

VALERIA TEBINKA DOS SANTOS

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FITOQUÍMICA DE *Calendula officinalis* L. SOB
DIFERENTES DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO**

Botucatu

2020

VALERIA TEBINKA DOS SANTOS

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FITOQUÍMICA DE *Calendula officinalis* L. SOB
DIFERENTES DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Horticultura).

Orientador(a): Lin Chau Ming

Coorientador(a): Leandro José Grava de
Godoy.

Botucatu

2020

S237p	Santos, Valeria Tebinka dos Produtividade e qualidade fitoquímica de <i>Calendula officinalis</i> L. sob diferentes doses de composto orgânico / Valeria Tebinka dos Santos. -- Botucatu, 2020 62 p. : il., tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientador: Lin Chau Ming Coorientador: Leandro José Grava de Godoy 1. Calêndula. 2. Flavonoides. 3. Compostagem. 4. <i>Pseudocaulis de bananeira</i>. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FITOQUÍMICA DE *Calendula officinalis* L.
SOB DIFERENTES DOSES DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

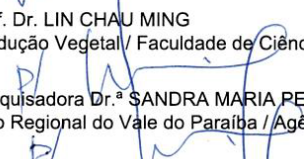
AUTORA: VALERIA TEBINKA DOS SANTOS

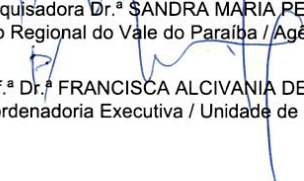
ORIENTADOR: LIN CHAU MING

COORDENADOR: LEANDRO JOSE GRAVA DE GODOY

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA
(HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LIN CHAU MING
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP


Pesquisadora Dr.ª SANDRA MARIA PEREIRA DA SILVA
Polo Regional do Vale do Paraíba / Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio


Prof.ª Dr.ª FRANCISCA ALCIVANIA DE MELO SILVA
Coordenadoria Executiva / Unidade de Registro / UNESP - Câmpus de Registro

Botucatu, 27 de agosto de 2020

Dedico
à minha tão amada mãe,
que sempre confiou, apoiou e incentivou
minhas escolhas.
Sem ela, eu nada seria.

AGRADECIMENTOS

À minha família que eu tanto amo e admiro: meus pais Circe e Salvador e minha irmã Daniela, pelo apoio e amor incondicional, por não medirem esforços em me proporcionar o melhor, inclusive pela oportunidade de me dedicar aos estudos e me darem todas as condições necessárias de me formar em uma Universidade Pública (UNESP) e agora, mais uma etapa e sonho concluído - o mestrado pela mesma instituição.

Ao Arthur, meu companheiro de jornada, que apesar de todos os desafios, embarcou comigo em mais um sonho meu, por toda paciência, permanência, ajuda e colaboração em cada etapa do processo.

À todos os amigos e familiares que de alguma forma me ajudaram e torceram por mim.

Ao mestre professor Dr. Lin Chau Ming, por quem tenho tanto apreço, admiração e carinho, exemplo de ser humano, que me mostrou que a Universidade pode sim ser mais humana, por todos os ensinamentos, incentivos e orientação durante o mestrado.

Ao estimado professor Dr. Leandro José Grava de Godoy, meu coorientador, por toda colaboração e por acreditar no meu trabalho.

Aos meus queridos amigos Kaô, Jonas e Guilherme, que assim como Arthur, foram meus grandes companheiros durante o processo do mestrado, seja de forma física (colocando a mão na massa) ou psicológica, que me ouviram, tiveram paciência e cumplicidade.

Ao meu amigo e estagiário Vinicius, a quem eu desejo um futuro brilhante, por toda ajuda e contribuição, ele foi essencial em diversos momentos.

A Gabriela Granghelli Gonçalves por tanto me auxiliar nos momentos que precisei.

À toda a equipe da Seção de Pós Graduação e da biblioteca por toda atenção. Aos técnicos de campo Walney e Moacir, por todo suporte prestado durante a condução do experimento. Ao Claudinho, responsável pelo viveiro florestal, por toda prestatividade durante a produção de mudas.

Ao professor Dr. Ciniro Costa do departamento de Zootecnia, por me disponibilizar implemento agrícola que possibilitasse o desenvolvimento do composto orgânico.

À professora Dra. Giuseppina Pace Pereira Lima pela contribuição e disponibilidade de laboratório para realização das análises necessárias.

À instituição UNESP e todos os docentes que me ajudaram a trilhar o caminho até aqui, por me apresentaram as maravilhas que a agronomia abrange e também por todo o conhecimento e oportunidades a mim conferidas.

À professora Dra. Sarita Leonel por disponibilizar os pseudocaules de bananeira e ao sítio Beira Serra pelo esterco bovino cedido.

À Faculdade de Ciências Agronômicas e ao Departamento de Horticultura por toda a estrutura disponibilizada.

Ao Programa de Apoio à Pós-Graduação e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Desenvolvimento Socioeconômico no Brasil por financiar parte da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

RESUMO

Calendula officinalis L., conhecida popularmente como calêndula, está presente numa lista de 71 plantas (nativas e exóticas) de interesse do Sistema Único de Saúde brasileiro. Grande parte das espécies listadas ainda necessitam de mais estudos fitotécnicos, principalmente para cultivo em sistema orgânico/agroecológico que é o recomendado para o cultivo de plantas medicinais. A busca por diferentes fontes de adubação para esse sistema de cultivo, que busca manter o equilíbrio e a saúde do solo e do sistema como um todo, indicam que o aproveitamento de resíduos da agricultura através de compostagem é uma ótima alternativa para produzir um adubo natural, estável, de pronto uso e de qualidade elevada. Portanto, esse trabalho visa contribuir com resultados científicos sobre o aproveitamento de resíduos da fruticultura (bananicultura) e da pecuária (esterco bovino) através do processo de compostagem para a avaliação da influência de diferentes doses deste composto orgânico sobre a produção vegetal (biomassa e número de flores) e sobre o rendimento e qualidade de fenóis e flavonoides de *C. officinalis* L. Além disso, avaliar a absorção e distribuição de macronutrientes da cultura e também, os reflexos das diferentes doses de composto orgânico sobre os atributos químicos do solo após o cultivo de *C. officinalis* L. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com 5 tratamentos (0, 30, 60, 90 e 120 toneladas de composto orgânico ha⁻¹). O experimento foi realizado entre abril e setembro 2019. Observou-se que as diferentes doses de composto orgânico influenciaram significativamente sobre o número de flores, massa fresca e seca de capítulos florais, massa fresca e seca da parte vegetativa. Para a produtividade floral em número, a melhor dose de composto orgânico foi a de 98 t ha⁻¹, já para massa fresca e seca a dose de 91 t ha⁻¹ foi a que melhor apresentou resultados. O crescimento vegetativo das plantas apresentou melhores resultados conforme elevação crescente das doses de composto orgânico. Pela análise química dos capítulos florais e da parte vegetativa, detectou-se que todos os macronutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg e S) apresentaram diferença significativa no acúmulo de nutrientes pela cultura em função das doses de composto orgânico, sendo que o nutriente mais acumulado pelas plantas foi o K, seguido pelo N, ambos presentes em maiores concentrações na parte vegetativa das plantas. A

ordem de acúmulo de nutrientes pela cultura foi $K > N > Ca > Mg > P \geq S$. O rendimento de compostos fenólicos totais e flavonoides totais também apresentaram diferença significativa em função da dose de composto. A dose de 60 t ha^{-1} apresentou destaque na concentração de polifenóis por unidade de amostra. Sendo muito semelhantes os rendimentos por área de fenóis e flavonoides entre as doses de 60 t ha^{-1} e 90 t ha^{-1} . A análise de polifenóis detectou os seguintes constituintes químicos: Catequina, Quercetina, Luteolina, Rutina, Ácido Cafeico, Ácido Clorogênico, Ácido Sinápico e Ácido Salicílico. Com relação aos atributos químicos do solo após o cultivo de *C. officinalis* L., observaram-se diferenças significativas nas concentrações de P e K em função das doses de composto orgânico adicionado ao solo. Portanto, analisando-se conjuntamente os resultados obtidos e agregando as realidades do campo (mão de obra e questões financeiras), a dose de 60 t ha^{-1} de composto orgânico obtido a partir de pseudocaule de bananeira e esterco bovino é a mais adequada para o cultivo de *Calendula officinalis* L. em condições semelhantes às deste experimento.

Palavras-chave: Calêndula. Flavonoides. Compostagem. Pseudocaule de bananeira.

ABSTRACT

Calendula officinalis L., popularly known as marigold, is included in a list of 71 plants (native and exotic) which is of interest to the Brazilian Public Health System. Most of the listed species still require further phytotechnical studies, especially for cultivation in an organic/agro ecological system, which is the recommended for medicinal plant crops. The research for different fertilization sources for this crop system, which aims to maintain the balance and health of the soil and the system as a whole, indicates that the use of agricultural residues through composting is a great alternative to produce a natural, stable, ready for to use and high quality fertilizer. Therefore, this work aims to contribute with scientific results on the fruit residues usage (from banana field) and livestock (cattle manure) through the composting process to evaluate the influence of different levels of this organic compound on plant production (biomass and number of flowers) and on the yield and quality of *C. officinalis* phenols and flavonoids. In addition, to evaluate the absorption and distribution of macronutrients by crop and the reflexes of the different doses of organic compost on the chemical attributes of the soil after the cultivation of *C. officinalis* L. The experimental design adopted was applied in blocks with 5 different treatments (0, 30, 60, 90 and 120 tons of organic compost ha⁻¹). The experiment was carried out ranging from April to September of 2019. It was found that the different doses of organic compost had a significant influence on the number of flowers, fresh and dry mass of floral chapters and on the fresh and dry mass of the vegetative part. For flowers productivity in number, the best organic compost level was 98 t ha⁻¹, however for fresh and dry mass, 91 t ha⁻¹ was the one that showed the best results. The vegetative growth of the plants showed better results as the organic compound level increased. By the chemical analysis of the floral heads and the vegetative part, it was detected that all the macronutrients evaluated (N, P, K, Ca, Mg and S) showed a significant difference in the accumulation of nutrients by the crop due to the organic compound level, being that the most accumulated nutrient by the plants was K, followed by N, both present in higher concentrations in the vegetative part of the plants. The sequence of the nutrient accumulation by the crop was K > N > Ca > Mg > P ≥ S. The yield of total phenolic compounds and total flavonoids also showed a significant difference as a function of the compound level. The dose of 60 t ha⁻¹ stood

out in the concentration of polyphenols per sample unit, with the yields per area of phenols and flavonoids being remarkably similar between the levels of 60 t ha⁻¹ and 90 t ha⁻¹. Polyphenols analysis detected, in sequence: catechin, quercetin, luteolin, rutin, caffeic acid, chlorogenic acid, synapic acid and salicylic acid. Regarding the chemical soil attributes after being cultivated, significant differences were observed in the concentrations of P and K as a function of the levels of organic compost added to the soil. Therefore, analyzing the results obtained together and aggregating the crop realities (labor and financial issues), 60 t ha⁻¹ of organic compost obtained from banana pseudostem and bovine manure is the most suitable for the cultivation of *Calendula officinalis* L. under similar conditions to those of this experiment.

Keywords: Marigold. Flavonoids. Composting. Banana pseudostem.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Adubação orgânica e compostagem.....	18
2.2	Bananicultura.....	20
2.3	Características e descrição botânica de <i>Calendula officinalis</i> L.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Caracterização da área experimental.....	24
3.2	Preparo do composto.....	25
3.3	Delineamento experimental.....	27
3.4	Adubação.....	28
3.5	Tratos culturais.....	28
3.6	Análise de solo.....	29
3.7	Determinação de biomassa.....	30
3.7.1	Capítulos florais.....	30
3.7.2	Parte vegetativa.....	30
3.8	Análises químicas e fitoquímicas das plantas.....	30
3.8.1	Fenóis totais – extração e reação.....	31
3.8.2	Flavonoides totais – extração e reação.....	31
3.8.3	Polifenóis (UPLC).....	32
3.9	Análise estatística.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS.....	57

INTRODUÇÃO

A busca por tratamentos naturais e menos agressivos do que os medicamentos sintéticos encontrados em farmácias é crescente, vistos seus benefícios (físicos e psíquicos) e menores riscos de efeitos colaterais.

A partir da necessidade de se regulamentar o uso de plantas medicinais e produtos fitoterápicos, o Governo Federal cria a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos através do Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006, que estabelece diretrizes em torno de objetivos comuns voltados à garantia do acesso seguro e uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos, ao desenvolvimento de tecnologias e inovações, ao fortalecimento das cadeias e arranjos produtivos, ao uso sustentável da biodiversidade brasileira e ao desenvolvimento do Complexo Produtivo da Saúde (BRASIL, 2006).

Posteriormente, em 2009, o Ministério da Saúde divulgou a Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS) que é uma relação com 71 plantas medicinais de interesse ao SUS (Sistema Único de Saúde), nativas e exóticas, que são tradicionalmente usadas pela população com fins terapêuticos e que podem ser cultivadas em diferentes regiões do país (BRASIL, 2009). Muitas dessas espécies listadas carecem de estudos fitotécnicos, principalmente em sistema orgânico/agroecológico que é o recomendado para o cultivo de plantas medicinais, o que inclui *Calendula officinalis* L.

A agricultura orgânica/agroecológica necessita de diferentes fontes de adubação, visto que busca manter o equilíbrio e a saúde do solo e do sistema como um todo, além disso, suas fontes de adubação são restritas, portanto, o aproveitamento de resíduos da agricultura e da indústria através de compostagem é uma ótima alternativa para produzir um adubo natural, estável, de pronto uso e de qualidade elevada.

Segundo Pereira Neto (2007), existem algumas vantagens em se utilizar adubos orgânicos, dentre elas a ampliação da capacidade de retenção de água e de permeabilidade do solo, favorecendo a estabilidade de agregados e, além disso, age diretamente no crescimento das plantas e na retenção de nutrientes do solo.

