes nas diferentes fases fenológicas do gergelim (*Sesamum indicum* L.), cultivar BRS Seda, foi conduzido o experimento no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Cáceres – MT. O delineamento foi inteiramente casualizado, com 4 repetições e cinco épocas de amostragens das folhas, frutos e caule aos 25, 40, 55, 85 e 100 dias após emergência (DAE). As unidades experimentais consistiram em 3 vasos de oito litros, com solo previamente adubado com NPK (8–28–16), na recomendação de 10 kg·ha^{-1} de N, 80 kg·ha^{-1} de P_2O_5 e 20 kg·ha^{-1} de K_2O. A semeadura foi realizada com 30 sementes por vaso, com desbaste aos 15 DAE, mantendo-se dez plantas por vaso. Os dados de acúmulo de nutrientes foram submetidos à análise de regressão. Os resultados indicaram maior concentração de macronutrientes nas folhas, exceto o potássio, predominante no caule. A absorção de N e K foi mais intensa entre 25 e 40 DAE, enquanto os teores de Mn, S, Mg, Ca e P se elevaram entre 85 e 100 DAE, período correspondente à fase de frutificação. O potássio é importante para a formação e qualidade de frutos, especialmente após 30 dias da semeadura.

Palavras-chave: *Sesamum indicum* L.. Fase fenológica. Nutrição de plantas. Oleaginosa.

Nutrient content in the dynamics of sesame phenology

ABSTRACT

To investigate nutrient accumulation during different phenological stages of sesame (Sesamum indicum L.), cultivar BRS Seda, an experiment was conducted at the experimental field of the State University of Mato Grosso, Cáceres Campus – MT. The experimental design was completely randomized, with four replications and five sampling times of leaves, fruits, and stems at 25, 40, 55, 85, and 100 days after emergence (DAE). Experimental units consisted of three 8-liter pots filled with soil previously fertilized with NPK (8–28–16) at the recommended rates of 10 kg·ha^{-1} N, 80 kg·ha^{-1} P_2O_5, and 20 kg·ha^{-1} K_2O. Sowing was carried out with 30 seeds per pot, followed by thinning at 15 DAE to maintain 10 plants per pot. Nutrient accumulation data were subjected to regression analysis. The results indicated higher macronutrient concentrations in leaves, except for potassium, which was more concentrated in the stems. Nitrogen and potassium uptake was more intense between 25 and 40 DAE, whereas Mn, S, Mg, Ca, and P levels increased between 85 and 100 DAE, corresponding to the fruiting stage. Potassium was shown to be essential for fruit formation and quality, especially after 30 days of sowing.

Keywords: *Sesamum indicum L.. Phenological phase. Plant nutrition. Oilseed.*

INTRODUÇÃO

A adubação pode ser um tema controverso na cultura do gergelim, apresentando resultados positivos em determinados locais e cultivares, e negativos em outras situações. Isso sugere a complexidade e a dificuldade em compreender as relações entre solo, planta e atmosfera. Além disso, os teores dos nutrientes são variáveis dependendo da idade e parte da planta que é avaliada (MALAVOLTA, 2006).

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) extrai do solo quantidades elevadas de N e de K podendo variar de acordo com o estado nutricional da planta, volume de produção e variedade utilizada. De maneira geral, para produzir 1000 kg ha^{-1} de sementes a planta precisa extrair do solo 50 kg ha^{-1} de N, 14 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 60 kg ha^{-1} de K_2O, sendo que, ao final do ciclo, os frutos podem conter de 33 a 60% do NPK extraído (EMBRAPA, 2007).

O plantio do gergelim é uma alternativa viável para o segundo ciclo de safra no Mato Grosso devido à ampla adaptabilidade às condições edafoclimáticas, pelo período do ciclo da cultura, de aproximadamente 100 dias, e pela própria característica fenológica da planta. Ainda que o Brasil tenha todas as condições que favoreçam o desenvolvimento do gergelim, a área total ocupada ainda é pequena. Na safra 2023/2024, a área plantada no Brasil foi de 659 mil hectares, com uma produção de 361,3 mil toneladas de grãos (CONAB, 2024).

Esses números demonstram o expressivo potencial econômico do gergelim, pois, além de abrir oportunidades lucrativas nos mercados doméstico e internacional, permite o cultivo durante a entressafra, sem competir com culturas principais, como soja e milho. Além dos benefícios econômicos, farmacêuticos e alimentares, o cultivo do gergelim aprimora os sistemas de rotação de culturas, promovendo a integração com outras culturas e melhorando significativamente a qualidade do solo, e otimizando o uso da terra, consequentemente, reduzindo a abertura de novas áreas e o desmatamento. A assinatura de um acordo histórico entre Brasil e China, em novembro, abriu o mercado para a exportação de gergelim para o maior importador mundial do produto, responsável por 36,2% das importações globais (AGÊNCIA GOV, 2025). Assim, medidas proativas devem ser adotadas para garantir o aumento da produção e atender à crescente demanda internacional, dentre eles, a clareza quanto à exigência nutricional de cada cultivar.

O aumento das concentrações de nutrientes minerais nas sementes também pode melhorar a germinação e o estabelecimento iniciais das mudas (TEBOUL *et al*., 2020). Por outro lado, a deficiência nutricional pode ocasionar diversos danos nos processos metabólicos da planta, resultando em desequilíbrio hormonal e alterações na fisiologia (TAIZ *et al.*, 2017), principalmente no período de florescimento, formação e crescimento dos frutos, em que a demanda por nutrientes é maior.

