

# **Utilização de subprodutos de culturas hortícolas em substratos para sementeira**

**Joana da Costa Mesquita Pinhal Bernardino**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Agrónómica especialização em Engenharia Rural**

## **PRESIDENTE**

Doutor Gonçalo Pereira Fernandes Caleia Rodrigues, Professor auxiliar do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

## **VOGAIS**

Doutora Erika da Silva dos Santos, Professora auxiliar do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora Mariana da Silva Gomes Mota, Técnica superior do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora.

2024

## AGRADECIMENTOS

Uma prova de obstáculos desde o início até ao fim, cheia de desafios e de altos e baixos, que foi concluída e ultrapassada em conjunto, tal como quando entrei nela. E por este mesmo motivo, serve esta página para agradecer a todos os que me acompanharam durante todo o processo e permitiram que fosse possível.

À minha orientadora, professora Mariana, por todas as vezes que teve paciência e calma em todos os desafios que apareciam e por ter sido um apoio gigante.

Aos meus pais, agradeço pela educação que me deram e a todos os momentos que me apoiaram. Aos lemas de vida que me ensinaram e que sempre me incentivaram a não desistir, pois, depois de uma grande tempestade vem sempre uma grande bonança.

À minha irmã por ser “minha” e por a adorar de coração e por ter uma paciência gigante comigo.

Aos meus avós, por fazerem parte do meu caminho desde que nasci e por terem sido sempre uma ajuda.

À Ritinha e à Juliana por serem um apoio desde que as conheço, uma amizade que cresceu, que me ajudaram em tudo o que foi necessário na tese juntamente com o Luís e que sempre se disponibilizaram, nem que fosse só a ouvir-me.

Ao João, por ser ele mesmo, por na reta final ter estado sempre lá e me ter apoiado em tudo.

À Eng. Carla Miranda, que facultou o contacto do Sr. Rudolfo (produtor de tomate), que forneceu parte da rama de tomateiro, e que disponibilizou os resíduos da couve-brócolo da empresa Horta Fina.

Ao Eng. Emanuel, técnico da empresa Patrícia Pilar, que estabeleceu a ponte com o Eng. Hernâni, que cedeu os resíduos da aboborinha já triturados.

Ao meu colega Luís Carvalho, que ajudou no contacto com o produtor Hélder, da empresa Horto Descanso e que deu a rama de tomateiro e os resíduos da fibra de coco. Ambos também esclareceram as dúvidas quanto ao modo de produção de culturas em estufa.

Ao Eng. Gonçalo Pinto Coelho da empresa Primohorta, que facultou os resíduos da cebola.

## RESUMO

Este trabalho visou estudar a viabilidade do uso de matérias-primas renováveis e de elevada disponibilidade oriundas do sector hortícola, na formulação de substratos alternativos para germinação de sementes em viveiros.

Utilizaram-se como matérias-primas os subprodutos das culturas de *Solanum lycopersicum* L. (tomate), de *Curcubita pepo* L., (aboborinha), de *Allium cepa* L. (cebola) e da *Brassica oleracea* L. var *italica* Plenck (couve-brócolo). Germinaram-se sementes de sete espécies das principais famílias de hortícolas (alface, couve-brócolo, espinafre, tomate, meloa, salsa, coentro) em misturas de turfa e subproduto hortícola. As misturas tiveram diferentes proporções (6%, 12,5%, 25%, 37,5% e 50%) das matérias-primas, previamente desidratadas, trituradas e descontaminadas. A turfa e a fibra de coco foram utilizadas como controlo.

A adição à turfa dos subprodutos que continham muito tecido foliar originou uma redução da germinação e crescimento das plantas de 80-100%, aspeto mais acentuado quando houve substituição superior a 25%. Esta inibição de germinação e de crescimento poderá estar associada ao aumento da retenção de água disponível, à libertação de compostos presentes nestes órgãos e eventualmente a alguma fitotoxicidade de algum nutriente.

Nas espécies germinadas, o crescimento das plantas nas misturas feitas com caules de tomate foi igual, ou superior, ao crescimento observado no controlo. Assim, no tomateiro germinaram 8 sementes em 10 possíveis, germinando no controlo 9 sementes em 10 possíveis. Na cultura da meloa, germinaram 6 em 10 possíveis e no controlo germinaram 5 em 10 possíveis, demonstrando assim estes subprodutos serem uma alternativa viável e mais sustentável do que o substrato comercial comumente utilizado. A fertilização só foi aplicada de forma pontual, não influenciando os resultados obtidos.

Os subprodutos oriundos da cultura do tomate demonstraram ser substitutos parciais da turfa, podendo ser utilizados na formulação de substratos para germinação em viveiros de hortícolas, desde que não seja degradada a estrutura do alvéolo.

### Palavras-chave:

Resíduos hortícolas; Meio de germinação; Turfa; Propagação em viveiro; Circularidade

## **ABSTRACT**

This study aimed to investigate the feasibility of using renewable raw materials with high availability from horticultural production in the formulation of alternative substrates for seed germination in nurseries.

The raw materials used were by-products from the cultivation of *Solanum lycopersicum* L. (tomato), *Cucurbita pepo* L. (zucchini), *Allium cepa* L. (onion), and *Brassica oleracea* L. var *italica* Plenck (broccoli). Seeds from seven species of the main horticultural families (lettuce, broccoli, spinach, tomato, melon, parsley, cilantro) were germinated in peat mixtures. The mixtures contained different proportions (6%, 12.5%, 25%, 37.5%, and 50%) of the raw materials, which were previously dehydrated, crushed, and decontaminated. Peat and coconut fiber were used as controls.

