



Instituto Politécnico  
de Viana do Castelo

Fátima Andreia Fernandes Pereira

EFEITO DA FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA NO MODO DE  
PRODUÇÃO BIOLÓGICO DAS ESPÉCIES *CALENDULA*  
*OFFICINALIS L.* E *CENTAUREA CYANUS L.*

Dissertação de Mestrado

Agricultura Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professor Doutor Luís Miguel Cortez Mesquita de Brito

Professora Doutora Isabel de Maria Cardoso Gonçalves Mourão

Agosto de 2022



As doutrinas expressas neste trabalho são da  
exclusiva responsabilidade do autor.



# ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE QUADROS .....	x
LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS .....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 A Agricultura Biológica.....	1
1.2 Gestão da fertilidade do solo.....	2
1.2.1 Gestão da matéria orgânica do solo.....	3
1.2.2 Mineralização e humificação da matéria orgânica do solo.....	5
1.2.3 Disponibilidade de nutrientes para as culturas .....	6
1.3 Fertilizantes no modo de produção biológico .....	9
1.3.1 Fertilizantes minerais.....	11
1.3.2 Fertilizantes de origem vegetal e animal .....	11
1.4 Cultura de flores comestíveis .....	14
1.4.1 Calêndula.....	15
1.4.2 Centáurea.....	17
1.5 Objetivos do trabalho .....	18
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
2.1 Localização dos ensaios .....	19
2.2 Delineamento experimental dos ensaios .....	20
2.3 Preparação do terreno e fertilização .....	21
2.4 Correção orgânica do solo.....	22

2.5	Plantação .....	24
2.6	Controlo de infestantes e rega .....	26
2.7	Colheita de amostras .....	26
2.8	Análises laboratoriais .....	29
2.8.1	Métodos laboratoriais para análise das características do solo.....	29
2.8.2	Métodos laboratoriais para análise dos compostados.....	30
2.8.3	Métodos laboratoriais para a análise das plantas e flores .....	32
2.9	Análise estatística.....	33
3	RESULTADOS .....	34
3.1	Características do solo.....	34
3.2	Características do compostado de resíduos hortofrutícolas.....	34
3.3	Peso fresco e peso seco das flores .....	36
3.4	Peso fresco e peso seco das plantas sem flores .....	39
3.5	Diâmetro das flores .....	42
3.6	Repartição do peso nas várias partes da planta .....	43
3.6.1	Razão entre o peso fresco das flores e das plantas .....	43
3.6.2	Razão entre o peso seco das flores e das plantas .....	46
3.7	Evolução da altura das plantas e diâmetro das flores .....	49
4	DISCUSSÃO .....	51
4.1	Características do solo, do substrato e do compostado .....	51
4.2	Efeito do compostado e do substrato no peso das flores .....	53
4.3	Efeito do compostado e do substrato no peso das plantas sem flores .....	55
4.4	Efeito do compostado e substrato na altura das plantas e diâmetro das flores .....	56
5	CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	58
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60

## AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação de mestrado contou com importantes apoios e incentivos sem os quais não se teria tornado uma realidade e aos quais estarei eternamente grata.

Agradeço especialmente ao meu orientador e professor Doutor Miguel Brito pela disponibilidade imediata em todas as situações, pelo saber que transmitiu e a sua cordialidade e empenho sempre presentes na realização deste trabalho, à professora Doutora Isabel Mourão que coorientou este trabalho, pelo entusiasmo, critério e dedicação que sempre transmitiu e me deu ânimo e empenho em todo o processo, não só ao longo da dissertação, mas também pelo meu caminho académico cruzado com ela.

Não posso deixar de agradecer a amizade e disponibilidade de todos os colegas de laboratório, ao Eng.º Rui Pinto, à técnica de laboratório Maria Marinho, ao Eng.º Virgílio, à aluna Cláudia Correia e aos serviços analíticos da UTAD.

Quero deixar um agradecimento especial e a quem dedico este trabalho, ao meu companheiro Hélder Coutinho, por todo o apoio, resiliência, paciência e carinho que demonstrou e me incentivou em todo o caminho, sem dúvida que este trabalho foi delineado numa fase desafiante e transformadora da nossa vida a dois, que passou ser uma vida a três com o nascimento do nosso filho Martim a meio deste trabalho, por tudo e muito mais o meu obrigado especial a esta família maravilhosa que tenho.

E por último quero agradecer a todas as outras pessoas que contribuíram direta e indiretamente, que são inúmeras e que ao longo deste trabalho me encorajaram das mais diversas maneiras a continuar e a terminar o mesmo.

A todos o meu muito obrigado.

## RESUMO

Existem inúmeros resíduos orgânicos resultantes da atividade de produção agrícola e o aproveitamento ou depósito destes resíduos é gerido frequentemente de forma ineficaz pelas explorações agrícolas, podendo ser uma ameaça para o meio ambiente e para a saúde humana. Portugal tem que desenvolver uma economia circular e sustentável, sendo possível as explorações agrícolas em modo de produção biológico (MPB) contribuírem para a sustentabilidade através de um reaproveitamento dos resíduos orgânicos gerados pela atividade, através da compostagem, gerando o seu próprio fertilizante orgânico para aplicação nas suas culturas.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes fertilizantes orgânicos nas culturas de calêndula (*Calendula officinalis L.*) e centáurea (*Centaurea cyanus L.*), no MPB. A experiência incluiu a utilização de um substrato comercial ( $7 \text{ t ha}^{-1}$ ) e um compostado de resíduos hortofrutícolas (nas doses de aplicação de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  e  $20 \text{ t ha}^{-1}$ ). Avaliou-se a produtividade através do peso fresco e do peso seco das flores e das plantas sem flores, e do diâmetro das flores, ao longo de 42 dias após o início da floração (DAF) em 6 momentos de avaliação (7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAF), e a altura das plantas em 3 momentos (após plantação, após floração e no fim da floração).

O peso fresco das flores de calêndula aumentou significativamente com a dose superior de compostado hortofrutícola face ao substrato comercial, na primeira metade do tempo de floração, no entanto, o mesmo aumento de produção do peso fresco das flores com a dose mais elevada de compostado na espécie centáurea não foi tão evidente. Uma das limitações pela qual se obtiveram resultados não significativos na espécie centáurea poderá ter-se devido ao facto de esta espécie se adaptar a solos pobres sem grandes necessidades de fertilização e provavelmente na espécie da calêndula existiu em consequência uma maior disponibilização de azoto e outros nutrientes do compostado hortofrutícola em relação ao substrato comercial devido ao seu maior teor em NPK.

Recomenda-se para a produção de flores da espécie calêndula uma fertilização com 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de compostado de resíduos hortofrutícolas e após uma maturação de 6 meses. Por outro lado, na espécie centáurea a dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de compostado de resíduos hortofrutícolas prevê-se suficiente para garantir uma produção de flores elevada. Conclui-se que a utilização de o compostado realizado na exploração com resíduos hortofrutícolas tem potencial para substituir o substrato comercial Siro indicado para plantas aromáticas na produção de flores comestíveis

**Palavras-chave:** azoto, compostado de resíduos domésticos, fertilização, substrato

## ABSTRACT

There are many organic residues resulting from agricultural production activity and the use or deposit of these residues is often ineffectively managed by farms, which can be a threat to the environment and human health. Portugal must develop a circular and sustainable economy, making it possible for organic farming to contribute to sustainability through the reuse of organic waste generated by the activity, through composting, generating their own organic fertilizer for application in their crops.

This study aimed to evaluate the effect of the application of different organic fertilizers on marigold (*Calendula officinalis* L.) and cornflower (*Centaurea cyanus* L.) organic crops. The experiment included the use of a commercial substrate ( $7 \text{ t ha}^{-1}$ ) and a compost of fruit and vegetable residues (at application rates of  $10 \text{ t ha}^{-1}$  and  $20 \text{ t ha}^{-1}$ ). Crop yield was evaluated by fresh and dry weight of the flowers, and of plants without flowers, and by the diameter of the flowers, over a period of 42 days, after the beginning of flowering (DAF), in six moments (7, 14, 21, 28, 35 and 42 DAF). In addition, the height of the plants was evaluated at three moments (after planting, after flowering and at the end of flowering).

The fresh weight of marigold flowers increased significantly with the higher rate of fruit and vegetable compost compared to the commercial substrate, in the first half of the flowering time. However, the same increase in production of fresh weight of flowers with the highest rate of compost in the cornflower species was not so evident. One of the limitations for which non-significant differences were obtained in the cornflower species may have been because this species adapts to poor soils without great need for fertilization. In contrast, the marigold species responded to a greater availability of nitrogen and other nutrients of the fruit and vegetable compost in relation to the commercial substrate due to its higher NPK content.

It is recommended to produce flowers of the marigold species a fertilization with at least  $10$  to  $20 \text{ t ha}^{-1}$  of fruit and vegetable residue compost, and after a maturation period of 6 months. On the other hand, for the cornflower species, the rate of  $10 \text{ t ha}^{-1}$  of compost from fruit and vegetable residues is expected to be sufficient

to guarantee a high production of flowers. It is concluded that the use of a compost of fruit and vegetable residues set up in the farm has potential to replace the commercial substrate Siro indicated for aromatic plants in the production of edible flowers

**Key-words:** nitrogen, domestic waste compost, fertilization, substrate

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Local de implementação do estudo na BioFarm- Quinta de Produtos Biológicos, junto à estufa das hortícolas.....	19
Figura 2- Talhões para plantação das flores comestíveis: (a) antes e (b) depois de espalhar uniformemente o compostado nos respetivos talhões. ....	21
Figura 3- - Esquema de montagem da pilha de compostagem .....	23
Figura 4- Talhão de calêndula (C1) após a plantação.....	24
Figura 5- Desenho dos talhões com calêndula (C1) produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3).....	25
Figura 6- Desenho do talhão com centáurea (C2) produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3).....	25
Figura 7- Colheita de uma das subamostras de solo para posterior análise antes da uniformização das amostras.....	27
Figura 8- Colheita de compostado de resíduos hortofrutícolas a ser retirado da pilha de compostagem para posterior análise antes da crivagem. ....	27
Figura 9- Amostra de flores em fresco de calêndula (a) e centáurea (b) colhidas a 14 DAF no tratamento S2C1 e S2C2 do bloco 3 da experiência.....	28
Figura 10- Amostras da parte aérea das plantas de calêndula (a) e centáurea (b) colhidas a 42 DAF antes da secagem.....	32
Figura 11- Amostras das flores das plantas de calêndula (a) e centáurea (b) colhidas a 42 DAF antes da secagem.....	33
Figura 12 a. - Peso fresco das flores (PFF) e peso seco das flores (PSF), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3).....	37
Figura 12 b. - Peso fresco das flores (PFF) e peso seco das flores (PSF), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3).....	38

Figura 13 a. - Peso fresco das plantas sem flores (PFPSf) e peso seco das plantas sem flores (PSPsf), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3)	40
Figura 13 b. - Peso fresco das plantas sem flores (PFPSf) e peso seco das plantas sem flores (PSPsf), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3)	41
Figura 14 a.- Percentagem do peso fresco das flores (PFF) na planta inteira fresca (PIF), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3)	44
Figura 14 b. - Percentagem do peso fresco das flores (PFF) na planta inteira fresca (PIF), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3).....	45
Figura 15 a.- Percentagem do peso seco das flores (PSF) na planta inteira seca (PIS), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3).....	47
Figura 15 b. - Percentagem do peso seco das flores (PSF) na planta inteira seca (PIS), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha-1 (S3) .....	48
Figura 16 - Altura média das plantas nos momentos 0 DAP, 56 DAP e 91 DAP em C1 e 0 DAP, 60 DAP e 98 DAP em C2 e o diâmetro das flores ao longo da floração com medição duas vezes por semana, produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3).....	50

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Fertilizantes orgânicos classificados de acordo com os teores mínimos N, P, K e MO, em percentagem do peso do produto comercial (Ferreira, 2009b).	10
Quadro 2- Calendário das operações culturais.....	20
Quadro 3- Esquema dos talhões experimentais com compostado de resíduos hortofrutícolas (S1 e S2) nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> e 20 t ha <sup>-1</sup> respetivamente e substrato comercial (S3) na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> para a plantação das espécies de calêndula( <i>Calendula officinalis L.</i> ) designada (C1) e centáurea ( <i>Centaurea cyanus L.</i> ) designada (C2) ...	22
Quadro 4- Caraterísticas físico-químicas do solo antes da plantação.....	34
Quadro 5- Caraterísticas físico- químicas do compostado de resíduos hortofrutícolas antes da plantação .....	35
Quadro 6- Caraterísticas físico-químicas do substrato comercial antes da plantação	35
Quadro 7- Diâmetro das flores (cm flor <sup>-1</sup> ) produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha <sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha <sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha <sup>-1</sup> (S3).....	42

## LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AB	Agricultura biológica
C	Carbono
Ca	Cálcio
CE	Condutividade elétrica
C/N	Razão carbono/azoto
DAF	Dias após floração
K	Potássio
K <sup>+</sup>	Ião potássio
Mg	Magnésio
MPB	Modo de produção biológico
MPC	Modo de produção convencional
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
N	Azoto
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ião nitrato
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ião amónio
P	Fósforo
°C	Graus Celsius

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 A Agricultura Biológica

A Agricultura Biológica (AB) é um modo de produção agrícola sustentável que tem como objetivo produzir alimentos saudáveis, ao mesmo tempo que potencia o funcionamento saudável dos ecossistemas. Para tal, são utilizadas práticas que minimizam os efeitos negativos desta atividade no ambiente e que potenciam a preservação dos recursos naturais (IFOAM, 2022).

A crescente preocupação ambiental, em todo o mundo, tem contribuído para promover o aumento significativo do modo de produção biológico (MPB) nos últimos tempos. As estatísticas mundiais indicam que, em 2019, a AB foi praticada em 187 países por, pelo menos, 3,1 milhões de agricultores, num total de 72,3 milhões de hectares de terras agrícolas. A Austrália foi o país com mais terras cultivadas neste modo de produção, com 35,7 milhões de hectares, e a Índia o país com mais produtores em AB, contabilizando cerca de 1,36 milhões de produtores (Willer et al., 2021). As vendas mundiais de alimentos e bebidas provenientes da AB nesse ano rondavam os 106 biliões de euros, sendo os Estados Unidos da América o país com o volume de vendas mais elevado (44,7 biliões de euros) (Willer et al., 2021). A realidade na Europa, o segundo maior mercado mundial de produtos biológicos, revelou que em 2019 foram importados cerca de 3,2 milhões de toneladas de produtos provenientes da AB. Do lado da produção, registaram-se, em 2019, 430 mil produtores que trabalhavam cerca de 16,5 milhões de hectares de terras agrícolas, no modo de produção biológico (Willer et al., 2021). Em Portugal, também se tem verificado uma tendência positiva na AB registando-se aumentos na Superfície Agrícola Utilizada (SAU) de 3% para 7%, entre 2009 e 2017 (DGADR, 2019), e no número de produtores biológicos, de 4 674 para 5 637, entre 2017 e 2019 (DGADR, 2020a).

Este modo de produção agrícola mais sustentável é regulado na União Europeia por vários regulamentos, nomeadamente o Regulamento (UE) n.º 2018/848 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de Maio, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos

biológicos, o Regulamento de Execução (UE) n.º 2018/1584 da Comissão, de 22 de Outubro, que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica, à rotulagem e ao controlo, e o Regulamento (CE) n.º 889/2008 da Comissão, de 5 de Setembro, que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 (DGADR, 2020b).

Um dos fatores que tem levado ao crescimento da AB é a qualidade dos alimentos e o seu efeito na saúde humana. É sabido que os fertilizantes utilizados em agricultura, quer no modo de produção convencional (MPC) quer no MPB, têm influência não só na quantidade dos alimentos produzidos, como também na qualidade dos mesmos (Sorensen, 1999). Stolze et al. (2000), Fließbach et al. (2007) e Chirinda et al. (2008) concluíram que os alimentos produzidos de acordo com o MPB apresentam qualidade superior, quando comparados com os mesmos produzidos no MPC. Tal facto deve-se ao aumento de biodiversidade e sequestro de carbono no solo, além de diminuição de libertação de gases de efeito de estufa, principalmente devido ao uso de compostado em substituição de adubos químicos de síntese azotados. Também, a não utilização de fertilizantes minerais de síntese e o uso de pesticidas facilmente biodegradáveis contribui para a diminuição de resíduos tóxicos nas hortícolas. . Desta forma, para que haja bons níveis de produtividade e qualidade na MPB é necessário assegurar uma boa gestão da matéria orgânica do solo (Horwath, 2005).

## **1.2 Gestão da fertilidade do solo em AB**

A fertilidade do solo é uma medida da capacidade do solo em fornecer os nutrientes essenciais, em quantidade e proporções adequadas, para o crescimento das plantas (Brito, 2016). A gestão da fertilidade dos solos é muito relevante para os produtores de AB porque, por um lado, a qualidade do solo depende do teor de MO e por outro lado, a absorção de nutrientes pelas culturas depende da mineralização da MO. Por isso, é muito importante a gestão da MO de modo a incorporar no solo compostos com um teor de humificação que permita o sequestro de MO, contribuindo assim para o aumento da mineralização lenta da MO do solo e a incorporação de

adubos orgânicos de libertação rápida que permitam fornecer nutrientes às culturas mais exigentes num curto espaço de tempo. Uma gestão da MO inadequada pode provocar a degradação ao longo do tempo da MO para níveis inferiores aos necessários à atividade agrícola, sendo a principal fonte de nutrientes para as culturas neste modo de produção agrícola (Laudicina et al., 2011).

Existem várias práticas em AB que ajudam a melhorar e a preservar a fertilidade do solo (Brito, 2016):

- Rotações e consociações adequadas, incluindo a utilização de fabáceas para fixação do azoto (N) atmosférico no solo;
- Cultivo de gramíneas para fixação de nutrientes no solo, aquando da ocorrência de precipitação devido à lixiviação principalmente do ião nitrato que provoca a contaminação dos lençóis freáticos
- Adição dos resíduos das culturas anteriores, adubos orgânicos e compostados.
- Mobilizações de solo adequadas de modo a evitar a danificação da estrutura e arejamento excessivo do solo minimizando a perda de nutrientes. Portanto, privilegiar o uso de alfaias de dentes e evitar o reviramento do solo a grandes profundidades.

As boas práticas de gestão da fertilidade dos solos em AB contribuem não só em termos produtivos, mas também para uma gestão mais sustentável dos ecossistemas, tendo em conta que níveis mais elevados de MO permitem aumentar a atividade microbiana do solo, evitar a lixiviação de nutrientes e a consequente degradação da qualidade da água e do solo, diminuir as emissões de gases com efeito de estufa e deter a diminuição da biodiversidade (Mourão, 2007).

### **1.2.1 Gestão da matéria orgânica do solo**

A quantidade de MO existente no solo é o principal indicador da sua fertilidade e consequentemente da sua qualidade e produtividade, sendo relevante determinar o teor de MO do solo, particularmente no MPB, para gerir a fertilidade do solo (Reeves, 1997). Normalmente, esta é feita através da determinação do teor de carbono orgânico existente no solo (Rasmussen et al., 1998) multiplicado pelo fator 1,724 (fator de van Bemmelen), baseando-se na premissa que a matéria orgânica do solo possui 58% de carbono orgânico. De um modo geral os solos são caracterizados com teores de MO entre 1 a 6%, da massa total da camada arável, e cerca de 60 a 80% dessa MO é constituída por húmus, caso não tenha sido adicionada MO fresca (Varenes, 2003; Santos, 2002). Tipicamente, a MO é formada por 55% de carbono (C), 5 a 6% de N e 1% de fósforo (P) e enxofre (S) (Horwath, 2005).

Em Portugal apenas 11% dos solos têm teores de MO suficientes para nutrir as necessidades produtivas das culturas, sendo que 70,4% caracterizam-se por baixos teores de MO (inferior a 1%) (DGA, 2000). Este é um fator preocupante para os agricultores em AB em Portugal já que se regista uma tendência de declínio do teor

de MO nos solos portugueses (MADRP/DGADR, 2009). Como tal, é fundamental assegurar um teor elevado de MO no solo, sendo em AB assegurado através da adição constante de MO ao solo.

A principal fonte de N para as plantas é a MO existente no solo, tendo em conta que este nutriente não pode ser adicionado ao solo através de fertilizantes minerais de síntese. Já os restantes macronutrientes principais (P e K) podem ser incorporados no solo sobre a forma de fertilizantes minerais produzidos por processos mecânicos (Brito, 2005). Por outro lado, é graças a elevados teores de MO no solo que as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são asseguradas, fatores estes que se revelam de extrema importância no MPB (Brito, 2016). A importância da melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo reside principalmente na necessidade de melhorar a estrutura do solo de modo a permitir que as raízes explorem um maior volume de solo e proporcionar aos seres vivos do solo um habitat adequado ao seu desenvolvimento, contribuindo para o aumento da mineralização da MO e a biodiversidade do solo.