A busca por mais informações em relação ao conhecimento do acúmulo de nutrientes, almejando uma maior rentabilidade na produção de sementes, e a compreensão do acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo fenológico do gergelim são importantes para o desenvolvimento de estratégias de manejo nutricional mais eficientes e sustentáveis, visto que conhecimento sobre os períodos de maior demanda nutricional permite ajustar a época, a dose e a fonte dos fertilizantes, contribuindo para a eficiência do uso dos insumos e para a redução de perdas por lixiviação ou fixação no solo.

Por essa razão, objetivou-se neste trabalho averiguar o teor de macro e micronutrientes em plantas de gergelim, considerando as diferentes fases de desenvolvimento da cultura, que poderá contribuir para um melhor desempenho agronômico da cultura e para a sustentabilidade da produção.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na área experimental, localizada nas coordenadas 16° 04' 14'', latitude Sul, e 57° 40' 44'', longitude Oeste, do curso de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Cáceres, durante a período de maio a outubro de 2018. A temperatura média do período variou de 21,9 °C a 28,0 °C e a umidade relativa esteve entre 56,2% a 75,6% (INMET, 2018).

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições e as parcelas constituídas de três vasos com capacidade de oito litros, contendo solo. O solo coletado foi do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa, previamente avaliado, apresentando os seguintes resultados: pH = 6,3; Ca^{2+} = 4,95 $cmol_c$ / dm^3; K^+ = 0,36 $cmol_c$ / dm^3; Al^{3+} = 0,0 $cmol_c$ / dm^3; Mg^{2+} = 2,04 $cmol_c$ / dm^3; S = 3 mg / dm^3; P = 8,7 mg / dm^3 e K^+ =140,60 mg / dm^3. Com base nos resultados da análise, foi realizada a adubação de plantio, antes da semeadura, com o formulado NPK 8–28–16, considerando a recomendação para a cultura de 10 $kg{\cdot}ha^{-1}$ de N, 80 $kg{\cdot}ha^{-1}$ de P_2O_5 e 20 $kg{\cdot}ha^{-1}$ de K_2O (AGUIAR, 2014).

Após o enchimento dos vasos com solo e realizada a adubação, foram distribuídas 30 sementes do cultivar BRS Seda sobre o solo e com profundidade de 3 cm e o desbaste realizado aos 15 dias após a emergência (DAE), mantendo apenas 10 plantas por vaso. As plantas foram mantidas em pleno sol e, para fins de irrigação, foi mantida a umidade de 70% da capacidade máxima de retenção de água pelo solo por meio de irrigações controladas por pesagem dos vasos. A coleta das plantas para avaliação foi realizada aos 25, 40, 55, 85 e aos 100 dias DAE constituindo, assim, 5 tratamentos. Com um total de 30 plantas por parcela, a cada época de coleta, foram retiradas duas plantas por repetição. Essas plantas foram lavadas e separadas em folha, caule e fruto, colocadas em sacos de papel e mantidas em estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 70 °C para secagem por 72 horas. Na sequência, as amostras secas foram moídas em moinho do tipo Wiley, peneiradas e armazenadas em frascos de vidro e enviadas para o laboratório para a determinação química dos macronutrientes. Foram determinados o P (método fotômetro de chama); Cu, Fe, Ca, Mg Mn e Zn (método de absorção atômica); N (método titulométrico) e S (método turbidimétrico), conforme protocolo estabelecido por Malavolta *et al*. (1997) e Harris (2001). Os dados foram analisados pelo software R e submetidos a análise de variância e a análise por componentes principais e aplicado o modelo de regressão polinomial aos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

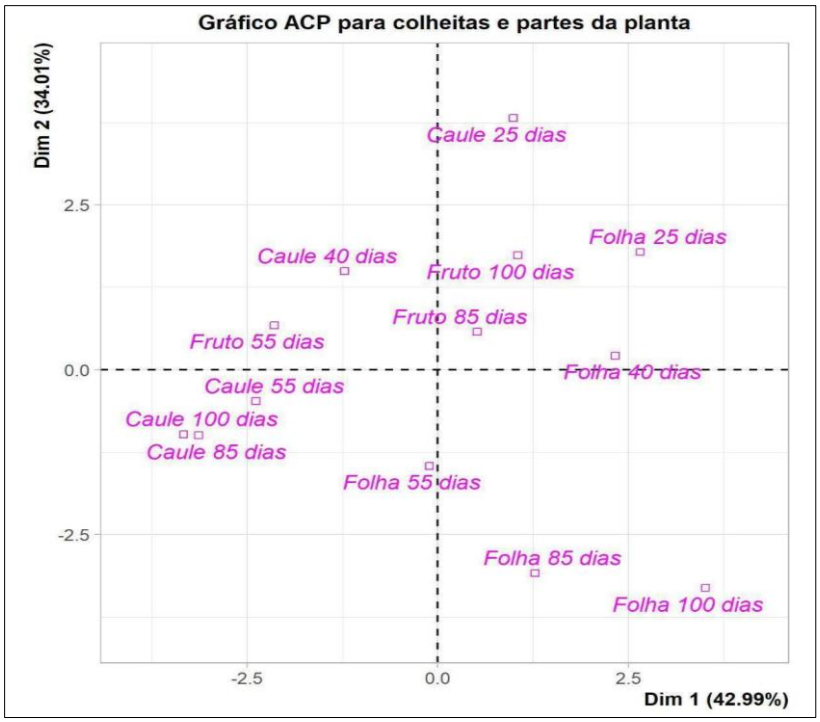
O ciclo da cultura do gergelim cultivar BRS Seda foi de 108 dias. A duração da fase vegetativa foi de 30 dias, com início da antese ocorrendo aos 45 dias após a semeadura e a colheita realizada em intervalos de 25, 40, 55, 85 e 100 dias.