The addition of peat with by-products more abundant in leaf tissue resulted in an 80-100% reduction in germination and growth of the plants, which was more pronounced at substitution rates above 25%. This germination and growth inhibition may be associated with an increase in available water retention, the release of compounds present in these organs, and possibly some phytotoxicity of certain nutrients.

In the seven germinated species, the growth of plants in mixtures using tomato stems was similar or greater than the growth observed in the control substrate. Germination rates for the tomato species were 8 germinations out of 10 possible, while the control had 9 out of 10 germinations. In melon cultivation, 6 out of 10 possible germinations occurred, compared to 5 out of 10 in the control, thus demonstrating that these by-products are a viable and more sustainable alternative to the commercially used substrate. Fertilization was only applied sporadically, not influencing the obtained results.

By-products from tomato cultivation proved to be partial substitutes for peat and can be used in formulations of substrates for germination in horticultural nurseries, provided that the structure of the compartment is not compromised.

### **Keys-words:**

Horticultural waste; Germination medium; Peat; Nursery propagation; Circularity

## ÍNDICE

Agradecimentos .....	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de quadros.....	vii
Índice de figuras.....	ix
Lista de siglas e abreviaturas .....	xiv
1. Introdução .....	1
2. Revisão bibliográfica .....	3
2.1 As turfeiras como agroecossistemas.....	3
2.2 Os substratos para horticultura .....	5
2.3 Propriedades químicas .....	7
2.3.1 Complexo de troca .....	7
2.3.2 Disponibilidade de nutrientes.....	8
2.3.3 pH .....	8
2.3.4 Razão C/N e C/P .....	9
2.3.5 Condutividade elétrica .....	9
2.4 Propriedades físicas .....	10
2.4.1 Granulometria.....	10
2.4.2 Porosidade .....	11
2.4.3 Humidade.....	12
2.4.4 Densidade aparente .....	12
2.5 Componentes do substrato .....	13
2.5.1 Cultura do tomate.....	14
2.5.2 Cultura da aboborinha .....	16
2.5.3 Cultura da couve-brócolo.....	18
2.5.4 Cultura da cebola .....	20
2.6 Processo de criação de substratos orgânicos .....	22
3. Material e métodos.....	24

3.1	Preparação do material vegetal .....	24
3.2	Separação do material vegetal.....	25
3.3	Descontaminação dos materiais .....	27
3.4	Análise das propriedades físicas.....	30
3.5	Análise das propriedades químicas.....	31
3.6	Misturas ensaiadas .....	32
3.7	Sementeira de hortícolas .....	32
4.	Resultados obtidos e discussão .....	36
4.1	Caracterização do material vegetal .....	36
4.2	Eficiência do processo de descontaminação dos materiais testados .....	37
4.3	Análise das propriedades físicas.....	39
4.4	Análise das propriedades químicas.....	44
4.5	Ensaio de germinação de hortícolas .....	47
5.	Conclusões .....	65
6.	Referências bibliográficas .....	67

## Índice de quadros

Quadro 1 - Principais características físicas e químicas dos diferentes tipos de turfa. ....	4
Quadro 2 - Valores recomendados para os nutrientes presentes na diluição do substrato. ....	8
Quadro 3 - Caracterização das partículas de acordo com o seu tamanho e respetiva influência nas propriedades físicas, para substratos de viveiros em placas de alvéolos pequenos. ....	11
Quadro 4 - Valores recomendados para as propriedades físicas dos substratos. ....	13
Quadro 5 - Descrição do fim das culturas em estudo. Castanho - todo o ano, Verde - época de maior produção, azul - época de menor produção de resíduo. ....	14
Quadro 6 - Dados da produção de <i>Solanum lycopersicum</i> L. entre 2014 e 2022, com a quantificação de resíduos. ....	15
Quadro 7 - Dados da produção de <i>Cucurbita pepo</i> L. entre 2014 e 2022, com a quantificação de resíduos. ....	17
Quadro 8 - Composição mineral (mg/100 g de matéria seca) de pó de folhas e de pó de caules de aboborinha. ....	18
Quadro 9 - Dados da produção de <i>Brassica oleracea</i> L. entre 2014 e 2022, com a quantificação de resíduos. ....	19
Quadro 10 - Dados da produção de <i>Allium cepa</i> L. entre 2014 e 2022, com a quantificação de resíduos. ....	20
Quadro 11 - Tempo de trituração para um copo de 1L conforme cada cultura. n/d – Não definido. ....	26
Quadro 12 - Descrição e siglas de cada amostra. ....	27
Quadro 13 - Registo do número de fertilizações consoante cada cultura e cada tipo de mistura. ....	35
Quadro 14 - Caracterização das amostras quanto à sua humidade relativa (%). ....	37
Quadro 15 - Colónias de microrganismos observadas nas placas de LB após exposição das amostras a 105°C durante 4 h e 24 h e a 120 °C a 1,5 bar durante 1 h, nas três repetições. ....	38
Quadro 16 - Colónias de microrganismos observadas nas placas de PDA+Am após exposição das amostras a 105 °C durante 4 h e 24 h e a 120 °C a 1,5 bar durante 1 h, nas três repetições. Legenda: 0 – placa sem colónias; 1 - placa totalmente coberta; 0,33 - placa coberta a 1/3; 0,5 - placa coberta a 1/2; 0,67 – placa coberta a 2/3 . ....	39
Quadro 17 - Teores da matéria seca, da humidade, da matéria orgânica e da cinza para as amostras em bruto utilizadas. ....	41