A MO existente no solo é resultado dos resíduos de plantas e animais em decomposição, de produtos excretados pelos organismos vivos e produtos transformados pelos microrganismos (Santos e Vieira, 2011). De uma forma simplificada, a MO é composta por três frações: resíduos frescos (siderações, dejetos animais frescos e chorumes), resíduos em decomposição e compostos humificados ou húmus (Coutinho, 2007). Esta última fração, de cor escura e friável, desempenha um papel muito importante no solo, já que é a fração ativa da MO do solo, e é constituída também por três porções diferentes: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina (Santos e Vieira, 2011). O aumento do teor de húmus do solo é um dos pilares da agricultura biológica pois permite ter uma libertação lenta de N que alimenta as culturas diminuindo a necessidade de incorporar no solo adubos de libertação rápida que não contribuem para melhorar a qualidade do solo, pelo contrário, aumentam o risco de perdas de N.

Do ponto de vista físico a MO influencia uma série de características do solo proporcionando uma melhor estrutura do solo, maior facilidade de penetração das raízes no solo, melhorando a porosidade e o arejamento, conservando a água, evitando a compactação do solo, etc. É graças à MO no solo que a erosão é controlada e que a

água e os nutrientes são retidos (Brito, 2016). A MO também melhora as propriedades químicas do solo, como a capacidade de troca catiónica e dequelatizar metais pesados, e o poder tampão, além de aumentar a sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas, entre outros. Biologicamente, a MO serve de reservatório de nutrientes e energia para os microrganismos decompositores, simbiotes e supressivos de pragas e doenças nas plantas (Brito, 2016).

### 1.2.2 Mineralização e humificação da matéria orgânica do solo

A quantidade de MO existente no solo depende de vários fatores, como o tipo de solo e clima, a atividade biológica do solo, a quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos incorporados, a rotação de culturas, a intensidade e a profundidade a que o solo é movimentado, entre outros (Brito, 2016). Contudo, em estudos realizados em solos cultivados ao longo de mais de 100 anos verificou-se que, independentemente das práticas usadas na rotação de culturas e fertilização, a quantidade de C presente no solo (originário da MO incorporada) vai diminuindo ao longo do tempo. Este facto deve-se sobretudo à mineralização da MO, realizada pelos microrganismos presentes no solo (Reeves, 1997).

Toda a MO incorporada no solo é alterada pelos microrganismos existentes no solo, provocando vários tipos de alterações na mesma, mais ou menos profundas (Santos e Vieira, 2011). Podem-se descrever dois processos fundamentais ao longo da transformação da MO no solo, derivados da ação dos microrganismos (Brito, 2016; Santos e Vieira, 2011):

1) Mineralização: um processo de degradação através de reações químicas de hidrólise e de oxidação das moléculas orgânicas originais, sobretudo da sua porção facilmente biodegradável, em compostos simples (açúcares, aminoácidos, ácidos gordos voláteis), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e, em quantidades reduzidas, amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), outros gases e sais minerais.

2) Humificação: um processo conservador, em que com base em determinadas moléculas (exemplo, lenhina) se originam as unidades estruturais a partir das quais se forma a molécula primária das substâncias húmicas. Posteriormente, por processos de condensação e polimerização originam-se os ácidos fúlvicos, os ácidos húmicos e a humina.

O processo de mineralização da MO depende de vários fatores, como a composição da MO (como por exemplo a razão C/N), as suas características físico-químicas (como por exemplo o pH e o teor de humidade) e biológicas (quantidade de microrganismos existentes), e as condições climáticas (humidade e temperatura)(Rees et al., 1993; Rodrigues e Coutinho, 1995; Kessel e Reeves, 2002).

O conhecimento da velocidade a que a MO é mineralizada ao longo do tempo (taxa de mineralização) é um fator essencial para assegurar uma boa gestão da fertilidade do solo, pois permite sincronizar a disponibilidade de nutrientes com as necessidades das plantas (Ambus et al., 2002; Gabrielle et al., 2004; Carneiro et al., 2007). De acordo com Montemurro (2010), a MO presente no solo, que é humificada é mais estável, leva meses ou mesmo anos a ser mineralizada e, como tal, disponibiliza os nutrientes no solo de forma mais lenta e a longo prazo. Tendo em conta que a maioria das culturas anuais têm um ciclo de vida de meses, verifica-se ser necessário adicionar outras fontes de MO no solo, com taxas de mineralização mais elevadas nomeadamente com o teor de N elevado e uma razão C/N baixa (Brito, 2016). Tipicamente, os resíduos orgânicos quando incorporados no solo e na presença de oxigénio (O<sub>2</sub>) são mineralizados em cerca de 60 a 70%, durante o período de um ano. Já a decomposição do húmus existente é mais lenta, ocorrendo a taxas de 1,5 a 2% a cada ano (Santos e Vieira, 2011).

### **1.2.3 Disponibilidade de nutrientes para as culturas**

É graças ao processo de mineralização da MO que os nutrientes são fornecidos às plantas, nas formas em que estas os conseguem assimilar (Bayu et al., 2006). Como tal, é através da incorporação de MO no solo que a disponibilidade de nutrientes para as plantas aumenta. Contudo, tal como já referido, esta disponibilidade depende da quantidade de MO mineralizada que por sua vez depende das condições climáticas e das características do solo (Brito, 2016).

#### **Azoto (N)**

O azoto é o macronutriente que mais limita o crescimento das culturas. É um elemento que tem um comportamento no solo muito móvel e dinâmico, quando na sua forma mineral, podendo ser lixiviado ou volatilizado. A maior parte do N presente no solo encontra-se na sua forma orgânica (95 a 98%), sendo que as plantas só o conseguem assimilar após a mineralização da MO (Varenes, 2003). Refira-se que apenas 2 a 5% do total N presente na MO do solo é que é mineral e apresenta-se sobretudo nas formas de ião amónio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), resultado dos processos de amonificação e de ião nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) resultante da nitrificação do ião amónio. Como o complexo de adsorção do solo é caracterizado tipicamente

por cargas negativas, existe uma maior capacidade para adsorver o íon  $\text{NH}_4^+$  no solo do que o íon  $\text{NO}_3^-$ . Por essa razão, o  $\text{NO}_3^-$  é bastante solúvel e tem muita facilidade em ser lixiviado (Santos, 2002).

A mineralização do N depende de vários fatores já referidos anteriormente, além do equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização, realizados pelos microrganismos (Brito, 2016). Tendo em conta que ao longo do processo de mineralização da MO os microrganismos utilizam grande parte do C como fonte energética e o N para o seu crescimento celular (Brito, 2003), na presença de resíduos frescos no solo com elevada razão C/N (superior a 30) pode verificar-se a imobilização temporária do N mineral pelos organismos do solo (Santos, 2001). Quando a razão C/N dos resíduos frescos está numa proporção entre 20 e 30, os microrganismos detêm N suficiente, verificando-se um equilíbrio entre o N mineralizado e o N imobilizado (Tisdale et al., 1985). Já nos casos em que os resíduos frescos incorporados no solo têm uma razão C/N inferior a 20 verifica-se um aumento do azoto mineral no solo, dado que os microrganismos têm N suficiente para suprir as suas necessidades (Santos, 2002; Cordovil, 2004).

A introdução de N mineral no solo (fração assimilável pelas plantas), para além da fração já existente, pode acontecer através de diferentes processos: mineralização da MO do solo ou da MO adicionada; incorporação pela água de rega; fixação simbiótica e não simbiótica por microrganismos do solo; e produtos das sementes e exsudados radiculares (Cordovil, 2004). Por outro lado, este macronutriente pode ser extraído do solo através da sua absorção pelas culturas (exportação cultural) e perdido através dos processos de desnitrificação, volatilização de  $\text{NH}_3$ , escoamento superficial, erosão ou lixiviação. Por outro lado, pode ficar no solo em formas indisponíveis para as culturas quando é imobilizado pelos microrganismos do solo ou quando adsorvido e posteriormente fixado nos colóides do solo (Cordovil, 2004).

A exportação do N mineral do solo pelas plantas ocorre quando este elemento se aproxima das suas raízes e, graças ao fluxo de massa da água que deriva sobretudo do processo de transpiração das plantas, é absorvido. Como tal, este processo, é influenciado pelo teor de água no solo (Varenes, 2003), sendo mais elevado em condições de maior calor e quando a solução do solo está mais provida de nutrientes (Santos, 2002).

## **Fósforo (P)**

O fósforo é o segundo macronutriente que mais limita a produção das culturas agrícolas (Varenes, 2003), tendo em conta que nos solos em Portugal não se encontra disponível nas quantidades necessárias (cerca de 1/10 do teor de N) (Santos, 2002). O seu comportamento no solo é menos dinâmico que o N e, geralmente, é adsorvido ou precipitado (Santos, 2002). Este elemento encontra-se incorporado na MO do solo, na sua forma mineral de ião dihidrogenofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) (cerca de 80% do P total) (Schachtman et al., 1998), em baixas concentrações, que variam entre 50 a 1100 mg P / kg (Varenes, 2003).

A sua disponibilidade para as plantas varia muito em função do pH do solo, sendo ideal para valores entre 6 e 7. Em solos ácidos, onde se verificam elevadas concentrações de iões de alumínio (Al), ferro (Fe) e manganês (Mn) em solução, verifica-se que o P é precipitado por via da formação de compostos insolúveis como fosfatos de alumínio ( $\text{AlPO}_4$ ), fosfatos de ferro ( $\text{FePO}_4$ ) e fosfatos de manganês ( $\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2$ ) (Sample et al., 1980; Varenes, 2003). Em solos alcalinos o P é precipitado, resultando na formação de fosfatos de cálcio ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) insolúveis (Santos, 2002; Amer et al., 1991; Sample et al., 1980).

Considerando que a mineralização e imobilização do P no solo é determinada por fatores bióticos e abióticos ainda poucos esclarecidos, torna-se difícil tecer previsões. Contudo, segundo Santos (2002) este elemento é mineralizado através da ação de enzimas fosfatases produzidas e libertadas pelos microrganismos e raízes das plantas. Já a imobilização de P ocorre através da sua metabolização pelos microrganismos, perante razões de C/P na ordem dos 300 (Santos, 2002; Varenes, 2003).

O P pode ser incorporado no solo, no MPB, através de corretivos orgânicos e fertilizantes naturais, sendo que apenas 10 a 20% do P total é absorvido pelas plantas no primeiro ano, dada a sua rápida adsorção no solo (Varenes, 2003). Outra forma de disponibilizar o P às plantas é através da correção do pH do solo (Gerke e Meyer, 1995; Imas et al., 1997).

As plantas absorvem o P mineral do solo a pouca distância das suas raízes, num pequeno volume de solo (Varenes, 2003), através das suas formas iónicas

$\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  ou íão hidrogenofosfato ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), dependendo do pH do solo (Black, 1968; Varennes, 2003). Contudo, graças à presença de micorrizas e de enzimas fosfatases nos solos em AB, a absorção do P orgânico e inorgânico pelas plantas pode ser feita em zonas mais longínquas das suas raízes. Sendo que o fungo, no seu caso, recebe da planta açúcares produzidos pela mesma em resultado da fotossíntese (Brito, 2005).

### **Potássio (K)**

O potássio (K), é frequentemente o macronutriente mais abundante no solo, particularmente em regiões em que a rocha-mãe é rica em potássio, como acontece com os granitos. Tem um comportamento muito dinâmico no solo e não está dependente da mineralização da MO, tendo em conta que não é um constituinte das moléculas biológicas importantes e fica disponível quando há rutura de células, após a morte dos organismos (Varennes, 2003).

No solo, este elemento pode encontrar-se sob a forma de elemento estrutural de micas e feldspatos potássicos, fixado entre lâminas de argilas expansivas, no complexo de troca catiónica, ou na solução do solo (Lopes, 1982). Este elemento, muito solúvel, é absorvido pelas plantas sobre a forma de íão  $\text{K}^+$ , nas formas disponíveis na solução do solo e no complexo de troca catiónica do solo (Raji, 1991). Em AB pode ser aplicado ao solo na forma de sais brutos de K, a partir de extração e moenda (Brito, 2005).

## **1.3 Fertilizantes no modo de produção biológico**

A fertilização das culturas ou a disponibilização de nutrientes às plantas, no modo de produção biológico, requer o conhecimento de vários fatores que incluem a constituição do solo, a dinâmica da MO do solo e dos materiais incorporados, o comportamento dos principais macronutrientes no solo, entre outros.

Os fertilizantes orgânicos são classificados em corretivos ou adubos, sendo que esta classificação depende dos teores mínimos de N, P, K e MO, e variam entre eles na composição, no grau de estabilização da MO e, conseqüentemente, na capacidade para libertar nutrientes (Sikora e Szmidt, 2001). Tipicamente, os corretivos orgânicos têm teores de nutrientes mais baixos do que os adubos orgânicos, sendo que um

adubo para ser comercializado como orgânico, no mercado português, deverá ser constituído no mínimo pelos valores que se apresentam no Quadro 1 (Ferreira,2009b).

Quadro 1- Fertilizantes orgânicos classificados de acordo com os teores mínimos N, P, K e MO, em percentagem do peso do produto comercial (Ferreira, 2009b).

Fertilizante	N mineral	P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K (K <sub>2</sub> O)	N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O	MO
Adubo orgânico azotado	3%	-	-	-	50%
Adubo orgânico NPK	2%	2%	2%	10%	50%
Adubo orgânico NP	2%	3%	-	6%	50%
Adubo orgânico NK	3%	-	6%	10%	50%

Dependendo do tipo de materiais orgânicos que são incorporados no solo haverá uma maior ou menor taxa de disponibilização de nutrientes para as plantas. Tendo em conta que a MO é constituída por duas frações, tal como referido no subcapítulo 1.2.1, uma facilmente mineralizável e outra mais resistente à mineralização, os nutrientes serão disponibilizados no curto e no longo prazo (Brito, 2007). Como tal, a fertilização em AB deve ser superior às necessidades das culturas versus a sua disponibilidade no solo (Brito, 2016).

Por outro lado, tendo em conta a dinâmica dos nutrientes no solo (ver subcapítulo 1.2.3), a incorporação da MO deve ser realizada na camada de solo superficial (< 25 cm de profundidade) dependendo da textura do solo de modo a permitir a decomposição aeróbica da MO, sugerindo-se a utilização de grade ou escarificador. No caso de deficiências particulares de macronutrientes é ainda sugerida a fertilização foliar (Brito, 2016).

Sendo o uso sustentável dos recursos um dos princípios intrínsecos da AB (Silva, 2018) importa ainda referir que a prioridade deverão ser as práticas culturais que utilizam os recursos da própria exploração para fertilizar as culturas, ao invés da

aquisição de produtos comerciais, que devem ser considerados apenas como complementares (Brito, 2016).

### **1.3.1 Fertilizantes minerais**

No MPB podem ser utilizados fertilizantes minerais de P ou K, desde que não resultem de processos de síntese química, mas sim, produzidos por processos físicos/mecânicos. No caso do P podem ser utilizados fertilizantes minerais, como o fosfato natural macio (fosfato de Gafsa) e o fosfato de alumínio e cálcio. Estes são fornecidos em pó e devem ser aplicados a lanço em todo-o-terreno e, posteriormente, incorporado, através de gradagem ou escarificação do solo (Brito, 2016). Os fertilizantes minerais de K, autorizados no MPB em Portugal, incluem o sulfato duplo de potássio e magnésio, de origem natural, os sais brutos de potássio e o sulfato de potássio solúvel em água, para utilização em fertirrigação (Brito, 2016).

No MPB, podem-se utilizar corretivos minerais alcalinizantes como o calcário calcítico (carbonato de cálcio) ou dolomítico (carbonato de cálcio e magnésio), que fornecem cálcio e magnésio, e rochas e minerais (pó de pedra, argilas, vermiculite, etc.) (Brito, 2016).

### **1.3.2 Fertilizantes de origem vegetal e animal**

Os fertilizantes orgânicos são obtidos através de resíduos animais ou vegetais, processados ou não, e podem ser oriundos do meio rural, de áreas urbanas ou da agroindústria. Podem ainda encontrar-se em estado líquido ou sólido (Ferreira, 2009a).

A compostagem é um processo aeróbio, resultante da ação dos microrganismos, que permite processar e converter esses resíduos num material passível de ser incorporado no solo em AB e que fornece os nutrientes necessários às plantas, potenciando a sua produção (Wong et al., 1999; Coutinho, 2007; Melero et al., 2007). Tendo em conta que a compostagem envolve a ação dos microrganismos é necessário que haja água, C orgânico, oxigénio (O<sub>2</sub>) e nutrientes, produzindo-se CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, sais minerais, e húmus (Brito, 2006). Este processo pode ser realizado em vários formatos (diferentes estruturas, tempo, tipo de materiais, entre outros), sendo que o mais utilizado em AB é em pilhas de compostagem estáticas durante 3 meses

de compostagem mais ativa, e mais 3 meses de maturação, ou com revolvimento após 3 ou 4 semanas de compostagem (Brito, 2006).

Os materiais passíveis de serem utilizados no processo de compostagem podem dividir-se em duas classes: materiais ricos em C (sobretudo resíduos lenhosos) e materiais ricos em N (resíduos animais e vegetais frescos). Os primeiros fornecem a MO e a energia aos microrganismos envolvidos no processo e os segundos potenciam o seu crescimento e, conseqüentemente, aceleram o processo de compostagem (Brito, 2006).

São várias as substâncias que podem ser utilizadas na compostagem para a produção de compostados para utilização no MPB, como por exemplo, estrumes, chorumes ou urina (após digestão ou diluída) de animais, produtos transformados de animais, palha, resíduos orgânicos domésticos, resíduos vegetais, algas e produtos à base de algas, serradura, cascas e desperdícios de madeira, rocha fosfatada natural, entre outros (Brito, 2016). Existem, contudo, algumas restrições neste modo de produção nomeadamente quanto à origem dos estrumes de animais, sendo proibida a utilização destes resíduos de explorações pecuárias intensivas, e quanto aos resíduos orgânicos domésticos, devendo ser separados na origem e recolhidos num sistema fechado e controlado pelo Estado-membro e utilizados por um período de tempo limitado (Regulamento (UE) n.º 2018/848, de 30 de Maio de 2018).

No processo de compostagem é muito importante distinguir a fração de resíduos que é mais facilmente mineralizável da que é mais difícil de ser "digerida" pelos microrganismos (Brito, 2016). Em AB o tipo de resíduos mais utilizados no processo de compostagem, para produção de fertilizantes orgânicos, são os estrumes com dejetos de animais misturados com resíduos vegetais (Brito, 2016). Os resíduos ricos em N (com uma razão C/N baixa), como os resíduos das fabáceas e os dejetos de animais, em particular o das aves, que possuem um elevado teor de N mineral e de N facilmente mineralizável, podem contribuir para a disponibilização mais imediata de N às plantas. Em contrapartida, os resíduos vegetais como as palhas e o feno, mais pobres em N, e por isso com uma razão C/N mais elevada, potenciam a imobilização do N no protoplasma dos microrganismos (Brito, 2016).

Os resíduos animais utilizados no processo de compostagem variam na sua composição em função das espécies pecuárias, do regime de estabulação, da alimentação e da idade dos animais, sendo que o seu teor em nutrientes diminui em função da quantidade de materiais lenhosos que são misturados nas suas camas (Brito, 2016). Este tipo de resíduos, designadamente os estrumes, podem ser uma fonte de sementes de infestantes ou microrganismos patogénicos. Contudo, através das elevadas temperaturas que se devem verificar no processo de compostagem, podem ser eliminados, originando compostados higienizados (Sikora, 1998).

A quantidade de nutrientes disponibilizados no solo a partir de resíduos vegetais varia sobretudo em função das espécies utilizadas. Segundo Powlson et al (1994) os resíduos de cereais restituíram entre 25 e 50 kg N / ha ao solo. Relativamente às culturas de milho e trigo, regista-se que cerca de 5 a 20% do N foram mineralizados e absorvidos nas culturas seguintes (Doran et al., 1984). Já Van et al (1997) referiram que os resíduos das culturas convencionais de brássicas devolvem ao solo cerca de 94 a 183 kg N / ha ao solo. Brito (2016), refere que os resíduos vegetais constituídos por grandes quantidades de lenhina, hemicelulose ou outras moléculas dificilmente mineralizáveis levam muito tempo a ser decompostos em produtos assimiláveis pelas plantas.

O conhecimento do tempo necessário para maturação do composto é um fator relevante para os produtores em AB pois determina o momento da sua incorporação no solo, tendo em conta que a disponibilização N mineral às plantas será mais ou menos imediata em função desse estado. No caso de um composto com pouco tempo de maturação, o N mineral será disponibilizado às plantas (ou imobilizado pelos microrganismos do solo) de forma mais rápida após a sua incorporação no solo. Já num composto com mais tempo de maturação verifica-se que a mineralização de N e C é mais lenta (Griffin et al., 2007).