Estudos mais efetivos e detalhados sobre compostagem são de extrema importância para a área da agronomia, dada a eficiência energética e a reciclagem da

matéria orgânica do sistema, visando futuros períodos de escassez de recursos e a importância ambiental deste tema.

A calêndula, segundo Bustamante (2002) é antiespasmódica, sudorífera, anti-inflamatória, cicatrizante, antisséptica e antivenenosa (picada de insetos), além disso, pode ser usada como corante alimentício e em produtos cosméticos. De acordo com Bertolucci (2008), a planta que pertence à família Asteraceae, desenvolve-se bem sob luz plena e é propagada por sementes, sendo pouco exigente em solos, necessita apenas de um bom teor de matéria orgânica e boa drenagem. Os autores salientam ainda o cuidado em não se confundir *C. officinalis* com outras calêndulas ornamentais (conhecidas pela capacidade em repelir insetos e nematoides de solo) como *Tagetes patula* (calêndula francesa), *T. erecta* (calêndula africana) e *T. minuta* (calêndula inca).

Contudo, mais estudos com relação ao cultivo e resultados de produção de matéria seca e compostos bioativos provenientes do metabolismo especializado desta espécie se fazem necessários.

Portanto, esse trabalho visa contribuir com resultados científicos sobre o aproveitamento de resíduos da fruticultura (bananicultura) e da pecuária (esterco bovino) através de compostagem para produção e avaliação da influência de diferentes doses deste composto orgânico sobre a produtividade vegetal (biomassa e número de flores) e também sobre o rendimento e qualidade de fenóis e flavonoides de *C. officinalis* L. Além disso, avaliar a absorção e distribuição de macronutrientes da cultura e também, os reflexos das diferentes doses de composto orgânico sobre os atributos químicos do solo após seu cultivo .

1 REVISÃO DE LITERATURA

Ao longo dos anos, muitas áreas ao redor do mundo foram mal geridas no aspecto de cultivos agrícolas e gestão de recursos naturais como água e solo, em que agricultores pouco se preocupavam com questões de conservação e manutenção da vida do solo, escassez de recursos minerais e, principalmente, sobre a qualidade e contaminação de reservas aquíferas naturais e preservação de nascentes.

Desta forma, encontram-se hoje, diversas áreas agrícolas compactadas e “inférteis”, solos e lençóis freáticos contaminados por agroquímicos, áreas salinizadas e abandonadas por não terem mais como produzir alimentos, resultados que são obtidos principalmente pela má gestão da agricultura, de atividade humana empírica, sem conhecimento profundo e sem preocupação com o futuro. Além de ambição e pouco caso por parte de muitos envolvidos com a terra, seja pela agricultura ou pela pecuária. “De fato, em muitos lugares, abusos de utilização foram cometidos, que levaram a inconvenientes, até mesmo a inversões de ordem ecológica, sanitária ou social [...]” (MAZOYER e ROUDART, 2010, p. 33).

Filho et al. (2014) comentam que, com o surgimento da agricultura e com a domesticação de plantas e animais, com o controle da água através da irrigação e o preparo e manejo do solo, e sobretudo pelo mau uso do solo e da água com alterações no ambiente, acarretaram em destruição ou diminuição da fertilidade de áreas de cultivo.

Muitas questões passíveis de erro no manejo de solos tropicais estão atribuídas à importação de tecnologias vindas de regiões temperadas (em que trataram o solo da zona tropical como se ele possuísse características de zona temperada) como abuso no uso de corretivos de acidez, por exemplo, ou então, a não consideração de que solos tropicais possuem cargas diferentes dos solos de zonas temperadas. Primavesi (2002) complementa ainda, baseada em dados da FAO, que 44% da agricultura tropical é nômade, ou seja, acontece de forma itinerante, o que consiste em roçar-plantar-abandonar, para retomar o cultivo nesta área somente depois de 8 a 20 anos. Com isso, observa-se a não preocupação em adoção de medidas conservacionistas, em que se adotam medidas de conservação do solo como por exemplo o uso de cobertura morta, adubação verde, construção de terraços e curva de nível.

Quando esse tipo de agricultura itinerante é adotada por indígenas e extrativistas por exemplo, que já é praticada há centenas de anos, a mata tem condições naturais mais favoráveis de se regenerar, visto que aquele pedaço de terra não é usado até sua exaustão, diferentemente de quando se instalam animais para pecuária por exemplo, em que o pisoteio dos animais dificulta a germinação de sementes além de prejudicar os macro e microporos do solo, resultando em solos bastante compactados.

Porém, nas últimas décadas, principalmente com o “boom” do termo sustentabilidade, tem-se observado uma crescente preocupação com as questões ambientais, principalmente as que envolvem cultivos agrícolas. A atenção para cultivos mais sustentáveis e seguros do ponto de vista tanto alimentar quanto ambiental, tem partido tanto de consumidores, que estão mais exigentes e criteriosos, quanto de produtores, que têm se apresentado mais conscientes e preocupados em se enquadrar em produções menos impactantes ao meio ambiente e também à sua saúde e a dos consumidores.

2.1 Adubação orgânica e compostagem

A matéria orgânica humificada (composto) já era conhecida e utilizada pelos romanos e, além disso, a humanidade dependeu por muito tempo, exclusivamente da matéria orgânica para produzir seus alimentos, é o que afirma Paschoal (1994), ou seja, sem o uso de adubos sintéticos, além disso, ele complementa que pesquisas das primeiras décadas do século XX descobriram que a presença de húmus possibilitava o desenvolvimento de micorrizas (associação de fungos e raízes) que apresentavam o papel de solubilizar fósforo e outros nutrientes, que de outra forma, não estariam disponíveis para as plantas.

Segundo Souza (2012), os processos agroindustriais, assim como aqueles que ocorrem nas indústrias, geram o produto, os resíduos sólidos e líquidos.

“Desde que bem tratados e manejados, grande parte dos resíduos sólidos pode ser reaproveitada, gerando empregos, aumento de renda, redução na demanda de energia e matéria-prima.” (SOUZA, 2012). O que é de fato real, principalmente quando pensamos em reaproveitamento de resíduos para a adubação agrícola, como afirma Primavesi (2002) ao dizer que, pode-se aumentar ou destruir a fertilidade de um solo através da adubação. Isso porque nada pode ser adicionado de forma excessiva no

solo, mesmo que seja de forma orgânica, tudo tem que ser de forma equilibrada e suficiente e, além disso, livre de contaminantes.

No ambiente tudo é adaptado, interligado, sincronizado e reciclado para aperfeiçoar e tornar a vida ótima, é o que afirma Primavesi (2014), que complementa dizendo ainda que a decomposição e a reciclagem da matéria orgânica são tão importantes quanto a formação, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

De acordo com Khatounian (2001), o fluxo de biomassa pode ser modificado pela gerência do agricultor, ou seja, as modalidades de ciclagem podem ser designadas como automática, intencional ou natural. Em que a ciclagem automática seria resultado de materiais depositados no campo de forma não tendenciosa, muitas vezes por não ter o que fazer com aquele material e acabar por deixá-lo sobre o solo de forma agrupada ou não, o que é diferente da ciclagem intencional, em que a tomada de decisão é consciente e visa o reaproveitamento da biomassa como fertilizante, que pode ser como, por exemplo, o uso de cobertura morta diretamente na projeção das raízes das plantas cultivadas (também conhecido como compostagem laminar) ou então através do processo de compostagem deste material. Já a ciclagem natural é aquela que ocorre sem a interferência humana, como por exemplo, o que ocorre na floresta amazônica ou em áreas de preservação permanente.

O tratamento de resíduos orgânicos de diferentes origens segundo Raji (2011) é conhecido como compostagem, processo que consiste em fermentação aeróbica dos materiais até a humificação, além disso, é um processo que pode ser acelerado se houver inoculação com materiais que contenham bactérias como por exemplo estrume e raspas de coqueira.

O produto humificado gerado através da compostagem pode ser classificado como adubo orgânico, que, além de fornecer nutrientes benéficos ao crescimento e desenvolvimento das plantas, de forma equilibrada e gradativa, pode melhorar a qualidade do solo de forma geral. Raji (2011) afirma que além do fornecimento de nutrientes, os adubos orgânicos destacam-se pelo fornecimento de matéria orgânica que melhora as propriedades físicas e biológicas do solo, tendo efeito neste caso, como condicionador de solo.

2.2 Bananicultura

O Brasil está entre os 4 maiores produtores de banana do mundo, apresentando pouco menos de 500 mil hectares plantados (FAO, 2015). São Paulo e Bahia são os dois principais estados produtores (IBGE, 2019).

A bananicultura apresenta-se em grande parte como uma cultura de caráter familiar, além disso, é uma cultura disseminada nacionalmente, ou seja, em todas as regiões do país é possível cultivá-la, claro que com suas peculiaridades regionais como fotoperíodo necessário para produção de cachos por exemplo.

Além disso, é uma cultura muito inserida nos sistemas agroflorestais, devido sua importância na diversificação de culturas, tendo funções que vão além da produção da fruta, ou seja, tem funções ecológicas e ambientais como sombreamento, fornecimento de água (após a poda) e contribuição positiva com relação à perda de solo, visto suas folhas largas que diminuem o impacto das gotas de chuva sobre o solo.

Na literatura encontram-se trabalhos relacionados à utilização de subprodutos da cultura da banana, porém, com pouca expressão quando se trata de pseudocaule e sua decomposição através de compostagem. Para cultivo de *Pleurotus ostreatus*, cogumelo comestível e medicinal, Borges e Wisbeck (2005) testaram as palhas das folhas das bananeiras e também a casca dos frutos, mostrando resultados positivos no uso desses resíduos; além deste, outro trabalho foi realizado, só que desta vez, para avaliar a composição mineral de substratos à base de diferentes combinações de resíduos de bananeira (folhas e pseudocauls) de quatro cultivares (*Musa* spp.), em que, Carvalho et al. (2014) verificaram que todos os substratos avaliados apresentaram quantidades satisfatórias de nutrientes tanto na fase inicial quanto na final necessários para o cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

A fim de estudar a repartição e remobilização de nutrientes em bananeiras, Moreira e Fageria (2009) verificaram que a separação em partes da planta na fase de produção corresponderam em proporção de massa fresca à 60% de pseudocaule, 27,5% de frutos, 9,9% de folhas, 2,2% de engaço + brácteas e 0,4% de restos florais, já com relação a produção de massa seca a proporção fica de 48,2% para os frutos, 42,5% de pseudocaule, 6,9% de folhas, 2,0% de engaço+brácteas e 0,4% de restos florais, ou seja, o que mais representa os restos culturais em quantidade neste caso são os pseudocauls, além disso os autores verificaram também que os restos

culturais representam fonte significativa de nutrientes, que exceto para o N, o P e o Mn nos frutos, as maiores proporções de K, Na, Mg, S, B, Cu, Fe e Zn encontram-se contidas no pseudocaule.

Borges et al. (2016), afirmam que as bananeiras (*Musa* spp.) absorvem grande quantidade de nutrientes, principalmente potássio (K), porém, restituem ao solo de 66 % a 93 % dos nutrientes absorvidos, na forma de pseudocaulos, folhas e rizomas, sendo que em estudo realizado por eles para avaliar a restituição de nutrientes de diferentes variedades de bananeiras, verificaram que o K foi o nutriente mais restituído ao solo pela fitomassa para todas as variedades estudadas.

Sendo assim, os pseudocaulos, além de representarem a maior parte da biomassa total da planta, representam também a seção da planta com maior acúmulo de determinados nutrientes durante o ciclo vegetativo.

Portanto, devido as características de importância da cultura, tanto pelas características químicas quanto pela sua vasta presença em áreas agrícolas do Brasil, estudos mais detalhados de seu aproveitamento através de reciclagem de nutrientes se fazem muito importantes, visto seus benefícios que podem ser agregadores de valor às propriedades em que os agricultores souberem e conseguirem utiliza-la com intuito de adubação ou até mesmo para venda e agregação da renda familiar.

2.3 Características e descrição botânica de *Calendula officinalis* L.

Calendula officinalis L. é conhecida popularmente como calêndula e segundo Torres (2005) a espécie apresenta outras denominações como verrucária, maravilhas, mal-me-quer, ringelblume (alemão), souci dos jardins (francês), marigold (inglês), cappuccina dei campi (italiano).

Originária da Europa Meridional, Egito e Mediterrâneo (Fernandez-Pola, 2001), desenvolve-se bem em altitudes de até 1.000 m, em áreas com clima temperado e é resistente a geada e a seca (Bustamante, 2002).

Lorenzi (2008), que cita que a espécie é nativa das Ilhas Canárias e região Mediterrânea, caracteriza a planta como herbácea anual, ereta ramificada, de 30-60 cm de altura, que apresenta folhas simples e sésseis, com flores amarelas ou alaranjadas que são dispostas em capítulos terminais grandes (Figura 1).

Sobre as técnicas de cultivo, Ribeiro (2008) recomenda que no sul e sudeste do Brasil seu cultivo deve ser feito no outono-inverno, em solos com bom teor de matéria orgânica, bem drenados e com pH entre 5 e 6,5, sendo uma espécie exigente em irrigação na fase de formação de mudas e também na de formação de botões florais.

Seu cultivo conforme Sartório et al. (2000), deve ser feito através de sementes, que devem ser semeadas em sementeiras ou em recipientes para posterior transplante ao campo em espaçamento de 0,20 x 0,30 cm. Com relação a densidade de plantio, Bustamante (2002) sugere que 50.000 plantas/ha é o adequado, podendo variar o espaçamento de plantio entre 0,60 x 0,90 nas linhas e 0,25 a 0,30 entre plantas e Fernandez-Pola (2001) afirma que a densidade ótima de cultivo é entre 50.000 e 70.000 plantas/ha.

Segundo Martins (2000), as partes usadas da calêndula são folhas e flores, e os constituintes químicos principais da planta são carotenoides, óleo essencial, saponinas (antiviral), flavonoides e cumarinas.

Figura 1 - Aspecto botânico de *C. officinalis* L.



Fonte: Thomé, 1885.