Ao analisar as partes das plantas e o período de coleta, observa-se que o conteúdo de macro e micronutrientes no caule, nas épocas de coleta de 55, 85 e 100 dias, foi agrupado (Figura 1). Para os frutos e folhas, esse agrupamento ocorreu aos 85 e 100 dias. É importante ressaltar que quanto mais próximos estão essas variáveis mais semelhantes são suas características. A posição de cada ponto é determinada pela concentração de nutrientes presente nas amostras. Assim, a proximidade espacial no gráfico sugere uma composição química similar, apesar do intervalo de tempo entre as colheitas. Essa proximidade revela que, mesmo com o avanço do desenvolvimento, algumas partes da planta mantêm uma concentração de nutrientes consistente. Além disso, os agrupamentos observados refletem o

comportamento diferenciado de cada parte da planta ao longo do tempo, o que evidencia que cada órgão vegetal segue uma trajetória específica de acúmulo ou modificação de compostos durante o ciclo de desenvolvimento. Da mesma forma, os frutos aos 85 e 100 dias apresentam proximidade, sugerindo estabilidade ou continuidade dos nutrientes durante a maturação.

A maior dispersão foi observada no componente folha (Figura 1), visto que as folhas, aos 100 dias, se destacam em uma posição isolada no quadrante inferior direito, o que pode indicar uma alteração significativa na composição química na fase final do ciclo. Essa distância entre os pontos pode estar associada à relação de fonte-dreno na planta e à distribuição dos elementos minerais. Dessa forma, é possível que ocorra uma maior variação nos resultados relacionados às folhas em comparação aos componentes caule e fruto, mesmo que a mobilidade dos elementos ocorra de forma diferenciada nas diversas partes da planta.

Figura 1 – Análise de componentes principais (PCA) para conteúdo de macro e micronutrientes em diferentes partes da planta e período de colheita.



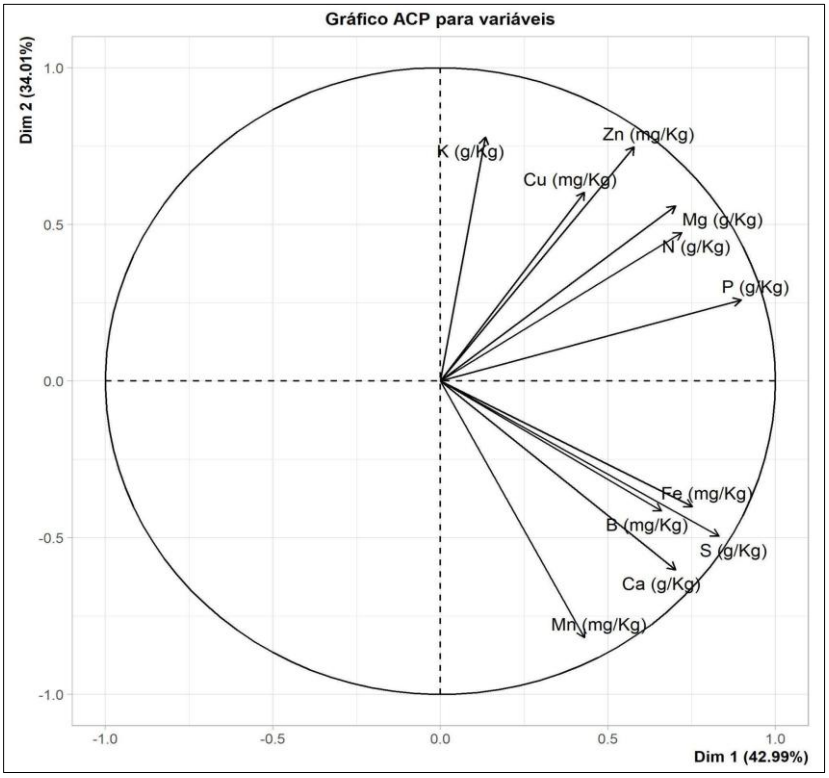
Fonte: Autoria própria

De maneira geral, os elementos minerais se agruparam de acordo com a sua mobilidade. São considerados de alta mobilidade na planta os elementos N, P, K, Mg, Cu, enquanto os elementos de baixa mobilidade incluem S, Mn, Zn e Fe e os imóveis Ca e B (MATOS *et al.*, 2024). Pelo gráfico de análise de componentes principais para macro e micronutrientes (Figura 2) é possível observar que os nutrientes Zn, Cu, Mg, N, K e P estão fortemente correlacionados entre si, uma vez que seus vetores apontam na mesma direção, ao longo do eixo da Dimensão 2. Isso indica que essas variáveis compartilham um padrão comum de variação nas amostras analisadas. Por outro lado, Ca, Mn, B, Fe e S apresentam vetores orientados em outra direção, mais associados à Dimensão 1, sugerindo um padrão de variação distinto dos nutrientes anteriormente citados.

Na planta de gergelim foi observado um comportamento diferenciado para o elemento Zn. Embora seja considerado de baixa mobilidade na planta, esse elemento apresentou um comportamento semelhante aos elementos de alta mobilidade. Esse comportamento indica

que o Zn teve papel importante na diferenciação entre as amostras, especialmente naquelas com maior acúmulo ou redistribuição de micronutrientes. O padrão de agrupamento do Zn com o Cu, N, Mg e P, na planta de gergelim, sugere que esses elementos apresentam semelhança de absorção ou mobilidade nas diferentes partes da planta. É significativo considerar o papel fisiológico do zinco, que atua como cofator enzimático e é possível que sua dinâmica, ao longo do ciclo de desenvolvimento, esteja associada a processos metabólicos intensos, especialmente em órgãos em crescimento (SEEDA *et al*., 2020).