Apesar da prioridade no MPB ser a produção dos compostados na própria exploração, utilizando os próprios recursos internos, existem no mercado português fertilizantes (corretivos e adubos) orgânicos, recomendados para utilização no MPB, inclusive para fertirrigação (Monteiro, 2011). Os adubos orgânicos, são normalmente vendidos como granulados, e têm origem sobretudo em estrumes de galinha, de aves marinhas e de bovinos, farinhas de peixe, ossos e penas, melão de beterraba e

vinhaça concentrada, e apresentam teores de N na matéria seca (MS) que variam entre 4 a 13% ou à base de algas, vinhaça de beterraba ou grãos de fabáceas, e o seu teor de N varia entre os 2,5 e 5% (Monteiro, 2011).

O estado de maturação dos compostados e as formas como estes se comportam no solo podem ser aproveitadas para gerir a disponibilização de N às culturas, conforme o seu ciclo de crescimento (Amlinger et al., 2003). A incorporação no solo de compostos bem maturados deve acontecer logo após a sua distribuição, de forma a evitar perdas de N, e imediatamente antes da plantação das culturas dado o seu teor de N mineral. No caso de compostados mais frescos, a incorporação no solo pode ocorrer semanas antes das plantações e, neste caso, o N será imobilizado e conservado temporariamente no solo, sendo libertado de forma gradual durante o crescimento vegetal (Amlinger et al., 2003).

#### **1.4 Cultura de flores comestíveis**

As flores comestíveis têm sido usadas ao longo de vários milénios, havendo registos do seu uso desde 140 a.C. até a atualidade. Estas desenvolveram-se e evoluíram espontaneamente na flora de alguns continentes e, dessa forma, foram naturalmente introduzidas nos hábitos alimentares diários (Fernandes et al., 2019), sendo usadas para adicionar cor, sabor ou cheiro a diversos tipos de pratos (Kelley et al., 2001). As flores comestíveis são aquelas que podem ser consumidas em segurança, sem a presença de substâncias tóxicas para o ser humano, e são vários os seus benefícios para a saúde humana, como o seu baixo teor calórico, as suas características antioxidantes, anti-inflamatórias, entre outras (Gupta et al., 2018).

As flores comestíveis são consumidas cruas e, como tal, devem ter elevados padrões de qualidade. O MPB revela-se como um modo de produção seguro que permite garantir requisitos de qualidade (Fernandes et al., 2019). Tal como descrito no capítulo 1.1 verifica-se uma procura crescente por alimentos saudáveis, onde as flores comestíveis também se incluem. Concretamente, existem nichos de mercado onde a procura por este tipo de alimentos tem vindo a aumentar, como os mercados biológicos, as lojas e os restaurantes de produtos gourmet (Takahashia et al., 2019). Do lado da produção, dado o seu carácter sazonal, verifica-se que as flores

comestíveis não são a principal cultura dos produtores de AB, sendo que quem as produz tem sempre outro tipo de produções principais. Contudo, a introdução destas culturas em AB acarreta imensas vantagens do ponto de vista da biodiversidade, como por exemplo o aumento de polinizadores na exploração (Fernandes et al., 2019).

Relativamente à legislação existente sobre flores comestíveis verifica-se que é reduzida, não havendo listas oficiais de flores comestíveis e não comestíveis em diversas organizações de referência, como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a Organização Mundial de Saúde (OMS), Administração da Alimentação e Drogas, dos Estados Unidos da América (FDA), ou a Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA), ou no próprio Codex Alimentarius (Gupta et al., 2018).

#### **1.4.1 Calêndula**

A calêndula (*Calendula officinalis L.*), também vulgarmente conhecida como maravilhas, boas-noites ou belas-noites, é uma flor pertencente à família *Asteraceae*, originária do sul da Europa e da bacia do Mediterrâneo (Barbosa, 2012).

A calêndula é uma espécie herbácea anual, de crescimento relativamente rápido podendo atingir 25 a 71 cm de altura, e apresenta um conjunto de inflorescências de pequenas flores que assumem diversos tons alaranjados ou amarelados. Os capítulos assumem cerca de 3 a 5 cm de largura e são simples ou dobrados, ligulados e tubulosos dispostos na extremidade superior do caule semi-ereto e peludo. As folhas são alabardas esticadas e sésseis com muita pilosidade. Estas são plantas de dias longos, necessitando de 5 a 6 horas de luz solar direta, sendo que a temperatura ideal para promover o seu crescimento e floração é de 10°C, podendo suportar até 21°C. A floração ocorre de junho a novembro e a colheita é feita 2 a 3 meses após a plantação. Estas plantas toleram solos pobres, porém, o seu tamanho está relacionado com a qualidade do solo e a sua tonalidade com a quantidade de luz recebida (Mourão e Brito, 2015).

A propagação da calêndula é feita através de sementeira em local definitivo ou em viveiro, podendo germinar ao fim de 10 a 14 dias, com uma temperatura ideal de

21°C. Posteriormente, quando as plantas têm cerca de 5 cm de altura podem ser transplantadas para vasos ou canteiros, com um compasso de 20 x 15 cm (Mourão e Brito, 2015).

Esta espécie é atacada por diversas pragas e doenças que prejudicam o seu desenvolvimento. Ao nível das pragas destacam-se os afídeos, a mosca branca e as cochonilhas, e ao nível das doenças as principais são *Pythium*, *Rhizoctonia solani*, *Erysiphe cichoracearum*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia sclerotiorum* (Barbosa, 2012).

A sua conservação após colheita é realizada em câmara de frio, com temperaturas entre os 4 e 5°C, e tem um período de vida pós colheita de 3 a 6 dias. As suas pétalas têm um sabor concentrado e devido à sua tonalidade são muito usadas como corante natural, tal como o açafão na cozinha ou em infusões (Mourão e Brito, 2015).

Quanto às necessidades de fertilização da espécie da calêndula verifica-se que existem várias referências bibliográficas, de acordo com o tipo de fertilizante utilizado. Apesar desta espécie ser pouco exigente quanto à qualidade dos solos, necessita de elevados teores de MO (Júnior, 2014), além de que a deficiência de P nos solos tem um efeito negativo nestas plantas como a clorose nas folhas mais velhas, folhas mais estreitas, raquitismo e, ao longo do tempo, toda a planta fica amarela (Boteon e Teixeira, 1995).

Júnior (2014) recomenda a utilização de 80 a 100 kg N / ha, 44 kg P / ha e 149 kg K / ha, recorrendo ao estrume de bovino. Já Vieira et al. (1999) constataram que a utilização de 14 ton / ha de estrume de aves originaram maiores produções de matéria fresca e de MS de capítulos. Araújo et al. (2009) verificaram que quando utilizadas 67 ton / ha de composto orgânico os valores referidos anteriormente foram superiores. Contudo, Moreira et al. (2005) verificaram que a massa fresca dos capítulos florais da calêndula dependeu apenas do teor de P, sendo os valores máximos de 4,70 g de capítulos / vaso de 3,5 L, com 271,7 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / vaso de 3,5 L.

### 1.4.2 Centáurea

A centáurea é uma espécie que pertence à família *Asteraceae* e tem a sua origem no norte da Europa. O seu nome científico é *Centaurea cyanus L.* e também é vulgarmente conhecida pelos nomes de fidalguinhos, saudades, lírios-de-jardim, flor-de-lis (Barbosa, 2012).

É uma espécie herbácea anual e pode atingir 50 cm de altura. Sendo uma planta de dias longos, requer uma boa exposição solar e um fotoperíodo longo para florir. A temperatura ideal para promover a sua floração, que ocorre de maio ao fim do verão, é de 20°C. As flores podem assumir diversos tons, sendo as mais dominantes o azul, roxo, rosa, branco e bordô. O seu capítulo é composto por receptáculo ovoide protegido por brácteas e a corola por pequenas flores estéreis em forma de funil, dispostas na extremidade superior de um caule ereto e fibroso com folhas alternadamente lanceoladas, sésseis, pubescentes e de margens lisas (Mourão e Brito, 2015).

As centáureas são bastante adaptáveis, tolerando solos pobres e preferindo solos secos e bem drenados. A sua propagação pode ser realizada através de sementeira em local definitivo, em março, ou em viveiro, entre janeiro e fevereiro. Germina ao fim de poucos dias, com uma temperatura ótima de germinação entre os 18 a 22°C, e pode ser transplantada para vasos ou canteiros ao fim de mês e meio, com um compasso de 30 x 20 cm (Mourão e Brito, 2015).

Ao nível das pragas que influenciam o seu desenvolvimento registam-se os afídeos, a cigarrinha, os ácaros e as lagartas mineiras. As doenças às quais está mais sujeita são míldio, *Bremia lactucae*, *Puccinia cyani*, *Botrytis*, *Phymatotrichum omnivorum*, *Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani.*, *Sclerotium rolfsii*, *Erysiphe cichoracearum*, *Verticillium albo-atrum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora cactorum* e *Fusarium oxysporum* (Barbosa, 2012).

A colheita é realizada quando tem  $\frac{3}{4}$  da flor aberta e a conservação após colheita é realizada em câmara de frio, a 4/5°C, com um período de vida pós colheita de 10 dias (Barbosa, 2012). As suas pétalas têm um perfume quase inexistente, sendo que mesmo depois de cozinhadas preservam a sua cor o que estimula o seu interesse

principalmente na pastelaria ao serem integradas em bolachas e bolos (Mourão e Brito, 2015).

Ao contrário da calêndula, não existem muitas referências bibliográficas relativas às necessidades de fertilização da espécie da centáurea. Tal como referido anteriormente, a centáurea tem um carácter bastante versátil já que se adapta com facilidade a solos pobres, solos de textura média (arenosos) ou mais pesados (argilosos) e mesmo a situações de seca, e solos ácidos, neutros ou alcalinos. Contudo tem preferência por solos nutricionalmente ricos e bem drenados (Barbosa, 2012).

LeJeune et al. (2006) referem que independentemente da adição ou não de N ou P na cultura da espécie *centaurea diffusa Lam*, não se verificaram efeitos na densidades de flores, quantidade de biomassa ou produção de sementes. Noutro estudo realizado por Mohammaddoust (2008) é referido que a espécie *Centaurea cyanus L.* respondeu ao aumento de NPK (100 kg N/ ha; 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / ha e 120 kg K<sub>2</sub>O / ha), verificando-se valores superiores na densidade da cultura e na MS das plantas.

## **1.5 Objetivos do trabalho**

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar o efeito da aplicação de diferentes fertilizantes orgânicos nas culturas de calêndula (*Calendula officinalis L.*) e centáurea (*Centaurea cyanus L.*). Os fertilizantes orgânicos utilizados foram um substrato orgânico comercial e um compostado orgânico de resíduos hortofrutícolas produzido no local de implementação da experiência, a partir de restos vegetais da quinta. Com este trabalho pretendeu-se de igual forma proporcionar recomendações de fertilização para o MPB para ambas as espécies estudadas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Localização dos ensaios

As experiências de campo foram realizadas na BioFarm - Quinta de Produtos Biológicos (Figura 1) que se situa a  $41^{\circ} 57'$  de latitude e a  $-8^{\circ} 59'$  de longitude, na freguesia de Roriz, concelho de Barcelos, sendo o solo desta zona predominantemente granítico de textura franco-arenosa não suscetível à erosão.



Figura 1- Local de implementação do estudo na BioFarm- Quinta de Produtos Biológicos, junto à estufa das hortícolas.

A Biofarm foi criada em 2006, e apesar de ter tido diferentes proprietários, sempre teve produção em modo de produção biológico (MPB), nomeadamente de diversas hortícolas e frutas. Tal como é muito comum em agricultura biológica, a Biofarm produz em pequena escala plantas aromáticas e flores com o intuito de atrair os polinizadores, repelir os insetos indesejados e assegurar a desinfeção de solo. No entanto, sempre priorizando plantas aromáticas e flores que também possam ser comercializadas.

## 2.2 Delineamento experimental dos ensaios

O delineamento experimental dos ensaios foi de blocos casualizados, com três tratamentos e três blocos. O ensaio foi efetuado com duas espécies de flores comestíveis diferentes, calêndula (*Calendula officinalis L.*) e centáurea (*Centaurea cyanus L.*). Os tratamentos dos ensaios consistiram em 2 doses de compostado de resíduos hortofrutícolas produzido na BioFarm - Quinta de Produtos Biológicos: 10 t ha<sup>-1</sup> e 20 t ha<sup>-1</sup>, e um tratamento com 7 t ha<sup>-1</sup> de um substrato comercial da marca SIRO indicado para plantas aromáticas, certificado para modo de produção biológica. De acordo com o comerciante, a dose recomendada de aplicação deste substrato é de 3,5 kg m<sup>-3</sup> de solo. O calendário das operações culturais encontra-se descrito no Quadro 2.

Quadro 2- Calendário das operações culturais. DAP=Dias após a plantação. DAF=Dias após a floração.

Operação cultural	DAP/DAF	Data
Instalação das pilhas de compostagem		19 de novembro de 2020
Preparação do terreno		5, 7 e 12 de junho de 2021
Plantação das flores	0 DAP	24 de junho de 2021
Colheita das amostras	7 DAF	16 de agosto de 2021
	14 DAF	24 de agosto de 2021
	21 DAF	31 de agosto de 2021
	28 DAF	7 de setembro de 2021
	35 DAF	14 de setembro de 2021
	42 DAF	21 de setembro de 2021
Final de produção	89 DAP	21 de setembro de 2021

As espécies de flores comestíveis utilizadas neste ensaio, calêndula (*Calendula officinalis L.*) e centáurea (*Centaurea cyanus L.*), foram produzidas em tabuleiros com 96 alvéolos e adquiridas no viveiro Biobrotar, viveirista de Mafra-Leiria com certificação para produção e comercialização de plântulas em modo de produção biológico.

### 2.3 Preparação do terreno e fertilização

Antes da preparação do terreno utilizou-se um destróador de martelos para eliminar as infestantes do local de implementação da experiência, seguindo-se duas mobilizações de solo a uma profundidade de 20 cm utilizando um escarificador de 5 dentes com um período de tempo entre mobilizações de 2 dias. Posteriormente efetuaram-se duas fresagens, uma mais profunda e outra mais superficial com uma fresa horizontal de facas. O terreno utilizado nunca tinha sido cultivado, de modo que o solo teve que sofrer uma maior intervenção para obter um solo menos compactado.

O terreno com a superfície de 60 m<sup>2</sup>, foi dividido em 18 talhões de aproximadamente 3 m<sup>2</sup> com estacas e fio, ficando com a dimensão de 1,40 m de largura por 2,25 m ou 2,70 m de comprimento conforme a espécie instalada no talhão(Figura 2 a).).



Figura 2- Talhões para plantação das flores comestíveis: (a) antes e (b) depois de espalhar uniformemente o compostado nos respectivos talhões.

Os talhões (Quadro 3) apenas receberam compostado (Figura 2b.), não tendo sido efetuada nenhuma adubação do solo. A incorporação do compostado foi realizada manualmente com um ancinho a 10 cm de profundidade.

Quadro 3- Esquema dos talhões experimentais com compostado de resíduos hortofrutícolas (S1 e S2) nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> e 20 t ha<sup>-1</sup> respectivamente e substrato comercial (S3) na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> para a plantação das espécies de calêndula (*Calendula officinalis L.*) designada (C1) e centáurea (*Centaurea cyanus L.*) designada (C2).

BLOCO 1						BLOCO 2						BLOCO 3					
S2	S2	S1	S3	S1	S3	S1	S3	S2	S3	S1	S2	S3	S3	S2	S1	S2	S1
C2	C1	C1	C2	C2	C1	C1	C2	C1	C1	C2	C2	C2	C1	C2	C2	C1	C1

## 2.4 Correção orgânica do solo

A pilha de compostagem (Figura 3) teve a duração de 7 meses e foi constituída por materiais vegetais verdes (com baixa razão C/N) e castanhos (com elevada razão C/N). Dois terços da capacidade total foram resíduos castanhos (aparas de madeira de ramos de árvores do jardim como estilha e ramos finos, folhas secas, casca de árvores) e 1/3 da capacidade total foram resíduos verdes (restos de cozinha, cascas e restos de vegetação da quinta, restos de legumes e fruta, borras de café, restos de plantas da horta, aparas da relva e folhas verdes provenientes da quinta).

A pilha de compostagem foi montada na quinta, com paletes e rede a formar um bloco com 1,4 m<sup>3</sup>. Colocaram-se ramos mais grossos no fundo da pilha e após 1 mês a quantidade de resíduos adicionada foi suficiente para encher completamente o volume de 1,4 m<sup>3</sup>. O material em compostagem sofreu dois revolvimentos manuais com uma forquilha a cada 15 dias após ter sido iniciada a compostagem, de modo a obter uma maior homogeneidade na compostagem em toda a pilha. A pilha foi coberta no período de chuvas intensas com plástico de polietileno apenas na parte superior, a fim de evitar a acumulação de água de chuva em excesso, o espaço lateral não foi coberto permitindo o arejamento da pilha de compostagem entre a paleta e a rede.

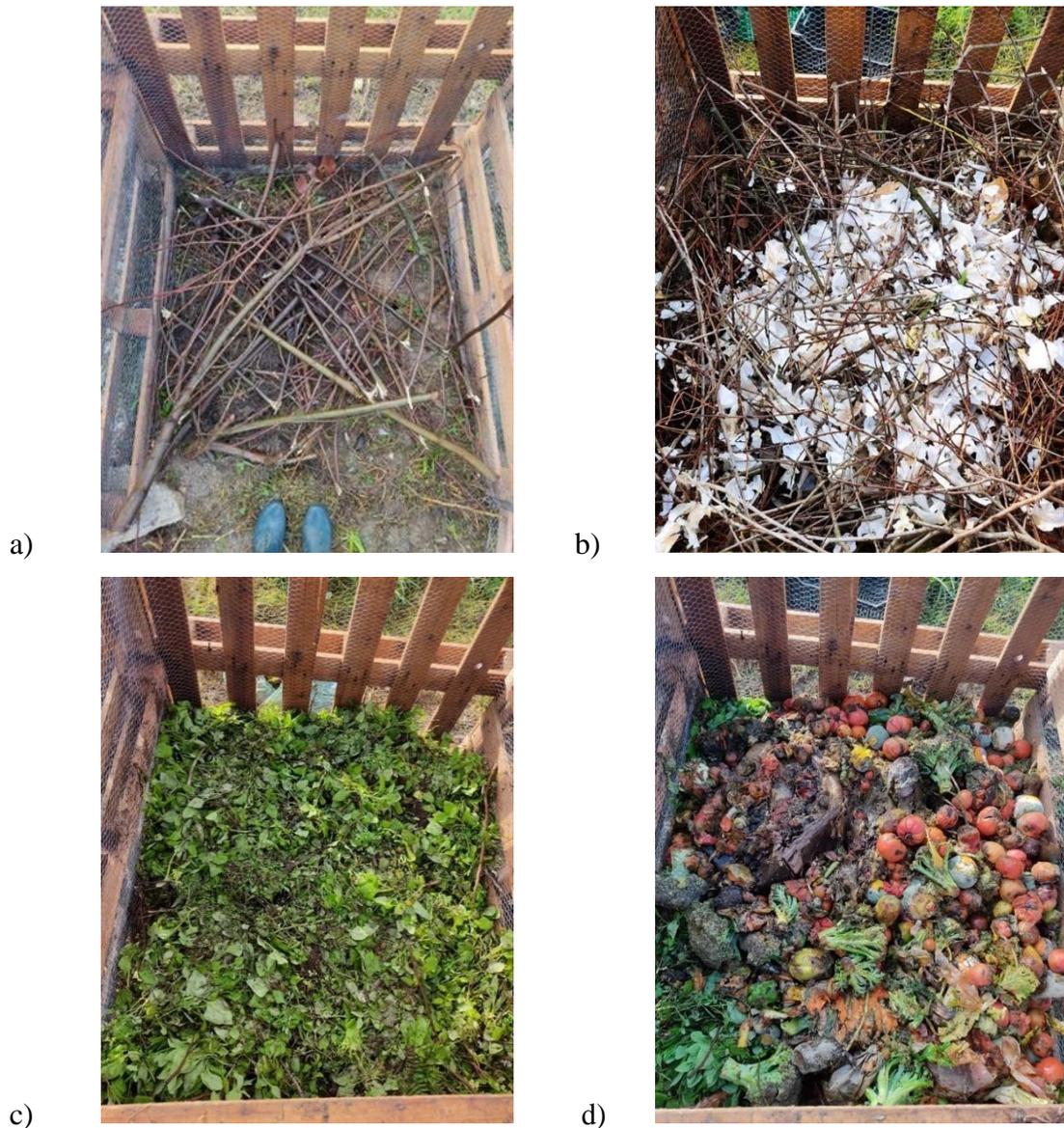


Figura 3- - Esquema de montagem da pilha de compostagem inicialmente com ramos grossos na base (a), camada de resíduos castanhos com estilha e ramos finos (b), restos de vegetação da horta (c), e restos de legumes e frutas (d), repetindo alternadamente.