Quadro 18 - Valores do pH, da CE, da macroporosidade, da microporosidade e da densidade aparente. ....	42
Quadro 19 - Valores do pH, da CE, da macroporosidade e da microporosidade para as misturas 75/25. ....	43
Quadro 20 - N-Kjeldhal (g/kg matéria seca) e teores dos minerais P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, B e Mo dos subprodutos hortícolas utilizados (mg/kg matéria seca)...	44
Quadro 21 - Valores obtidos na medição dos fenóis para as misturas 75/25 com todos os subprodutos. ....	45
Quadro 22 - Registo de germinações para a mistura Tom.Fo.m (tomate folhas menor) no rácio de 75/25.....	54

## Índice de figuras

Figura 1 - Descrição da evolução dos países mais produtores de <i>Solanum lycopersicum</i> , entre 2014 e 2022. ....	14
Figura 2 - Cultura do tomate em estufa. ....	16
Figura 3 - Descrição da evolução dos países maiores produtores de <i>Cucurbita pepo</i> L., entre 2014 e 2022. ....	16
Figura 4 - Cultura da aboborinha em estufa. a - No inverno, utilização de manta térmica como proteção contra a geada. b - Crescimento do talo. c - Na primavera .....	18
Figura 5 - Descrição da evolução dos países maiores produtores de <i>Brassica oleracea</i> L., entre 2014 e 2022, com a exceção da China. ....	19
Figura 6 - Descrição da evolução dos países maiores produtores de <i>Allium cepa</i> L., entre 2014 e 2022. ....	20
Figura 7 - Subprodutos das culturas em bruto. a) cultura do tomate, b) Cultura da couve-brócolo, c) Cultura da aboborinha e d) Cultura da cebola .....	25
Figura 8 - Material usado para a trituração das matérias vegetais. a) Blender e b) Triturador. ....	26
Figura 9 - Crivos utilizados, o da esquerda com uma malha quadrangular de 2 mm e o da direita com uma malha redonda de 4 mm. ....	26
Figura 10 - Estufa elétrica para determinação da humidade relativa. ....	27
Figura 11 - Amostras dos subprodutos preparadas para aplicar cada método de descontaminação. ....	28
Figura 12 - Conjunto de 5 figuras demonstrativas do processo de preparação das amostras. a) Preparação das amostras na camara de fluxo laminar; b) Amostras preparadas; c) Agitador; d) Amostras no agitador; e) Centrifugadora.....	29
Figura 13 - Incubadora utilizada para o desenvolvimento das bactérias.....	30
Figura 14 - Conjunto de duas figuras demonstrativas da determinação da macroporosidade e da microporosidade e mesoporosidade. a) Copos sem água e b) Copos após a drenagem da água. ....	31
Figura 15 - Espectrofotómetro usado na medição do teor de fenóis, com pormenor da cuvete utilizada. ....	32
Figura 16 - Conjunto de 9 figuras ordenadas e identificadas de a) a i) com cada subproduto, pós processamento e separação. ....	36
Figura 17 - Placas de Petri com as colónias de bactérias. ....	38
Figura 18 - Conjunto de 4 figuras com o antes e pós teste de capilaridade dos subprodutos em bruto. a) Placa alveolada com os subprodutos e b) Resultado da placa mergulhada em 1 cm de água após 2 dias.....	40

Figura 19 - Demonstração dos copos de porcelana na estufa, que permitiu saber a MS e a humidade. ....	41
Figura 20 - Amostras de cada subproduto antes da leitura do pH e da CE .....	43
Figura 21 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo no controlo com turfa (Tur.) feito nas condições do rácio 75/25. .....	47
Figura 22 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Brócolo e alface; b) Meloa e tomate e c) Espinafre, no controlo nas condições do rácio 75/25. .....	48
Figura 23 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto da fibra de coco (Coc.).....	49
Figura 24 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Brócolo e alface; b) Meloa e tomate e c) Espinafre, para o rácio 75/25 com o subproduto da fibra de coco. ....	49
Figura 25 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Tom.Ca.F (tomate caules fibras).....	50
Figura 26 – Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Brócolo e alface; b) Meloa e tomate e c) Brócolo, cebola e espinafre, para o rácio 75/25 com o subproduto Tom.Ca.F. (tomate caules fibras). ....	51
Figura 27 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Tom.Ca.m. (tomate caules menor) .....	52
Figura 28 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Meloa, tomate e brócolo; b) Espinafre, cebola e brócolo, para o rácio 75/25 com o subproduto Tom.Ca.m (tomate caules menor). ....	52
Figura 29 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Tom.Ca.M. (tomate caules maior). ....	53
Figura 30 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Brócolo e alface; b) Meloa e tomate e c) Espinafre, para o rácio 75/25 com o subproduto Tom.Ca.M.(tomate caules maior). ....	54
Figura 31 - Germinações no tabuleiro da mistura 75/25 com o subproduto Tom.Fo.m, com o antes e pós replantação da cultura da alface. ....	55

