



Análise fitoquímica de extratos de milho (*Zea mays* L.) cultivados com diferentes adubações

Luana Estefani Knaul^{a*}, Luana Fernanda Pereira da Silva^b, Jean Sergio Rosset^{b*}, Leidi Cecília Friedrich^{c*}, Isac George Rosset^c

^a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Brasil

^b Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

^c Universidade Federal do Paraná, Brasil

* Autor correspondente (luanaknaul16@gmail.com)

INFO

Keywords
fertilizers
phenols
flavonoids
antioxidants

ABSTRACT

*Phytochemical analysis of corn extracts (*Zea mays* L.) cultivated with different fertilization*

The production of corn (*Zea mays* L.) has grown considerably in recent years, due to its wide use for human and animal food, as well as in the development of new products and technologies. This fact motivated studies that investigate agricultural practices and the respective production of substances of biological interest, such as secondary metabolites. In the present study, the concentration of these compounds was investigated for the same variety of corn grown with seven different fertilizations. In this way, fertilizers were used: mineral, organomineral, cattle manure, chicken litter, sewage sludge and *compost barn*, in addition to a cultivation without fertilization. After the extractions, analyzes of total phenols, flavonoids and antioxidant activity were performed by UV/Vis spectrophotometry. The highest levels of phenols and flavonoids were observed in the treatments without fertilization, sewage sludge and *compost barn*. In view of the analysis of antioxidant activity, the treatment without fertilization resulted in the highest percentage of free radical inhibition. Finally, the fertilizers chicken manure, cattle manure and *compost barn* showed medium levels in the analysis of phenols and flavonoids, indicating a better vegetative development of the plant.

RESUMO

Palavras-chaves

fertilizantes
fenóis
flavonoides
antioxidantes

A produção de milho (*Zea mays* L.) tem crescido consideravelmente nos últimos anos, devido a sua ampla utilização para a alimentação humana e animal, como também no desenvolvimento de novos produtos e tecnologias. Este fato motivou estudos que investiguem as práticas agrícolas e a respectiva produção de substâncias de interesse biológico, como os metabólitos secundários. No presente estudo, investigou-se a concentração destes compostos para a mesma variedade de milho cultivado com sete diferentes adubações. Desta forma, utilizaram-se os adubos: mineral, organomineral, esterco bovino, cama de frango, lodo de esgoto e *compost barn*, além de um cultivo sem adubação. Após as extrações realizaram-se as análises dos teores de fenóis totais, flavonoides e a atividade antioxidante por espectrofotometria UV/Vis. Os maiores teores de fenóis e flavonoides foram observados nos tratamentos, sem adubação, lodo de esgoto e *compost barn*. Frente a análise da atividade antioxidante, o tratamento sem adubação resultou com o maior percentual de inibição de radicais livres. Por fim, os adubos cama de frango, esterco de bovino e *compost barn* exibiram teores medianos frente à análise de fenóis e flavonoides, indicando um melhor desenvolvimento vegetativo da planta.

Received 29 December 2022; Received in revised from 16 March 2023; Accepted 20 March 2023



INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados em todo o mundo, este é encontrado na dieta de inúmeras pessoas desde a América Latina, Ásia até a África (Lux et al., 2020). Este cereal está presente em refeições, bebidas, sobremesas tradicionais entre muitas outras finalidades atingindo todas as classes socioeconômicas do mundo (Žilic et al., 2012). O milho possui relevância na alimentação humana, bem como animal, além de ser a matéria prima para uma infinidade de produtos, como polímeros, bebidas, combustíveis, entre outros (EMBRAPA, 2019). Em relação a aplicabilidade animal este cereal possui uma fibra que proporciona um elevado valor nutritivo ao alimento, repercutindo na saúde do animal, por consequência no desenvolvimento de carne e derivados (Xin et al., 2015).

Este cereal apresenta inúmeras variedades. O milho roxo, por exemplo, possui uma grande quantidade de antocianinas e compostos fenólicos (Pedreschi e Cisneros-Zevallos, 2005), (Guevara, 2020), (Lee et al., 2021). Outras variedades de milho evidenciaram também diferentes níveis de atividade antioxidante como reportado nos estudos de Žilic et al. (2012) e Barbosa et al. (2016). Além das antocianinas e da atividade antioxidante, grande parte das variedades apresentaram vários compostos fitoquímicos bioativos (Giordano et al., 2018) e (Cruz et al., 2022).

A produção de substâncias fitoquímicas estão correlacionadas com as condições do meio em que esta planta está sujeita, como em relação a proteção, crescimento e reprodução da planta, podem também estar correlacionadas com as condições de estresse biótico ou abiótico, como mudanças na luminosidade, radiação UV, temperatura, deficiência ou exposição excessiva de nutrientes, insetos, infecções bacterianas ou fúngicas, e outros fatores (Sousa e Sousa, 2017), (Payá et al. 2021).