O substrato comercial utilizado no ensaio como comparação com o compostado de resíduos hortofrutícolas produzido na exploração agrícola no modo de produção biológico (MPB) foi comercializado pela empresa Leal e Soares, Lda., com a designação de Siro® Aromáticas, sendo um substrato especial para plantação e transplante de todo o tipo de plantas medicinais e aromáticas. O substrato comercial foi enriquecido com adubo orgânico biológico, oferecendo uma nutrição

equilibrada e prolongada. A base da sua composição é húmus de casca de pinho, turfa loira (*Sphagnum*), areia e adubo orgânico biológico de origem animal. As características físico-químicas indicadas na embalagem incluíam: pH em CaCl<sub>2</sub> 5,5 - 6,5; condutividade elétrica 100 -150  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ; granulometria 0 - 15 mm; matéria orgânica > 50%;. A dose recomendada é de 3,5 kg m<sup>-3</sup>.

## 2.5 Plantação

A plantação das flores foi realizada a 24 de junho de 2021, num único camalhão, sendo dividido em 3 blocos com 6 talhões cada bloco. Cada espécie plantada foi identificada com uma tabuleta de madeira indicando o tratamento. Os talhões da espécie C1 (Figura 4) tinham 10 linhas distanciadas entre si de 0,25 m, sendo a distância entre as plântulas na linha de 0,15 m (Figura 5), e na espécie C2 os talhões tiveram 10 linhas distanciadas entre si de 0,30 m, sendo a distância entre as plântulas na linha de 0,20 m (Figura 6). A área de cor salmão na figura 5 e 6 representa as plantas consideradas no estudo, sendo contornadas pelas plantas vizinhas. Nessa área as plantas marcadas a diferentes cores são as pré-selecionadas para retirar as amostras ao longo do tempo nos dias após a floração (DAF) respetivamente assinalados.



Figura 4- Talhão de calêndula (C1) após a plantação

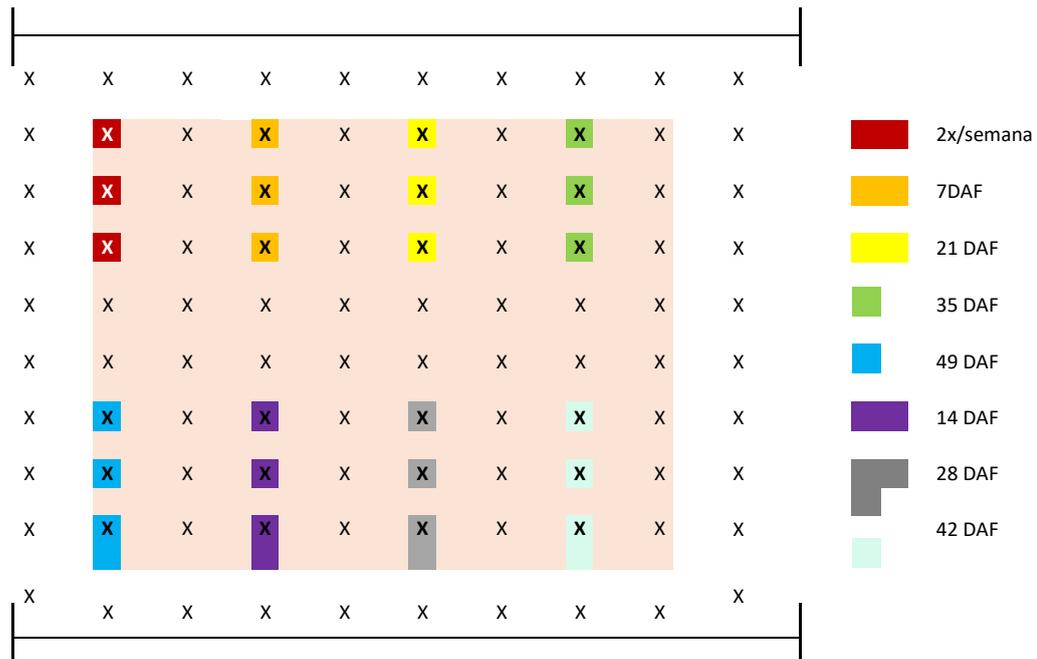


Figura 5- Desenho dos talhões com calêndula (C1) produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração. Cor vermelha (2x/semana) representa as plantas selecionadas para serem colhidas as flores que forneceram os resultados de diâmetro ao longo do tempo.

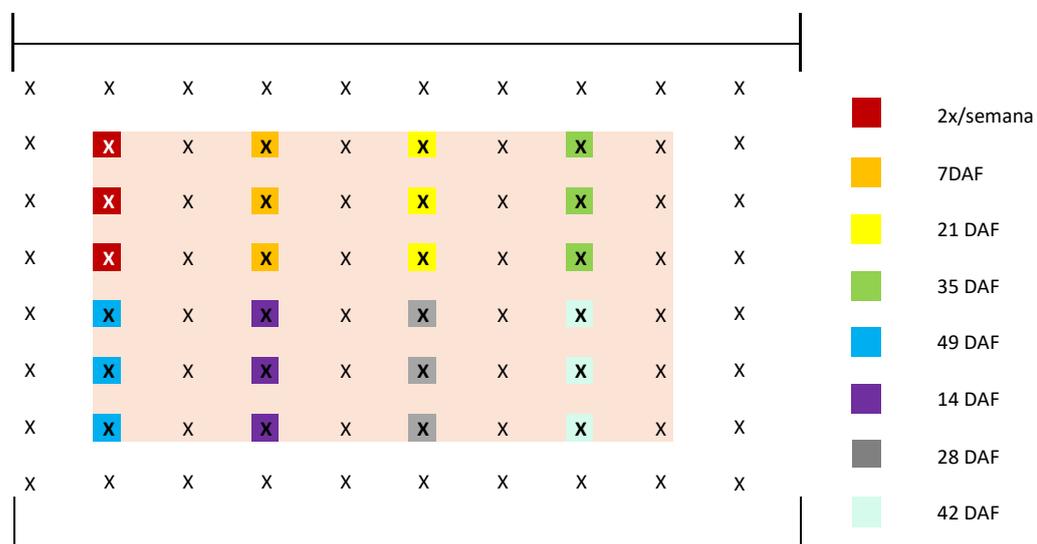


Figura 6- Desenho do talhão com centáurea (C2) produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração representativo da distribuição da plantação. Cores diferentes correspondem aos diferentes tempos após a floração para as colheitas das amostras. Cor vermelha (2x/semana) representativa das plantas selecionadas para serem colhidas as flores que fornecerão os resultados de diâmetro ao longo do tempo.

## **2.6 Controlo de infestantes e rega**

A eliminação de infestantes durante a cultura foi realizada com um sachô manual, apenas com uma intervenção a 22 de julho de 2021, de modo a evitar o crescimento das infestantes que surgiram a competir por água e nutrientes.

A rega foi realizada manualmente por aspersão, de modo a evitar défice hídrico. Uma vez que a plantação foi realizada nos meses de calor, a rega foi realizada de 2 em 2 dias após a plantação, exceto quando ocorreu precipitação elevada.

## **2.7 Colheita de amostras**

### **a) Solo e compostado**

Colheram-se 4 amostras de solo na área de 80 m<sup>2</sup> onde se realizou a experiência. Para a colheita de cada amostra foram recolhidas 10 subamostras aleatoriamente no campo (Figura 7), a uma profundidade de 0 - 15 cm, manualmente com auxílio de enxada e pá. As subamostras foram colocadas num balde, onde foram misturadas para uma maior homogeneização, retirou-se posteriormente 0,5 kg de amostra de solo para um saco plástico para posterior análise.



Figura 7- Colheita de uma das subamostras de solo para posterior análise antes da uniformização das amostras.

Colheram-se 4 amostras de compostado da pilha de compostagem utilizada para a fertilização das espécies de centáurea e calêndula. Para constituir cada amostra foram retiradas 10 subamostras a várias profundidades do centro da pilha para um balde de plástico, homogeneizou-se a mistura e retirou-se 0,5 kg de compostado para um saco de plástico, dando origem a uma amostra. Este procedimento foi repetido por mais 3 vezes (Figura 8).



Figura 8- Colheita de compostado de resíduos hortofrutícolas a ser retirado da pilha de compostagem para posterior análise antes da crivagem.

### **b) Flores e parte aérea da planta**

As amostras das flores foram colhidas após se iniciar a floração nos talhões. Realizaram-se seis colheitas de três plantas de cada tratamento, para a realização de análises laboratoriais. A primeira colheita foi realizada a 16 de agosto de 2021 correspondente a 7 dias após a floração (7 DAF) em ambas as espécies, centáurea e calêndula, aproximadamente cinquenta e três dias após a plantação. As colheitas seguintes realizaram-se 14, 21, 28, 35 e 42 DAF (Figura 9). Colheram-se, também, amostras das partes aéreas das plantas de onde se retiraram as amostras das flores nos tempos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAF. Estas foram cortadas junto ao solo e colocadas em sacos de plástico devidamente identificados.

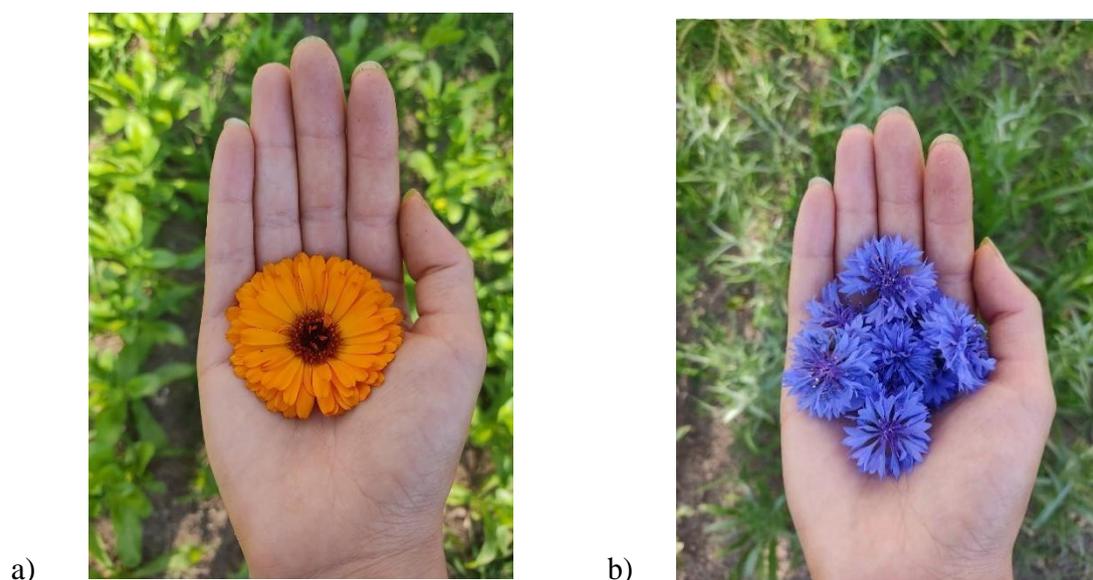


Figura 9- Amostra de flores em fresco de calêndula (a) e centáurea (b) colhidas a 14 DAF no tratamento S2C1 e S2C2 do bloco 3 da experiência.

Colheram-se amostras de flores duas vezes por semana das mesmas três plantas ao longo do tempo, durante os 42 dias de análises, de modo a obter dados essenciais ao longo do tempo como o crescimento da planta, o número de flores e respectivos diâmetros avaliando a produtividade ao longo do tempo.

A localização das plantas encontra-se delineada no subcapítulo 2.7, alínea a), apresentando a recolha das amostras. Aquando da colheita, se existisse a morte de

uma planta, foi selecionada a planta com a localização mais próxima e que ainda não tivesse sido avaliada.

## **2.8 Análises laboratoriais**

### **2.8.1 Métodos laboratoriais para análise das características do solo**

#### **a) Determinação do pH e condutividade elétrica**

O pH (H<sub>2</sub>O) foi determinado em amostras frescas por extração em água destilada na proporção de 10 g de amostra para 25 mL de água ultra pura, e a sua leitura foi feita sobre a suspensão com um potenciômetro e um eletrodo combinado para pH após estabilizar durante 2 horas (Multi-parameter Analyser C3020, Consort).

A CE do extrato de solo foi determinada em amostras frescas por extração em água destilada na proporção de 1 volume de amostra para 5 volumes de água. A CE foi medida utilizando um condutivímetro (Multi-parameter Analyser C3020, Consort) depois de filtrar com filtro VWR nº 413.

#### **b) Determinação do teor de matéria orgânica**

Para a determinação da MO do solo, recorreu-se ao método Tinsley, ou seja, através da oxidação da MO por digestão com o dicromato de sódio, o valor de dicromato de sódio gasto na oxidação do carbono orgânico na titulação com sal de Mohr e multiplicando pelo fator de conversão do agente oxidante, obteve-se a percentagem de C da amostra. A percentagem de MO, foi obtida aplicando a fórmula seguinte:

$$\% \text{ de MO} = \% \text{ C} \times 1724 \text{ (factor de "Van Bemmelen" )}$$

#### **c) Determinação do teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O**

Para a determinação do fósforo, recorreu-se ao método de Egnér-Riehm quantificado por colorimetria (espectrofotometria UV VIS), extraindo o fósforo com

uma solução de lactato de amónio e ácido acético tamponizada a pH compreendido entre 3,65 e 3,75.

Para a determinação do potássio, recorreu-se ao método de Egnér-Riehm quantificado por fotometria de chama, extraindo o  $K^+$  com uma solução de lactato de amónio e ácido acético tamponizada a pH compreendido entre 3,65 e 3,75.

#### **d) Determinação dos teores Ca e Mg extraíveis**

Os teores de Ca e Mg extraíveis foram obtidos através de uma solução com acetato de amónio e determinados por absorção atómica.

### **2.8.2 Métodos laboratoriais para análise dos compostados**

#### **a) Determinação do pH e condutividade elétrica**

Os métodos laboratoriais para determinação do pH e CE do compostado foram idênticos aos utilizados no solo, exceto o peso da amostra que foi aproximadamente 100 g de amostra.

#### **b) Determinação do teor de matéria orgânica**

O teor de MO foi determinado pelo processo de incineração, sendo o teor de MO a diferença entre o peso inicial e o peso das cinzas. Os cadinhos foram calcinados a 550 °C durante 30 minutos na mufla. Após a calcinação os cadinhos foram colocados no exsiccador até a temperatura ser aproximadamente igual à temperatura ambiente. Seguidamente, pesaram-se os cadinhos e aproximadamente 5g de amostra em cada cadinho utilizando uma balança com a precisão de 0,001 e colocaram-se os cadinhos numa estufa a 105 °C durante 4 horas. Após permanência no exsiccador, os cadinhos foram pesados e colocados na mufla a 550 °C durante 6 horas. Após a permanência dos cadinhos no exsiccador, procedeu-se à pesagem das cinzas. A percentagem de MO foi obtida utilizando a fórmula seguinte:

$$(P_{estufa} - P_{mufla}) / (P_{estufa} - P_{cadinho}) \times 100 \%$$

Em que P estufa é o peso após permanência na estufa a 105 °C, P mufla é o peso após permanência na mufla e P cadinho é o peso do cadinho após calcinação.

**c) Determinação do teor total de P**

Pesaram-se aproximadamente 0,2 g de compostado colocados num tubo de ensaio recorrendo a uma balança de precisão e registaram-se os pesos exatos das amostras para posterior cálculo de P. De seguida, com o auxílio de uma pipeta adicionaram-se 4 ml de ácido sulfúrico. Posteriormente adicionaram-se 3 ml de peróxido de hidrogénio gradualmente. Colocaram-se os tubos de ensaio numa placa de digestão programada para 120 °C durante 60 minutos e 320 °C durante 180 minutos. Depois de a mistura ter arrefecido acertou-se o volume com água desionizada até aos 50 ml. A mistura foi filtrada para frascos de polietileno e foi determinado o teor total de P no espectrofotómetro de UV visíveis (UV visible espectro, Thermo Scientific).

**d) Determinação do teor total de K**

Pesaram-se aproximadamente 0,2 g de compostado colocados num tubo de ensaio recorrendo a uma balança de precisão e registaram-se os pesos exatos das amostras para posterior cálculo de K. De seguida, com o auxílio de uma pipeta adicionaram-se 6 ml de ácido nítrico. Colocaram-se os tubos de ensaio numa placa de digestão programada para 50 °C durante 30 minutos, 80 °C durante 30 minutos, 150 °C durante 30 minutos e 165 °C durante 30 minutos. No final da digestão deixar arrefecer e adicionar 10 ml de água ultra pura a cada tubo. Depois programar a placa a 90 °C durante 60 minutos. Depois de a mistura ter arrefecido acertou-se o volume com água desionizada até aos 50 ml. A mistura foi filtrada para frascos de polietileno e foi determinado o teor total de K no espectrofotómetro de absorção atómica (Analyst 200, Perkin Elmer).

**e) Determinação dos teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

Os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foram extraídos de uma amostra de compostado de 100 g de amostra fresca através de uma solução KCl na proporção de 1 volume de

amostra para 5 volumes de água destilada. Depois de misturar durante 2 horas com agitador mecânico (Rotabit, Laboquimia) e filtrar com filtro VWR nº 413, os tubos de ensaio foram acondicionados e enviados para a UTAD onde se recorreu a um analisador de fluxo segmentado (San Plus System , Skalar). para determinação dos teores de  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$ .

### 2.8.3 Métodos laboratoriais para a análise das plantas e flores

#### a) Determinação do peso fresco e matéria seca

Foram retiradas amostras da parte aérea (Figura 10) e das flores (Figura 11) de três plantas de cada espécie, e foram pesadas numa balança de precisão, calculando o peso médio por planta e flor de cada espécie. Após a secagem das plantas e das flores em estufa a 60°C durante um período mínimo de 72 horas, até atingir peso constante entre 96 e 120 horas, pesaram-se as amostras e calculou-se a diferença de modo a obter o teor de MS (%). Este procedimento foi utilizado para todas as amostras retiradas ao longo do tempo, ou seja 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAF.



a)



b)

Figura 10- Amostras da parte aérea das plantas de calêndula (a) e centáurea (b) colhidas a 42 DAF antes da secagem.

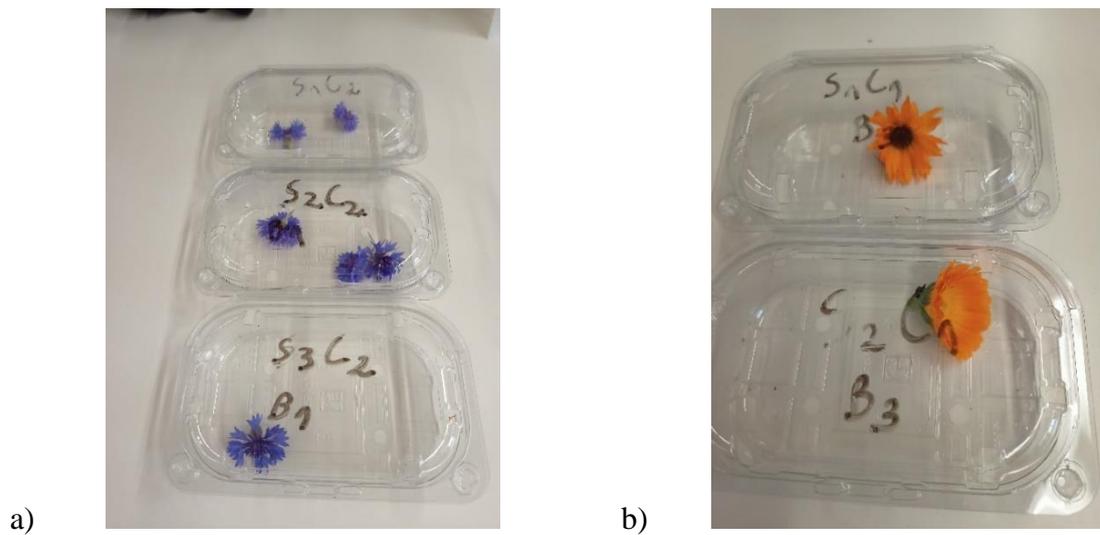


Figura 11- Amostras das flores das plantas de calêndula (a) e centáurea (b) colhidas a 42 DAF antes da secagem.

## 2.9 Análise estatística

A análise estatística dos resultados experimentais realizou-se utilizando a análise de variância com o programa SPSS, v22. A análise de variância foi realizada com base num modelo com blocos casualizados, para cada variável dependente, sendo utilizada a menor diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para comparar as médias dos resultados dos diferentes tratamentos.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Características do solo

As características físicas e químicas do solo iniciais estão representadas no Quadro 4. O solo avaliado inicialmente de textura mediana compreendia valores de pH entre 4,6 e 4,8 sendo considerado um solo ácido. O teor de MO do solo em média apresentava um valor de 56 g kg<sup>-1</sup>, considerado um teor alto de MO, e o teor de macronutrientes disponíveis em que o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o Mg apresentam valores muito baixos (12,5 e 53,3 mg kg<sup>-1</sup> respetivamente).