Descrição macroscópica: Flores liguladas, femininas, de 15 a 30 mm de comprimento e 5 a 7 mm de largura na porção mediana da lígula, amareladas, amarelo-alaranjadas a pardo-alaranjadas, com o tubo curto externamente piloso e com a lígula tridentada no ápice, apresentando quatro ou cinco nervuras paralelas; flores ocasionalmente acompanhadas de um estilete filiforme e um estigma bifido; ovário de coloração pardo-amarelada a pardo-alaranjada; frutos, quando presentes, aquênios curvos, naviculares, com o dorso coberto de espinhos curtos e de coloração pardo-esverdeada. Flores tubulosas hermafroditas, escassas, com corola de aproximadamente 5 mm de comprimento, pentalobuladas, de coloração amarela, vermelho-alaranjada ou vermelho-violácea, tubo externamente piloso na porção inferior. Papus ausente. (Farmacopéia Brasileira, 2019, p. 125).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, que pertence à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu-SP, cujas coordenadas geográficas são: 22° 51' 55" S de latitude, 48° 27' 22" O de longitude e 786 m de altitude.

Cunha e Martins (2009), classificaram o clima da cidade pelo método de Köppen como sendo Cfa (clima temperado quente (mesotérmico) úmido), sendo o verão chuvoso e o inverno seco. A cidade apresenta temperatura média anual de 20,7°C e média de precipitação de 1.300 mm.

O solo da região é classificado como Nitossolo Vermelho (EMBRAPA, 2018). Para caracterização química do solo da área experimental em que seria instalada a cultura, realizou-se coleta de amostra solo (composta por cinco amostras simples da área em forma de zig-zag e de maneira aleatória, na profundidade de 0 a 20 cm com auxílio de trado holandês), que foi encaminhada ao laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP. Com o resultado obtido, optou-se em realizar calagem para elevação da saturação por bases para 70%. Após a calagem, realizaram-se duas gradagens para melhor incorporação do calcário e destorroamento do solo. Posteriormente, realizou-se nova coleta de amostra de solo para determinação da nova caracterização química do solo (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultado de análise química de solo após calagem e antes da adubação com doses de composto orgânico para *C. officinalis* L. UNESP, Botucatu (SP), 2019

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	Na	K	Ca	Mg	SB	CTC
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	----- mmol _c /dm ³ -----							
6,1	27	34	0	18	-	2,1	41	16	59	77

V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg/dm ³ -----						
77	3	0,25	4,0	56	6,1	2,4

Fonte: Laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP-FCA.

3.2 Preparo do composto

Confeccionou-se uma leira de composto orgânico durante o período de quatro meses, utilizando os seguintes materiais: pseudocaules de bananeira (coletados no pomar do Departamento de Horticultura da UNESP/FCA - Botucatu) e de esterco de gado (retirado do curral do Sítio Beira Serra em Botucatu - SP).

A pilha de compostagem foi mantida em área coberta e com piso de cimento dentro das instalações do Departamento de Horticultura da UNESP/FCA.

Para a montagem da pilha, os pseudocaules das bananeiras foram cortados em toras e posteriormente triturados em implemento modelo Pinheiro PP-47 acoplado ao trator que é utilizado para corte de cana e capim para alimentação animal (Figura 2).

Figura 2 - Implemento acoplado ao trator para triturar pseudocaule de bananeira. Detalhe do compartimento de entrada do material vegetal inteiro ou pré-seccionado (A) e detalhe do compartimento de saída do material vegetal triturado (B). UNESP, Botucatu (SP), 2018



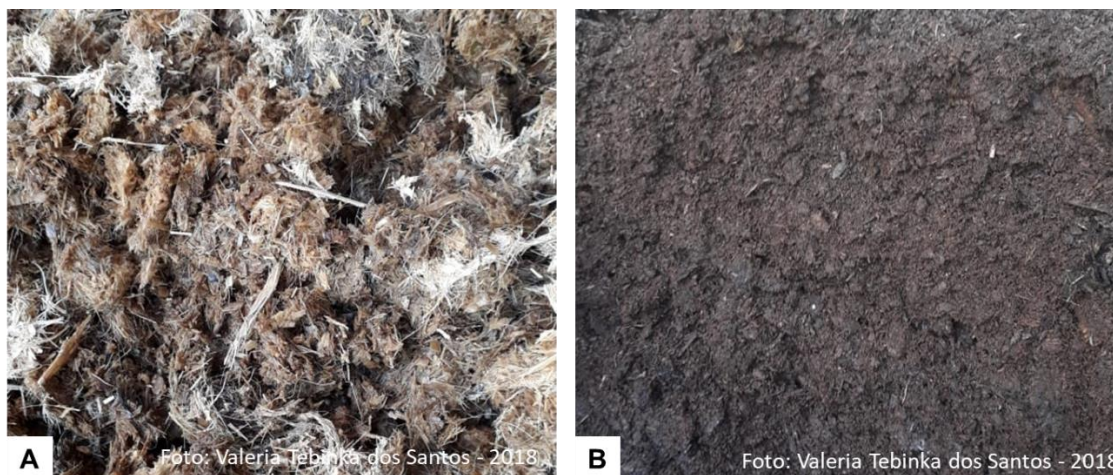
Para cálculo da proporção de material a ser adicionado na pilha, fez-se análise completa do material orgânico, que apresenta a relação C/N (fator determinante para o processo de compostagem). O principal fornecedor de nitrogênio foi o esterco com relação C/N de 22/1 e o principal fornecedor de carbono utilizado foi o pseudocaule de bananeira (sem a presença de cacho visual/evidente) que apresentou relação C/N

de 50/1. As quantidades utilizadas de cada componente para a produção do composto foram calculadas para que a mescla apresentasse uma relação C/N inicial equivalente a 30/1 que é a considerada ideal para a compostagem. No preparo da leira os materiais utilizados foram misturados em suas devidas proporções, totalizando uma pilha de compostagem de aproximadamente duas toneladas que foi mantida em formato triangular, com pico de altura de 1 m.

Durante os quatro meses de maturação, o composto foi revirado manualmente três vezes por semana com o auxílio de pás e enxadas e, conjuntamente, mediu-se a temperatura da pilha por meio de um termômetro a laser em três pontos diferentes, a fim de acompanhar a temperatura interna da leira na tentativa de não ultrapassar os 60 - 65°C o que poderia acabar queimando ou degradando nutrientes. A pilha foi umedecida sempre que necessário, visto que se o material estivesse muito seco as reações não aconteceriam de forma ideal. Na tentativa de saber o ponto ideal de umidade, recomenda-se apertar um pouco do composto na mão e observar: se escorrer água está muito molhado, se abrir a mão e o composto ficar com formato de um biscoito a umidade está boa e se esfarelar/quebrar precisa umedecer.

O composto foi considerado pronto para o uso quando a temperatura leira baixou e atingiu a mesma do ambiente por vários dias seguidos, isso porque, sendo assim, considera-se que já ocorreram todas as reações químicas do composto e ele já está estabilizado (Figura 3).

Figura 3 - Detalhe do aspecto de textura e granulometria do composto orgânico em momento inicial (A) e final (B) do processo de compostagem. UNESP, Botucatu (SP), 2018



Para a análise química do composto, que foi realizada no laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP, foram coletadas 5 amostras simples de maneira aleatória na pilha para formar uma amostra composta homogeneizada (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição química do composto orgânico utilizado para adubação de *C. officinalis* L. UNESP, Botucatu (SP), 2019

pH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	U	M.O.	C.O.
ao natural	-----* % (ao natural) -----								seca
9,6	1,24	0,85	1,38	1,04	0,60	0,24	51	26	29

Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N
-----* mg/kg (ao natural)-----						
178	67	31	11454	242	96	12/1

pH-Potencial hidrogeniônico; N-Nitrogênio; P₂O₅-Pentóxido de Fósforo; K₂O-Óxido de Potássio; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio; S-Enxofre; M.O.-Matéria Orgânica; C.O.-Carbono Orgânico; Na-Sódio; B-Boro; Cu-Cobre; Fe-Ferro; Mn-Manganês; Zn-Zinco; C/N-Relação carbono/nitrogênio.

*Teores totais.

Fonte: Laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP, Botucatu (SP), 2019.

3.3 Delineamento experimental

Levando em consideração que o teste principal do experimento é a análise de plantas de calêndula quanto ao teor de biomassa, compostos fenólicos e flavonoides totais a partir de diferentes doses de composto orgânico, o delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados contendo cinco blocos e cinco tratamentos (5x5) em condições de campo. Os tratamentos adotados foram:

T1: 0 t/ha (controle)

T2: 30 t/ha

T3: 60 t/ha

T4: 90 t/ha

T5: 120 t/ha

As sementes utilizadas são comerciais da marca Isla®, cultivar dobrada sortida/bonina, lote: 120727, livre de agrotóxicos. As mudas foram produzidas nas instalações (viveiro) do setor de Ciência Florestal da Fazenda Lageado – UNESP Botucatu, em tubetes de plástico, com substrato comercial Carolina Soil® orgânico.

Aos 50 dias após germinação, as mudas foram transplantadas ao campo, em 5 canteiros (blocos), em espaçamento de 30 x 40 cm, que está dentro da faixa recomendada para a cultura, totalizando 25 parcelas, sendo que cada parcela continha 32 plantas e destas, 12 foram plantas úteis e o restante bordadura, portanto a área útil, contando com o espaçamento entre canteiros de 0,60 m, totalizou em uma área necessária de 125,3 m² para a realização do experimento. Para disposição dos tratamentos (doses) dentro de cada bloco fez-se sorteio.

Para este trabalho, com relação à densidade de plantas, adotou-se extrapolar os dados obtidos considerando o valor de 60.000 plantas/ha.

3.4 Adubação

A incorporação do composto orgânico ao solo foi realizada sete dias antes do transplante das mudas aos canteiros. Cada parcela foi adubada com sua respectiva dose de composto orgânico (com exceção da dose 0 que é o controle). A equivalência em nutrientes à adição de cada dose de composto por hectare segue disposta na Tabela 3.

Tabela 3 - Equivalência em Kg ha⁻¹ de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre conforme dose crescente de composto orgânico oriundo de pseudocaule de bananeira e esterco. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto t ha ⁻¹	Teor equivalente de nutrientes					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
	Kg ha ⁻¹					
0	0	0	0	0	0	0
30	72,7	62,8	202,9	76,7	44,3	17,6
60	145,3	125,5	405,9	153,5	88,6	35,1
90	218,0	188,3	608,8	230,2	132,9	52,7
120	290,6	251,1	811,8	307,0	177,1	70,2

3.5 Tratos culturais

O transplante das mudas ao campo foi realizado dia 16 de abril e exatamente um mês depois houve o início a floração.

A irrigação foi realizada através de fitas gotejadoras (duas por canteiro) sempre que necessário em período vespertino, durante 20 minutos.

O manejo das plantas espontâneas foi feito somente no primeiro mês da cultura em campo, em que capinas manuais foram suficientes, isso porque as plantas tiveram excelente desenvolvimento e rapidamente sombrearam os canteiros (tanto as linhas quanto as entre linhas), com exceção das parcelas que não receberam adubação em que o solo ficou parcialmente exposto até o final do experimento.

Apesar da incidência de alguns insetos (de forma homogênea entre os tratamentos) como *Frankliniella fortissima* conhecido popularmente como tripses (nas flores) e *Diabrotica speciosa* conhecido como vaquinha-verde-e-amarela ou vaquinha-patriota (folhas e flores), não houve necessidade de controle visto que os danos à cultura foram praticamente insignificantes e a presença deles foi pontual, não se perpetuando por todo o ciclo. Além disso, observou-se em grande número e variedade a presença de insetos considerados como inimigos naturais.

As colheitas dos capítulos florais eram realizadas sempre no período entre as 13:00 h e 16h, tentando-se manter o padrão de 3 colheitas por semana, o que variou apenas em semanas chuvosas em que a colheita era cancelada visto que não é recomendada colheita de plantas medicinais após chuva.

3.6 Análise de solo

As análises químicas de solo foram realizadas após os cinco meses de cultivo de *C. officinalis* L., sendo que foram coletadas três amostras simples em cada parcela (profundidade de 0-20 cm), que foram misturadas e formaram posteriormente, uma amostra composta por parcela, totalizando então 25 amostras conforme delineamento experimental. Essas amostras foram enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP que realizou análise química de solo para fins de avaliação de fertilidade segundo metodologia descrita por Raij et al. (2001).

3.7 Determinação de biomassa

3.7.1 Capítulos florais

Para determinação de biomassa dos capítulos florais foram realizadas colheitas a partir do momento de observação de capítulos com flores liguladas na posição horizontal, cortando-os rente à base do disco floral com auxílio de uma tesoura de poda.

Foi realizada contagem do número de capítulos florais por colheita e feita pesagem do material fresco, posteriormente os capítulos foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 40°C até obtenção de massa seca constante.

Ao final do cultivo, fez-se contagem do número total de capítulos florais por parcela e cálculos para transformação em biomassa fresca e seca em kg ha⁻¹.

3.7.2 Parte vegetativa

Para determinação do teor de biomassa da parte aérea foi realizada colheita destrutiva de quatro plantas por parcela que foram cortadas rente ao solo com auxílio de uma tesoura de poda ao final do experimento, assegurando-se que as plantas estivessem sem capítulos florais. Cada planta foi pesada de forma individual para determinação do peso fresco, posteriormente, as plantas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 40°C até obtenção de massa seca constante e a pesagem foi realizada mais uma vez para determinação da perda de água.

Os dados obtidos foram transformados em biomassa fresca e seca em kg ha⁻¹.

3.8 Análises químicas e fitoquímicas das plantas

As análises químicas da parte vegetativa da planta (caule + folhas) e dos capítulos florais foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP. Esse tipo de análise foi realizada com capítulos florais da 37ª colheita floral, que foi em 17 de setembro e a colheita destrutiva das plantas foi no dia seguinte 18 de setembro de 2019.