Existem muitos compostos fitoquímicos já identificados, estes se divergem quimicamente e podem ser divididos em terpenos, compostos nitrogenados e compostos fenólicos (Vizzotto et al., 2010). Especificamente os compostos fenólicos desempenham funções de defesa contra invasores e na proteção contra incidência dos raios ultravioletas, bem como atração de animais polinizadores para a reprodução da espécie (Sousa e Sousa 2017).

Os teores de compostos fenólicos, flavonoides e antioxidantes podem ser afetados por condições ambientais, incluindo assim, o fertilizante utilizado e a concentração aplicada (Rempelos et al. 2018).

De acordo com Gobbo-Neto e Lopes (2007), um solo pobre em nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta, repercutirá em valores elevados de fenóis e flavonoides. Segundo os estudos de Ferreira Junior (2018), nota-se que o estresse da planta frente às condições ambientais, como a salinidade, temperatura, déficit hídrico, e entre outros, potencializa a produção de antioxidantes. Ainda, segundo o mesmo autor, a composição do solo e a presença de sais pode afetar a produção destes compostos.

Evidências epidemiológicas indicam que a ingestão de tais compostos tem desempenhado um papel importante na saúde humana, sendo responsável na prevenção de doenças crônicas, gastrointestinais, anti-inflamatórias, anticâncer, entre outras (Capocchi et al., 2017). Na última década do século passado consumidores dos países ocidentais têm procurado por ingredientes não sintéticos, proporcionando um crescente consumo de alimentos que oferecem mais benefícios à saúde (Neves et al., 2009).

Portanto, agricultores têm buscado produzir alimentos orgânicos, bem como aumentar a produção de grãos e ainda proporcionar um destino adequado aos resíduos provenientes do manejo de animais (Ribeiro., 2021). Desta forma, a adubação orgânica pode contribuir para a fertilidade do solo e redução do uso de fertilizantes minerais, bem como se mostrar uma alternativa sustentável amenizando os impactos da avicultura, bovinocultura, suinocultura, por exemplo (Santos et al., 2021), (Matumba et al., 2020), (Silva et al., 2020). Assim, este estudo objetivou investigar o efeito de diferentes adubações no teor de fenóis totais, flavonoides e atividade antioxidante no cultivo de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de cultivo das amostras

Todas as amostras deste estudo foram conduzidas entre os meses de setembro e dezembro de 2017, sob a casa de vegetação localizada na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Mundo Novo – Brasil. O local do experimento localiza-se nas coordenadas 23°55'23" Sul e 54°17'13" Oeste, com altitude média de 320 metros. O município possui clima subtropical, com chuvas no período de outubro a março e com precipitações anuais entre 1.400 a 1.700 mm. A temperatura média do mês mais frio do ano varia entre 14°C e 15°C (SEMADE, 2015).

Caracterização dos resíduos orgânicos

Visando a caracterização dos resíduos esterco bovino, cama de frango, lodo de esgoto e *compost barn*, amostras foram coletadas e enviadas para o Laboratório de Química de Solos da Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz (ESALQ-USP) para análises de micro e macronutrientes. O resultado das análises químicas dos resíduos encontra-se na Tabela 1.

A determinação da matéria orgânica total, resíduo mineral insolúvel (RMI), resíduo mineral (RM) e o resíduo mineral total (RMT) procederam-se por combustão em Mufla (Alcarde., 1998). O método utilizado para determinação de carbono

orgânico (CO) foi a oxidação pelo dicromato de Potássio seguido de titulação, já na determinação de nitrogênio total utilizou-se digestão sulfúrica (método de Kjeldahl), fósforo (P_2O_5) foi determinado por espectrofotômetro com a solução de vanadomolibdica, já a determinação de potássio (K) e sódio (Na) procedeu-se por fotometria de chama. A determinação de enxofre (S) gravimétrico de Sulfato de Bário, cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) deu-se por extração com HCl e análise por espectrofotômetro de absorção atômica. Já boro (B) a determinação aconteceu por espectrofotometria da azometina-H (MAPA, 2014).

Tabela 1 - Análise química dos resíduos utilizados no experimento.

Determinações	Compost Barn	Esterco Bovino	Cama de Frango	Lodo de Esgoto
	%			
MO. Total (combustão)	41,23	59,23	49,67	67,94
Carbono Orgânico	20,97	31,44	25,27	67,94
Resíduo Mineral Total	58,31	39,21	47,78	30,35
Resíduo Mineral	30,65	19,52	45,10	16,54
Resíduo Mineral Insolúvel	27,66	19,69	2,68	13,81
Nitrogênio Total	1,61	2,24	2,71	3,80
Fósforo (P_2O_5) Total	1,43	1,25	7,19	2,70
Potássio (K) Total	1,80	3,59	4,11	0,11
Cálcio (Ca) Total	1,20	0,95	11,08	2,27
Magnésio (Mg) Total	0,42	0,46	1,66	0,28
Enxofre (S) Total	0,27	0,46	0,90	0,82
	mg/kg ⁻¹			
Cobre (Cu) Total	112	34	104	263
Manganês (Mn) Total	822	511	1099	653
Zinco (Zn) Total	268	115	1058	980
Ferro (Fe) Total	63319	2754	4014	15556
Boro (B) Total	11	9	23,00	7
Sódio (Na) Total	2247	6986	11896	863

Fonte: Laboratório de Química de Solos da Escola Superior de Agricultura Luiz Queiros, 2017.