Quadro 4- Características físico-químicas do solo antes da plantação. DP=Desvio padrão.

	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	Norg.* (g kg <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ** (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O** (mg kg <sup>-1</sup> )	Ca** (mg kg <sup>-1</sup> )	Mg** (mg kg <sup>-1</sup> )
Média	4,8	0,04	56	3,3	12,5	137	48,3	53,3
DP	0,1	0,01	4,6	0,27	1,9	7,7	2,8	2,4

A matéria orgânica (MO) e o teor de nutrientes foram calculados com base na matéria seca

\*Teor de N orgânico total aproximado calculado pela seguinte formula: Norg.= ((teor de MO/1,724)/10), em que razão de C/N=10/1

\*\*Teor de nutrientes apresentados corresponde aos disponíveis

#### 3.2 Características do compostado de resíduos hortofrutícolas

As características físicas e químicas do compostado de resíduos hortofrutícolas no solo antes da plantação das flores comestíveis estão representadas no Quadro 5 e as características físicas e químicas do substrato comercial utilizado no Quadro 6. O compostado de resíduos hortofrutícolas apresenta um valor de pH 8, considerado um valor indicativo de um compostado estável, valor mais elevado que o substrato comercial SIRO AROMÁTICAS. A MO deste compostado de resíduos hortofrutícolas resultou em 262 g kg<sup>-1</sup> aproximadamente cerca de metade do valor indicado no substrato comercial (> 500 g kg<sup>-1</sup>) e a razão C/N do compostado de resíduos hortofrutícolas apresenta um valor de 17. O teor de N amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) é inferior ao N nítrico (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sendo 25 e 161 mg kg<sup>-1</sup> respetivamente,

característico de um compostado maturado. O substrato comercial apresenta valores de nutrientes (N, P e K) mais baixos comparativamente com o compostado de resíduos hortofrutícolas.

Quadro 5- Características físico- químicas do compostado de resíduos hortofrutícolas antes da plantação. DP = Desvio padrão.

	MS	pH	CE	MO	C/N	N*	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> *	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> *	P*	K*
	%		(dS m <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )		(g kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )
Média	59	8	0,66	262	17	8,4	25	161	2,3	11,9
DP	1,7	0,1	0,04	3,6	0,2	0,1	2,2	17,0	0,4	0,7

A matéria orgânica (MO) e o teor de nutrientes foram calculados com base na matéria seca

\* Teor de nutrientes apresentados corresponde aos totais

Quadro 6- Características físico-químicas do substrato comercial antes da plantação. DP = Desvio padrão.

	MS	pH*	CE*	MO*	N**	P**	K**
	%		(dS m <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )		
Média	46	5,5-6,5	0,1-0,15	>500	6,5	0,7	6,8
DP	0,1	-	-	-	0,2	0,2	0,7

Os teores de nutrientes foram calculados com base na matéria seca

\* Características físico-químicas disponíveis no rótulo do substrato SIRO AROMÁTICAS

\*\* Teor de nutrientes apresentados corresponde aos totais

### 3.3 Peso fresco e peso seco das flores

O peso fresco das flores (PFF) na espécie calêndula, para o conjunto de tratamentos, foi sempre superior com a dose de 20 t ha<sup>-1</sup> (tratamento S2) de compostado de resíduos hortofrutícolas (Figura 12), ainda que este aumento em comparação com os restantes tratamentos não fosse sempre significativo. O aumento da dose de compostado de resíduos hortofrutícolas, de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) para 20 t ha<sup>-1</sup> (S2), contribuiu para aumentar o PFF, verificando-se que com a aplicação de 7 t ha<sup>-1</sup> de substrato comercial (tratamento S3) o peso fresco das flores foi menor em comparação com os tratamentos S1 e S2, contudo, numericamente S1 e S3 geraram produções bastante aproximadas. No entanto, o PFF de calêndula apenas aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) com o tratamento S2 (Figura 12 a.) em comparação com os restantes tratamentos nos primeiros 7 dias após a plantação (DAF) e em relação ao tratamento S3 nos seguintes 14 e 21 DAF.

Relativamente ao peso seco das flores (PSF) na espécie calêndula, aparentemente obteve-se um maior PSF no tratamento S2, no entanto o único aumento significativo no tratamento S2 foi no momento 7 DAF em comparação com os tratamentos S1 e S3, e ainda aumentou significativamente entre o tratamento S2 e S1 no momento 42 DAF (Figura 12 b.).

O peso fresco das flores (PFF) na espécie centáurea, para o conjunto de tratamentos, foram variando ao longo dos momentos de avaliação após a floração (Figura 12), em que o aumento das doses de compostado de resíduos hortofrutícolas, nomeadamente 10 t ha<sup>-1</sup> (tratamento S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (tratamento S2), não contribuiu para aumentar o PFF no momento 35 DAF (Figura 12 b. no entanto, verifica-se que com a aplicação de 7 t ha<sup>-1</sup> de substrato comercial (tratamento S3) o peso fresco das flores foi maior em relação aos tratamentos S1 e S2. Porém, o único aumento significativo ( $p < 0,05$ ) no PFF foi no momento 28 DAF em que o tratamento S2 obteve o maior peso fresco de flores face ao tratamento S3. Relativamente ao peso seco das flores (PSF) da espécie centáurea aumentou significativamente no tratamento S2 no momento 7 DAF em comparação com o tratamento S3.

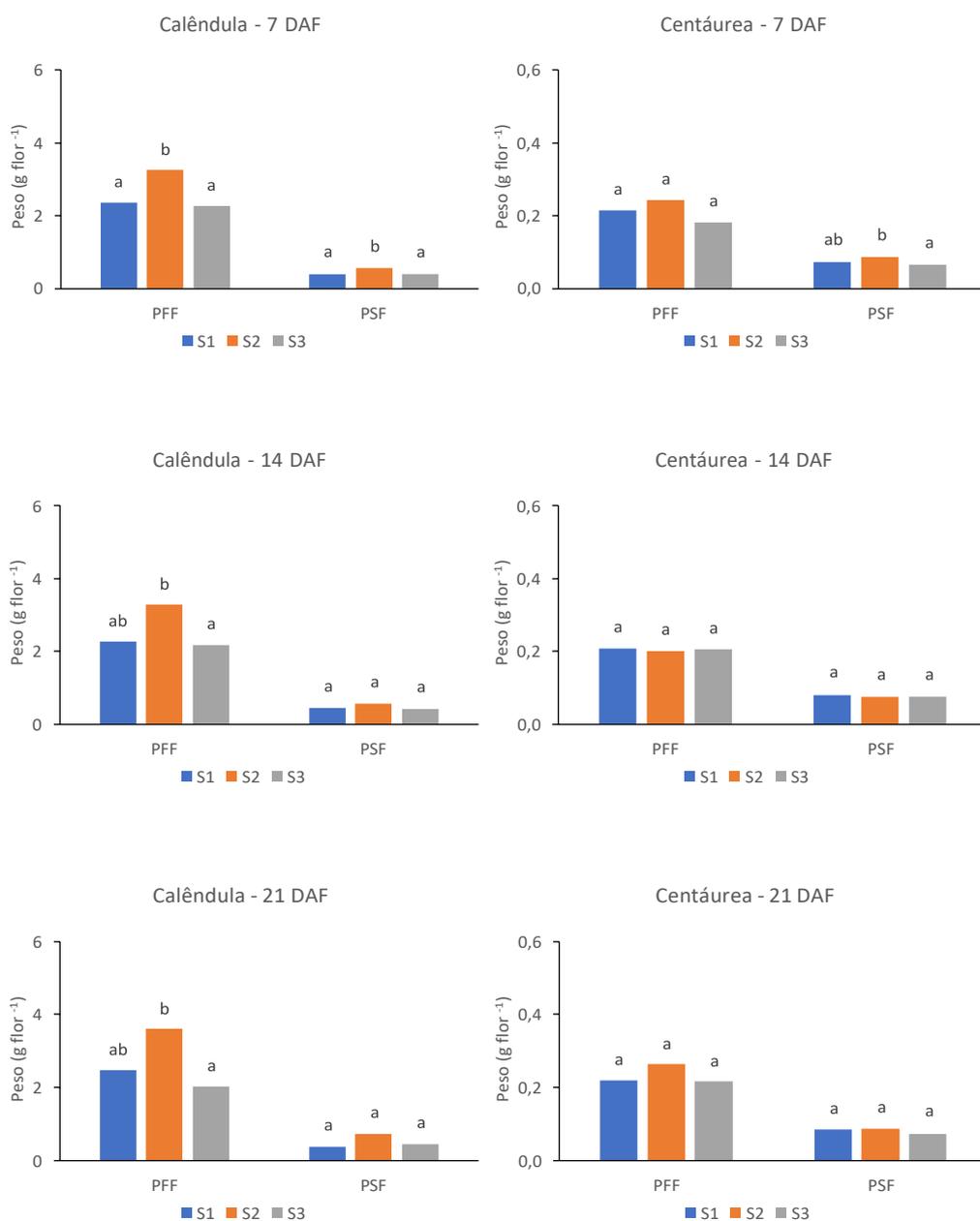


Figura 12 a. - Peso fresco das flores (PFF) e peso seco das flores (PSF), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração. Letras diferentes por cima das barras de peso fresco e peso seco, correspondem a médias significativamente diferentes.

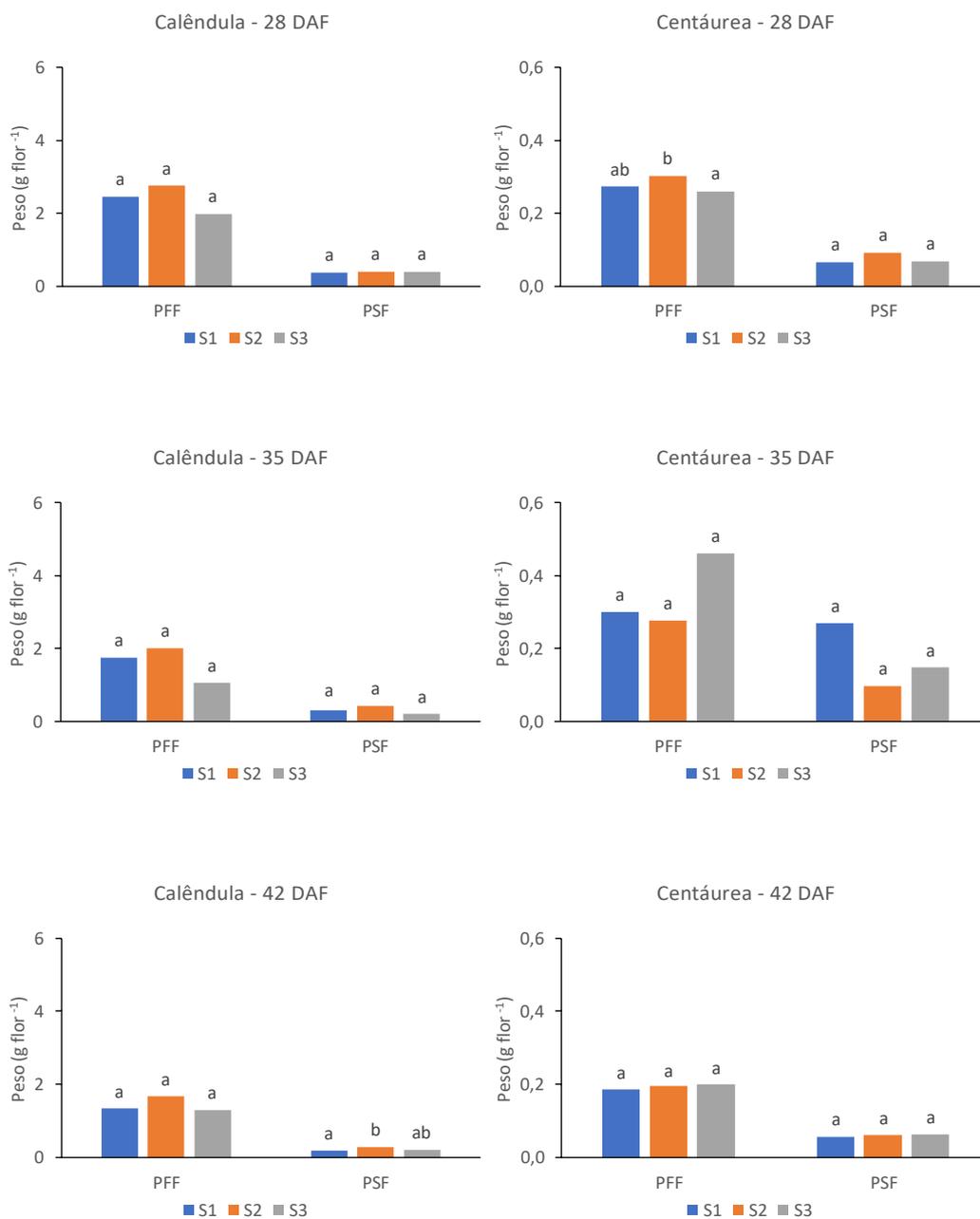


Figura 12 b. - Peso fresco das flores (PFF) e peso seco das flores (PSF), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração. Letras diferentes por cima das barras de peso fresco e peso seco, correspondem a médias significativamente diferentes.

### 3.4 Peso fresco e peso seco das plantas sem flores

O peso fresco das plantas sem flores (PFPSf) na espécie calêndula, para o conjunto de tratamentos, foi sempre superior com a dose de 20 t ha<sup>-1</sup> (tratamento S2) de compostado de resíduos hortofrutícolas, exceto no momento 14 DAF em que os tratamentos de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 7 t ha<sup>-1</sup> (S3) apresentam um peso fresco muito semelhante ao tratamento S2. No entanto, o PFPSf de calêndula apenas aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) com o tratamento S2 (Figura 13 a.) em comparação com os restantes tratamentos nos primeiros 28 DAF inclusive até aos 42 DAF.

Relativamente ao peso seco das plantas (PSPsf) na espécie calêndula, aparentemente obteve-se um maior PSPsf no tratamento S2 desde o momento 21 DAF até 42 DAF contudo, nos momentos 7 e 14 DAF o peso fresco é bastante similar com os outros tratamentos. Assim, o tratamento S2 em comparação com o tratamento S3 apresenta diferenças significativas no momento 21 DAF e desde os 28 DAF até 42 DAF o tratamento S2 difere significativamente de S1 e S3 (Figura 13 a.)

O peso fresco das plantas sem flores (PFPSf) na espécie centáurea, para o conjunto de tratamentos, foi superior no tratamento S2 em todos os momentos de DAF avaliados, exceto no momento 42 DAF em que o aumento das doses de compostado de resíduos hortofrutícolas, nomeadamente 20 t ha<sup>-1</sup> (tratamento S2) e 7 t ha<sup>-1</sup> (tratamento S3), não contribuiu para aumentar o PFPSf, da centáurea verificando-se que com a aplicação de 10 t ha<sup>-1</sup> de compostado de resíduos hortofrutícolas (tratamento S1) o peso fresco das plantas sem flores foi maior em relação aos tratamentos S2 e S3. No entanto, verifica-se que o peso fresco das plantas sem flores não obteve diferenças significativas entre tratamentos ao longo dos DAF. Avaliando o peso seco das plantas sem flores (PSPsf) da espécie centáurea, este aumentou numericamente no tratamento S2 face aos outros tratamentos a partir de 21 DAF até 42 DAF. No entanto, o tratamento S2 apenas diferiu significativamente dos tratamentos S1 e S3 no momento 42 DAF (Figura 13 b.).

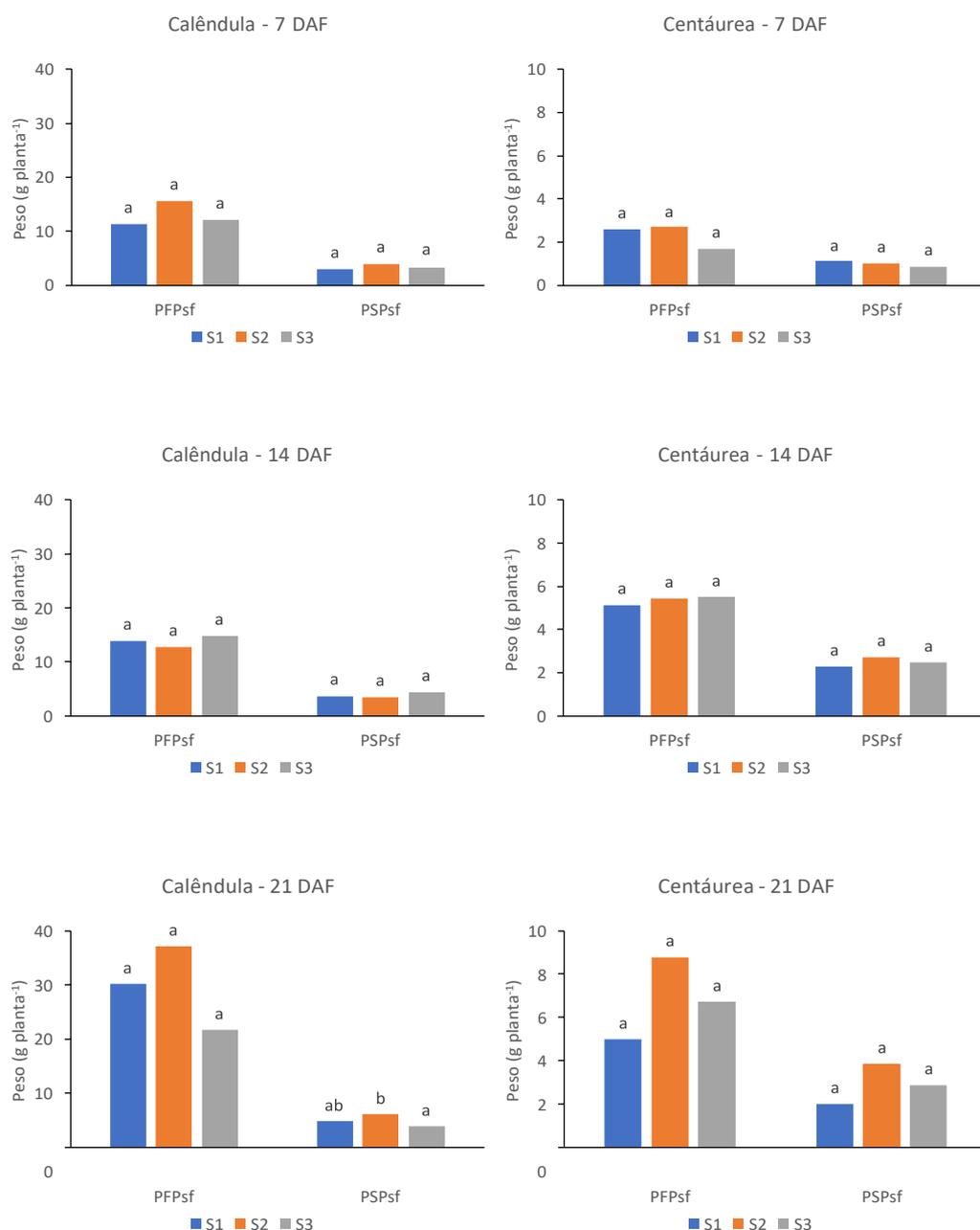


Figura 13 a. - Peso fresco das plantas sem flores (PFPsf) e peso seco das plantas sem flores (PSPsf), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração. . Letras diferentes por cima das barras de peso fresco e peso seco, correspondem a médias significativamente diferentes.