Figura 2 - Análise de componentes principais (PCA) para macro e micronutrientes em plantas de gergelim.



Fonte: Autoria própria

Os teores dos nutrientes são variáveis dependendo da idade e de parte da planta (Tabela 1), o que sugere o redirecionamento do principal dreno na planta por fotoassimilados e, naturalmente, também por nutrientes.

Durante o crescimento inicial, o acúmulo de nutrientes é frequentemente priorizado para as folhas, para que as plantas suportem o rápido desenvolvimento para posteriormente ser redistribuído para outras partes (MALAVOLTA, 2006). Isso pode ser observado pela desaceleração do acúmulo de N, observada nas folhas da cultivar BRS Seda, que pode estar associada ao crescimento do fruto, uma vez que a concentração desse nutriente foi menor com o avanço do ciclo da planta. Essa mesma constatação pode ser estendida ao fósforo (P) e potássio (K).

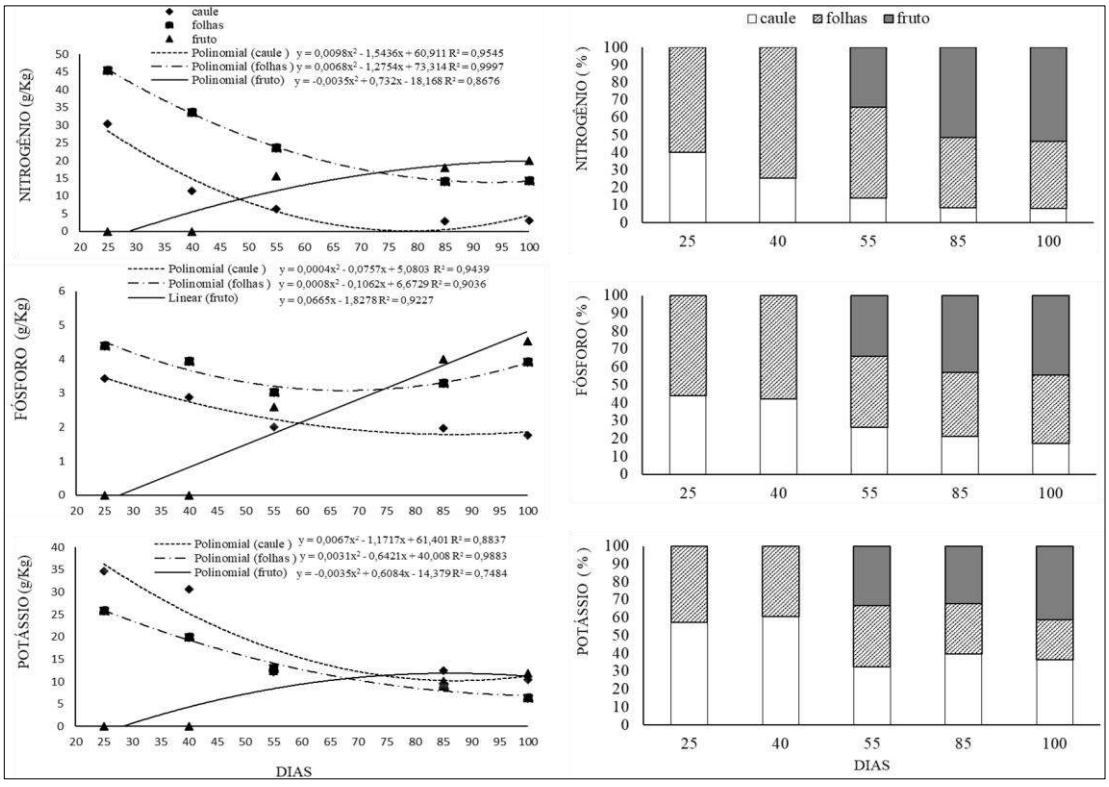
Tabela 1. Teores de nutrientes por órgão das plantas de gergelim cultivar BRS Seda colhidas em diferentes épocas.

Idade de Planta (dias)	Parte da Planta	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
		..... g.kg^{-1}.....						..... mg.kg^{-1}.....				
25	Caule	30,3	3,4	34,6	18,3	4,4	2,9	29 ,1	5,6	40,9	62,6	125,9
	Folha	45,5	4,4	25,9	22,4	4,3	6,8	26,9	4,8	67,5	42,2	160,5
40	Caule	11,4	2,9	30,6	18,5	4,0	4,2	23,3	2,9	43,2	27,8	97,0
	Folha	33,6	3,9	19,9	21,8	3,9	6,3	46,5	4,5	66,4	32,5	193,3
55	Caule	6,3	2,0	12,2	18,7	3,2	3,8	22,7	2,5	55,4	21,9	106,2
	Folha	23,7	3,0	13,0	21,3	2,7	5,2	49,2	2,4	65,0	19,0	156,6
	Fruto	15,6	2,6	12,5	12,6	2,8	3,6	27,9	4,0	33,1	25,4	98,5
85	Caule	2,9	1,9	12,5	14,9	2,5	2,9	16,5	3,3	72,1	11,0	116,8
	Folha	14,2	3,3	8,9	34,7	2,9	7,7	50,6	2,9	105,9	21,9	158,5
	Fruto	18,0	4,0	10,1	20,5	3,5	4,9	51,5	5,6	48,5	33,2	98,9
100	Caule	3,0	1,8	10,5	14,7	2,5	2,7	20,9	3,2	67,6	13,0	105,4
	Folha	14,3	3,9	6,4	48,2	3,9	9,5	48,3	3,9	120,4	28,2	186,6
	Fruto	19,9	4,5	11,9	20,4	3,7	5,5	30,7	7,3	47,6	42,1	110,4

Fonte: Autoria própria

Diante da importância prática de se conhecer o comportamento dos nutrientes no ciclo da planta e as funções específicas que cada um exerce, pode-se observar que a demanda de N, P, K é alta no início do desenvolvimento do gergelim cv BRS Seda, concentrando a maior porcentagem, cerca de 75%, de N nas folhas, sendo, portanto, o nutriente mais exigido pela planta, seguido de K e P no caule (Figura 3).