As composições comerciais dos adubo mineral (AM) e organomineral (AO) eram: formulação 12-17-11 e formulação 05-08-08 + 8% de carbono orgânico, respectivamente.

Caracterização do solo

O solo da região do município de Mundo Novo, MS, é argissolo vermelho-escuro com textura arenosa/média e média/argilosa, com pontos que apresentam elevada fertilidade natural e outros com elevada acidez (SEMADE, 2015). Foi realizada análise química e granulométrica do solo, os resultados estão apresentados na Tabela 2. A

granulometria seguiu o método de pipeta e a caracterização química procedeu-se como segue: pH por Cloreto de Cálcio (Ca), Fósforo (P) e Potássio (K) por Mehlich, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al) por KCl, H+Al por Acetato de Cálcio tamponado a pH 7,0 e a matéria orgânica (MO) por oxidação por dicromato de K.

Tabela 2 - Análises do solo utilizado.

Areia	Silte	Argila	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
-----g kg ⁻¹ -----			CaCl ₂	gdm ⁻³	mgdm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----					%	
780,1	130,3	80,5	6,5	9,3	14,9	0,0	2,6	1,3	0	0,7	3,9	4,6	84,

Fonte: Laboratório: NUTRISOLO, Ivinhema (MS), 2017.

pH = potencial hidrogeniônico; MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V (%) = saturação por bases.

Critérios de preparação dos recipientes

Para o cultivo das plantas foram utilizados vasos com capacidade de 8 dm³, empregando sete adubações diferentes e cinco repetições de cada. Ressalta-se que cada vaso foi considerado uma unidade experimental. O preenchimento dos vasos para o cultivo ocorreu após a verificação da análise do solo, dos insumos e dos critérios de aplicação dos mesmos estabelecidos previamente.

Assim, o solo base obtido na região do município de Mundo Novo, MS, foi peneirado para o preenchimento, utilizando assim uma camada de 0-0,2 m de solo Argissolo Vermelho Amarelo de textura arenosa (Santos et al., 2018). Não houve a necessidade de realizar a correção da acidez do solo com aplicação de calcário e/ou gesso, pois houve ausência de alumínio trocável, bem como elevado valor de pH e saturação por bases, como abordado na Tabela 1.

Critérios de aplicação dos insumos

A quantidade utilizada de adubos mineral e organomineral foram de 300 kg.ha⁻¹, esta é a quantidade recomendada aos produtores rurais daquela região. Já os resíduos esterco bovino, cama de frango, lodo de esgoto e *compost barn* foram utilizados quantidades equivalentes a 6 mg.ha⁻¹ (Fávero, 2012). Os tratamentos que receberam os resíduos orgânicos, foram aplicados após o preenchimento dos vasos. Para as fontes solúveis de adubos (mineral e organomineral), os respectivos tratamentos foram adubados no momento da semeadura.

Cultivo das amostras

Assim, semeou-se cinco sementes de milho por vaso, sendo cinco vasos para cada tratamento, com delineamento em blocos ao acaso. Portanto resultou-se na seguinte disposição dos tratamentos: sem adubação (SA – T1), adubo mineral (AM – T2) (formulação NPK: 12-17-11), organomineral (AO – T3), esterco bovino (EB – T4), cama de frango (CF – T5), lodo de esgoto (LE – T6) e *compost barn*

(CB – T7). Após cinco dias de emergência, as plântulas foram desbastadas de forma manual, deixando-se apenas uma plântula por vaso.

Colheita e transporte das amostras

Com 60 dias as plantas foram colhidas de modo manual, cortadas rentes ao solo e retiradas dos vasos. Foram separadas em parte aéreas (PA) e parte radicular (PR), este lavado para a retirada de impurezas presentes no solo, na qual ambas as partes após cortadas foram inseridas em sacos de papel do tipo Kraft. As partes aéreas e radiculares foram secas em estufa com circulação e renovação de ar a 65 °C por 72 horas. Em seguida foram armazenadas em sacos do tipo Kraft e levadas ao laboratório para serem procedidas todas as etapas referentes ao processamento das amostras e posterior análises químicas.