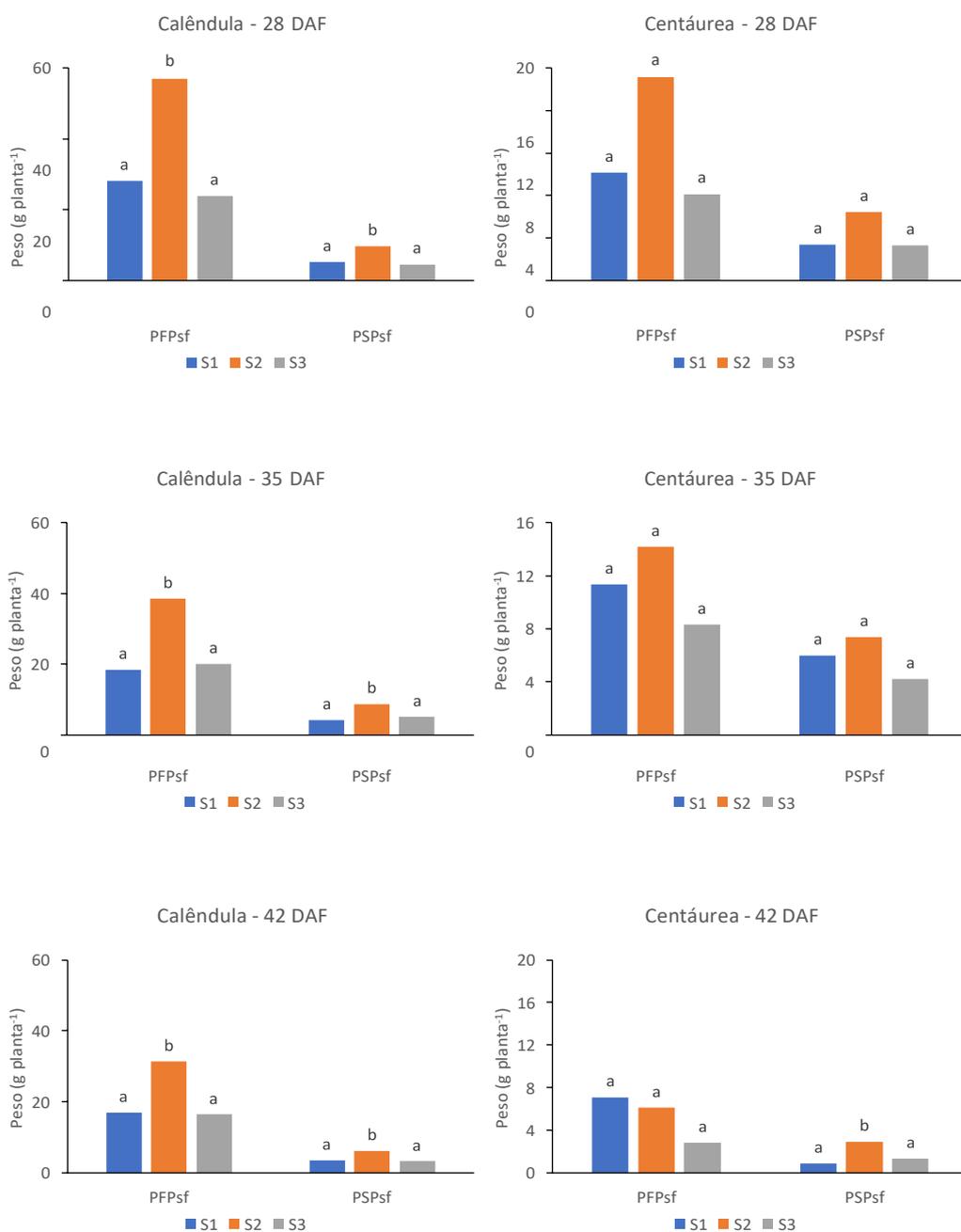


Figura 13 b. - Peso fresco das plantas sem flores (PFPsf) e peso seco das plantas sem flores (PSPsf), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração. Letras diferentes por cima das barras de peso fresco e peso seco, correspondem a médias significativamente diferentes.

### 3.5 Diâmetro das flores

O diâmetro das flores está representado no Quadro 7. O diâmetro das flores não variou significativamente para o conjunto de tratamentos em ambas as espécies exceto, na espécie calêndula no momento 42 DAF em o tratamento S1 gerou flores com um diâmetro significativamente maior face ao tratamento S3.

Quadro 7- Diâmetro das flores (cm flor<sup>-1</sup>) produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração. DP= Desvio padrão.

Espécie	Tratamento		7 DAF	14 DAF	21 DAF	28 DAF	35 DAF	42DAF
Calêndula	S1	Média	4,68 a	4,64 a	4,93 a	4,73 a	4,48 a	5,1 b
		DP	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
	S2	Média	4,84 a	4,64 a	4,73 a	4,82 a	4,77 a	4,86 ab
		DP	0,9	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
	S3	Média	4,73 a	4,88 a	4,13 a	4,97 a	4,24 a	4,4 a
		DP	0,5	0,2	0,1	0,4	0,3	0,4
Centáurea	S1	Média	2,72 a	3,04 a	2,95 a	2,93 a	3,11 a	2,63 a
		DP	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1
	S2	Média	2,85 a	3,09 a	2,96 a	3,06 a	3,14 a	2,61 a
		DP	0,4	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1
	S3	Média	2,87 a	2,93 a	2,97 a	3,11 a	2,91 a	2,64 a
		DP	0,1	0,2	0,0	0,1	0,3	0,4

Letras diferentes após as médias de tratamentos, em cada DAF e para cada espécie, indicam médias diferentes (p <0,05)

### **3.6 Repartição do peso nas várias partes da planta**

#### **3.6.1 Razão entre o peso fresco das flores e das plantas**

A razão entre o peso fresco das flores e o peso fresco da planta inteira (PFFsPIF) na espécie calêndula, para o conjunto de tratamentos, foi sempre numericamente superior no tratamento S2 em que a dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de compostado de resíduos hortofrutícolas contribuiu para o aumento do peso fresco das flores face ao peso fresco da planta inteira até 21 DAF. Após 21 DAF houve uma oscilação em que 10 t ha<sup>-1</sup> foi o tratamento que contribuiu mais para o aumento do (PFFsPIF) aos 28 e 35 DAF em relação a S2 e S3 (Figura 14 a.). O tratamento S3 sobressai em relação ao conjunto de tratamentos no momento 42 DAF apresentando o valor mais alto (Figura 15 b.). Contudo, o peso fresco das flores de calêndula em relação às plantas inteiras em fresco apenas obteve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no momento 14 DAF em que o tratamento S2 se diferenciou dos restantes tratamentos (S1 e S3).

A razão entre o peso fresco das flores e o peso fresco da planta inteira (PFFsPIF) na espécie centáurea, para o conjunto de tratamentos, teve várias oscilações relativamente aos tratamentos que maior peso obteve, o tratamento S2 no momento 7 DAF registou-se o maior PFFsPIF no entanto, nos momentos 14 e 21 DAF todos os tratamentos apresentam valores numéricos de peso bastante equiparados. A partir do momento 28 DAF, o tratamento S3 é o que se destaca com maior PFFsPIF em relação aos restantes tratamentos. Porém, e apesar das oscilações referidas anteriormente, o PFFsPIF não obteve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em nenhum dos momentos de DAF avaliados (Figura 14 a. e Figura 14 b.).

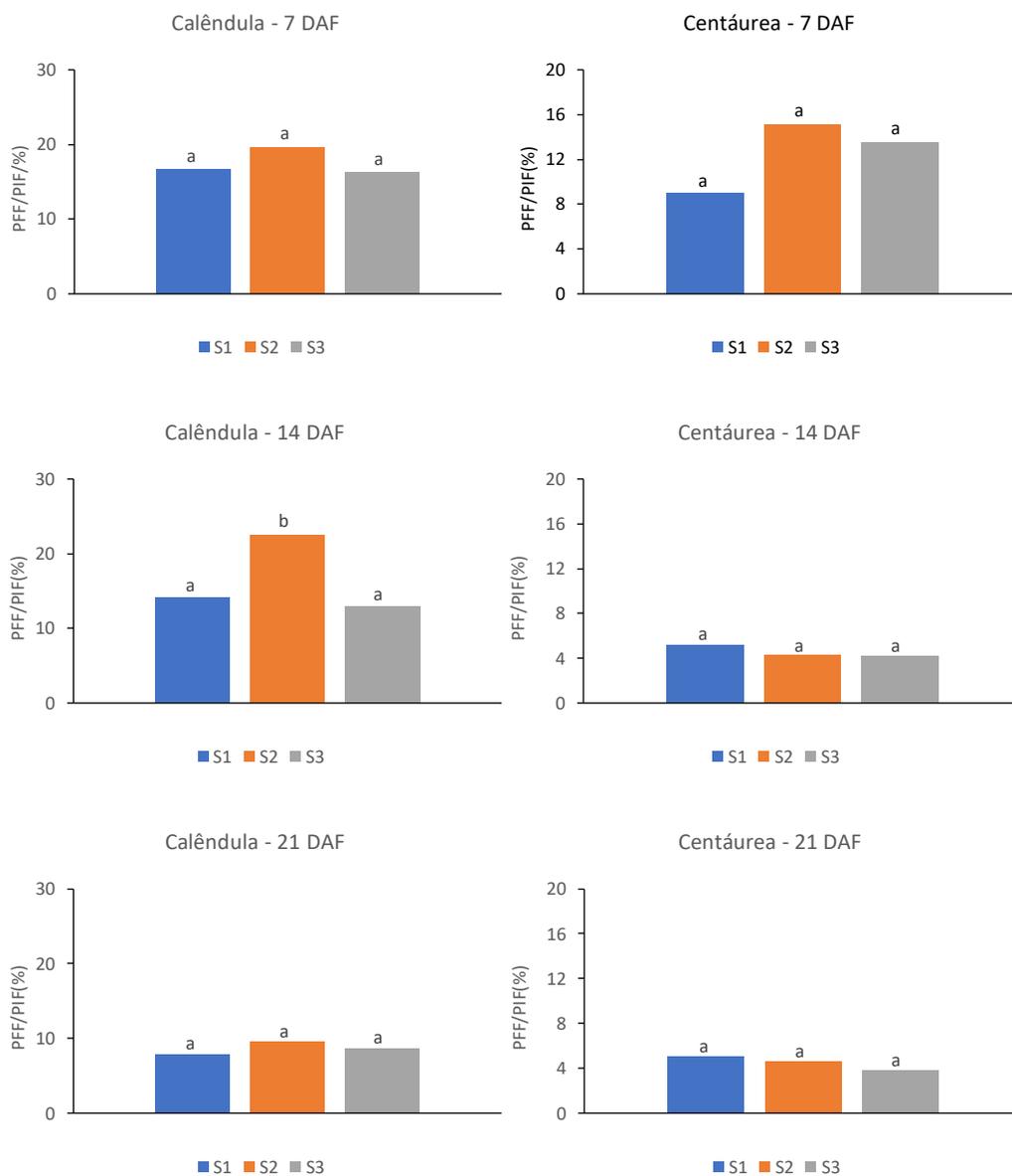


Figura 14 a.- Percentagem do peso fresco das flores (PFF) na planta inteira fresca (PIF), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração. Letras diferentes por cima das barras de peso fresco e peso seco, correspondem a médias significativamente diferentes.

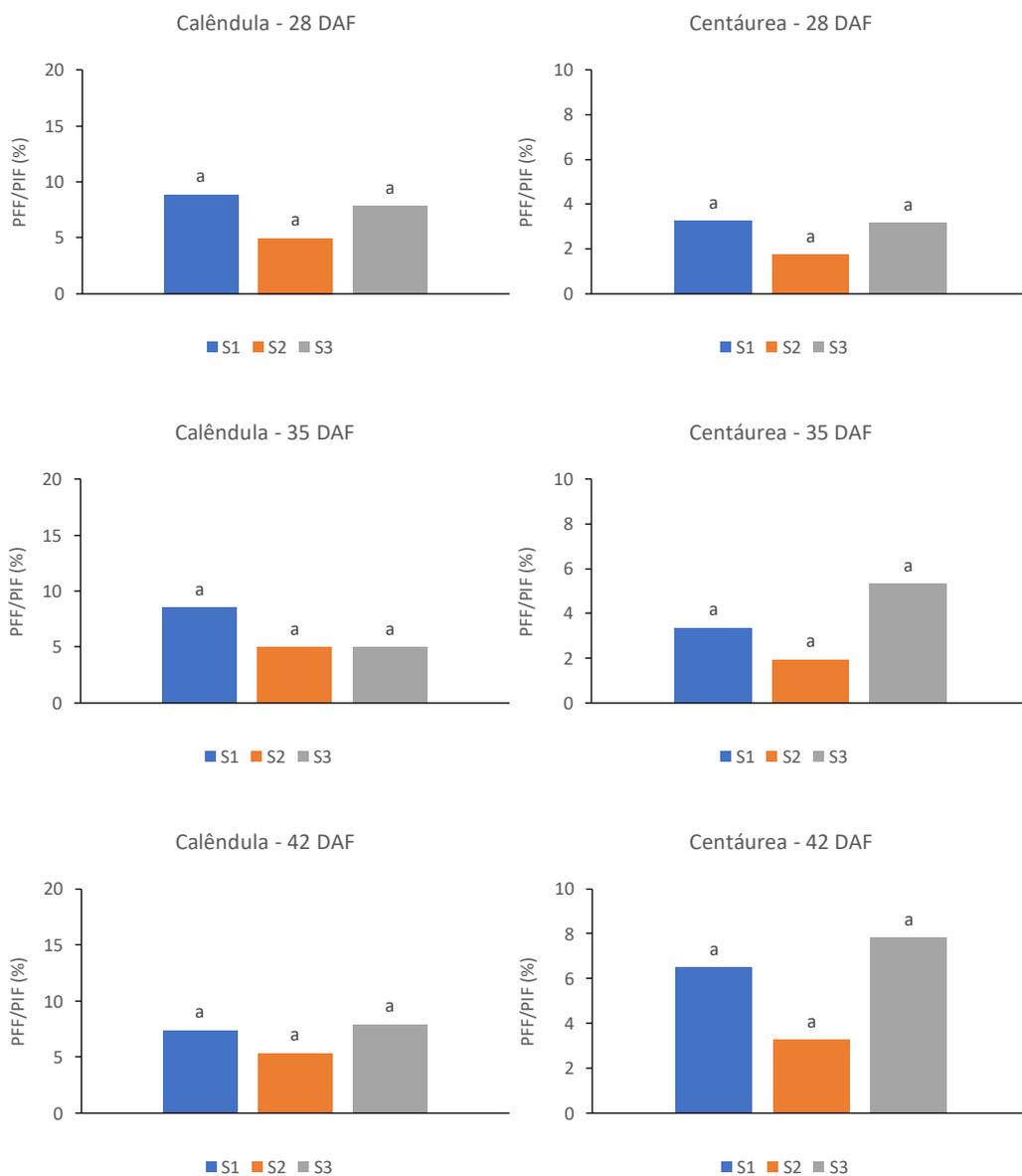


Figura 14 b. - Percentagem do peso fresco das flores (PFF) na planta inteira fresca (PIF), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  (S1) e  $20 \text{ t ha}^{-1}$  (S2) e com substrato comercial na dose de  $7 \text{ t ha}^{-1}$  (S3). DAF = Dias após a floração. Letras diferentes por cima das barras de peso fresco, correspondem a médias significativamente diferentes.

### 3.6.2 Razão entre o peso seco das flores e das plantas

A razão entre o peso seco das flores e das plantas (PSFsPIS) na espécie calêndula, para o conjunto de tratamentos, foi superior numericamente com a dose de compostado de resíduos hortofrutícolas (20 t ha<sup>-1</sup>) até ao momento 14 DAF (Figura 15 a.), a partir desse momento houve uma oscilação em que o tratamento S3 registou o maior PSFsPIS face aos tratamentos S1 e S2 nos momentos 21,28 e 42 DAF, e no momento 35 DAF foi o tratamento S1 que se sobressaiu com o maior peso seco das flores sobre as plantas inteiras secas (Figura 15 b.). Contudo, o peso seco de flores de calêndula em relação às plantas inteiras secas não obteve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em nenhum momento de DAF.

A razão entre o peso seco das flores e das plantas (PSF/PSP) na espécie centáurea, para o conjunto de tratamentos, teve várias oscilações relativamente aos tratamentos. No tratamento S2 no momento 7 DAF registou-se o maior PSFsPIS no entanto, nos momentos 14 e 28 DAF todos os tratamentos apresentam valores numéricos de peso bastante semelhantes. Destacou-se o tratamento S1 de 10 t ha<sup>-1</sup> de compostado hortofrutícola com o maior PSFsPIS, em comparação com os restantes tratamentos, nos momentos 21 e 42 DAF. No momento 35 DAF o tratamento com substrato comercial (S3) registou a maior razão face aos tratamentos S1 e S2. Porém, e apesar das oscilações, o PSFsPIS apenas obteve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no tratamento S2 face aos restantes tratamentos no momento 42 DAF (Figura 15 b.).

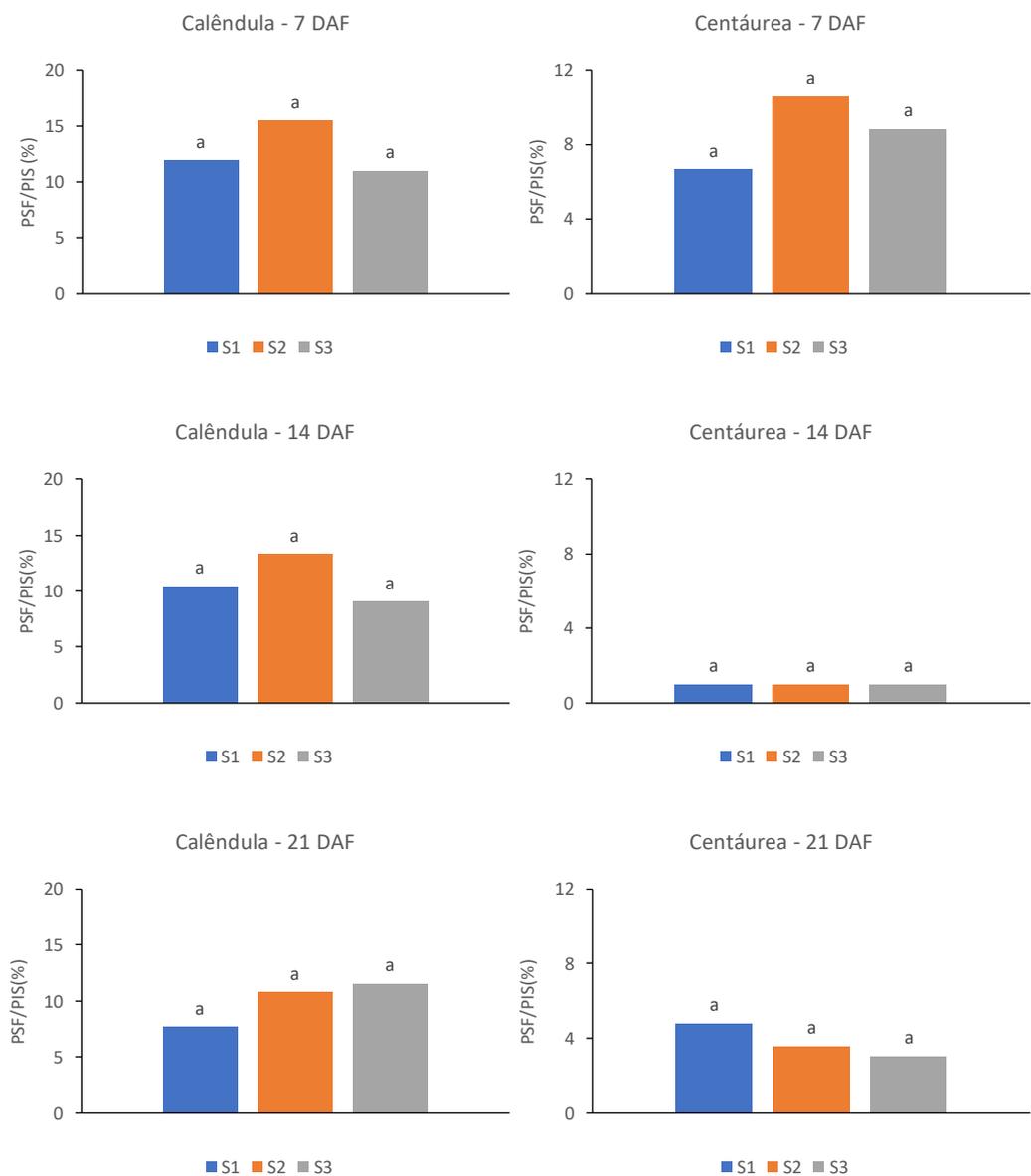


Figura 15 a.- Percentagem do peso seco das flores (PSF) na planta inteira seca (PIS), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração. Letras diferentes por cima das barras de peso seco, correspondem a médias significativamente diferentes.