As análises fitoquímicas das plantas foram realizadas no Laboratório de Fitoquímica (Departamento de Química e Bioquímica), do Instituto de Biociências (IBB) da UNESP. Essas análises foram realizadas a partir de capítulos florais colhidos na 3ª semana do mês de junho (datas 17, 19 e 21) de 2019, que correspondem às 12ª, 13ª e 14ª colheitas. O material das três colheitas foi misturado, respeitando-se as parcelas do experimento e então parte do material foi triturado em moedor de café com lâminas de aço inox e imerso posteriormente em nitrogênio líquido a fim de diminuir as partículas em almofariz (ou cadinho) com auxílio de pistilo, ambos de porcelana.

Para estas análises, os tratamentos seguiram o delineamento do campo, ou seja, 5 tratamentos com 5 blocos, com exceção da análise de polifenóis em que adotaram-se 5 tratamentos com 3 blocos.

3.8.1 Fenóis totais – extração e reação

Para determinação dos compostos fenólicos foi realizada metodologia usando o reativo de Folin-Ciocalteu, de acordo com a metodologia descrita por Singleton e Rossi Jr. (1965), com adaptações. Para o preparo dos extratos, pesaram-se 20 mg das amostras trituradas de capítulos florais aos quais foram adicionados 5 mL de extrator (metanol 80%). Após mistura com ajuda de aparelho vortex, mantiveram-se as amostras em banho ultrassônico (Eco-sonics, Ultronique) por 20 minutos e em seguida foi realizada centrifugação por 10 min a 5000 rpm na temperatura de 4°C (HeitichZentrifugen, MIKRO 220R), removeu-se o sobrenadante e o procedimento foi realizado novamente. Para a reação, utilizou-se o reagente de Folin-Ciocalteu (1:4 = folin:água destilada) e carbonato de sódio a 4%, os frascos foram agitados manualmente e mantidos na ausência de luz por 30 minutos. As mensurações das absorbâncias foram realizadas em triplicata em espectrofotômetro UV (BEL-2000) a 760 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico por g de amostra seca.

3.8.2 Flavonoides totais – extração e reação

A quantificação do teor de flavonoides totais de capítulos florais foi determinada de acordo com o método de Popova et al. (2004), com adaptações. As amostras foram

pesadas (25 mg) em triplicatas e a elas foram adicionados 8 mL de metanol (80%) acidificado com ácido acético a 10%. Na sequência, fez-se agitação com aparelho vortex e as amostras foram colocadas em banho ultrassônico por 30 minutos, em seguida, retiraram-se 4 mL de cada tubo e foi adicionado 1 mL de solução de cloreto de alumínio a 5% e deixadas no escuro por 30 minutos. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 20 minutos a 6.000 rpm e 5°C. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 425 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalente de quercetina por g amostra seca.

3.8.5 Polifenóis (UPLC)

As extrações foram realizadas a partir de 20 mg de capítulos florais com a adição de 2,5 mL de metanol (grau HPLC) que foram mantidos em banho ultrassônico durante 30 minutos e posteriormente foram mantidos na ausência de luz por 30 minutos. Na sequência, as amostras foram centrifugadas a 6.000 rpm, por 30 minutos a 4°C. Todo o processo foi repetido por quatro vezes e os sobrenadantes foram agrupados e filtrados (Millipore 0,22 µm filter), seguindo o metodologia adaptada de Escarpa e González (1999). As amostras (20 µL) foram injetadas no sistema Thermo Scientific Dionex UltiMate 3000 (MA, USA), acoplado a uma bomba quaternária, um amostrador automático Ultimate 3000RS e um detector de diodos (DAD - 3000RS).

Os polifenóis foram separados numa coluna C18 (4,6 × 250 mm; 5 µm) a 25°C. A taxa de fluxo foi de 0,8 mL min⁻¹ e a fase móvel utilizada foi de ácido fosfórico 0,85% (solvente A) e acetonitrila (solvente B). O sistema foi operado com o seguinte programa de gradiente de eluição: 0-2 min, 0% B; 2-3 min, 7% B; 3-5 min, 9% B; 5-7 min, 10% B; 7-8,5 min, 12% B; 8,5-10,5 min, 13% B; 10,5-11min, 14% B; 11-12,5 min, 15% B; 12,5-13 min, 20% B; 13-14 min, 21% B; 14-15 min, 23% B; 15-17 min, 25% B; 17-19min, 30% B; 19-22 min, 45% B; 22-23 min, 65% B; 23-24 min, 75% B; 24-24,5 min, 30% B e 24,5-26 min 100% A.

Os polifenóis foram quantificados pela determinação das áreas de pico sob a curva no UPLC calibrado contra as quantidades conhecidas de padrões comerciais de, catequina (280 nm), quercetina (360 nm), luteolina (360 nm), rutina (360 nm), ácido cafeico (320 nm), ácido clorogênico (320 nm), ácido sinápico (320nm) e ácido salicílico

(320nm) através do software Dionex Chromeleon. Para analisar dados totais, adotou-se software MSD ChemStation (versão E.02.02.1431).

3.9 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão a 5% de probabilidade, adotando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram acompanhados quatro meses de floração, sendo realizadas 37 colheitas no total, em que a primeira foi realizada dia 17 de maio de 2019 e a última dia 17 de setembro de 2019. Durante esse período, foram colhidos mais de 20 mil capítulos florais.

A partir da análise de variância, verificou-se que as plantas submetidas às diferentes doses de composto orgânico apresentaram diferenças significativas em número de capítulos florais (NCF), massa fresca de capítulos florais (MFC), massa seca de capítulos florais (MSC), massa fresca da parte vegetativa (MFV) e massa seca da parte vegetativa (MSV) (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias de produção de capítulos florais, massa fresca e seca de capítulos florais, massa fresca e seca de parte vegetativa de *C. officinalis* L. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto	CAPÍTULOS FLORAIS		PARTE VEGETATIVA		
	NÚMERO	MASSA (t ha ⁻¹)		MASSA (t ha ⁻¹)	
T ha ⁻¹	(por 100 plantas)	FRESCA	SECA	FRESCA	SECA
0	3,806	3,94	0,66	6,48	1,93
30	6,752	6,69	1,12	11,75	3,57
60	7,793	7,55	1,32	14,39	4,23
90	8,677	7,80	1,38	19,98	5,62
120	8,575	7,50	1,32	21,22	6,17
CV (%)	8,95	7,97	7,84	5,81	12,45

Através do teste de regressão ($p < 0,05$), notou-se que a tendência quadrática foi a que melhor se ajustou aos resultados de NCF, MFC, MSC, MFV E MSV. Com isso, observa-se que para parâmetros de desenvolvimento vegetal, há uma dose máxima de aproveitamento do composto pelas plantas, ou então, que as plantas responderam bem à adição de adubo até determinada dose. Para atributos de produção floral, a melhor dose de composto orgânico para a produtividade de capítulos florais foi a de 98 t ha⁻¹ (Figura 4) e a dose de 91 t ha⁻¹ foi a melhor tanto para massa fresca (7,80 t ha⁻¹) quanto para massa seca (1,38 t ha⁻¹) (Figura 5).

Os resultados obtidos diferem em partes ao estudo realizado por Araújo et al. (2009), que verificou que a maior produção de biomassa fresca de calêndula (1,49 t

ha⁻¹) foi obtida com as dose de 67 t ha⁻¹ de composto orgânico, se assemelhando ao identificar que o maior valor de massa seca de capítulos florais (0,26 t ha⁻¹) foi obtido na dose de 90 t ha⁻¹, sendo que, no trabalho deles, 90 t ha⁻¹ de composto equivale a 1.008 kg de N, 201,9 kg de P e 926,3 kg de K, já neste, equivale a 218 kg de N, 188,3 kg de P e 608,8 kg de K.

Já o trabalho de Valadares et al. (2010), apresentou resultados concordantes com os deste estudo, visto que constataram, que a adição de adubo orgânico aumentou a produção de matéria seca de capítulos florais de calêndula até a dose de 90 t ha⁻¹, sendo que esta foi a dose máxima testada por eles.

Figura 4 - Produtividade de capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

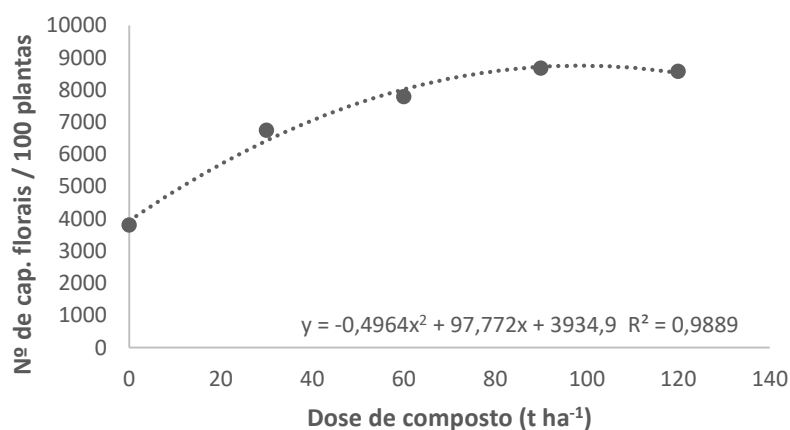
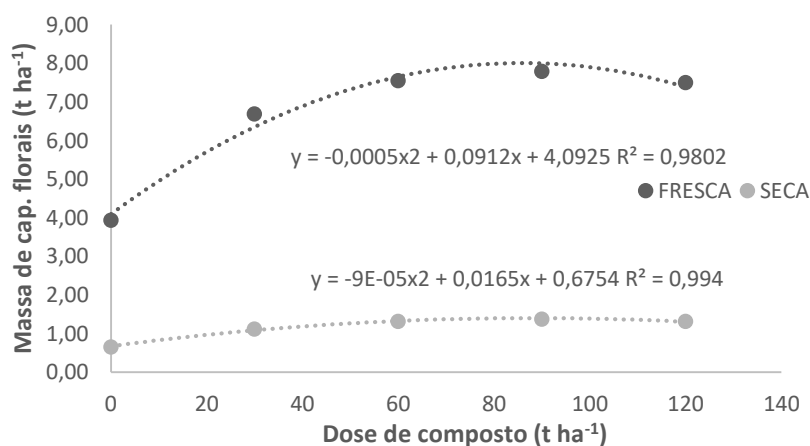
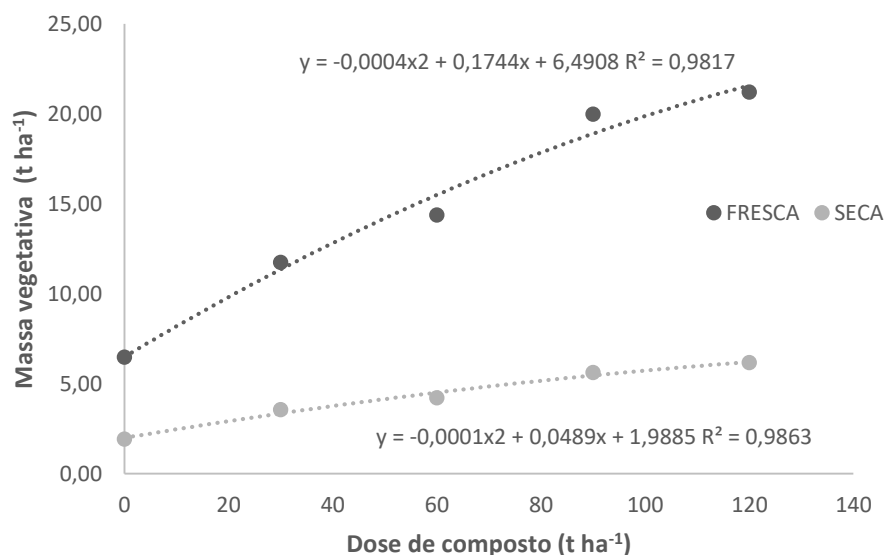


Figura 5 - Massa fresca e seca de capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019



Com relação ao desenvolvimento vegetativo das plantas, foi verificado que também houve influência das doses de composto orgânico sobre as massas frescas e secas (Figura 6), sendo que, diferentemente dos capítulos florais, através de uma projeção de tendência de ordem quadrática, a produção máxima da parte vegetativa (folhas + caule) tanto em massa fresca, quanto em massa seca, seria obtida em doses de composto orgânico superiores às testadas neste experimento.

Figura 6 - Massa fresca e seca da parte vegetativa (caule e folhas) de *C. officinalis* L. em função de doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019



Visto que na literatura não existe uma tabela de nutrição adequada para a cultura da *C. officinalis* L., para melhor compreensão da influência das doses de composto orgânico sobre o desenvolvimento e a qualidade da cultura, optou-se por fazer análise química tanto dos capítulos florais, quanto da parte vegetativa (caule + folhas), o que resultou em dados de acúmulo de nutrientes pela cultura em função de cada tratamento (Tabela 5), além da exportação de nutrientes através da colheita dos capítulos florais (Tabela 6) e também dos nutrientes passíveis de ciclagem provenientes da parte vegetativa da planta (Tabela 7).

De forma geral, independentemente do tratamento, observa-se uma ordem de acúmulo de macronutrientes pela cultura, $K > N > Ca > Mg > P \geq S$ (Figura 7A). Essa ordem é alterada quando se avalia separadamente a concentração dos macronutrientes em função do tecido vegetal, sendo que a sequência em acúmulo para capítulos florais é

K>N>P>Mg≥Ca≥S (Figura 7B) e para parte vegetativa (caule +folhas) é K>N=Ca>Mg>S≥P (Figura 7C).