Figura 3- Teores e porcentagens de N, P e K em função da época de coleta.



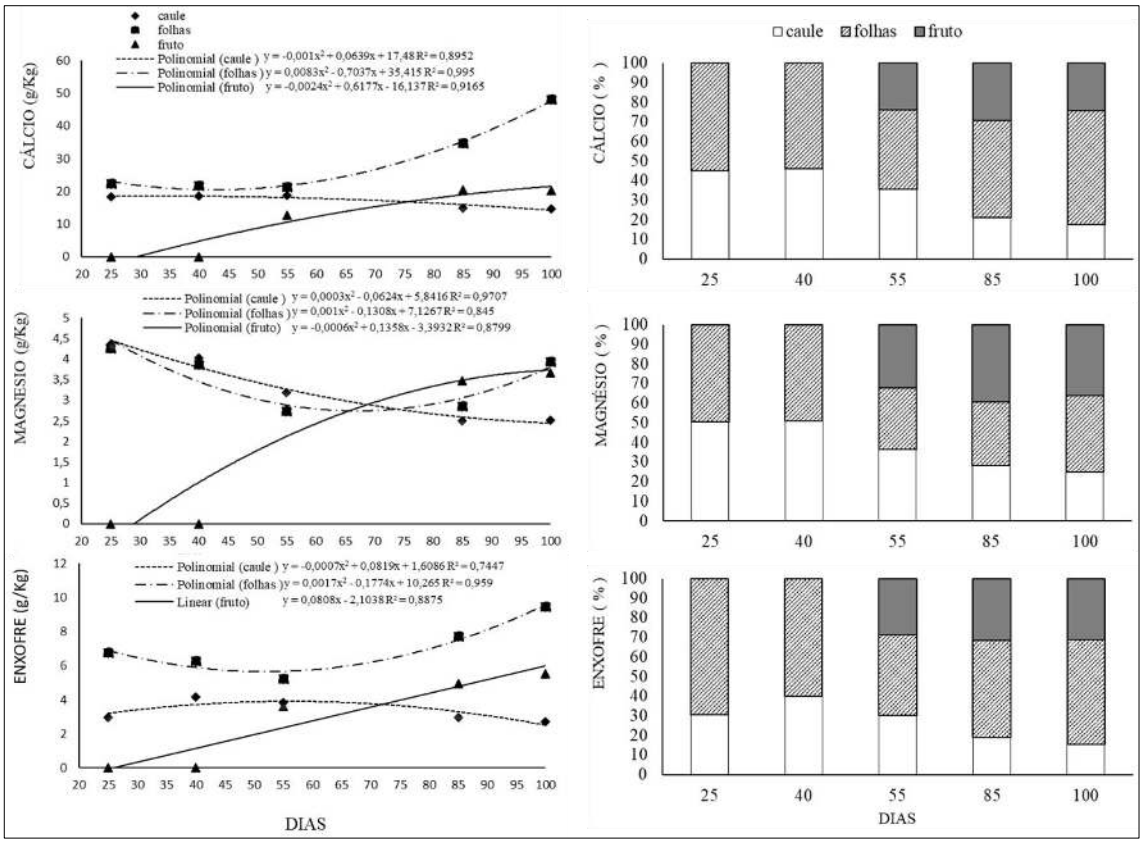
Fonte: Autoria própria

A partir de 30 dias, os nutrientes são direcionados para a formação dos frutos, com demanda direta do potássio que é o principal responsável pela conformação e qualidade dos frutos (FERNANDES *et al*., 1993). Esse comportamento dos nutrientes é previsível, visto que o nitrogênio interfere no crescimento (BELTRÃO, 2013) desempenhando funções estruturais de macromoléculas e constituintes de enzimas. Já o P está envolvido nos processos com gasto de energia e formação dos órgãos (FRANDOLOSO *et al*., 2010), sendo armazenado nas moléculas de ATP, que são usadas nos processos do metabolismo das plantas.

Durante o ciclo do gergelim, a quantidade de nitrogênio, que é um nutriente com alta mobilidade na planta, diminuiu tanto na folha quanto no caule. O florescimento da planta ocorreu aos 39 dias após a semeadura e a primeira coleta dos frutos foi realizada aos 55 dias, obtendo-se um teor de 15,6 $g.kg^{-1}$ de N. Até os 100 dias após emergência, aproximadamente 75% da quantidade de N e P foi alocada nas folhas. A redução nos valores de nitrogênio durante o desenvolvimento da planta está diretamente relacionada ao crescimento e à formação, devendo estar disponível até a fase adulta da planta. Em contraste, o fósforo (P) é considerado um nutriente de baixa mobilidade em solos tropicais, comportamento atribuído à sua fixação pelos minerais da argila. Como o P está associado aos processos de absorção de nutrientes e formação de órgãos, observa-se um aumento na concentração desse elemento no fruto. Resultados semelhantes foram encontrados por Zobiole (2010).