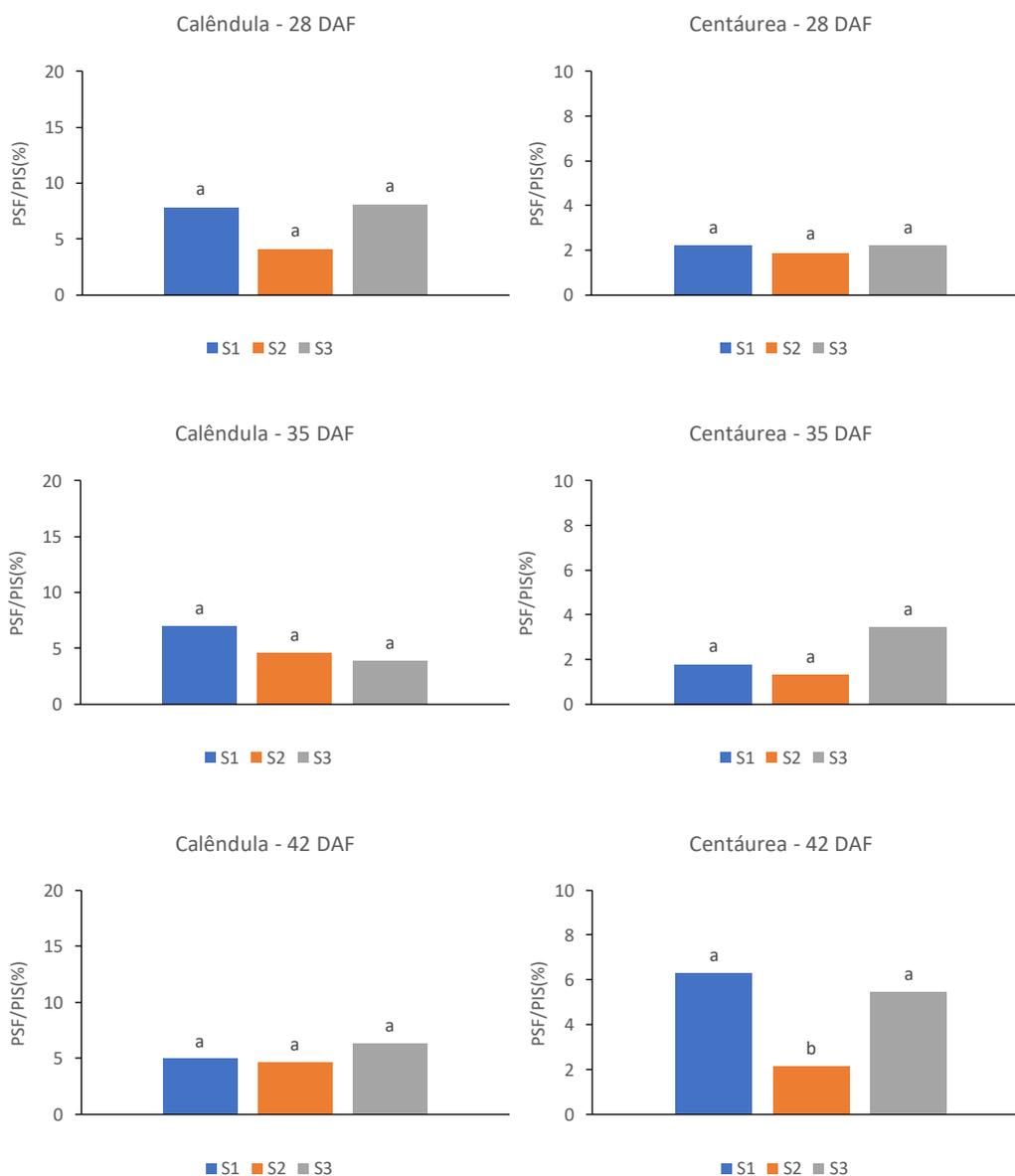


Figura 15 b.- Percentagem do peso seco das flores (PSF) na planta inteira seca (PIS), produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3). DAF = Dias após a floração. . Letras diferentes por cima das barras de peso seco, correspondem amédias significativamente diferentes.

### **3.7 Evolução da altura das plantas e diâmetro das flores**

As plantas aumentaram progressivamente de altura durante a experiência (Figura 16), em que o crescimento da altura das plantas durante a experiência foi aproximadamente linear, ainda que com uma taxa de crescimento ligeiramente superior em 60 DAF na espécie centáurea.

O diâmetro das flores, avaliado com base em 2 medições por semana dos diâmetros das flores sempre na mesma linha de plantas (3 plantas) ao longo de 45 dias após a floração (DAF), encontram-se na Figura 16. O diâmetro das flores em ambas as espécies não variou significativamente entre o conjunto de tratamentos ao longo do tempo (período dos 0 DAF até 45 DAF), exceto na espécie calêndula no momento 42 DAF nomeadamente na primeira medição da semana em que o tratamento S2 gerou flores com um diâmetro significativamente menor face aos tratamentos S1 e S3. No entanto, na segunda medição da semana já não se verificou adiferença face aos outros tratamentos. Esta diferença significativa está de acordo com os resultados obtidos dos diâmetros das flores no subcapítulo 3.5 nos momentos de avaliação 7,14,21,28,35 e 42 DAF.

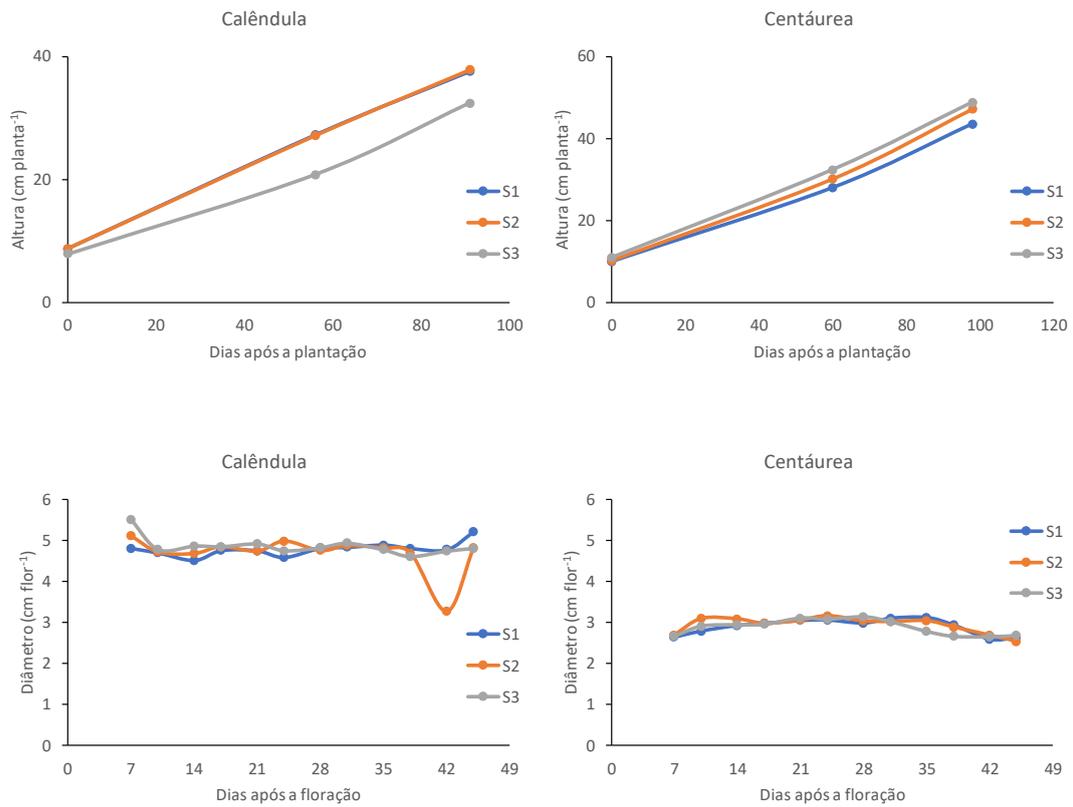


Figura 16 - Altura média das plantas nos momentos 0 DAP, 56 DAP e 91 DAP em C1 e 0 DAP, 60 DAP e 98 DAP em C2 e o diâmetro das flores ao longo da floração com medição duas vezes por semana, produzidas com compostado de resíduos hortofrutícolas nas doses de 10 t ha<sup>-1</sup> (S1) e 20 t ha<sup>-1</sup> (S2) e com substrato comercial na dose de 7 t ha<sup>-1</sup> (S3).

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Características do solo, do substrato e do compostado

O teor de MO do solo antes do início da experiência era elevado ( $56 \text{ g kg}^{-1}$ ), o que está de acordo com o tipo de solos que caracterizam a zona de Barcelos, cambissolos húmicos associados a luvisolos, tipicamente com um teor elevado de MO (Almeida et al. 2009). Contudo, salienta-se que estes valores podem também decorrer do facto do solo em questão nunca ter sido utilizado para produção de qualquer tipo de cultura.

Apesar do teor de MO do substrato comercial ter sido superior ao valor determinado para o compostado de resíduos de hortofrutícolas não significa que o primeiro tivesse uma maior disponibilidade de nutrientes para as culturas porque os teores de N, P e K, foram superiores no compostado hortofrutícola ( $8,4 \text{ g kg}^{-1}$ ;  $2,3 \text{ g kg}^{-1}$  e  $11,9 \text{ g kg}^{-1}$ , respetivamente) em comparação com o substrato comercial ( $6,5 \text{ g kg}^{-1}$ ;  $0,7 \text{ g kg}^{-1}$  e  $6,8 \text{ g kg}^{-1}$ , respetivamente), e porque, dentro do período em que se realizou a experiência, a disponibilidade do N e P dependeram das taxas de mineralização da MO.

Quando se compara o teor de N no solo ( $3,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) com o teor de N em ambos os fertilizantes ( $6,5 \text{ g kg}^{-1}$  no substrato e  $8,4 \text{ g kg}^{-1}$  no compostado hortofrutícola), verifica-se que houve um efeito benéfico da sua incorporação no solo, nas quantidades de  $49,5 \text{ kg N ha}^{-1}$  (tratamento S1),  $99 \text{ kg N ha}^{-1}$  (tratamento S2) e  $21 \text{ kg N ha}^{-1}$  (tratamento S3). A adubação com N é importante para aumentar o crescimento da planta e, conseqüentemente, produzir mais flores (Mattos, 1996). O tratamento S2 resultou na produtividade mais elevada porque foi o que introduziu maior quantidade de N no solo. Contudo, importa salientar que o teor de N no compostado hortofrutícola ficou aquém da maioria dos compostos comerciais produzidos em climas quentes ( $15 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Hadas et al., 1997).

Considerando que a grande maioria do N dos substratos e dos compostados está na forma orgânica, a sua disponibilidade para as plantas dependeu das taxas de mineralização do N orgânico que resultam da mineralização da MO. Presumivelmente, as taxas de mineralização do substrato poderão ser inferiores ao do

compostado, porque o substrato tem teores de N, P e K inferiores ao compostado Logo, é provável que para além dos teores de nutrientes serem superiores com a aplicação dos compostados, estes também ficaram mais rapidamente disponíveis para as plantas, resultando em taxas de crescimento superiores nas espécies estudadas.

Quanto aos teores de P e K disponíveis no solo registaram-se valores de 12,5 mg P kg<sup>-1</sup> e 137 mg K kg<sup>-1</sup>. Concretamente, no caso do P verifica-se que o teor registado está muito abaixo dos valores referidos por Varennes (2003), de 50 a 1100 mg P kg<sup>-1</sup>. No caso do K, como a rocha-mãe na região de Barcelos é granítica (Táculus, 2011), justifica-se um teor de K disponível, mais elevado nos solos.

Quando analisados os teores de P no compostado de resíduos hortofrutícolas verifica-se que o tratamento S2 adicionou ao solo 27 kg P ha<sup>-1</sup>. Este valor foi inferior face ao que estudos anteriores indicam para se alcançarem maiores níveis de produção de matéria fresca e seca de capítulos de calêndula (40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>)(Barbosa, 2012). Verifica-se, de igual forma, que o tratamento S2 foi o que permitiu uma maior incorporação de K no solo, através da adição de 140 kg K ha<sup>-1</sup>.

A composição indicada no rótulo do substrato não obedece ao Decreto-Lei 30/2022, nem permite compreender exatamente a sua composição uma vez que apenas indica que os teores de NPK do substrato é 10-3-3 sendo referente ao adubo adicionado ao substrato, ficando-se a desconhecer a real composição do substrato comercial.

A razão C/N final do compostado hortofrutícola obtido foi 17 e a razão N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> inferior a 1 sendo um indicador do seu elevado estado de maturação, apesar de não ter sido possível compará-lo com o mesmo rácio na fase inicial do processo de compostagem (CCQC, 2001; Santos, 2021). Refira-se ainda que a razão C/N obtida no compostado hortofrutícola (entre 18,4 e 21) está próximo dos valores reportados por Kim et al. (2018) num composto produzido a partir da decomposição de restos vegetais, fibra de coco e serrim. Através da concentração de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> é possível reforçar que o composto hortofrutícola estava com um bom estado de estabilização, dado que o valor obtido (25 mg kg<sup>-1</sup>) está abaixo da referência máxima de 400 mg kg<sup>-1</sup> (Zucconi and De Bertoldi, 1987).

O compostado hortofrutícola e o substrato comercial avaliados diferem também no valor de pH (8 e 5,5-6,5, respectivamente). A adição do compostado hortofrutícola com quantidade de NPK superiores ao substrato comercial, poderá, eventualmente, ter contribuído para aumentar a disponibilidade de nutrientes às plantas e conseqüentemente aumentar a produtividade da calêndula, contribuindo assim para explicar que a aplicação de doses crescentes de compostado hortofrutícola (10 t ha<sup>-1</sup> e 20 t ha<sup>-1</sup>), face ao substrato comercial (7 t ha<sup>-1</sup>), se associassem a produtividades crescentes.

O compostado hortofrutícola e o substrato utilizados possuíam uma CE de 0,66 dS m<sup>-1</sup> e 0,1-0,15 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. De acordo com Massukado (2008), Yang et al. (2015) e Zhang (2016) a condutividade elétrica dos compostos é um parâmetro indicativo da qualidade do mesmo, sendo desejável valores de CE entre 0 e 2 dS m<sup>-1</sup> de forma a não causar problemas de fitotoxicidade. Donde se conclui que a aplicação deste substrato e deste compostado não terá influenciado negativamente o crescimento destas espécies.

## **4.2 Efeito do compostado e do substrato no peso das flores**

Apesar de se verificarem diferenças numéricas no peso das flores, entre tratamentos, estas nem sempre foram significativas. Eventualmente, com aumento no número de repetições e/ou minimizando as variações nas condições experimentais entre plantas, como por exemplo, plantas mais uniformes no momento da transplantação, um teor de humidade no solo mais uniforme, ou um solo mais uniforme em todos os blocos da experiência, o erro padrão da experiência poderia ter sido inferior, e essas diferenças, entre tratamentos, poderiam ter-se manifestado de forma significativa.

### **Ensaio com calêndula**

O peso fresco das flores (PFF) e o peso seco das flores (PSF) da calêndula variaram com os três tratamentos realizados, ao longo dos 42 dias de avaliação da experiência.

O valor máximo de PFF de calêndula foi atingido com o tratamento S2, aos 21 DAF, sendo que a partir desse momento não se verificaram variações significativas relativas a este parâmetro. O PSF de calêndula atingiu um valor máximo também com o tratamento S2, aos 7 e 42 DAF.

Estes resultados dever-se-ão à maior quantidade de N aplicada no tratamento S2 em comparação com os tratamentos S1 e S3 e, eventualmente, também, a um provável aumento do pH que contribuiu para aumentar a disponibilidade de P. Considerando que a massa fresca dos capítulos florais da calêndula depende do teor de P (Moreira et al., 2005), sugere-se que algum efeito de correção do pH do solo, presumivelmente, aconteceu com o tratamento S2, permitindo aumentar a disponibilidade deste nutriente, para as plantas. O P disponível contribui para aumentar a fotossíntese, e a distribuição de assimilados nas folhas, bem como, todo o metabolismo da planta (Marschner, 1995). Tal como o P, a maior dose de fertilização com N terá potenciado acréscimos de produção de flores de calêndula. Os valores de produção poderiam ter sido superiores caso a fertilização com P fosse ainda superior porque as maiores produções de massa seca de capítulos florais de calêndula foram obtidas com 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Barbosa, 2012). As maiores produções de matéria fresca e seca de capítulos de calêndula foram obtidas com a incorporação de 67 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico (Borela et al., 2011).

Na avaliação da repartição de peso fresco de flores na planta inteira fresca (PFFsPIF) de calêndula apenas se obteve diferenças significativas a 14 DAF com o tratamento S2 em comparação aos restantes tratamentos assim, verifica-se uma repartição dos fotoassimilados sem grandes diferenças significativas entre dosagens de fertilização ao longo do tempo de desenvolvimento das plantas de calêndula .

Ao verificar-se que o tratamento S2 foi o mais produtivo para esta espécie, isto dever-se-á ao facto de além do compostado hortofrutícola ter um teor de N total superior ao do substrato,

### **Ensaio com centáurea**

No caso da cultura da centáurea os resultados obtidos no decorrer da experiência relativos ao PFF e ao PSF variaram com os três tratamentos realizados. Neste caso, o PFF e o PSF de centáurea máximos foram alcançados com o tratamento S3 e S1, respetivamente, aos 35 DAF. No entanto nesta espécie as diferenças significativas verificaram-se apenas aos 28 DAF em que S2 apresentou maior PFF de que S3. Não permitindo, assim, chegar a uma evidência definitiva sobre diferenças entre estes três tratamentos. Podendo-se, no entanto, sugerir-se que o compostado poderá ser tão benéfico, quanto o substrato, para o crescimento desta espécie.

Ao avaliar a repartição do peso fresco de flores na planta inteira fresca (PFFsPIF) nenhum dos tratamentos apresentou diferenças significativas na repartição dos fotoassimilados, considera-se que com estes resultados o aumento de dose de compostado de resíduos hortofrutícolas e uma maior disponibilização de nutrientes não foi relevante para o aumento de peso fresco de flores nas plantas de centáurea.

## **4.3 Efeito do compostado e do substrato no peso das plantas sem flores**

### **Ensaio com calêndula**

Relativamente ao PFPsf e ao PSPsf de calêndula os resultados revelaram-se semelhantes entre os 3 tratamentos, até aos 21 DAF, sendo que aos 28 DAF houve um aumento significativo do PFPsf com o tratamento S2. Considerando que o N favorece o crescimento vegetativo (Scheffer, 1992), era de esperar que os maiores valores de PFPsf e ao PSPsf de calêndula fossem atingidos com maiores doses de N, como foi o caso do tratamento S2.

O PFF e o PFPsf de calêndula, verifica-se uma evolução contrária entre ambos: até aos 21 DAF aumentou o PFF de calêndula, não tendo havido variações significativas no PFPsf de calêndula; a partir deste momento o PFF de calêndula manteve-se e o PFPsf de calêndula aumentou significativamente aos 28 DAF (figuras 12 e 13). Na origem da evolução destes resultados pode estar o facto de que após algum tempo de floração e de forma a continuar a sustentar a atividade da planta, esta tenha

que desenvolver mais folhas, já que é através da fotossíntese realizada nas folhas que a planta sintetiza proteínas e hidratos de carbono (Mattos, 1996; Marschner, 1995).

### **Ensaio com centáurea**

No caso da centáurea, o PFPsf e o PSPsf atingiram valores máximos com o tratamento S2, aos 28 e 35 DAF respetivamente, mas sem valores significativos ao longo dos momentos de avaliação, exceto para o PSPsf aos 42 DAF em que com o tratamento S2 o peso foi significativamente superior aos restantes tratamentos. Neste caso, verifica-se o efeito do tratamento S2 na cultura, nomeadamente quanto ao seu teor de N, já que como referido anteriormente, o N favorece o crescimento vegetativo (Scheffer, 1992).

Comparando estes resultados com os que foram obtidos para as flores (PFF e o PSF) pode-se admitir que os fotoassimilados foram-se distribuindo inicialmente sobretudo nas flores e com o tempo ficaram mais concentrados nas folhas.

Importa ainda referir que, à exceção dos resultados máximos indicados, não se verificaram grandes oscilações entre os resultados obtidos nos 3 tratamentos, o que poderá ser indicativo do carácter bastante adaptativo desta espécie a vários tipos de solos (Barbosa, 2012).

## **4.4 Efeito do compostado e substrato na altura das plantas e diâmetro das flores**

### **Ensaio calêndula**

Quanto ao diâmetro das flores de calêndula os resultados obtidos foram persistentes ao longo da experiência, não se tendo verificado variações significativas entre os 3 tratamentos tanto na linha de 3 plantas avaliadas apenas no diâmetro, nem nos diâmetros das amostras retiradas para avaliação do PFF e PSF. Regista-se que os valores obtidos ao longo de quase toda a experiência para este parâmetro (5 cm) coincidem com a literatura (3 a 7 cm de diâmetro) (Citadini-Zanette, 2012).

A altura das plantas de calêndula aumentou durante o período da experiência, como esperado, tendo sido o seu valor máximo de 38 cm, aos 91 DAF, com o tratamento S2, entre os valores indicados por Mourão e Brito (2015) de 25 a 71 cm

de altura. Neste caso, verificou-se que os tratamentos S1 e S2 tiveram um efeito positivo na altura das plantas.

### **Ensaio na centáurea**

No caso da cultura da centáurea a evolução do diâmetro das flores ao longo da experiência foi semelhante à da calêndula, não se tendo verificado nenhuma variação significativa entre os 3 tratamentos. Importa referir que os diâmetros das flores alcançados ao longo de toda a experiência corresponderam ao valor máximo indicado na literatura de 2 a 3 cm (Barbosa, 2012).