Tabela 5 - Quantidade de nutrientes acumulados (Kg ha⁻¹) pela cultura da *C. officinalis* L. em função de 5 doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto T ha ⁻¹	Nutrientes acumulados (Kg ha ⁻¹)					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
0	44,2	5,6	55,8	37,2	13,5	7,2
30	72,8	9,4	130,1	51,3	19,8	10,2
60	86,0	11,6	164,6	64,4	23,9	11,9
90	106,5	14,4	206,0	71,2	29,4	12,6
120	109,8	15,8	242,6	67,2	27,7	11,3
CV (%)	7,2	6,2	4,5	6,6	5,5	14,3

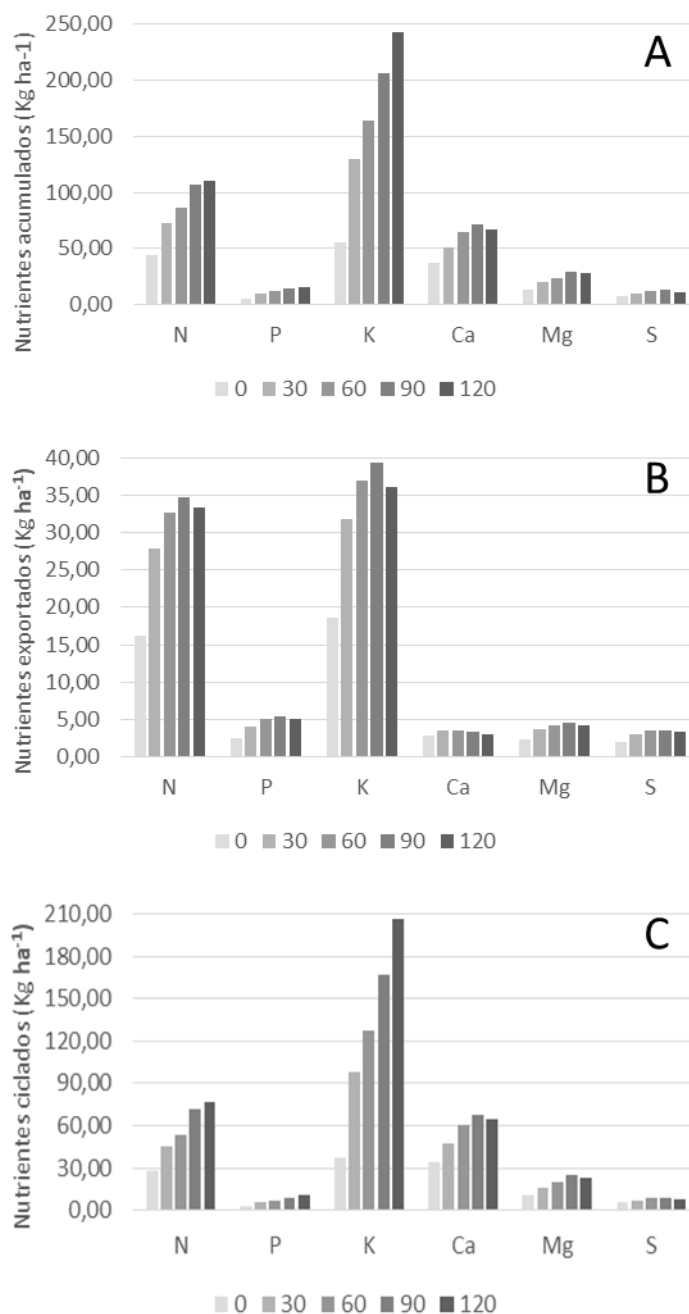
Tabela 6 - Quantidade de nutrientes exportados (Kg ha⁻¹) através dos capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de 5 doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto T ha ⁻¹	Nutrientes exportados (Kg ha ⁻¹)					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
0	16,2	2,5	18,6	2,9	2,3	1,9
30	27,8	4,0	31,7	3,5	3,7	3,0
60	32,6	5,0	36,9	3,5	4,2	3,6
90	34,7	5,5	39,4	3,3	4,6	3,6
120	33,4	5,1	36,1	3,0	4,2	3,4
CV (%)	4,5	5,6	3,1	23,1	3,5	5,1

Tabela 7 - Quantidade de nutrientes passíveis de ciclagem (Kg ha⁻¹) através da parte vegetativa (caule + folhas) de *C. officinalis* L. em função de 5 doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto T ha ⁻¹	Nutrientes ciclados (Kg ha ⁻¹)					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
0	28,0	3,1	37,2	34,3	11,2	5,3
30	45,0	5,4	98,4	47,7	16,1	7,1
60	53,4	6,6	127,7	60,9	19,8	8,3
90	71,8	8,9	166,6	67,9	24,9	9,0
120	76,4	10,6	206,5	64,2	23,4	8,0
CV (%)	10,3	9,9	5,4	7,0	6,9	19,6

Figura 7 - Quantidade de nutrientes (Kg ha^{-1}): acumulados (A), exportados (B) e ciclados (C) pela cultura da *C. officinalis* L. em função de 5 doses de composto orgânico. Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S). UNESP, Botucatu (SP), 2019



Em todos os tratamentos avaliados, o nutriente mais acumulado pelas plantas foi o K, seguido pelo N, ambos presentes em maiores concentrações na parte vegetativa das plantas. Resultado semelhante ao observado por Vivas et al. (2015), ao estudarem macronutrientes em *C. officinalis* L. na Colômbia, identificando que o K foi o nutriente em maior conteúdo em todo o ciclo da cultura, além disso, o elemento ficou acumulado em sua maior parte nos caules das plantas.

Segundo Mielniczuk (2005), embora a quantidade de K absorvida pelas plantas seja grande, a quantidade retirada pelos grãos é pequena (cerca de 20%), o que foi observado também com a colheita dos capítulos florais, em que 23% do potássio total foi exportado pelos capítulos florais e 77% foi diagnosticado presente na parte vegetativa das plantas (Figura 8).

De acordo com Malavolta (2005), o K pode ser considerado o mais móvel dos nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera, especialmente na planta porque, diferente dos outros elementos, o K se encontra nos tecidos em maior proporção na forma iônica, sendo que essa solubilidade elevada facilita sua redistribuição dentro da planta, o que usualmente não acontece com o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg).

De fato, o cálcio e o magnésio ficaram retidos em sua maior parte nos tecidos vegetais de folha e caule, sendo encontrados com 94% e 83% de concentração respectivamente nesses tecidos. Malavolta (2006), afirma que no geral, o Ca é um elemento vegetativo, ou seja, é mais abundante em raízes, folhas e ramos do que em frutos e sementes, além disso, em plantas herbáceas há rápida imobilização do Ca, já o Mg (diferente do Ca), é muito móvel no floema e pode ser redistribuído das folhas mais velhas para as folhas mais novas ou para regiões de crescimento, porém essa mobilidade é variável entre as espécies e talvez seja consequência da maior ou menor proporção de Mg solúvel em água no tecido.

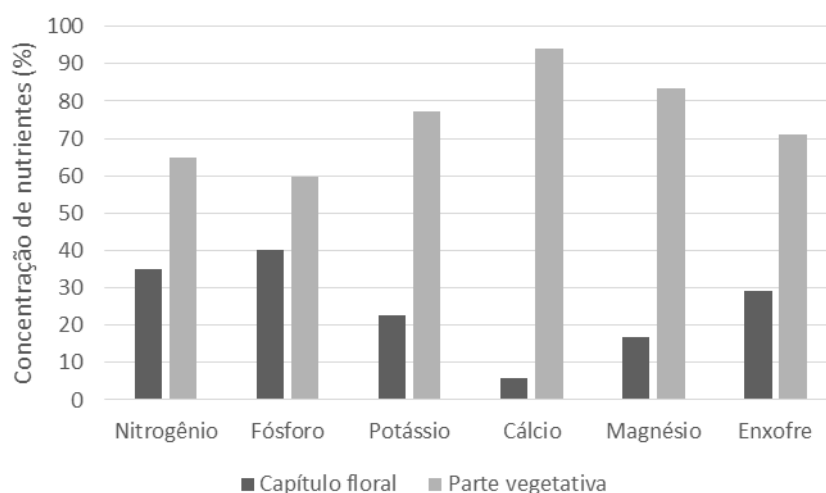
Franco et. al. (2011), ao quantificarem metais em seis espécies medicinais, detectaram que dentre os metais avaliados, o K foi o que se apresentou em maior quantidade em todas as amostras, sendo que em *C. officinalis* L. o teor quantificado foi de 27,2 e 28,9 g Kg⁻¹, muito semelhante ao quantificado neste trabalho que variou entre 27,8 e 28,5 g Kg⁻¹ de amostra seca de capítulos florais em função dos tratamentos.

O K, segundo Hömheld (2005), apresenta numerosos efeitos sobre o crescimento da planta e suas qualidades, como por exemplo: controle da água na planta (extensão celular, abertura de estômatos, transporte no floema), controle de

atividade das principais enzimas (ATPase, das sínteses de amido e de proteínas) e resistência da planta aos estresses (seca, salinidade, baixa temperatura), com consequente resistência à pragas e doenças.

O N como segundo nutriente mais importante para a cultura, se distribuiu de forma semelhante ao P e ao S nas plantas, se concentrando em torno de 35% nos capítulos florais e 65% na parte vegetativa. P por sua vez, apresentou distribuição de concentração nos capítulos florais e na parte vegetativa de 40% e 60% e S de 29% e 71%.

Figura 8 - Distribuição de nutrientes (%) entre capítulos florais e parte vegetativa (caules + folhas) na cultura da *C. officinalis* L. Cada coluna representa o valor médio de 5 tratamentos. UNESP, Botucatu (SP), 2019

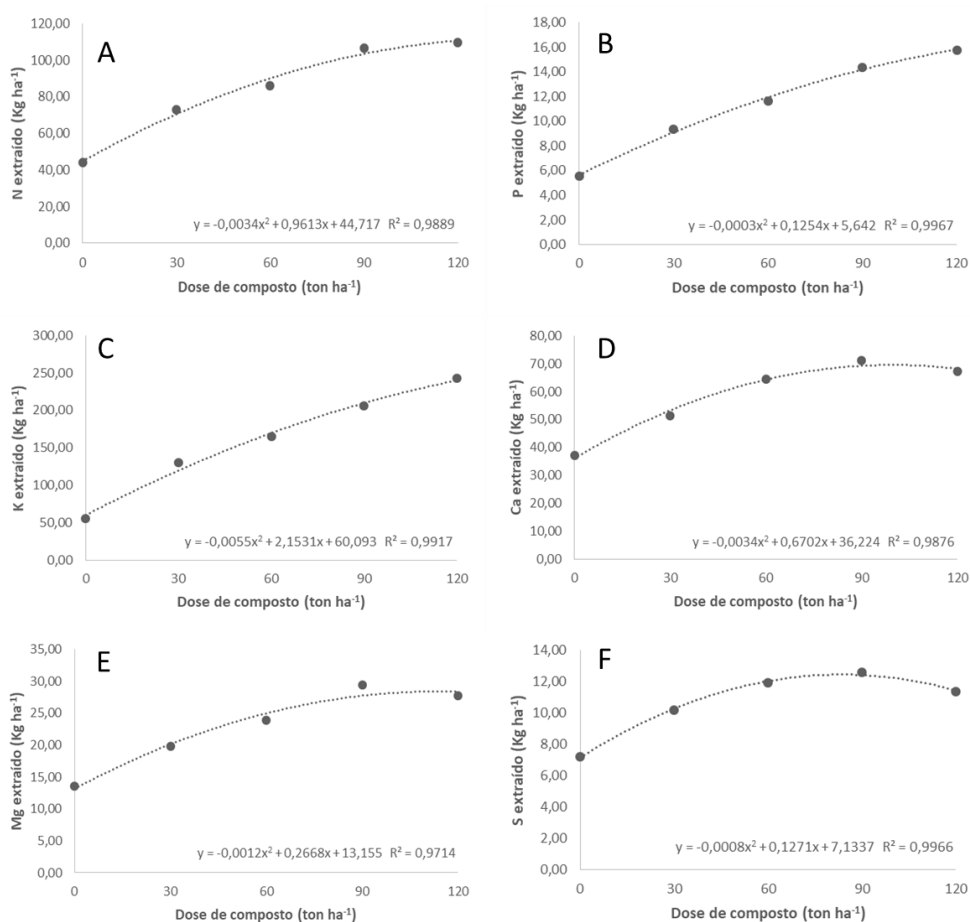


Com relação ao acúmulo de nutrientes pelas plantas, todos os macronutrientes avaliados apresentaram diferença significativa através da análise de variância entre os diferentes tratamentos.

Através da curva de regressão de ordem quadrática (Figura 9), observou-se que N e P apresentaram acúmulo crescente pelas plantas conforme o aumento das doses de composto orgânico. Moreira et al. (2005), ao testarem doses de N e P no cultivo de calêndula, observaram que ambos foram importantes para o desenvolvimento da espécie, aumentando a produção de massa fresca e seca tanto da parte aérea, quanto dos capítulos florais. Ca apresentou acúmulo crescente pelas plantas até a dose de 99 Kg ha⁻¹, Mg até a dose de 111 Kg ha⁻¹ e S até a dose de 79 Kg ha⁻¹ de composto orgânico.

Observou-se também, acúmulo crescente de K pelas plantas conforme as doses de composto orgânico utilizadas. Sabe-se, que existe uma faixa ótima de absorção de todos os nutrientes para o bom desenvolvimento das plantas, entretanto, segundo Fernandes (2006), as plantas apresentam a capacidade de absorver quantidades de potássio superiores às suas necessidades, o que comumente é denominado de “consumo de luxo”. Rosolem (2005), afirma que a adição de K pode implicar em diminuição dos teores de Ca e Mg nas plantas, sendo que essa interação pode ser explicada considerando-se o efeito de diluição, uma vez que uma planta bem nutrida com K cresce mais e mesmo que haja redução dos teores de Ca e Mg no tecido foliar, esses teores ainda podem ser classificados na faixa de suficiência, não causando entretanto, danos ao crescimento ou à produção.