Preparo e extração das amostras

A trituração de todas as partes da planta, isto é parte aérea (PA) e parte radicular (PR) ocorreu em moinho de facas do Tipo Willye (micro) com peneira granulométrica de 10 mesh. As extrações foram realizadas sequencialmente (3×) e seguindo a classificação das adubações, adicionando-se 5 mL de metanol P.A. em 0,5 g de cada amostra para os sete tratamentos. A solução contendo a amostra e o metanol foram mantida em contato por sete dias a temperatura ambiente e, em seguida filtradas em filtro comum e reservadas.

Determinação de fenóis totais

A determinação de fenóis totais seguiu uma adaptação da metodologia proposta por Ferreira et al. (2015). Utilizou-se como padrão o ácido gálico na faixa de concentração 10-500 ppm para a preparação da curva analítica. A partir dos extratos metanólicos foi adicionado 100 µL do extrato juntamente com 2,5 mL de água destilada, 200 µL do reagente Folin-Ciocalteu e 1 mL de carbonato de sódio a 5%. O branco foi preparado utilizando 100 µL de metanol juntamente com as demais

quantidades de reagentes. Após adicionar todas as quantidades tanto para curva analítica, como para os extratos e o branco, todos em triplicata, as amostras foram armazenadas no escuro por 1 hora e, em seguida, lidas em espectrofotômetro UV/Vis em 750 nm.

Determinação de flavonoides

A determinação de flavonoides seguiu a metodologia proposta por Woisky e Salatino (1998) fazendo uso do padrão quercetina na faixa de concentração 1-50 ppm para a construção da curva analítica. Para as demais análises, foram adicionados 100 µL de cada extrato, 2,9 mL de metanol, 1,0 mL de solução de AlCl₃ (5% m/v), em triplicata. O branco seguiu as mesmas proporções de metanol e solução de AlCl₃ (5% m/v) somados com mais 100 µL de metanol. Aguardou-se 1 hora no escuro e procedeu-se a leitura em espectrofotômetro UV/Vis em 425 nm.

Determinação da atividade antioxidante

A determinação da atividade antioxidante presentes nos extratos foi realizada pelo método de captura de radicais livres. Este método se baseia na redução do radical 2,2-difenil-1-picrilil-hidrazil (DPPH), que se fixa a um hidrogênio do antioxidante presente. Utilizou a metodologia proposta por Lima et al., (2012) no qual realizou-se em triplicata com 100 µL de cada extrato amostral, 2,9 mL de metanol e 1,0 mL de solução de DPPH ($6,34 \times 10^{-5}$ M). Para a preparação do branco, utilizou-se as mesmas proporções, substituindo os 100 µL de cada extrato das amostras por 100 µL de metanol. Aguardou-se 1 hora no escuro e a análise

precedeu-se em espectrofotômetro UV/Vis em 515 nm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de fenóis totais por espectrofotometria UV/Vis evidenciaram diferenças significativas do teor fenólico quando comparado à parte aérea e as raízes do milho, como mostrado na Figura 01. Assim, o tratamento cinco, cama de frango, na parte aérea, apresentou um teor de 175,0 ppm para fenóis totais, isto pode indicar que esta adubação provocou um maior estresse na planta sendo capaz de afetar a síntese destes compostos e potencializar a produção de fenóis na parte aérea.

Nos resultados referentes à análise de fenóis totais vistos na Figura 1, o tratamento 1, (sem adubação), teve o maior teor de fenóis totais, com 113,0 ppm. Já o tratamento 5, (cama de frango), não apresentou as maiores concentrações nas raízes, resultando em 97,3 ppm. Logo os tratamentos direcionaram respostas diferentes na parte aérea e no sistema radicular das plantas. É possível observar que os tratamentos com cama de frango (CF) e lodo de esgoto (LE) induziram maior produção de fenóis, principalmente na parte aérea. Nesses mesmos tratamentos, a quantidade de fenóis totais encontrados nas raízes é comparável ao tratamento sem adubação. Pode-se inferir que esses dois tratamentos (CF e LE) induziram um maior estresse as plantas, correlacionando esses dados de metabólitos secundários com os dados agrônômicos, principalmente com a altura da planta e diâmetro basal do caule, sendo valores menores quando comparadas a outros tipos de tratamento.