Figura 32 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Tom.Fo.M. (tomate folhas maior). .....	55
Figura 33 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Tomate e brócolo; b) Alface e c) Cebola e espinafre, para o rácio 75/25 com o subproduto Tom.Fo.M. (tomate folhas maior). .....	56
Figura 34 - Conjunto de 6 figuras com as sementes presentes nas misturas 75/25 dos subprodutos Bro.Ca.M. (couve-brócolo maior) e Bro.Ca.m.(couve-brócolo menor). .....	57
Figura 35 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Ceb. (cebola). ...	58
Figura 36 - Resultado da germinação das culturas da meloa e do tomate para o rácio 75/25 com o subproduto Ceb. (cebola). .....	58
Figura 37 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate na turfa. ....	60
Figura 38 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Coc. (coco) para os rácios de 50/50 e 62,5/37,5. ...	60
Figura 39 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Ca.F.(tomate caules fibras) para os rácios de 50/50 e 62,5/37,5. ....	60
Figura 40 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Ca.m. (tomate caules menor) para os rácios de 50/50 e 62,5/37,5. ....	60
Figura 41 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Ca.M. (tomate caules maior) para os rácios de 50/50 e 62,5/37,5. ....	60
Figura 42 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Fo.m. (tomate folhas menor) para os rácios de 87,5/12,5 e 94/6. ....	60
Figura 43 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Fo.M. (tomate folhas maior) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6. ....	61
Figura 44 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Abo. (aboborinha) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6. ....	61

Figura 45 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Bro.Ca.m. (couve-brócolo caules menor) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6. ....	61
Figura 46 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Bro.Ca.M. (couve-brócolo caules maior) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6. ....	61
Figura 47 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Ceb. (cebola) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6. ....	61
Figura 48 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa na turfa. ....	63
Figura 49 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Coc. (coco) para os rácios de 50/50 e 62,5/37,5. ...	63
Figura 50 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Ca.F. (tomate caules fibras) para os rácios de 50/50 e 62,5/37,5. ....	63
Figura 51 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Ca.m. (tomate caules menor) para os rácios de 50/50 e 62,5/37,5. ....	63
Figura 52 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Ca.M. (tomate caules maior) para os rácios de 50/50 e 62,5/37,5. ....	63
Figura 53 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Fo.m. (tomate folhas menor) para os rácios de 87,5/12,5 e 94/6. ....	63
Figura 54 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Fo.M. (tomate folhas maior) para os rácios de 87,5/12,5 e 94/6. ....	64
Figura 55 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Bro.Ca.m. (couve-brócolo caules menor) para os rácios de 87,5/12,5 e 94/6. ....	64
Figura 56 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Bro.Ca.M. (couve-brócolo caules maior) para os rácios de 87,5/12,5 e 94/6. ....	64
Figura 57 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Ceb. (cebola) para os rácios de 62,5/37,5.....	64

Figura 58 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Abo. (aboborinha) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5 e 62,5/37,5. ....64

## Lista de siglas e abreviaturas

$\Psi_t$	Potencial total da água
$\Psi_g$	Potencial gravitacional
$\Psi_m$	Potencial matricial
$\Psi_o$	Potencial osmótico
Am	Ampicilina
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DA	Densidade aparente
dir.	Direita
esq.	Esquerda
EUA	Estados Unidos da América
ha	Hectare
LB	Luria Bertani
$\text{mmol}_c.\text{kg}^{-1}$	Micromol por cada quilograma
MO	Matéria orgânica
MPa	MegaPascal
PDA	Potato Dextrose Agar
r.p.m	Rotações por minuto
SI	Sistema Internacional
t	Toneladas

# 1. Introdução

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da redução do uso de elevadas quantidades de turfa na agricultura (USGS, 2024) e a valorização comercial de resíduos oriundos da produção hortícola, de forma a existir a recirculação do carbono.

A turfa é um recurso escasso, não renovável devido ao longo período de regeneração (Kern *et al.*, 2017) e de origem internacional, no caso de Portugal. A sua extração tem fortes impactos no ambiente, como por exemplo no clima, na hidrologia e na biodiversidade (Aleandri *et al.*, 2015; Gong *et al.*, 2018; Räsänen *et al.*, 2023). É assim fundamental usar as alternativas já existentes ou criar soluções que substituam este recurso tão valioso.

O meio agrícola contempla vários setores, no entanto, neste tema, os setores agrícolas que mais utilizam a turfa são o setor viveirista hortícola e o setor da produção em estufa com substrato (Aleandri *et al.*, 2015; Nocentini *et al.*, 2021; Vaughn *et al.*, 2011; Zaller, 2006). A utilização de um novo substrato em culturas intensivas produzidas em estufa pode ter uma elevada complexidade associada, sendo difícil de implementar. Este problema prende-se com a dificuldade de encontrar uma matéria-prima alternativa que compita diretamente com as características físicas e químicas da turfa ou de outros substratos como a lã de rocha ou fibra de coco, e que esteja disponível em grandes quantidades (Barrett *et al.*, 2016; Gavilán, 2004; Kern *et al.*, 2017; USGS, 2024). O setor viveirista hortícola utiliza substratos para a germinação de sementes em tabuleiros alveolados, de reduzido volume, sendo, neste caso, o substrato usado por um período não muito alongado, obviando algumas limitações de não ter todas as características físico-químicas adequadas a um substrato para permanência, o que se afigura muito interessante no contexto acima mencionado (Sanjuán, 2008).

A agricultura portuguesa e a indústria agrícola apresentam um panorama com elevados desperdícios. O aproveitamento dos resíduos das culturas que os agricultores não necessitam no final de cada campanha, e cuja acumulação constitui um problema ambiental, bem como os resíduos não comercializados provenientes da indústria hortícola assumem-se como uma aposta muito interessante como alternativas para a formulação de substratos (Gong *et al.*, 2018).

Neste contexto, testámos diferentes resíduos na formulação de substratos, com a exceção dos frutos, por apresentarem um elevado teor de água, privilegiando os tecidos mais lenhificados, que possam conferir melhor estrutura. Esta formulação deve manter, tanto quanto possível, propriedades químicas e físicas próximas às da turfa e, simultaneamente, ser económica e ecologicamente viável (Gong *et al.*, 2018).