Há uma semelhança do comportamento decrescente dos teores de potássio e nitrogênio até os 75 dias, sugerindo a translocação para os frutos. Essa translocação do potássio é justificada por ser um elemento envolvido na formação dos frutos. Além de apresentar alta mobilidade e ser o segundo elemento mais absorvido pelas plantas, o potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, porém interage com quase todos os nutrientes essenciais à planta e desempenha importantes funções na planta, como na fotossíntese, ativação enzimática, síntese de proteínas e no transporte de carboidratos, uso eficiente da água, dentre outros, sendo fundamental ao crescimento e produção da planta (DIAS, 2012 *apud* RIBEIRO, 2016). O caule apresentou maiores teores de potássio quando houve uma diminuição do elemento nas folhas e frutos. Quando avaliada a concentração de cálcio, magnésio e enxofre (Figura 4 e Tabela 1), aos 100 dias, a maior concentração de cálcio foi observada nas folhas, atingindo 48.2 $g.kg^{-1}$. No período entre 65 a 75 dias, a concentração de Ca, Mg e S no fruto ultrapassou a presente no caule, quando comparada aos níveis de N, P e K.

Figura 4 – Teores e porcentagens de cálcio, magnésio e enxofre em função da época de coleta.



Fonte: Autoria própria

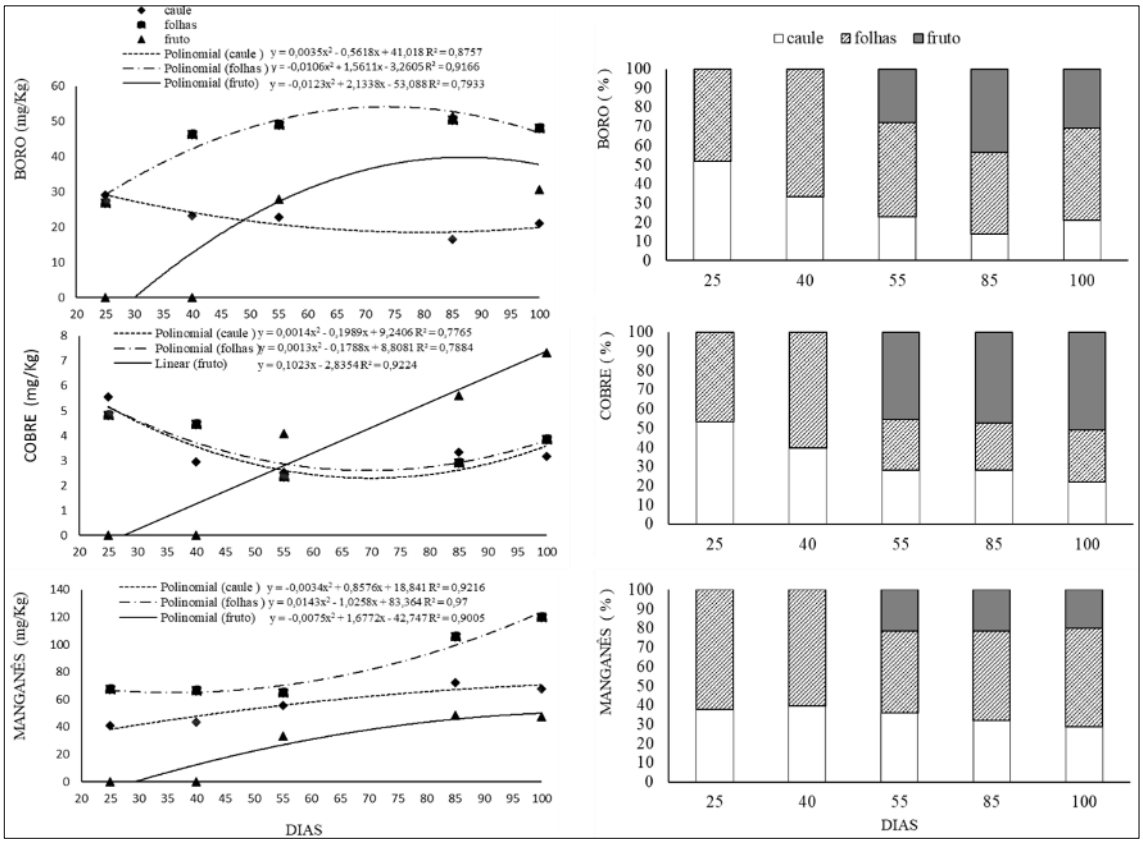
Até o florescimento e o aparecimento de frutos aos 45 dias, o Ca apresentou baixa mobilidade na planta. A distribuição do cálcio ocorre com maior intensidade nas folhas e no caule, ao contrário do que acontece com o P que se acumula nos frutos (JORGE, 1983). Os valores mais elevados de magnésio na planta foram encontrados nas folhas e frutos, com concentração de 4,3 $g.kg^{-1}$aos 25 dias e 3,7 $g.kg^{-1}$aos 100 dias respectivamente. As funções mais conhecidas do magnésio são compor a molécula de clorofila e ativar enzimas (SHAUL, 2002). Referências da literatura relatam a fácil mobilidade de magnésio dentro da planta que em geral, necessita de quantidades inferiores às de cálcio ou potássio, como descrito por Prado (2020), quando relata que os sintomas de deficiência de magnésio, devido a sua mobilidade, ocorrem nas folhas mais velhas com a clorose internerval típica.

Os dados observados de enxofre (Figura 4 e Tabela 1) demonstraram que esse elemento foi encontrado em maior quantidade nas folhas em comparação com os valores observados no caule e fruto. As concentrações de enxofre nos frutos foram crescentes até os 100 dias após a emergência. Esse comportamento foi diferente na folha, onde ocorreu um aumento na concentração, e, no caule, com tendência de queda. O enxofre é acumulado durante todo o ciclo da cultura, principalmente durante o estádio reprodutivo, e o aumento nos níveis de nitrogênio na planta proporciona aumentos na concentração de enxofre na parte área para a síntese de proteínas e de óleo em suas sementes (FAZILI *et. al.*, 2008).