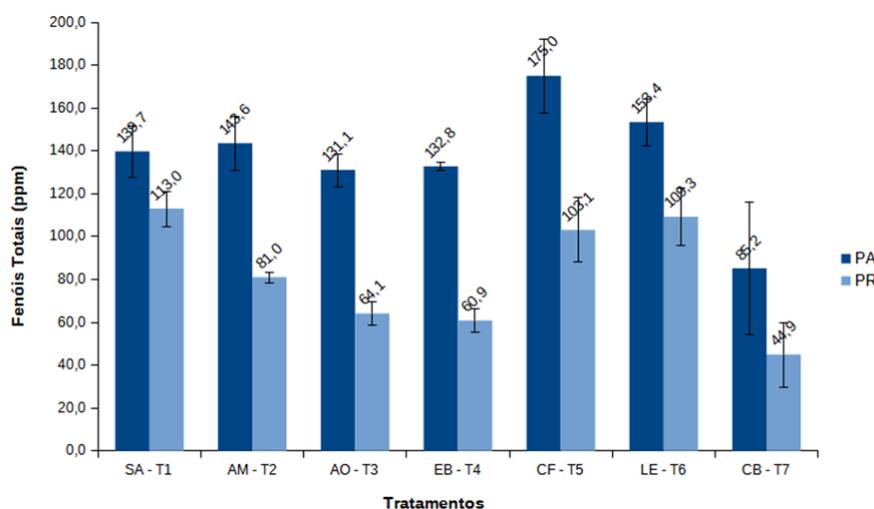


Figura 1 - Teores de Fenóis Totais na Parte Aérea (PA) e Parte Radicular (PR).

Sem adubação (SA - T1), adubo mineral (AM - T2) (formulação NPK: 12-17-11), organomineral (AO - T3), esterco bovino (EB - T4), cama de frango (CF - T5), lodo de esgoto (LE - T6) e *compost barn* (CB - T7).

A produção de metabólitos secundários, principalmente os derivados fenólicos, são afetados pelos macronutrientes presentes no solo. Segundo os estudos de Globbo-Neto e Lopes (2007), solos pobres em nutrientes, logo com menores taxas de crescimento da planta resultam na potencialização da produção de derivados fenólicos e flavonoides. Outros estudos evidenciaram que a produção de compostos fenólicos pode ser afetada por outros fatores, como a composição do solo. Devido à variação dos teores observados na parte aérea e radicular nota-se respostas diferentes, assim segundo as pesquisas de Fukayama (2008) a cama

de frango pode ser composta por diferentes materiais, por ter influência do balanço nutricional dos frangos, visto que este é variável, além de outros fatores.

Frente aos resultados expressos na Figura 02, a maior concentração de flavonoides na parte aérea apresentou um teor de 352,0 ppm, esta refere-se ao tratamento 7, (*compost barn*). Já os resultados obtidos para as raízes o tratamento 6, (lodo de esgoto) apresentou o maior teor, sendo este de 51,3 ppm (Figura 2).

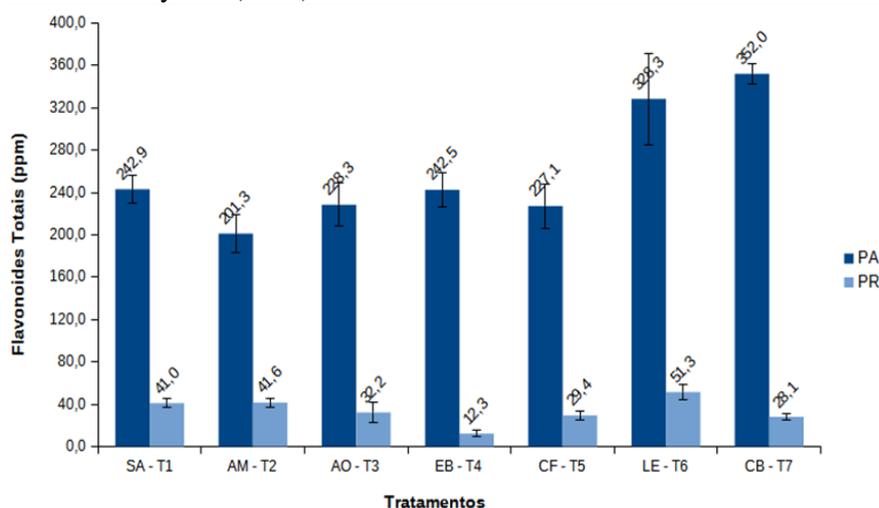


Figura 2 - Teores de Flavonoides Totais na Parte Aérea (PA) e Parte Radicular (PR). Sem adubação (SA – T1), adubo mineral (AM – T2) (formulação NPK: 12-17-11), organomineral (AO – T3), esterco bovino (EB – T4), cama de frango (CF – T5), lodo de esgoto (LE – T6) e *compost barn* (CB – T7).

Segundo o Ross e Kasum (2002) a quantidade de flavonoides produzida pela planta depende de fatores como genética, processamento, armazenamento, condições ambientais como luminosidade, disponibilidade hídrica, temperatura, clima entre outros. Porém, ambos os citados permaneceram constantes no presente estudo para todas as amostras, visto que somente a oferta de nutrientes por parte da adubação foi variada. Deve-se ressaltar que os flavonoides incluem-se na classe dos compostos fenólicos, logo, também são afetados pelos nutrientes dispostos no solo, como já evidenciado nos estudos de Globbo-Neto e Lopes (2007).