Assim sendo, o objetivo principal do trabalho foi a preparação de formulações de materiais vegetais originários de resíduos de culturas, que possam ser utilizados como substrato puro

e/ou em misturas para sementeira de hortícolas. Durante este trabalho, pretendemos verificar a viabilidade de um substrato com matérias-primas renováveis e de elevada disponibilidade. Para isso, foram determinadas as propriedades físicas e químicas das formulações preparadas, e foram feitos ensaios de germinação com sementes de espécies hortícolas de diferentes famílias, de forma a avaliar as condições de germinação de hortícolas.

No final deste trabalho pretendeu-se dar resposta às seguintes perguntas, que nos desafiaram para a criação de um substrato alternativo:

1. Quais as características físicas e químicas de cada resíduo estudado que se aproximam mais das características da turfa?
2. Tendo por base estas características, qual o resíduo que tem uma maior adaptabilidade para o uso em substrato?
3. Quais as plantas que melhor se adaptam a cada formulação?
4. Existirão outras possíveis alternativas para o uso destes resíduos na agricultura?

## 2. Revisão bibliográfica

A agroecologia é uma ciência que integra várias dimensões, inicia-se nos agroecossistemas existentes e acrescenta as dimensões ecológicas, culturais e sociais. Uma abordagem agroecológica tem por base os princípios ecológicos para a criação de sistemas agrícolas sustentáveis e que conservem os recursos naturais (Altieri, 1998; Francisco *et al.*, 2020).

### 2.1 As turfeiras como agroecossistemas

As turfeiras são ecossistemas terrestres de zonas húmidas que se encontram em condições de saturação e anóxicas, ou seja, zonas onde o ambiente aquático não possui oxigénio, existindo uma deficiência em oxigénio. Nestes locais, a taxa de decomposição é menor que a produção de material vegetal, dando origem à acumulação de turfa e à formação do horizonte orgânico (H) (Dhandapani *et al.*, 2023; Kern *et al.*, 2017; Obeng *et al.*, 2023; Räsänen *et al.*, 2023).

Em termos quantitativos, cerca de 3% da superfície terrestre da Terra é coberta por turfa, onde se inclui as turfeiras boreais e subárticas, que acumulam entre 15 a 30% do carbono do planeta Terra (Aleandri *et al.*, 2015; Xu *et al.*, 2021). Assim, a remoção contínua de turfa considera-se problemática, pois a decomposição de grandes quantidades de matéria orgânica é uma fonte de libertação de gases com efeito de estufa, na medida em que, quando a turfa é exposta ao O<sub>2</sub>, desencadeiam-se os processos oxidativos (Kern *et al.*, 2017; Nocentini *et al.*, 2021; Xu *et al.*, 2021).

Estima-se que os principais extratores mundiais de turfa em 2023 sejam, em ordem decrescente de produção, a Finlândia, a Alemanha, a Suécia, o Canadá, a Letónia e a Bielorrússia (USGS, 2024). Estima-se que anualmente, na década de 2000, 50-70 % da turfa extraída foi utilizada para produção de energia, 20-35 % para fins hortícolas e 10-25 % para fins não especificados (Räsänen *et al.*, 2023).

Neste contexto, desde os anos 90, que o Reino Unido estuda as tendências do uso da turfa, a quantidade usada e o uso dos substratos inorgânicos, como substitutos da turfa (Carlile, 2004). Atualmente, é o componente orgânico mais utilizado na formulação de meios de cultivo, pois possui características físicas e químicas, nomeadamente a sua capacidade de troca catiónica ótima para o desenvolvimento de plantas. Esta capacidade reflete-se na quantidade de fração disponível de elementos que estão adsorvidos e estão presentes no complexo de troca. (Kern *et al.*, 2017; Nocentini *et al.*, 2021; Raviv *et al.*, 1998). Desde do final da década de 90 que se debatem formas legislativas para controlar a extração de turfa e regenerar naturalmente as turfeiras (Carlile, 2004).

Diversos autores afirmam que a conversão de turfeiras para solos com outros usos tem impactos nos ecossistemas. Os impactos negativos prendem-se com o aumento da acidez, da degradação do solo com o aumento do carbono orgânico e do azoto que, por consequência, afeta a hidrofobicidade da turfa, reduzindo-a. Os impactos positivos relacionam-se com o aumento da atividade microbiana, que está diretamente relacionada com a menor hidrofobicidade, quanto menos hidrofóbica for a turfa, mais atividade microbiana existe resultante da decomposição da matéria orgânica (MO) (Obeng *et al.*, 2023). As partículas hidrofóbicas presentes na MO repelam a água, enquanto as partículas hidrofílicas retêm água, deixando-a retida nos seus tecidos, aumentando assim a molhabilidade da MO (Moore *et al.*, 2017; Obeng *et al.*, 2023).

A turfa pode ter várias classes e diferentes tipos de composição, consoante o seu grau de decomposição e a sua composição, respetivamente. As classes variam entre H1 e H10, onde o intervalo entre H1 e H3 corresponde à turfa loura, entre H4 e H6 à turfa escura e de H7 até H10 à turfa preta. Dentro de cada classe podem existir diferentes constituições e graus de decomposição diferentes (Raviv *et al.*, 2002). A turfa preta é constituída pelo tipo de turfa *Sphagnum* e a sua extração é feita a uma profundidade maior que as restantes turfás, possuindo uma elevada densidade. Em oposição a este tipo de turfa, temos a turfa loura que também é composta por *Sphagnum*. Esta turfa é colhida de forma cíclica (de 3-4 anos) sendo assim renovável, pois trata-se de uma turfa não decomposta. É apanhada em turfeiras degradadas e que já foram mineradas (Taparia *et al.*, 2021).