Figura 9 - Quantidade de nutrientes acumulados (Kg ha⁻¹): nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E), enxofre (F), pela cultura da *C. officinalis* L. em função de 5 doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

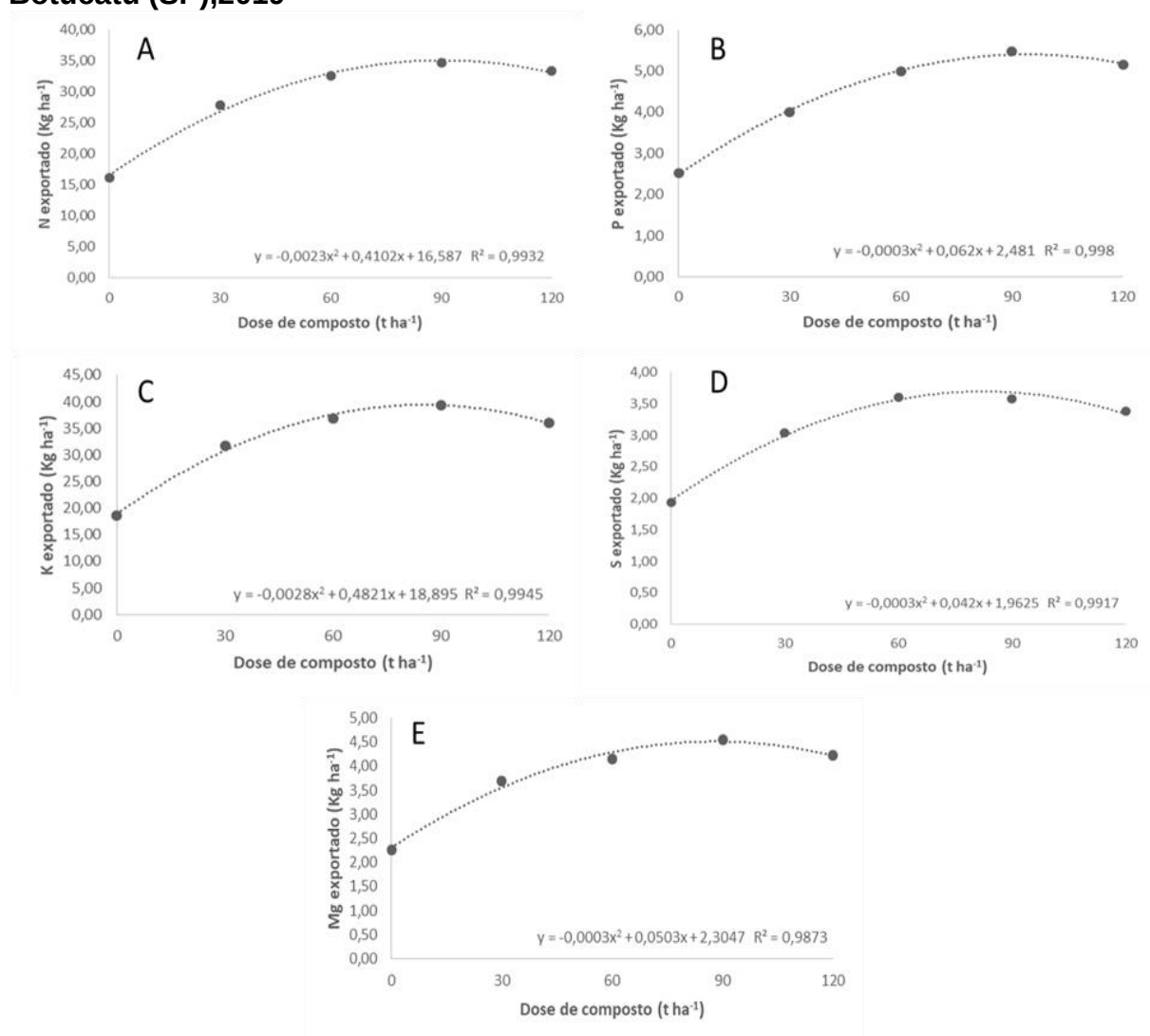


Já com relação aos nutrientes exportados pela cultura através dos capítulos florais, identificou-se que todos os nutrientes estudados apresentaram diferença

significativa pela análise de variância (Figura 10), com exceção do Ca, que não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, o que pode ser explicado pela sua baixa mobilidade dentro da planta.

Vitti et al. (2006) citam que a maior proporção do Ca na planta encontra-se como formas não solúveis em água, ao contrário do que acontece com o K, além disso, grande parte do Ca no tecido vegetal está localizado nas paredes celulares (apoplasma), resultante da grande quantidade de sítios de ligação para este elemento nestas células e ao transporte restrito do Ca no citoplasma, sendo que um aumento na concentração de Ca^{2+} na solução externa (adubação) resulta em aumento no conteúdo de Ca nas folhas, mas não necessariamente em órgãos dreno na planta.

Figura 10 - Quantidade de nutrientes exportados (Kg ha^{-1}) através dos capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de 5 doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019



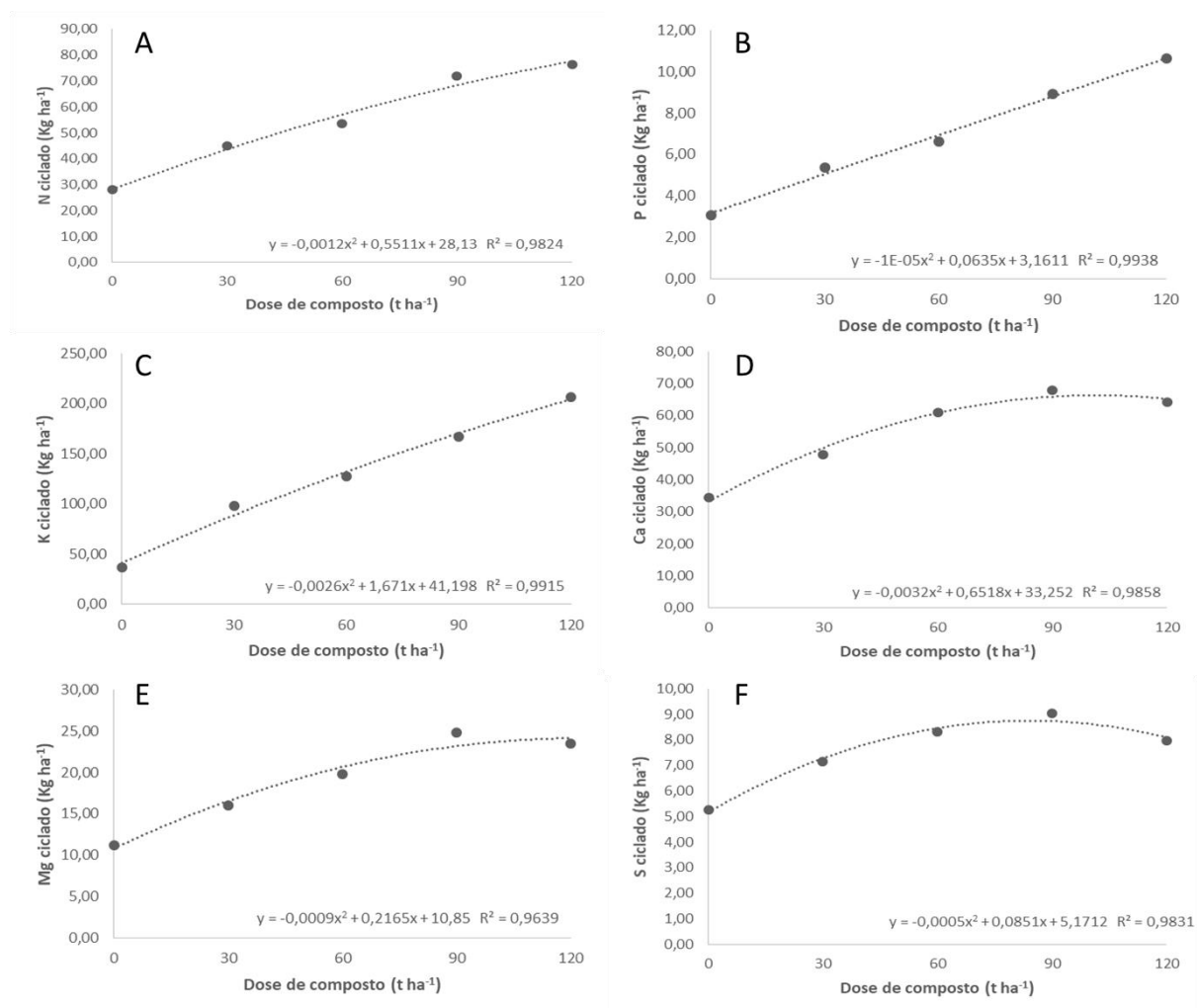
No caso da calêndula, em que o foco de utilização pela indústria farmacêutica são os capítulos florais, os restos da cultura (folhas e caules) acabam por permanecer na área, ou seja, existe a possibilidade de ciclagem deste material orgânico, que pode eventualmente ser mineralizado por microrganismos, sendo disponibilizado novamente ao solo e conseqüentemente à cultura subsequente.

Sendo assim, ao avaliar o acúmulo de macronutrientes na parte vegetativa das plantas, que são os nutrientes passíveis de ciclagem, observou-se também diferença significativa através da análise de variância para todos os tratamentos.

Para este atributo, todos os elementos se enquadraram melhor em uma curva de regressão de ordem quadrática (Figura 11), com exceção do P, que melhor se enquadrou no ajuste linear. Neste caso, N, P e K também apresentaram acúmulo crescente pelas plantas até a dose de 120 Kg ha⁻¹ de composto orgânico. Já Ca, Mg e S apresentaram o máximo de acúmulo pelas plantas nas doses de 102, 120 e 85 Kg ha⁻¹ de composto orgânico respectivamente.

Segundo Filgueira (2000), a aplicação de doses adequadas de P é eficiente para aumentar a produção de frutos, porque seu fornecimento favorece o desenvolvimento do sistema radicular aumentando conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes, o que estimula a floração e a frutificação.

Figura 11 - Quantidade de nutrientes passíveis de ciclagem através da mineralização da biomassa (Kg ha⁻¹), oriundos da parte vegetativa (folhas + caules) de *C. officinalis* L. em função de 5 doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019



Nas avaliações bioquímicas, obtiveram-se resultados de compostos fenólicos totais e também flavonoides totais (Tabela 8). Relacionando-se os teores totais e a produtividade em massa de capítulos florais secos de cada tratamento, afim de se obter o rendimento (%) de fenóis e flavonoides (Tabela 9), nota-se que o melhor rendimento por área para fenóis é na dose de 81 t ha⁻¹ e para flavonoides na dose de 77 t ha⁻¹ de composto (Figura 12).

Segundo a Farmacopeia Brasileira (2019), a espécie não deve conter menos que 0,4% de flavonoides totais. Com exceção do tratamento controle, todos os outros se enquadram na especificação exigida. Araújo et al. (2009) ao cultivarem *C. officinalis*

L. na ausência de cobertura morta, detectaram o maior teor de flavonoides totais (0,58%), na dose de 59 t ha⁻¹ do composto orgânico utilizado por eles.

Tabela 8 - Teores de fenóis totais (mg de Ácido Gálico g⁻¹ de amostra) e flavonoides totais (mg de Quercetina g⁻¹ de amostra) de capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de doses crescentes de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto T ha ⁻¹	QUANTIFICAÇÃO TOTAL	
	COMPOSTOS FENÓLICOS	FLAVONOIDES
	mg g ⁻¹	
0	18,72	5,77
30	20,92	5,6
60	17,96	5,58
90	19,51	5,51
120	18,23	5,25
CV%	4,85	5,16

Tabela 9 - Médias de rendimento fenóis totais e flavonoides totais de capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de doses crescentes de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto T ha ⁻¹	Fenóis	Flavonoides
	Rendimento (%)	
0	1,24	0,38
30	2,34	0,63
60	2,37	0,74
90	2,69	0,76
120	2,41	0,69

Os teores totais de compostos fenólicos e flavonoides detectados são inferiores dos encontrados por Cetkovic et al. (2004), sendo 55,07 mg g⁻¹ e 18,48 mg g⁻¹ respectivamente, porém os capítulos florais utilizados por eles foram colhidos na época da primavera na região da Sérvia, estação climática distinta do período de colheita dos botões florais direcionados às avaliações bioquímicas, que ocorreu em

um período de transição entre outono e inverno e, apesar de não ter ocorrido precipitação pluviométrica durante a semana da colheita, trata-se de um período de transição entre uma estação chuvosa e início da estação seca (Tabela 10). Além disso, houve irrigação durante todo o ciclo da cultura.

Tabela 10 - Dados meteorológicos de radiação solar (MJ m^{-2}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) na semana de colheita de capítulos florais de *C. officinalis* L. para análise bioquímica. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Mês: Junho	Radiação Solar	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)			Umidade Relativa (%)			Precipitação
Dia	MJ m^{-2}	Média	Max	Min	Média	Max	Min	mm
17	15,92	20,04	24,36	16	64,62	84,7	44,78	0
18	13,43	18,77	24,47	14,35	74,11	96,1	45,83	0
19	15,25	20,62	25,79	14,51	60,64	86,2	39,69	0
20	15,86	20,26	25,62	16,2	68,23	93,2	50,89	0
21	16,38	18,32	22,94	15,39	77,45	93,9	57,14	0

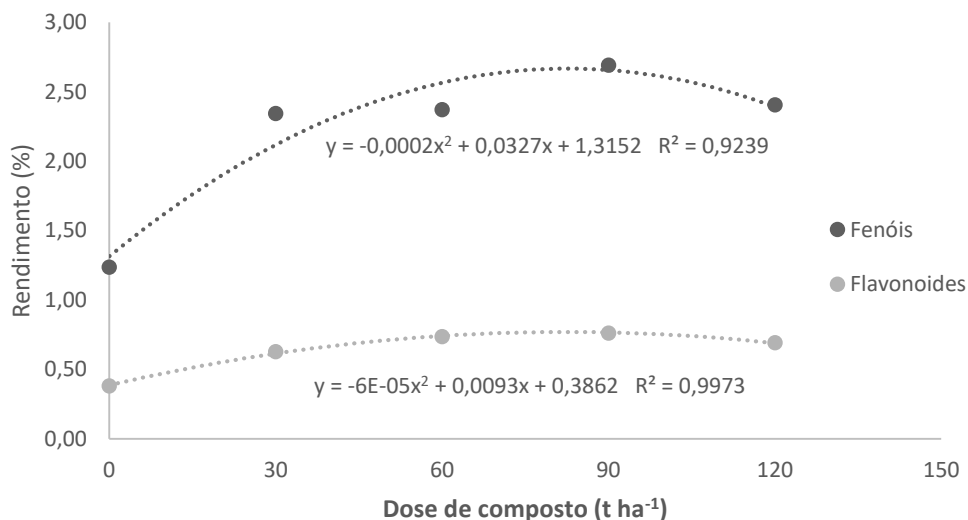
Fonte: Estação meteorológica da FCA/UNESP.