Estes resultados devem-se novamente à composição da adubação, pois as evidências

justificam que os resultados se devem à aplicação direta dos adubos, potencializando a produção de flavonoides. Ressalta-se que a produção de flavonoides resulta em taxas reduzidas no crescimento da planta. Os estudos de Silva et al., (2020) também evidenciaram que plantas de milho tiveram o desenvolvimento bem como rendimento afetados pela aplicação das adubações *compost barn* e lodo de esgoto.

Analisando a Figura 3 e os percentuais de inibição, nota-se que em ambas as partes (aérea e radicular) o percentual mais elevado se refere ao tratamento 1, (sem adubação), com 76,2% de inibição na parte aérea e 49,0% de inibição na parte radicular.

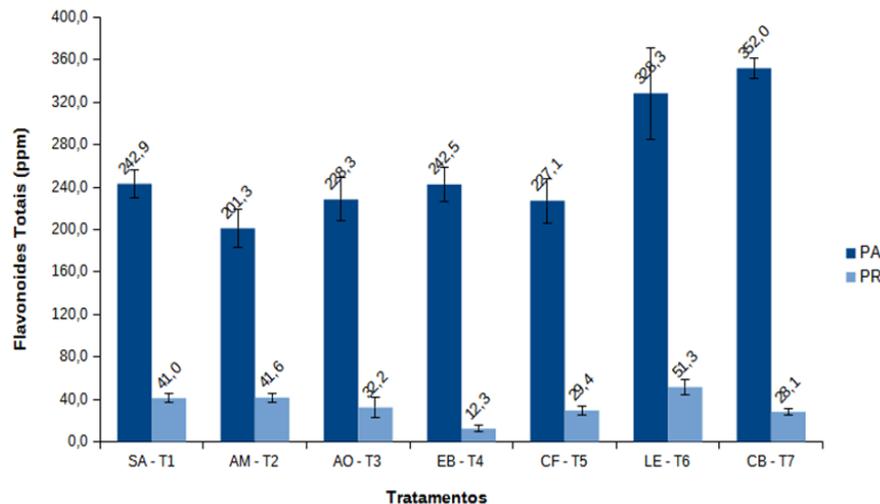


Figura 3 - Resultados da análise do percentual de antioxidantes na Parte Aérea (PA) e Parte Radicular (PR). Sem adubação (SA – T1), adubo mineral (AM – T2) (formulação NPK: 12-17-11), organomineral (AO – T3), esterco bovino (EB – T4), cama de frango (CF – T5), lodo de esgoto (LE – T6) e *compost barn* (CB – T7).

A atividade antioxidante, segundo Araujo (2012), atua suprindo espécies reativas de oxigênio, que dependendo do estresse pode potencializar uma maior produção de antioxidantes na planta, logo depende do nível e da duração do estresse. De acordo com Ferreira Junior (2018) o estresse da planta que potencializa a produção de antioxidantes, este por sua vez, está relacionado às condições ambientais, como a salinidade, temperatura e déficit hídrico, entre outros. Portanto, tais condições podem ocasionar as pequenas variações nos percentuais de inibição, tanto para a parte aérea como para as raízes, visto que a adubação ou o fornecimento de nutrientes disponíveis no solo também acarreta a produção de espécies antioxidantes. No entanto, as plantas podem produzir outras substâncias antioxidantes, como por exemplo terpenos e alguns tipos de alcalóides.

Estudos como o de Ferreira Junior (2018), apontam ainda que a composição do solo e a presença de sais também afetam diretamente a produção de antioxidantes. Outros estudos como os de Campos (2015), Coelho (2016), Lima e Vianello (2011), Feba (2016) evidenciaram que a adubação interfere nos níveis de antioxidantes produzidos pelas plantas. Mas vale ressaltar que outros fatores também podem influenciar, tais como variabilidade genética, espécie, pragas e demais condições climáticas.

Segundo os estudos de Hirzel et al. (2007), a aplicação de cama de frango na cultura do milho refletiu em um desenvolvimento positivo das plantas. Os estudos de Rodrigues et al. (2009) relatam também que a cama de frango pode

proporcionar efeitos positivos sobre o rendimento da cultura.

Desta forma, são necessários novos estudos a fim de verificar as respostas produzidas na planta frente às diferentes doses e intervalos de aplicação dos adubos. Além disso, é importante ter conhecimento das necessidades do solo e do cultivo a ser iniciado, visando equilíbrio entre os produtos gerados pelo metabolismo secundário da planta. Portanto, é de extrema importância o desenvolvimento de estudos futuros visando um acompanhamento amplo do comportamento das plantas para assim utilizar tais resíduos de modo total ou parcial na cultura de milho.