De entre vários tipos de turfa que existem (quadro 1), a turfa *Sphagnum* é a mais utilizada nos meios de crescimento para produção de plantas envasadas e de transplantes (Raviv & Medina, 1997). As principais vantagens deste tipo de turfa *Sphagnum* como constituinte dos meios de cultura são: baixa salinidade, boa capacidade de retenção de água e volume de ar (relação ar-água), baixo pH e teor de nutrientes, pouca presença de agentes patogénicos como pragas e infestantes e fácil manuseamento, processamento, classificação e mistura (Kern *et al.*, 2017).

**Quadro 1 - Principais características físicas e químicas dos diferentes tipos de turfa. (Fonte: Raviv *et al.*, 2002)**

Tipo de turfa	Composição	Grau de decomposição	pH	% cinzas	% N	DA (g.cm <sup>3</sup> )
<b><i>Sphagnum</i></b>	<i>Sphagnum</i>	Muito baixo	3-4	1-5	0,6-1,4	0,07-0,11
<b><i>Hypnum</i></b>	<i>Hypnum</i> , <i>Polystriuchum</i> <i>Sphagnum spp.</i>	Baixo	5-7	4-10	2-3,5	0,08-0,16
<b>Reed-sedge</b>	Reeds, sedges, grasses, cattails	Médio	4-7,5	5-18	1,5-3,5	0,16-0,29
<b>Húmus</b>	Não distinguível	Alto	5-7,5	10-50	2-3,5	0,32-0,65

## 2.2 Os substratos para horticultura

Os meios de cultivo que substituem o solo são designados por substratos ou suportes de cultivo. Estes são constituídos por três fases diferentes: fase sólida, líquida e gasosa. Estas fases têm como função dar sustentação, disponibilizar e reter água e nutrientes, permitir as trocas gasosas que ocorrem nas raízes e, ocasionalmente, podem conter microrganismos que interferem nos ciclos dos nutrientes e no controlo de doenças do solo, como as micorrizas e os fungos antagonistas (Ferraz *et al.*, 2005; Kratz *et al.*, 2013; Raviv *et al.*, 1998, 2002; Siriprom *et al.*, 2022).

Os substratos podem ter diferentes formulações, dependendo da finalidade do seu uso. As matérias-primas que os constituem podem ser classificadas pela sua natureza, origem, atividade química e atividade física. Estes podem ser de origem natural, dividindo-se em orgânicos e minerais quanto à sua natureza, e o mesmo acontece aos substratos de origem artificial, que são considerados compostos de natureza sintética (Brito & Mourão, 2012; Louro & Reis, 2020; Mourão, 2007). Estes constituintes estão presentes com várias proporções de forma a obter um substrato com forças matriciais fracas.

A capacidade de reter e disponibilizar água às plantas é considerada uma propriedade física dos substratos fundamental para a germinação das plantas (Gavilán, 2004; Louro & Reis, 2020; Raviv & Medina, 1997). A água ao ficar retida com facilidade (maior potencial matricial), permite que as plantas gastem menos energia para a absorver e ao mesmo tempo tenham um menor risco de deficiência de oxigénio (Raviv *et al.*, 2002).

As plantas produzidas em alvéolos são regadas frequentemente, de forma a manter a zona da rizosfera em condições ótimas. Para isto, torna-se assim fundamental existir uma elevada macroporosidade, que facilita a drenagem após a rega. A drenagem ocorre por gravidade, e estes poros ficam com ar, o fornecimento ininterrupto de oxigénio nas raízes das plantas permite uma oxigenação radicular ideal (Raviv *et al.*, 1998; Raviv & Medina, 1997).

Por outro lado, a atividade química de um substrato é a aptidão do substrato para armazenar, disponibilizar e realizar troca de elementos químicos com a planta, em relação à fertilização aplicada (Louro & Reis, 2020; Raviv & Medina, 1997).

Dentro das matérias-primas naturais orgânicas, destaca-se a turfa, a casca de árvore triturada, a serradura, bagaço e a fibra de coco, por reterem elevados teores de água para as plantas, apresentarem baixa densidade e terem pH ácido (Aleandri *et al.*, 2015; Barrett *et al.*, 2016; Ferraz *et al.*, 2005). As matérias-primas de origem natural mineral mais utilizadas são a vermiculite, a perlite e a pedra pomes, no geral apresentam baixos níveis de poder tampão, de retenção de água e de nutrientes e a atividade química é reduzida (Brito & Mourão, 2012; Ferraz *et al.*, 2005). Nas matérias primas de origem sintética, destaca-se a lã de rocha e a espuma fenólica (Ferraz *et al.*, 2005).

Tendo em conta todas estas características mencionadas, a mais importante do ponto de vista agronómico e empresarial é os substratos deverem estar livres de pragas e doenças, e acima de tudo deverem ter a capacidade de serem facilmente desinfetados após cada época de produção. Esta característica é fundamental pois só assim se consegue garantir que não estamos a proliferar pragas e doenças (Kratz *et al.*, 2013; Raviv *et al.*, 2002, 2004; Xu *et al.*, 2021).