Em trabalho realizado por Marques (2019), com cultivo de calêndula nas 4 estações do ano, na mesma fazenda experimental deste estudo, notou-se que o teor de flavonoides em capítulos florais foi encontrado em maior concentração nas estações de primavera e verão e menos concentrados nas estações de outono e inverno. Salienta-se que o fotoperíodo nas diferentes épocas do ano pode ser um fator de influência no metabolismo de compostos fenólicos.

Compostos fenólicos são importantes para as plantas no controle de fatores externos como patógenos, insetos, poluentes e ferimentos (GÓMEZ-MAQUEO et al., 2018). Segundo Schijlen et al. (2004), flavonoides são compostos especializados que apresentam funções variadas, sendo algumas delas fundamentais para as plantas, como por exemplo a pigmentação das flores, frutas e sementes, atração de polinizadores e proteção contra luz ultravioleta.

As condições ambientais durante o cultivo podem ter sido limitantes ao acúmulo de compostos do metabolismo especializado, ou seja, as plantas podem ter sido submetidas a menos estresses nessa época do ano (se comparadas com outras estações), fator que combinado com doses crescentes de adubação, favoreceu o crescimento vegetativo e a produtividade de capítulos florais das plantas ao invés de acúmulo de fenóis e flavonoides.

Figura 12 - Curva de distribuição de rendimento de fenóis e flavonoides totais de capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de doses de composto orgânico após cultivo de *C. officinalis* L. UNESP, Botucatu (SP), 2019



Os resultados das análises de variância foram significativos para todos os polifenóis detectados (Tabela 11) e através da análise de regressão todos se enquadraram em curvas de tendência de ordem quadrática em função das doses de composto orgânico no cultivo de *C. officinalis* L. Nos extratos de capítulos florais, de forma geral, os constituintes químicos que se destacam dentre os polifenóis em questão de maior acúmulo em todas as doses de adubo são rutina e ácido clorogênico e em menor acúmulo o ácido sinápico.

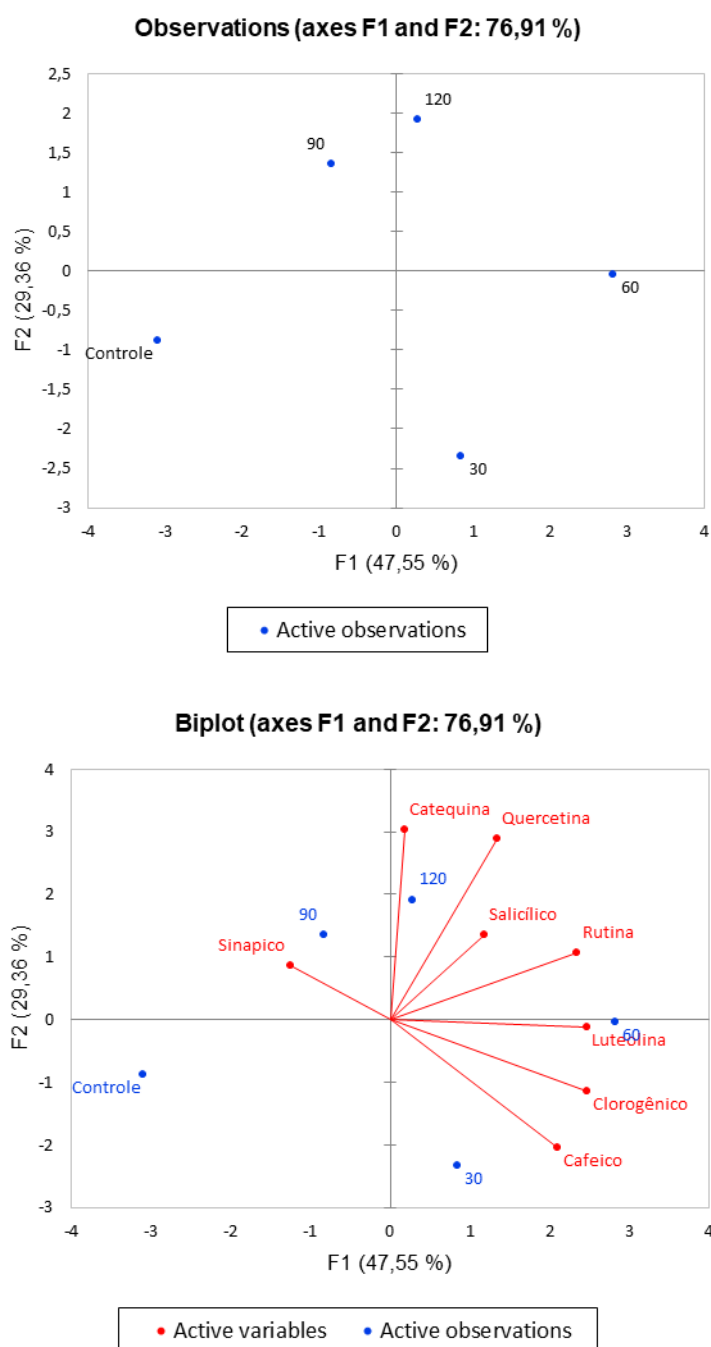
Rutina, ácido clorogênico, luteolina e ácido salicílico se destacam em maior concentração na dose de 60 t ha⁻¹.

Tabela 11 - Teor (mg 100g⁻¹) dos principais polifenóis detectados em extratos de capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de doses crescentes de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto T ha ⁻¹	Catequina	Quercetina	Luteolina	Rutina	Cafeico	Clorogênico	Sinápico	Salicílico
	mg 100g ⁻¹							
0	6,895	7,781	4,279	62,025	2,342	13,899	2,091	3,769
30	7,097	8,294	4,519	75,764	3,417	21,544	1,917	3,728
60	7,595	10,095	4,775	89,218	3,403	22,356	2,040	3,896
90	9,530	10,105	4,484	69,486	2,414	15,335	2,037	3,844
120	10,899	10,873	4,418	87,326	2,419	17,904	1,977	3,767
CV%	7,02	6,36	3,17	5,13	7,87	7,70	2,21	1,69

Com intuito de estabelecer um modelo descritivo do agrupamento de polifenóis detectados e das diferentes doses de composto orgânico utilizadas, adotou-se a análise de componentes principais (ACP), que em seu conjunto CP1 e CP2 explicam 76,91% da variância do conjunto de dados (Figura 13). Os polifenóis detectados se mostram presentes em maior concentração entre as doses de 30 e 120 t ha⁻¹ de composto orgânico.

Figura 13. Biplot CP1 × CP2 com polifenóis sobre as doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019



Para uma abordagem que considere rendimento de fenóis e flavonoides por área e em função do tratamento (Tabela 12), multiplicando-se a produção de cada tratamento pelos respectivos teores de fenóis totais (Figura 14) e flavonoides totais (Figura 15), destaca-se a dose de 90 t ha⁻¹, porém, quando comparados à dose de 60 t ha⁻¹, esses valores representam um incremento de 61 kg ha⁻¹ de massa seca de capítulos florais, 5,86 kg ha⁻¹ de fenóis e 0,79 kg ha⁻¹ de flavonoides, o que talvez não

justifique o custo e a mão de obra empregados para a adição de 30 t ha⁻¹ a mais de composto orgânico, além disso, nem sempre o acúmulo em quantidade reflete também em qualidade, lembrando que a dose de 60 t ha⁻¹ se destacou em concentração de alguns dos principais polifenóis detectados.

Tabela 12 - Estimativa de produção total de fenóis e flavonoides por hectare de capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de doses crescentes de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto	Peso seco capítulos florais	Fenóis	Flavonoides
T ha ⁻¹		Kg ha ⁻¹	
0	659	8,09	2,49
30	1116	26,05	7,25
60	1322	31,39	9,75
90	1383	37,25	10,54
120	1318	31,70	9,07

Figura 14 - Curva de distribuição de acúmulo de fenóis totais por hectare de capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

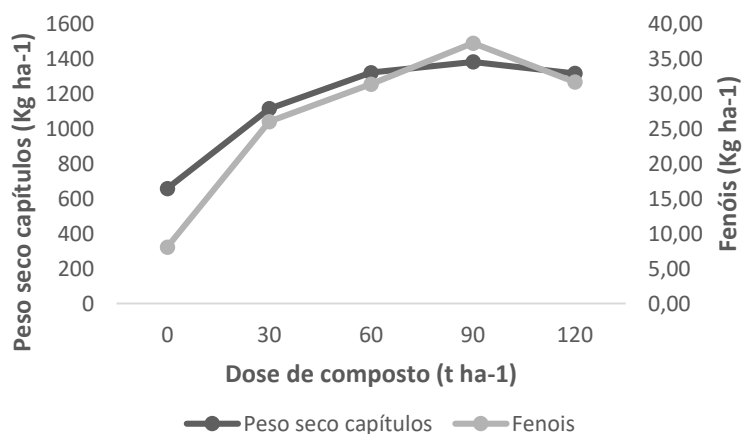
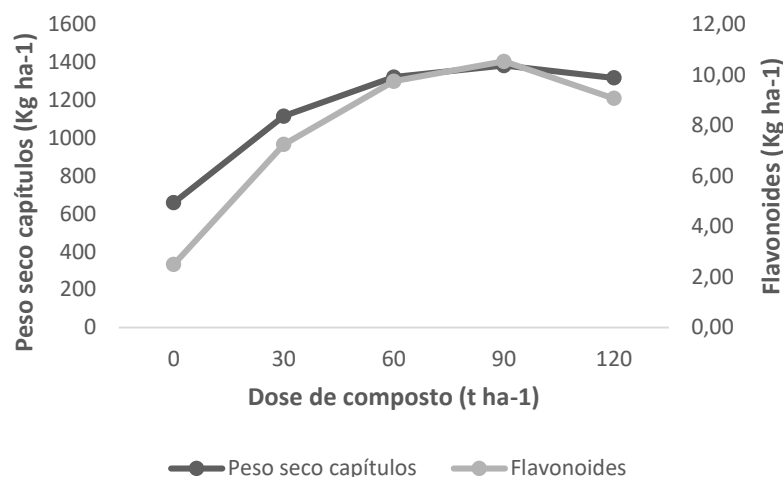


Figura 15 - Curva de distribuição de acúmulo de flavonoides totais por hectare de capítulos florais de *C. officinalis* L. em função de doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019



Isso porque, analisando a tabela 11 podemos observar que quando comparadas as doses de 60 t ha⁻¹ e 90 t ha⁻¹, os teores em mg 100 g⁻¹ de amostra, os teores de quercetina, luteolina, ácido sinápico e ácido salicílico praticamente se mantêm equivalentes, porém rutina e ácido clorogênico se apresentam em teores mais elevados na dose de 60 t ha⁻¹, o que favorece um pouco mais a escolha dessa dose de composto orgânico. Além disso, com a elevação das doses de composto, observou-se maior absorção de potássio, o que possivelmente resultou em diminuição no acúmulo de outros nutrientes, mostrando um possível desequilíbrio nutricional.

Martins e Figueiredo (2009) ressaltam a teoria de que nem sempre o nível do nutriente que eleva a produção de massa vegetal é o mais apropriado para a produção de metabólitos especializados, e que muitas vezes, a maior produção de massa implica em menor produção de substâncias ativas, além disso, citam que a recomendação de adubação para o cultivo de plantas medicinais seja feita somente com fontes orgânicas como esterco de curral curtido (4 a 5 kg m²) e composto orgânico (5 kg m²), visto que não se deve usar adubação em excesso mesmo que orgânica, pois pode prejudicar a síntese de metabólitos especializados e favorecer a infestação de insetos.

Segundo Lameira e Pinto (2008), o estresse causado na planta oriundo de deficiência ou excesso de nutrientes, pode interferir na composição química da mesma, aumentando ou diminuindo a produção de matéria-prima e

consequentemente, a de fármacos na planta. O que corrobora com a afirmação de Taiz et al. (2017), que menciona que em áreas onde os nutrientes do solo excedem uma concentração ideal, o crescimento das raízes pode se tornar limitado por carboidratos e cessar, e sendo assim, poucas raízes são suficientes para suprir a demanda por nutrientes da planta, e com isso, a planta pode diminuir a alocação de seus recursos para as raízes enquanto aumenta sua alocação para a parte aérea e estruturas reprodutivas. Da mesma forma podemos entender que um suprimento em excesso de nutrientes à *C. officinalis* L. pode alterar sua rota metabólica da produção de compostos fenólicos resultantes de metabolismo especializado para continuar a se desenvolver vegetativamente e reprodutivamente, tornando as plantas maiores, com maior número de inflorescências e sementes. Isso explica o pouco incremento em rendimento de compostos fenólicos e flavonoides na dose de 90 t ha⁻¹ em relação à dose de 60 t ha⁻¹ e a diminuição de rendimento na dose de 120 t ha⁻¹ quando comparada aos anteriores, diferentemente do observado com relação ao teor de matéria fresca e seca da parte vegetativa que foi crescente conforme o aumento de dose de composto. Dessa forma, explica-se também o tombamento de plantas observado em parcelas dos tratamentos 4 e 5 (90 e 120 t ha⁻¹).

Metabólitos especializados, conforme Taiz et al. (2017) de maneira geral, não apresentam papéis reconhecidos diretamente nos processos de crescimento e desenvolvimento vegetativos como por exemplo respiração, fotossíntese e síntese de proteínas, porém, sabe-se que muitos produtos do metabolismo especializado têm funções ecológicas importantes para o reino vegetal: proteção contra herbívoros e infecção por microrganismos patogênicos, atrativos (odor, cor ou sabor) para polinizadores e dispersores de sementes, e também, podem atuar como agentes na competição planta-planta e nas simbioses planta-microrganismos; os autores ressaltam ainda que compostos fenólicos são sintetizados por diferentes rotas, sendo que a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico são as duas rotas metabólicas básicas para a síntese desse grupo de metabólitos especializados.