CONCLUSÕES

Todas as amostras de milho cultivadas apresentaram teores fenólicos, flavonoides e ação antioxidante. Evidenciou-se que tanto a adubação mineral e organomineral apresentaram menores teores de fenóis totais e flavonoides. Os tratamentos lodo de esgoto e sem adubação apresentaram, em geral, nas análises teores elevados de fenóis totais, flavonoides e atividade antioxidante, evidenciando possíveis resultados negativos frente ao desenvolvimento da planta. Os adubos cama de frango, esterco de bovino e *compost barn* exibiram teores medianos frente à análise de fenóis e flavonoides. Estes fatos indicam um bom desenvolvimento da cultura de milho de maneira geral, contribuindo ainda nas reduções de custos da produção, juntamente com o aproveitamento dos resíduos orgânicos, vantagens sociais e beneficiamento de sistemas integrados de lavoura-pecuária, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcarde JC. Manual de Análise de Fertilizantes. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 239p. 1998.
- Araújo TAS. Atividade antioxidante de plantas medicinais da caatinga e mata atlântica: aspectos etnobotânicos e ecológicos. 2012. 138 p. Tese (Doutorado em Obtenção e avaliação de produtos naturais e bioativos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- Barbosa NA, Paes MCD, Pereira J. Substâncias bioativas e atividade antioxidante de genótipos de milho com diferentes colorações de grãos. In: XXXI CNMS - Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Bento Gonçalves, 2016.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organominerais e Corretivos. – Brasília, 240p. 2017.
- Campos MG. Efeito da adubação orgânica na produção de fitomassa e nos compostos bioativos de *Passiflora incarnata* L. 2015. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.
- Capocchi A, Bottega S, Spanò C, Fontanini D. Phytochemicals and antioxidant capacity in four Italian traditional maize (*Zea mays* L.) varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v.68, n.5, p.515-524, 2017. <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1261809>
- Castoldi G, Costa MSSM, Costa LAM, Pivetta, LA, Steiner F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.33, n.1, p.139-146, 2011. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.766>
- Coelho DVBSA. Produção de biomassa e atividade antioxidante de campomanesia adamantium (cambess.) o. berg cultivada em substratos com resíduos orgânicos. 2016. 50 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.
- Cruz LLda, Golçalves GMB, Glória LdeL, Pereira SMdeF, Carlos LA, Vivas M, Pereira MG, Oliveira DBde. Phenolic compounds, carotenoids, and antioxidant activity in a super-sweet corn hybrid. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.57, p.02663, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02663>
- Durigon R, Ceretta CA, Basso CJ, Barcellos LAR, Pavinato PS. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, n.4, p.983-992, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400016>
- Embrapa. Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2). MILHO - Caracterização e Desafios Tecnológicos. Fev, 2019.
- Fávero F. Uso da cama de frango associada à adubação mineral no sistema de produção de grãos da região Oeste do Paraná. 2012. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR.
- Feba LGT. Produção de biomassa, síntese de compostos fenólicos e atividade antioxidante em *passiflora incarnata* L. mediante adubação orgânica e diferentes períodos de corte nas condições da região oeste do estado de São Paulo. 2016. 62 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP.
- Ferreira VB, Silva TTC, Couto SRM, Srur AUOS. Total Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Organic Vegetables Consumed in Brazil. *Food and Nutrition Sciences*, v.6, n.9, p.798-804, 2015. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.69083>
- Figueiredo ICdeM, Lima VLde, Beltão NEdeM, Araújo MGF, Santos TS, Azevedo CAV. Uso da água residuária tratada e do biossólido no algodão colorido: produção e seus componentes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.288-291, 2005. <https://doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v9nsupp288-291>
- Fukayama EH. Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante. 2008. 121p. Tese (Doutor em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.
- Giordano D, Beta T, Vanara F, Blandino M. Influence of Agricultural Management on Phytochemicals of Colored Corn Genotypes (*Zea mays* L.). Part 1: Nitrogen Fertilization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.66, n.17, p.4300-4308, 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00325>
- Gobbo-Neto L, Lopes NP. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*, v.30, n.2, p.374-381, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>
- Guevara MP. Fertilização nitrogenada na produção de duas variedades de milho roxo cultivadas no sul do Brasil. 2020. 73 p. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR.
- Ferreira Junior DC. Teor de lignina e respostas antioxidantes de milho forrageiro sob estresse salino e ácido salicílico exógeno. 2018. 59 p. Dissertação (Mestra em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.
- Hirzel J, Walter I, Undurraga P, Cartagena M. Residual effects of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) growth and soil properties derived from volcanic ash. *Soil Science and Plant Nutrition*, v.53, n.4, p.480-488, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00144.x>
- Lee TH, Lee CH, Wong S, Ong PY, Hamdan N, Azmi NA. UPLC-orbitrap-MS/MS based characterization of phytochemical compounds from Malaysia purple corn (*Zea mays*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v.21, p.101922, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101922>
- Lima GPP, Vianello F. Review on the main differences between organic and conventional plant-based foods. *International Journal of Food Science and Technology*, v.46, n.1, p.1-13, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02436.x>
- Lima MA, Teixeira LN, Souza PB, Silva MJM, Carvalho LFM. Determinação de fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante da Pimenta Dedo-de-Moça (*Capsicum baccatum* var. *pedulum*) comercializada na cidade de Imperatriz - MA. In: VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas - To. 2012.