## 2.3 Propriedades químicas

Os substratos utilizados nas culturas sem solo são constituídos por materiais orgânicos e outros inorgânicos, de forma a melhorar as suas propriedades químicas (Siriprom *et al.*, 2022). As propriedades químicas estão correlacionadas, e são dependentes umas das outras, sendo influenciadas e variadas pela disponibilidade de elementos minerais que nelas estão presentes. Os elementos presentes são quantificados, podendo ter origem no substrato ou nas adubações por fertilização (Ferraz *et al.*, 2005; Kratz *et al.*, 2013). A decomposição dos materiais orgânicos origina substâncias húmicas. Estas são as que mais contribuem para as propriedades químicas de um substrato (Gavilán, 2004), pois permitem a troca dos elementos entre o substrato e a água presente no substrato, e conseqüentemente a troca de elementos minerais para as plantas (López, 2005).

Segundo Urrestarazu Gavilán (2004), as propriedades químicas são caracterizadas por três conjuntos de reações. As reações de dissolução e hidrólise dos constituintes minerais (química), as reações entre iões (físico-química) e as reações biodegradáveis da matéria orgânica (bioquímica).

### 2.3.1 Complexo de troca

Os substratos são constituídos por coloides, estes tendem a ter na sua superfície cargas predominantemente negativas ou variáveis (Raviv *et al.*, 2002). Os catiões adsorvidos, que estão livres no solo, são chamados de catiões de troca e quando o substrato está humedecido, estes catiões podem ser trocados por outros, ficando disponíveis para as plantas (Arco-Verde & Moreira, 1998). A este processo de adsorção chamamos de capacidade de troca catiónica (CTC), e a sua grandeza é expressa em  $\text{mmol}_c.\text{kg}^{-1}$ . As cargas negativas presentes nas substâncias húmicas permitem as substituições isomórficas da superfície dos silicatos. As cargas variáveis são determinadas pelo pH, sendo geradas a partir da adsorção de  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  nas superfícies sólidas, como por exemplo nos óxidos metálicos, hidróxidos, silicatos microcristalinos (alofano e imogolita), ou em grupos orgânicos funcionais (Raviv *et al.*, 2002).

O complexo de troca é assim caracterizado por todos os componentes que estão envolvidos na adsorção, sendo constituído por catiões que vão sendo absorvidos pelas plantas. Uma elevada CTC retém os nutrientes, não existindo uma elevada perda de nutrientes (Arco-Verde & Moreira, 1998).

A CTC de substratos orgânicos, como por exemplo a turfa, compostos e resíduos reutilizados, é geralmente alta, com valores a rondar os  $800\text{-}1600 \text{ mmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , dependendo sempre do valor do pH (Raviv *et al.*, 2002). Estes valores alteram quando se considera a fertirrega de forma interrupta, nestes casos, não existe necessidade de ter um substrato com CTC elevada, pode ser um que seja inerte. Se a fertirrega for feita de forma periódica, tem de ser usado um substrato com média a elevada CTC (Gavilán, 2004).

### 2.3.2 Disponibilidade de nutrientes

Os nutrientes presentes nos substratos diferem consoante os constituintes que o compõem. No caso da turfa, esta possui baixos níveis de nutrientes. No caso de materiais orgânicos compostados, estes apresentam na sua constituição elevados teores de nutrientes, variando com a origem do composto orgânico e do processo de compostagem que foi aplicado (Gavilán, 2004; Raviv *et al.*, 2002).

Para um crescimento ótimo das plântulas, deve-se analisar os nutrientes adicionados através do uso de fertilizantes de base durante o processo de germinação e analisar-se o substrato em uso (Gavilán, 2004; Louro & Reis, 2020; Raviv *et al.*, 1986).

Os métodos comumente utilizados para a análise dos nutrientes disponíveis consistem em equilibrar uma amostra de solo com uma solução extrativa. A solução comumente utilizada é uma solução não tamponizada para não existir dispersão da MO. Ao estabelecer-se o equilíbrio, quantificam-se os teores de nutrientes presentes na extração. Também se podem aplicar métodos analíticos mais extensos, onde se analisa a resposta do material vegetal a diferentes concentrações do substrato (Gavilán, 2004).

O nível de referência dos nutrientes para substratos está descrito no quadro 2.

**Quadro 2 - Valores recomendados para os nutrientes presentes na diluição do substrato. (Fonte: Louro & Reis, 2020).**

Variável	Valor ótimo
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,75 – 2
pH	5,2 – 6,3
Relação C/N	20 – 40
Matéria orgânica total (% p/p)	> 80
<b>Nutrientes assimiláveis (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	
Azoto nítrico	100 – 200
Azoto amoniacal	0 – 20
Potássio (K)	150 - 250
Fósforo (P)	6 – 10
Magnésio (Mg)	> 70
Cálcio (Ca)	> 200
Ferro (Fe)	0,3 – 3
Manganês (Mn)	0,02 – 3
Molibdénio (Mo)	0,01 – 0,1
Zinco (Zn)	0,3 – 3
Cobre (Cu)	0,001 – 0,5
Boro (B)	0,05 – 0,5

### 2.3.3 pH

O valor do pH que é medido nos substratos mede a acidez ou a alcalinidade que é medida em g/l, através da concentração dos iões de hidrogénio (H<sup>+</sup>) na sua solução (Velooso *et al.*, 2022). A acidez ou alcalinidade influencia a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca catiónica e a atividade biológica. O pH alcalino maior que 8,5, reduz a disponibilidade de fósforo, potássio, manganês, boro e zinco, causando carências nas plantas. Em meio muito

ácido, com valores de pH abaixo de 5, existem carências de azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre e molibdénio (Louro & Reis, 2020).