Além de benefícios às plantas, os humanos também podem se beneficiar desses produtos gerados pelo metabolismo especializado de determinadas espécies vegetais, uma vez que nós (humanos) não os sintetizamos e existem cada vez mais evidências e estudos científicos sobre os benefícios desses compostos para manutenção da saúde humana.

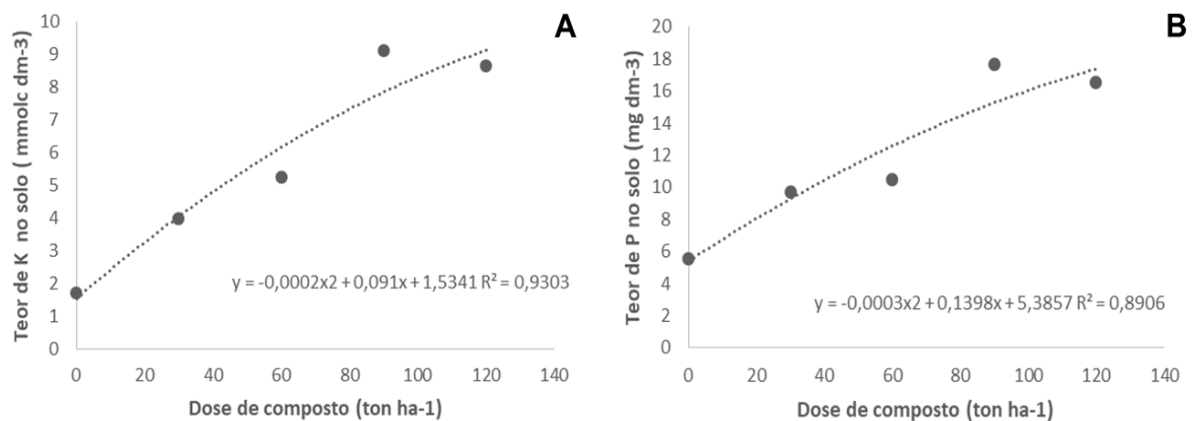
Com relação aos atributos químicos do solo (Tabela 13) após o cultivo de *C. officinalis* L., observou-se diferença significativa nos teores de P e K em função das doses de composto orgânico adicionadas ao solo, assim como em trabalho realizado por Leite et al. (2005), que, além de constatarem que a melhor dose para produção quantitativa e qualitativa de calêndula é de 6 kg m⁻² de composto orgânico, observaram diferenças significativas de melhoria da qualidade do solo em que a cultura foi instalada, apresentando elevação do pH e aumento significativo dos teores de fósforo e potássio em função das doses de 3, 6 e 9 kg m⁻² de composto orgânico, sendo que, diferente deste, eles trabalharam com dois cultivos consecutivos.

Tabela 13 - Médias de atributos químicos do solo após quatro meses de cultivo de *C. officinalis* L. em função de doses de composto orgânico. UNESP, Botucatu (SP), 2019

Dose de composto	pH	M.O.	P _{resina}	K	Ca	Mg
T ha ⁻¹	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmolc/dm ³		
0	5,20	24,3	5,52	1,72	26,2	11,80
30	5,32	26,0	9,72	4,00	28,6	13,20
60	5,36	24,4	10,45	5,25	28,6	12,80
90	5,48	26,9	17,67	9,14	26,2	12,20
120	5,40	24,8	16,53	8,65	28,2	12,80
CV %	4,13	6,16	21,81	21,69	11,45	11,37

Através da curva de regressão para os atributos químicos do solo que apresentaram diferença significativa através da análise de variância (Figura 16), observou-se aumento crescente nos teores de P e K extraíveis (Mehlich-1) conforme as doses mais elevadas de composto orgânico utilizado, assim como resultado obtido por Silva e Menezes (2007) ao estudarem a disponibilidade de N, P e K no solo após cultivo de batata adubada com esterco.

Figura 16 - Curva de distribuição de atributos químicos do solo que apresentaram diferença significativa em função de doses de composto orgânico após cultivo de *C. officinalis* L. UNESP, Botucatu (SP), 2019



Os teores de matéria orgânica e pH não sofreram alterações em função da dose de composto orgânico aplicado ao solo, porém, sabe-se que esses atributos são melhorados ao longo do tempo e dos ciclos de cultivo.

Scherer e Nesi (2009), ao avaliarem adubação orgânica em diferentes sistemas de preparo do solo, observaram que não foram alterados os teores de matéria orgânica (MO) do solo, em nenhuma das camadas amostradas, sendo que os teores se mantiveram praticamente estáveis durante os quatro anos de realização da pesquisa.

5 CONCLUSÃO

Para a produtividade de capítulos florais em número, a melhor dose de composto orgânico foi a de 98 t ha⁻¹, já para massa fresca e seca a dose de 91 t ha⁻¹ foi a que melhor apresentou resultados.

O crescimento vegetativo das plantas apresentou melhores resultados conforme elevação crescente das doses de composto orgânico.

Todos os macronutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg e S) apresentaram diferença significativa no acúmulo de nutrientes pela cultura em função das doses de composto orgânico.

A ordem de acúmulo de nutrientes pela cultura foi K>N>Ca>Mg>P≥S.

A dose de 60 t ha⁻¹ apresentou destaque na concentração de polifenóis por unidade de amostra, sendo muito semelhantes os rendimentos por área de fenóis e flavonoides entre as doses de 60 t ha⁻¹ e 90 t ha⁻¹.

Portanto, analisando-se conjuntamente os resultados obtidos e agregando às realidades do campo (mão de obra e questões financeiras), a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico obtido a partir de pseudocaule de bananeira e esterco bovino é a mais adequada para o cultivo de *Calendula officinalis* L. em condições semelhantes às deste experimento.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C. B. O. et al. Uso da adubação orgânica e cobertura morta na cultura da calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.11, n.2, p.117-123, 2009.
- BERTOLUCCI, S. K. V.; LAMEIRA, O. A.; PINTO, J. E. B. P. Guia das plantas medicinais. In: LAMEIRA, O. A.; PINTO, J. E. B. P. **Plantas medicinais: do cultivo, manipulação e uso à recomendação popular**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. cap. 7, p. 159-244.
- BORGES, A. L.; FILHO, E. C. N; ARAÚJO, J. V. C. **Restituição de nutrientes ao solo pela fitomassa de bananeiras em sistema orgânico de produção**. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Fruticultura: Fruteiras nativas e Sustentabilidade. São Luiz, Maranhão: 2016.
- BORGES, G. M.; WISBECK, E. Aproveitamento de resíduos da cultura da banana para a produção de *Pleurotus ostreatus*, cogumelo comestível e medicinal. In: VII Congresso de Ecologia do Brasil, 2005, Caxambu. **VII Congresso de Ecologia do Brasil**, 2005.
- BUSTAMANTE, F. M. L. **Plantas medicinales y aromáticas: estudio, cultivo y procesado**. Madrid: Mundi-Prensa, 2002. 4ª reimp.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos E Departamento de Assistência Farmacêutica. **Política Nacional De Plantas Mediciniais e Fitoterápicos**. Série B. Textos Básicos de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_fitoterapicos.pdf. Acesso em: 07/12/2020.
- BRASIL, Ministério da Saúde. RENISUS. 2009. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2014/maio/07/renisus.pdf>.
- CARVALHO, C. S. M. et al. Composição mineral de substratos à base de resíduos de bananeira durante o cultivo de *Pleurotus ostreatus*. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.81, n.3, p. 272-281, 2014.

CETKOVIC, G. S., DJILAS, S. M., CANADANOVIC-BRUNET, J. M., TUMBAS, V. T. Antioxidant properties of marigold extracts. **Food Research International**. v.37, p. 643-650, 2004.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA SOLOS). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

ESCARPA, A.; GONZÁLEZ, M. Fast separation of (poly) phenolic compounds from apples and pears by high-performance liquid chromatography with diode-array detection. **Journal of Chromatogram**, v. 830, n. 2, 301-9, 1999.

FAO. Food and Agricultural Organization. **Brazilian agriculture: Prospects and challenges**. 2015. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2015_agr_outlook-2015-en. Acesso em: 18/12/2020.

FARMACOPEIA BRASILEIRA. 6ª ed. Volume II – **Monografias Plantas Medicinais**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2019.

FERNÁNDEZ-POLA, J. **Cultivo de plantas medicinales, aromáticas y condimenticias**. Barcelona: Omega, 2001.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. 432 p.

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILHO, O. F. de L. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

FRANCO, M. J.; CAETANO, I. C. S.; CAETANO J.; DRAGUNSKI, D. C. Determinação de metais em plantas medicinais comercializadas na região de Umuarama-PR. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**. Umuarama, v. 15, n. 2, p. 121-127, maio./ago. 2011.

GÓMEZ-MAQUEO et al. Phenolic Compounds in Food. In: NOLLET, L. M. L.; GUTIERREZ-URIBE, J. A. (Ed.). **Phenolic Compounds in Food: Characterization and Analysis**. 1. ed. Editora: CRC Press, 2018.

HÖMHELD, V. Efeitos do potássio nos processos da rizosfera e na resistência das plantas às doenças. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Anais do simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba, SP: POTAFOS, 2005. cap. 12. p. 301-341.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: Estatística da Produção Agrícola, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_jan.pdf. Acesso em: 03/03/2020.

KHATOUNIAN, C. C. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348 p.

LAMEIRA, O. A.; PINTO, J. E. B. P. Cultivo de plantas medicinais. In: LAMEIRA, O. A.; PINTO, J. E. B. P. **Plantas medicinais**: do cultivo, manipulação e uso à recomendação popular. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. cap. 2, p. 159-244.

LEITE, G. L. D. et al. Níveis de adubação orgânica na produção de calêndula e artrópodes associados. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.72, n.2, p.227-233, abr./jun., 2005.

LORENZI, H. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: editora Agrônoma Ceres, 2006. pag. 638.

MALAVOLTA, E. Potássio – absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Anais do simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba, SP: POTAFOS, 2005. cap. 8. p. 179-238.

MARQUES, I. B. **Época de plantio e tempo de incorporação de torta de mamona no cultivo orgânico de *Calendula officinalis* L.** 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

MARTINS, E. R.; FIGUEIREDO, L. S. Cultivo de Plantas Medicinais. In: LEITE, J. P. V. (Ed.). **Fitoterapia: bases científicas e tecnológicas**. São Paulo: Editora Atheneu, 2009. cap. 6. pag. 143 – 168.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa, UFV: 2000.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. 568p.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Anais do simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba, SP: POTAFOS, 2005. cap. 7. p. 165-178.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Repartição e remobilização de nutrientes na bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 2, Jun/2009.

MOREIRA, P. A. Desenvolvimento vegetativo e teor foliar de macronutrientes da calêndula (*Calendula officinalis* L.) adubada com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**. Botucatu, v.8, n.1, p.18-23, 2005.

PASCHOAL, A. D. **Produção orgânica de alimentos: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI**; guia técnico e normativo para o produtor, o comerciante e o industrial de alimentos orgânicos e insumos naturais. 1ªed. 1994.191p.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Ed. Ver. E aum. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

PRIMAVESI, A. **Pergunte ao solo e às raízes: uma análise do solo tropical e mais de 70 casos resolvidos pela agroecologia**. 1ªed. São Paulo: Nobel, 2014. 288p.

POPOVA, M.; BANKOVA, V.; BUTOYSKA, D.; PETKOV, V.; NIKOLOVADAMYANOVA, B.; SABATINI, A. G.; MARCAZZAN, G. L.; BOGDANOV, S. **Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis**. *Phytochemical Analysis*, v.15, n 4, p. 235-240, 2004.

RAIJ, B. Van. **Análise química para avaliação de fertilidade de solos tropicais**. IAC: 2001.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RIBEIRO, P. G. F.; DINIZ, R. C. **Plantas Aromáticas e Medicinais: cultivo e utilização**. Londrina, PR: IAPAR, 2008. 218 P.

ROSOLEM, C. A. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Anais do simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba, SP: POTAFOS, 2005. cap. 9. p. 239-260.

SARTÓRIO, M. L.; TRINDADE, C.; RESENDE, P.; MACHADO, J. R. **Cultivo orgânico de plantas medicinais**. Viçosa, MG: Aprenda fácil, 2000. 260 p.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.715-721, 2009.

SCHIJLEN, E. G., DE VOS, C. R., VAN TUNEN, A. J.; BOVY, A. G. Modification of flavonoid biosynthesis in crop plants. **Phytochemistry**, v.65, n.19, p. 2631-2648, 2004.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 31, nº 1, Viçosa, p.51-61, 2007.

SINGLETON, V. L.; ROSSI Jr, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, 144-58, 1965.

SOUZA, W. J. **Resíduos: conceitos e definições para manejo, tratamento e destinação**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2012. 272p.

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

THOMÉ, O.W. **Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz**. 1885, Gera Germany. Disponível em: http://www.biolib.de/thome/band4/tafel_128.html. Acesso em: 03/03/2020.

TORRES, P. G. V. **Plantas medicinais, aromáticas & condimentares: uma abordagem prática para o dia-a-dia**. Porto Alegre: Editora Rígel, 2005. 144 p.

VALADARES, et al. Adubação orgânica de calêndula (*Calendula officinalis* L.) produzida sobre grama batatais. **Revista Biotemas**, 23 (3), p. 21-24, 2010.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 12. p. 299-325.

VIVAS, Y.S.G.; FLORES, J. C. M.; OROZCO, M. S. S.; CORREA, C. R. B. C. Contenido y distribución de macronutrientes en calêndula (*Caléndula officinalis* L.) en el Valle del Cauca, Colombia. **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**. Vol. 6. N. 2. Jul./Dic. 2015.