- Lux PE, et al. (Poly)phenols, Carotenoids, and Tocochromans in Corn (*Zea mays* L.) Kernels As Affected by Phosphate Fertilization and Sowing Time. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.68, n.2, p. 612-622, 2020. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07009>
- Matumba FA, Manuel GA, Mateus AS. Adubos orgânicos e organominerais como alternativa sustentável para a cultura de milho (*Zea mays* L.) *Revista Angolana de Ciências*, v.2, n.1, p.230-251, 2020.
- Neves LC, Alencar SMde, Carpes ST. Determinação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos e flavonoides totais em amostras de pólen apícola de *Apis mellifera*. *Brazilian Journal of Food Technology*, p. 107-110, 2009.
- Payá C, Vazquez F, Galarza P, Perez J, Bellés AJ-M, Lison PP, López-Gresa P, Vera SF, Rodrigo I. Papel primario del metabolismo secundario en la respuesta defensiva de las plantas. *Fitopatología – Sociedad Española de Fitopatología (SEF)*, v.6, n.27, p.27-33, 2021.
- Pedreschi R, Cisneros-Zevallos L. Phenolic profiles of Andean purple corn (*Zea mays* L.). *Food Chemistry*, v.100, n.3, p.956-963, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.004>
- Rempelos L, Almuayrifi, AM, Baranski M, Tetard-Jones C, Eyre M, Shotton P, Cakmak I, Ozturk L, Cooper J, Volakakis N, Schmidt C, Sufar E, Wang J, Wilkinson A, Rosa EAS, Zhao B, Rose TJ, Leifert C, Bilsborrow P. Effects of Agronomic Management and Climate on Leaf Phenolic Profiles, Disease Severity, and Grain Yield in Organic and Conventional Wheat Production Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.66, n.40, p.10369-10379, 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02626>
- Ribeiro TSL. Avaliação de fertilizantes orgânicos e compostagem na produtividade do milho (*Zea mays* L.). 2021. 23 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Agrônoma) - Centro Universitário Uniletoledo, Araçá, SP.
- Rodrigues PNF, Rolim MM, Bezerra Neto E, Pedrosa EMR, Oliveira VS. Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.1, p.94-99, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000100014>
- Ross JA, Kasum CM. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annual Review of Nutrition*, v.22, p.19-34, 2002. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.22.111401.144957>
- Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumberas JF, Coelho MR, Almeida JA, Araújo Filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed. Embrapa Solos, Brasília. 356p
- Santos JKF, Cabral filho FR, Bastos AVS, Cunha FN, Teixeira MB, Silva EC, Santos EA, Vidal VM, Morais WA, Avila RG, Soares FAL. Desenvolvimento de plantas de milho submetidas a doses de adubação NPK mineral e organomineral. *Research, Society and Development*, v.10, n.5, p1-15, 2021.
- Semade - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico. Estudo da Dimensão Territorial do Estado de Mato Grosso do Sul: Regiões de Planejamento. Governo do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2015.
- Silva LFP, Rosset JS, Ozório JMB, Castilho SCP, Marra LM. Desenvolvimento da cultura do milho e carbono orgânico total sob diferentes fontes de adubos. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v.13, n.4, p.1509-1532, 2020. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n4p1509-1532>
- Sousa RF, Sousa JA. Metabólicos secundários associados a estresse hídrico e suas funções nos tecidos vegetais. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v.11, n.01, p.01-08, 2017.
- Urbaniak M, Wyrwicka AB, Toloczko W, Serwecinska L, Zielinski M. The effect of sewage sludge application on soil properties and willow (*Salix* sp.) cultivation. *Science of the Total Environment*, v.586, p.66-75, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.012>
- Vizzotto M, Krolow ACR, Weber GEB. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 16 p. 2010.
- Woisky RG, Salatino A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal of Apicultural Research*, v.37, n.2, p.99-105, 1998. <https://doi.org/10.1080/00218839.1998.11100961>
- Xin H, Abeysekera S, Zhang X, Yu, P. Magnitude Differences in Agronomic, Chemical, Nutritional, and Structural Features among Different Varieties of Forage Corn Grown on Dry Land and Irrigated Land. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.63, n.9, p.2383-2391, 2015. <https://doi.org/10.1021/jf505911a>
- Žilic S, Serpen A, Akillioglu G, Gokmen V, Vancetovic J. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.60, n.5, p.1224-1231, 2012. <https://doi.org/10.1021/jf204367z>