No caso da altura verificou-se que as plantas tiveram um crescimento superior com o tratamento S3, ao fim dos 98 dias da experiência. O valor máximo obtido foi de 49 cm, o que correspondeu ao esperado (50 cm de altura) (Mourão e Brito, 2015). Estes resultados coincidem com o sucedido com os PFF e PSF, onde houve uma reação positiva com o tratamento S3. Apesar dos resultados máximos indicados não se verificaram grandes oscilações entre os resultados obtidos nos 3 tratamentos, o que poderá ser indicativo mais uma vez do caráter bastante adaptativo desta espécie a vários tipos de solos (Barbosa, 2012).

## 5 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Neste estudo comprovou-se que a incorporação de um compostado orgânico à base de hortofrutícolas permite melhorar a produção de flores comestíveis nomeadamente nas espécies de calêndula e centáurea. A dose de compostado de resíduos hortofrutícolas de 20 t ha<sup>-1</sup> com um período de maturação de 6 meses produziu maior efeito na calêndula do que na cultura da centáurea nos vários parâmetros analisados.

A dose superior de compostado aumentou substancialmente o peso das flores de calêndula em fresco principalmente na primeira metade do período de floração em relação ao substrato comercial, no entanto no peso seco já não teve grande influência significativa com S2. Verifica-se que devido ao maior conteúdo em NPK adicionado com o compostado e ao efeito positivo destes nutrientes na produção de flores, esta aumentou com o compostado, no entanto, sem diferenças significativas entre as duas doses de compostado de resíduos hortofrutícolas.

Observou-se um aumento significativo no peso das plantas de calêndula sem flores com S2, na segunda metade de floração, isto sugere que ao final de algum período decorrido de floração as plantas tenham necessidade de desenvolver mais parte aérea de folhagem para realizar mais fotossíntese de modo a contribuir para uma maior absorção de nutrientes, e continuar o processo de floração, em que o efeito na avaliação do peso fresco das plantas sem flor foi semelhante ao peso fresco das flores, sendo que a maior dose de compostado é que causou um efeito positivo e significativo no aumento de peso face ao substrato comercial.

O peso fresco das flores de centáurea oscilou bastante no período de floração entre tratamentos, e observou-se que o tratamento S2 teve pouca influência no aumento de produção, obtendo-se apenas um momento a meio do período de floração com um peso significativamente superior face aos restantes tratamentos. Apesar do substrato comercial disponibilizar menos NPK que o compostado, o peso fresco das flores de centáurea foi muito aproximado e ainda, os resultados do peso seco das flores também não apresentaram diferenças significativas com os diferentes tratamentos.

Uma das justificações para esta fraca resposta à fertilização resulta desta espécie se adaptar a qualquer tipo de solos até os mais pobres. Em relação ao peso fresco das plantas de centáurea sem flores, apesar de também não se terem verificado diferenças significativas, numericamente foi mais elevado com o compostado hortofrutícola face ao substrato, e também maior com uma maior dose de compostado ao longo do período avaliado.

O efeito dos diferentes tratamentos de fertilização utilizados não se fez sentir em diferenças significativas nos diâmetros das flores de ambas as espécies, nem na altura de crescimento das plantas de ambas as espécies, observando-se comportamentos de crescimento muito semelhantes entre as diferentes fertilizações. Embora haja algumas diferenças significativas a favor do compostado hortofrutícola em ambas as espécies, estas são muito raras, provavelmente devido ao elevado erro padrão da experiência em campo, devendo ser aumentado o número de repetições nas experiências de modo a reduzir o erro padrão.

Recomenda-se para aumentar a produtividade da espécie da calêndula uma fertilização, no mínimo, à base de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de compostado de resíduos hortofrutícolas com 6 meses de maturação para garantir produções pelo menos semelhantes ao substrato comercial.

Apesar de na espécie centáurea os resultados não serem esclarecedores das necessidades de fertilização, recomenda-se a menor dose de compostado hortofrutícola devido à falta de diferenças entre a menor e a maior dose de compostado e do substrato comercial, e ainda porque economicamente é mais benéfico para as explorações agrícolas face à compra de substratos comerciais.

Este estudo, revela que a aplicação de compostados de resíduos hortofrutícolas domésticos pode substituir substratos comerciais utilizados na fertilização da calêndula e da centáurea como, provavelmente, de muitas outras espécies utilizadas como comestíveis. Desta forma, reutilizam-se os resíduos agrícolas evitando que os mesmos vão para aterro, contribuindo para a reciclagem de nutrientes dentro da exploração agrícola e, assim, para a desejável economia circular.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A., Nunes, A., Figueiredo, A. 2009. Mudanças no uso do solo no interior Centro e Norte de Portugal. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Ambus, P., Kure, L. K., Jensen, E. S. 2002. Gross N transformation after application of household compost and domestic sewage sludge on agricultural soils. *Agronomie*, Vol.22: 723-730.
- Amer, F., Saleh, M. E., Mostafa, H. E. 1991. Phosphate behaviour in submerged calcareous soils. *Soil Science*, Vol.151: 306–311.
- Amlinger, F., Gotz, B., Dreher, P., Gestzi, J., Weissteiner, C. 2003. Nitrogen in biowastecompost: dynamics of mobilization and availability- a review. *European Journal of Soil Biology*, Vol.39: 117-116.
- Araújo, C. B. O., Santos, A. M., Fernandes, L. A., Martins, E. R., Sampaio, R. A., Costa, C. A., Leite, G. L. D. 2009. Uso da adubação orgânica e cobertura morta na cultura da calêndula (*Calendula officinalis L. L.*). Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Minas Gerais. *Revista Brasileira Plantas Mediciniais*, Vol.11(2): 117-123.
- Bayu, W., Rethman, N.F.G., Hammes, P.S., Alemu, G. 2006. Application of farmyard manure improved the chemical and physical properties of the soil in a semi-arid area in Ethiopia. *Biological Agriculture and Horticulture*, Vol.24: 293-300.
- Barbosa, M. O. 2012. Estudo sobre produção e consumo de flores comestíveis. Ponte de Lima. 10-12.
- Barbosa, O. 2012. Flores comestíveis - Centáurea. *AGROTEC* 4. 66-67.
- Black, C. A. 1968. *Soil-plant relationships*. New York, USA, John Wiley and Sons.
- Boteon, R.G., Teixeira, N.T. 1995. Sintomas de deficiência de macronutrientes, B e Zn em calêndula (*Calendula officinalis L. L.*). *Ecossistema*, Vol.20: 170-172.
- Brito, L. M. 2003. Manual de compostagem. ESAPL/IPVC – Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 26.
- Brito, L. M. 2005. Dinâmica do azoto na compostagem e após a aplicação dos compostos ao solo. *Actas Portuguesas de Horticultura*, Vol.7: 229-234.
- Brito, M. 2006. Compostagem para a Agricultura Biológica. In: Manual de Agricultura Biológica – Terras de Bouro. Mourão, I., Araújo, J. P., Brito, M. (Eds.). Município de Terras de Bouro. Cap. III, 119- 137.
- Brito, L. M. 2007. Fertilidade do solo, compostagem e fertilização. In: Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico. Mourão, I. M. (Ed). Projecto POAGRO DE&D – 747. ESAPL / IPVC, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima / Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 53-86.

- Brito, L. M. 2016. Fertilidade do solo e fertilização das culturas. ESAPL/IPVC – Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Politécnico de Viana do Castelo.
- Borella, J.C., Ribeiro N.S., Freato, A.M.R., Mazzo, K.F., Barbosa, D.M.. 2011. Influência da adubação e da cobertura morta na produtividade e no teor de flavonóides de *Calendula officinalis* L. L. (*Asteraceae*). Revista Brasileira Plantas Mediciniais, Botucatu, Vol.3, n.2: 235-239.
- California Compost Quality Council, (CCQC). 2001. Compost Maturity Index. Technical Report. 26.
- Carneiro, J. P., Branco, S., Coutinho, J., Trindade, H. 2007. Mineralização de azoto de diferentes resíduos orgânicos em incubação laboratorial de longa duração. Revistade Ciências Agrárias, Vol.30, n.2: 159-173.
- Citadini-Zanette, Vanilde., Negrelle, Raquel., Borba, Elder Tschoseck. 2012. *Calendula officinalis* L. L. (*asteraceae*): aspectos botânicos, ecológicos e uso. Visão Acadêmica, Vol.13, n.1.
- Chirinda, N., Olesen, J. E., Porter, J. R. 2008. Effects of organic matter input on soil microbial properties and crop yields in conventional and organic cropping systems. 16 th IFOAM Organic World Congress, June 16-20, Modena, Italy, 4.
- Cordovil, C. M. S. 2004. Dinâmica do azoto na reciclagem de resíduos orgânicos aplicados ao solo. Instituto do Ambiente, Alfragide. 56.
- Coutinho, J. 2007. A aplicação de compostados ao solo. In: Compostagem da fracção sólida dos chorumes de explorações pecuárias leiteiras com fins agronómicos e ambientais. Brito, L. M. (Ed.). Programa AGRO 8, Acção 1 – Projecto 794, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima/IPVC, Ponte de Lima, 39-47.
- Decreto-Lei nº 30/2022 de 11 de abril. Diário da República nº.71/2022 Série I. Ministério da Economia e Transição Digital. Lisboa.
- DGA. 2000. Relatório do estado do ambiente 1999. Direcção Geral do Ambiente, 213-232.
- MADRP/DGADR. 2009. Jornadas sobre protecção do solo - resumo das conclusões. Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e das Pescas / Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, Oeiras. 5.
- Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR). 2019. A Produção Biológica em Portugal. Site disponível: Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. URL: <https://mpb.dgadr.gov.pt/>. Consultado em 10.06.2022
- Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR). 2020a. Modo de Produção Biológico. Site disponível: Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. URL: <https://www.dgadr.gov.pt/19-modos-de-producao-sustentavel/91-prodbiologica>. Consultado em 10.06.2022
- Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR). 2020b. Modo de produção Biológico. Site disponível: Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. URL:<https://www.dgadr.gov.pt/sustentavel/modo-de-producao-biologico>. Consultado em 10.06.2022

- Doran, J.W., Wilhelm, W. W., Power, J. F. 1994. Crop Residue Removal and Soil Productivity with No-Till Corn, Sorghum, and Soybean. Soil Science Society of American Journal. Division S-6—Soil and Water Management and Conservation.
- Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J. A., Saraiva, J. A., Ramalhosa, E. 2019. An Overview on the Market of Edible Flowers, Food Reviews International, Vol.36 (3): 258-275.
- Ferreira, J. (Coord.) 2009a. As bases da agricultura biológica – Tomo I – Produção vegetal. EDIBIO Edições. 531.
- Ferreira, J. 2009b. Guia dos fatores de produção para a agricultura biológica 2009/2010. Agro-Sanus, 3ª Edição. 51.
- Fließbach, A., Oberholzer, H.-R., Gunst, L., Mader, P. 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol.118: 273-284.
- Gabrielle, B., Da-Silveira, J., Houot, S., Francou. C. 2004. Simulating urban waste compost effects on carbon and nitrogen dynamics using a biochemical index. Journal Environmental Quality, Vol.33: 2333-2342.
- Gerke, J., Meyer, U., 1995. Phosphate acquisition by red clover and black mustard on a humic podsol. Journal of Plant Nutrition, Vol.18: 2409-2429.
- Griffin, T. S., Honeycutt, C. W., He, Z. 2002. Effects of temperature, soil water status, and soil type on swine slurry nitrogen transformations. Biology and Fertility of Soils, Vol.36: 442-446.
- Gupta, Y. C., Sharma, P., Sharma, G., Agnihotri, R. 2018. Edible Flowers. National Conference on Floriculture for Rural and Urban Prosperity in the Scenario of Climate Change, 25-29.
- Hadas, A. & Portnoy R. 1997. Rates of decomposition in soil and release of available nitrogen from cattle manure and municipal waste compost. Compost Science and Utilization, Vol.53: 48-54.
- Horwath, W. R. 2005. The importance of soil organic matter in the fertility of organic production systems. Western Nutrient Management Conference, Vol.6: 244- 249.
- IFOAM. 2022. Organic Farming. Site disponível em <https://www.ifoam.bio/why-organic/organic-landmarks/definition-organic>. Consultado em 10.10.2022.
- Imas, P., Bar-Yossef, B., Kafkafi, U., Ganmore-Neumann, R. 1997. Phosphate induced carboxylate and proton release by tomato roots. Plant and Soil, Vol.191: 35- 39.
- Júnior, M. 2014. Cultivo de Calendula officinalis. Cultivo de plantas medicinais e usos terapêuticos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, Vol.35, n. 283.
- Kelley, K. M., Behe, B. K., Biernbaum, J. A., Poff, K. L. 2001. Consumer Preference for Edible flower Color, Container Size, and Price. HortScience, 801-804.

- Kessel, J. S. V., Reeves, J. B. 2002. Nitrogen mineralization potential of dairymanures and its relationship to composition. *Biology and Fertility of Soils*, Vol.36: 118-123.
- Kim, E., Hong, Y., Lee, C., Oh, T., Kim, S. 2018. Effect of organic compost manufactured with vegetable waste on nutrient supply and phytotoxicity. *Applied Biological Chemistry*, Vol.61: 509-521.
- Laudicina, V. A., Badalucco, L., Palazzolo, E. 2011. Effects of compost input and tillage intensity on soil microbial biomass and activity under Mediterranean conditions. *Biology and Fertility of Soils*, Vol.47: 63-70.
- LeJeune, K., Suding, K., Seastedt, T. 2006. Nutrient availability does not explain invasion and dominance of a mixed grass prairie by the exotic forb *Centaurea diffusa* Lam. *Applied Soil Ecology*, Vol.32 (1): 98-110,
- Lopes, A.S., 1982. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: Yamada, T. Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato. Instituto Internacional da Potassa. 51-65.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press,. 902.
- Massukado, L. 2008. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. Tese de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos.
- Mattos, J. K. 1996. Plantas medicinais: aspectos agronômicos. Brasília. 51.
- Melero, S., Madejón, E., Ruiz, J. C., Herencia, J. F. 2007. Chemical and biochemical properties of a clay soil under dryland agriculture system as affected by organic fertilization. *European Journal Agronomy*, Vol.26: 327- 334.
- Mohammaddoust, H., Asghari, A., Tulikov, A., Hasanzadeh, M., Said, M. 2008. Effect of fertilizer application on density, dry matter and seed characteristics of garden cornflower (*Centaurea cyanus L.*) and corn spurrey (*Spergula vulgaris L.*) Pak. *J. Weed Science Research*, Vol.14 (1-2): 73-80.
- Monteiro, J. 2011. Influência do fosfato de Gafsa, da correção orgânica e da reação do solo, na produtividade da alface e da couve repolho no Modo de Produção Biológico. Tese de Mestrado. ESAPL/IPVC – Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Politécnico de Viana do Castelo.
- Montemurro, F. 2010. Are organic N fertilizing strategies able to improve lettuce yield, use of nitrogen and N status. *Journal of Plant Nutrition*, Vol.33: 1980-1987.
- Moreira, P.A., Marchetti, M.E., Vieira M.C., Novelino, J.O., Gonçalves, M.S., Robaina, A.D. 2005. Desenvolvimento vegetativo e teor foliar de macronutrientes da calêndula (*Calendula officinalis L. L.*) adubada com nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, Vol.8: 18-23.
- Mourão, I. M. 2007. O modo de produção biológico. In: Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico. Mourão, I. M. (Ed.). Projecto PO AGRO DE&D –

747. ESAPL / IPVC, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima / Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 1-18.

Mourão, I. M., Brito, M.M. 2015. Uma horta em casa. Arte Plural Edições.

Powlson, D.S., Smith, P., Coleman, K., Smith, J. U., Glendining, M. J., Körschens, M., Franko, U. 1998. A European network of long term sites for studies on soil organic matter. *Soil Tillage Research*, Vol.47: 263-274.

Raij, V. 1991. Fertilidade do solo e adubação. 2.ed. Piracicaba: Ceres/Potafos. 343.

Rasmussen, P. E., Goulding, K. W. T., Brown, J. R., Grace, P. R., Janzen, H. H., Körschens, M. 1998. Long-term agroecosystem experiments: Assessing agricultural sustainability and global change, *Science*, Vol.282: 893-896.

Rees, R. M., Yan, L., Ferguson, M. 1993. The release and plant uptake of nitrogen from some animal manures, *Biology and Fertility of Soils*, Vol.15: 285-293.

Reeves, D.W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research*, Vol.43: 131-167.

Regulamento (UE) n.º 2018/848, de 30 de Maio de 2018. *Jornal Oficial da União Europeia L 150/1*. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia.

Rodrigues, M. Â., Coutinho, J. F. 1995. Eficiência de utilização do azoto pelas plantas. *Série Estudos*, Instituto Politécnico de Bragança. 48.

Sample, E. C., Soper, R. J., Racz, G. J. 1980. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In: Khasawneh, F. E. (Ed.). *The Role of Phosphorus in Agriculture*. American Society of Agronomy, Madison, WI, 263–304.

Santos, A. 2021. Avaliação do processo de compostagem de misturas com resíduos vegetais ricos em fitoquímicos. Tese de mestrado. Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Santos, J., Vieira, S.. 2011. *Manual de Agricultura Geral*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. 19-69.

Santos, J.Q. 2001. *Fertilização e Ambiente – Reciclagem Agro-Florestal de Resíduos e Efluentes*. Coleções Euroagro, Publicações Europa-América,. 261.

Santos, J.Q. 2002. *Fertilização – Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. 3ª Edição, Coleção Euroagro, Publicações Europa-América. 548.

Schachtman, D. P., Reid, R. J., Ayling, S. M. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiology*, Vol.116: 447-453.

Scheffer, M.C. 1992. Roteiro para estudo de aspectos agronômicos das plantas medicinais selecionadas pela fitoterapia do SUS-PR/CEMPAR. *SOB Informa*, Vol.10, n.2: 29-31.

Sikora, L.J. 1998. Benefits and drawbacks to composting organic by-products. *Beneficial Co-utilization of Agriculture, Municipal and Industrial by-Products* 69-77.

Sikora, L. J., Szmidt., R. A. K. 2001. Nitrogen sources, mineralization rates, and nitrogen nutrition benefits to plants from composts. In: Stoffella, P. J., Kahn, B. A.

(Eds.) Compost utilization in horticultural cropping systems. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 287-305.

Silva, A.S.F. 2016. Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 48.

Silva, M.. 2018. Agricultura Biológica. Estratégia Sustentável de Promoção da Saúde Pública. Dissertação de Mestrado em Agricultura Biológica. Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Coimbra.

Sorensen, J. N. 1999. Nitrogen effects on vegetable crop production and chemical composition. *Acta Horticulturae*, Vol.506: 41-49.

Stolze, M., Piorr, A., Haring, A., Dabbert, S. 2000. The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe. University of Hohenheim Department of Farm Economics, Stuttgart, Vol. 6: 127.

Tácilus - Consultoria, Engenharia e Formação, Lda. (Tácilus). 2011. Projeto de aumento da capacidade produtiva de instalação industrial existente. Aditamento ao EIA.

Takahashia, J. A., Rezende, F. A., Mourac, M. A., Dominguetec, L. C., Sande, D. 2019. Edible flowers: Bioactive profile and its potential to be used in food development. *Food Research International*, Vol.129: 1-11.

Tisdale, S. L. Nelson, W. L., Beaton, J. D. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4, Macmillan Publishing Company, New York. 754.

Van den Boogaard, R., Thorup-Kristensen, K. 1997. Effects of nitrogen fertilization on growth and soil nitrogen depletion in cauliflower. Department of Fruit and Vegetables, Danish Institute of Plant and Soil Science. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Science.*, Vol.47: 149-155.

Varenes, A. 2003. *Produtividade dos solos e ambiente*. Editora Escolar, 490.

Vieira, M.C., Gomes, H.E., Sangalli, A.; Heredia Z., Teixeira, I.R., Ramos, M.B.M. 1999. Crescimento e produção de capítulos de calêndula (*Calendula officinalis* L. L.), em função de cama-de-aviário semi-decomposta e de fósforo. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, Vol.1, n.2: 45-51.

Willer, H., Trávnicek, J., Meier, C., Schlatter, B.. (Eds.). 2021. *The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends 2021*. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM - Organics International, Born.

Wong, J. W. C., Ma, K. K., Fang, K. M., Cheung, C. 1999. Utilization of a manure compost for organic farming in Hong Kong. *Bioresource Technology*, Vol.67: 43-46.

Yang, F., Li, G., Shi, H., Wang, Y. 2015. Effects of phosphogypsum and superphosphate on compost maturity and gaseous emissions during kitchen waste composting. *Waste Manage*, Vol.36: 70-76.

Zhang, L., Sun, X. 2016. Improving green waste composting by addition of sugarcane bagasse and exhausted grape marc. *Bioresour Technol*, Vol.218: 335-343.

Zucconi, F, Bertoldi, M. 1987. Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste. In: Compost: production, quality and use. Bertoldi, M., Ferranti, M. P., L'Hermite, P., Zucconi F. (Eds.). Elsevier Applied Science, London, 30-50.