A curva representativa para as concentrações de boro (Figura 5) teve comportamento semelhante nas folhas e no fruto. O boro é um micronutriente que tem baixa mobilidade no floema e é importante no metabolismo do DNA (ácido desoxirribonucleico), RNA (ácido

ribonucleico) e AIA (ácido indol acético), estando envolvido no processo de fertilização, como germinação de grão de pólen e o crescimento do tubo polínico (TAIZ *et al*., 2017).

Figura 5 - Teores e porcentagens de boro, Cu e manganês em função da época de coleta.



Fonte: Autoria própria

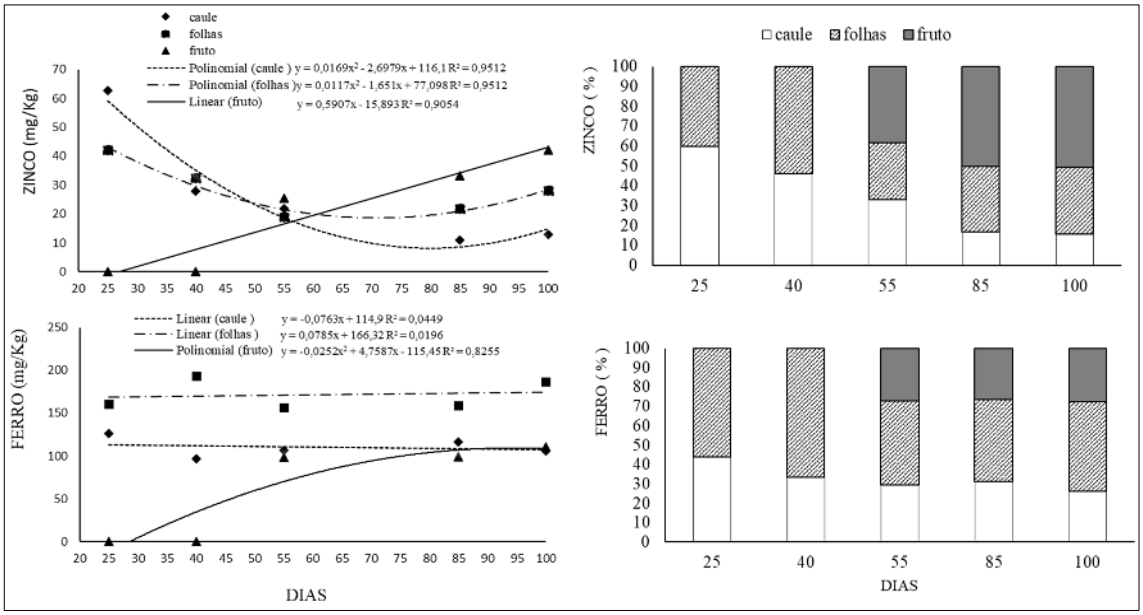
Em baixas concentrações de boro, a produção de matéria seca e os frutos são os mais afetados, visto que no estágio vegetativo não se formam cápsulas e na frutificação os frutos não ganham matéria seca (MOUSAVI *et al*., 2020). Esse período crítico de 60 dias corresponde às fases de florescimento e frutificação da planta, acumulando 50% das exigências nutricionais.

Após 25 dias de emergência, o elemento Cu teve ligeiro declínio no caule e nas folhas. É um elemento de baixa mobilidade, na planta, que, após 55 dias, foi translocado para os frutos mantendo uma taxa média de 45% em relação ao caule e às folhas. As plantas precisam de pouca quantidade de Cu para suprir suas demandas metabólicas, entretanto sua falta causa prejuízos na parte nutricional, fisiológica e protetora das plantas. Conforme relata Dechen, (1988), o Cu tem papel em processos fisiológicos, como fotossíntese, respiração, distribuição de carboidratos, redução e fixação de nitrogênio, metabolismo de proteínas e das paredes celulares.

Até os 55 dias, foi encontrado cerca de 60% de manganês nas folhas (120,4 mg. Kg^{-1}) e o restante em caule (67,6 $mg.kg^{-1}$) e fruto (47,6 $mg.kg^{-1}$). Nesse mesmo período, os frutos acumularam 21% do manganês se mantendo estável até o final da maturação, com redução na quantidade acumulada em folhas e caule até os 100 dias. O manganês é pouco distribuído na planta e apresenta papel bioquímico e fotossintético (MALAVOLTA, 2006), o que pode explicar as concentrações máximas encontradas nas folhas. A acumulação pelos frutos foi menor do que os encontrados nas folhas e/ou nos caules.

Os valores estimados indicam decréscimo na concentração de zinco para caule e folhas (Figura 6), e crescente para frutos. Até os 100 dias o teor de zinco foi de 42,1 mg.kg^{-1} para o fruto.

Figura 6 – Teores e porcentagens de Zn e Fe em função da época de coleta.



Fonte: Autoria própria

Em relação ao elemento zinco, foi evidenciado que, nas primeiras quinzenas após a emergência, houve um decréscimo com a idade da planta. É importante ressaltar que as funções básicas do zinco na planta estão ligadas ao metabolismo de carboidratos, das proteínas e dos sulfatos e na formação de auxinas, RNA e ribossomos (BORKERT, 1989).

Percebe-se também que o acúmulo de ferro pelos frutos foi superior àquele das folhas e caule, indicando a translocação do nutriente (Figura 6). Os teores de ferro apresentam-se em baixa mobilidade até os 55 dias após a emergência. O maior acúmulo de ferro encontra-se nas folhas, seguidos pelos caules, com acúmulo de 50 % por cento para ambos. Cabe ressaltar que há uma tendência de aumento na concentração de ferro em função do aumento dos níveis de nitrogênio.

O acúmulo de nutriente nos frutos foi crescente até os 100 dias. Ribeiro (2016) também identificou o aumento progressivo de nitrogênio e fósforo nos frutos do cultivar CNPA G4 até os 105 dias. No entanto, devido à realização do estudo em duas épocas de cultivo distintas, a quantidade acumulada em cada período foi diferente. Apesar do acúmulo do fósforo ser baixo, ele é um nutriente essencial praticamente durante todo o ciclo da planta.

CONCLUSÃO

Na fase vegetativa da cultura, uma maior absorção de N e K ocorre no intervalo de 25 e 40 dias após emergência. No período de frutificação, o acúmulo de Mn, S, Mg, Ca e P é entre 85 e 100 dias. O potássio é importante para a formação e a qualidade de frutos, especialmente após 30 dias da semeadura.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV. 2025. **Brasil e China firmam acordo para exportação de gergelim**. Disponível em: https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202411/brasil-e-china-firmam-acordo-para-exportacao-degergelim. Acesso em: 28 jan. 2025

AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas.** 7. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. 452 p. (Boletim Técnico IAC, n.º 200). Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/iacboletim200.pdf. Acesso em: 15 abr. 2025

BELTRÃO, N. E. M.; FERREIRA, L. L.; QUEIROZ, N. L.; TAVARES, M. da S.; ROCHA, M. do S.; ALENCAR, R. D.; PORTO, V. C. N. **O Gergelim e seu Cultivo no Semiárido Brasileiro**. Natal: IFRN, 2013. 225 p.

BORKERT, C. M. Micronutrientes na planta. *In*: BULL, L. T.; ROSOLEM, C. A. (Ed.). **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p. 309-329.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 9, safra 2023/2024, n. 4, jan. 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos. Acesso em: 3 fev. 2024

DECHEN, A. R. Micronutrientes; funções nas plantas. *In*: Simpósio sobre micronutrientes na agricultura. 1., 1988, Jaboticabal. **Anais** [...]. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1988. p. 111-132.

EMBRAPA. **A cultura do gergelim**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007. 72 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11911/2/00080980.pdf . Acesso em: 24 set. 2023.

FAZILI, I. S.; JAMAL, A.; AHMAD, S.; MASOODI, M.; KHAN, J. S.; ABDIN, M. Z. Interactive Effect of Sulfur and Nitrogen on Nitrogen Accumulation and Harvest in Oilseed Crops Differing in Nitrogen Assimilation Potential. **Journal of plant nutrition**, Philadelphia, v. 31, n. 7, p. 1203–1220, 15 jun. 2008. DOI: https://doi.org/10.1080/01904160802134905. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904160802134905. Acesso em: 10 mar. 2025

FERNANDES, V. L. B.; AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará.** Fortaleza: UFC, 1993, 248p.

FRANDOLOSO J.F.; LANA M. C.; FONTANIVA S.; CZYCZA R.V. Eficiência de adubos fosfatados associados a enxofre elementar na cultura do milho. **Revista Ceres,** Viçosa, v. 57, n. 5, p. 686-694, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000500019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rceres/a/JhQK3qBxLjCdvGt3JV5Q73k/?lang=pt#. Acesso em: 9 out. 2023.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 5. ed. Rio de Janeiro, p. 861, 2001.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2018. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso em: 19 abr. 2025.

JORGE, J. A. **Solo: manejo e adubação**. São Paulo: Nobel, 1983. 308p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, p. 319, 1997.

MATOS, C. H. L. de; MONTENEGRO, R. A.; UCHÔA, S. C. P.; JÚNIOR, J. F. do V.; SABÓIA, V. H. C.; TAVARES, I. do N. Soil micronutrients: dynamics, availability, and fertilization management. **Seven Editora**, *[S. l.]*, p. 60–79, 2024. Disponível em: https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/4561. Acesso em: 19 abr. 2025.

MOUSAVI, S. M.; MOTESHAREZADEH, B. Boron deficiency in fruit crops. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Org.). **Fruit Crops**. Elsevier, 2020. p. 191–209.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2020. 414 p.

RIBEIRO, R. M. P. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em cultivares de gergelim.** 2016. 85f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2016.

SEEDA, A.; ABOU EL-NOUR E.A.A.; YASSEN A.A; GAD MERVAT M.; SAHAR M. Z. Interaction of Copper, Zinc, and their importance in plant physiology: Review, Acquisition and Transport. **Middle East Journal of Applied Sciences**, Gisa, v. 10, n. 3, p. 407-434, 2020. DOI: 10.36632/mejas/2020.10.3.37. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343444183_Interaction_of_Copper_Zinc_and_their_importance_in_plant_physiology_Review_Acquisition_and_Transport. Acesso em: 5 mai. 2025.

SHAUL, O. Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. **Biometals**, v. 15, n.3, p. 309-323, 2002. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1016091118585. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016091118585. Acesso em: 10 jan. 2025.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 626 p.

TEBOUL, N.; GADRI, Y.; BERKOVICH, Z.; REIFEN, R.; PELEG, Z. Genetic Architecture Underpinning Yield Components and Seed Mineral–Nutrients in Sesame. **Genes**, Basileia, v. 11, n. 10, p. 1-18, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/genes11101221. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4425/11/10/1221. Acesso em: 27 jan. 2024.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 425-434, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/6md7Hr7F8YxsztwmL3Gw9qR/?lang=pt. Acesso em: 5 jun. 2022.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Mato Grosso pela bolsa concedida e a Aprofir pelo incentivo à pesquisa. A professora Dra. Maria Aparecida Pierangeli – Unemat pelas valiosas constribições.

Editores do artigo

José Maria Gomes Neves, Jandresson Dias Pires e Mariana Mapelli de Paiva