#### **2.3.4 Razão C/N e C/P**

A razão carbono azoto (C/N) presente no solo indica o seu estado de fertilidade. O C da matéria orgânica presente no solo tende a decompor-se mais rapidamente que o azoto, baixando a razão C/N. Esta degradação ocorre sob a forma de CO<sub>2</sub>, este, no entanto continua a fazer parte de novas moléculas que se vão formando. O fornecimento de azoto às plantas pelo solo resulta da mineralização da matéria orgânica. A MO (fase amorfa) quando se decompõe, fornece elementos, mas o carbono não se decompõe. A atividade biológica do solo é mais elevada quando a razão C/N é mais reduzida (Veloso *et al.*, 2022).

#### **2.3.5 Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica resulta da presença de iões em solução, quando a quantidade elétrica aumenta no exterior da raiz, restringe-se a absorção de água pela planta, causando stress hídrico e impedindo a absorção da água (Louro & Reis, 2020).

## **2.4 Propriedades físicas**

As propriedades físicas de um substrato são influenciadas pelas diferentes matérias-primas que constituem as formulações dos substratos (Brito & Mourão, 2012; Mourão, 2007; Siriprom *et al.*, 2022). As diferentes formulações podem ter comportamentos diferentes através da rega e da fertirrega (Kratz *et al.*, 2013).

O comportamento das propriedades físicas varia com a forma de regar, com o uso de diferentes tipos de tabuleiros e com a forma dos alvéolos, onde o seu volume também varia (Ferraz *et al.*, 2005). De forma geral, sem ter em conta o material utilizado, os alvéolos com maior volume possuem um maior arejamento do meio e menor capacidade de água disponível, por unidade de volume, influenciando assim a relação entre o ar e a água dos substratos (Brito & Mourão, 2012; Mourão, 2007). Brito e Mourão (2012) apontam que Cavins definiu quatro fatores que afetam a movimentação da água e do ar nos alvéolos: “o substrato (componentes e quantidades); o recipiente; as práticas de rega, e os procedimentos de manuseamento dos substratos”.

A conjugação de critérios para se ter um substrato ótimo deve-se à necessidade de ter plantas o mais homogêneas possível, e isto só se consegue com materiais com características uniformes, mas ao mesmo tempo a necessidade de serem economicamente viáveis. Na realidade, não existe o substrato ideal, cada substrato deve ser específico para cada situação, e as suas características podem variar se a tecnologia utilizada também variar (Mourão, 2007; Schmitz; *et al.*, 2002).

As propriedades físicas de um substrato estão centradas em dois aspetos: as características da fração sólida, onde se define a granulometria das partículas quanto à sua forma e tamanho, que tem influência direta no volume de ar e de água retida pelo substrato; e a geometria dos poros entre as partículas, que depende das suas características e da forma como o substrato foi manuseado, mais em particular da densidade com que o substrato foi empacotado, foi colocado nos tabuleiros e nos alvéolos (Brito & Mourão, 2012; Gruda & Schnitzler, 1999). Estes aspetos dão a informação da caracterização física dos substratos, que são importantes, pois estas características são constantes e não podem ser alteradas (Gruda & Schnitzler, 1999).

### **2.4.1 Granulometria**

O tamanho e a proporção relativa de partículas de diferentes dimensões num substrato condicionam a relação ar/água. A dimensão das partículas correlaciona-se com o tamanho dos poros, embora esta relação não seja fácil de quantificar, pois a sua forma pode ser angulosa a arredondada, não sendo o tamanho médio das partículas um bom indicador. Os substratos podem classificar-se em 3 classes: finos, médios e grosseiros (Louro & Reis, 2020). Segundo Louro e Reis, para viveiros em placas de alvéolos de pequena dimensão podem

adotar-se os seguintes níveis de granulometria e a respetiva influência nas propriedades físicas descritos no quadro 3. De forma geral, os substratos finos são indicados para viveiros e os médios e os grosseiros para enraizamento e produção (Gavilán, 2004; Raviv *et al.*, 1986).

**Quadro 3 - Caracterização das partículas de acordo com o seu tamanho e respetiva influência nas propriedades físicas, para substratos de viveiros em placas de alvéolos pequenos (Fonte: Louro & Reis, 2020 - adaptado pelo autor).**

Designação (fração)	Tamanho (mm)	Crivo		Propriedade influenciadora	Efeito
		Passam por	São retidas por		
<b>Grosseira</b>	> 2	-	10		
<b>Media</b>	0,5 – 2	10	35	Capacidade de ar	Redução
<b>Fina</b>	0,25 – 0,5	35	100		
	0,15-0,25				
<b>Pó</b>	0,10 - 0,15	100	-	Água facilmente utilizável	Aumento
	0,05 – 0,10				
	< 0,05			Capacidade de ar	Redução

#### 2.4.2 Porosidade

Na constituição do substrato é fundamental considerar a questão da porosidade, esta pode dividir-se em dois tipos de porosidade, mas ambos constituem a porosidade total do substrato. A porosidade total pode dividir-se em macroporosidade e em microporosidade. A macroporosidade está associada ao arejamento, correspondendo aos maiores poros, tendencialmente ocupados por ar. A microporosidade refere-se aos pequenos poros entre as partículas sólidas do substrato onde a água que vai ser utilizada pelas plantas se encontra retida (Ferraz *et al.*, 2005). Os materiais a utilizar deverão permitir elevadas proporções de ambas.

A força com que a água está retida no substrato é designada como potencial total da água ( $\psi_t$ ), e é expressa em Pascal, segundo as unidades do sistema internacional (SI), podendo ser também expressa em altura ou em logaritmo da coluna de água (Louro & Reis, 2020). O  $\psi_t$  é determinado pela combinação de três potenciais. O potencial obtido pela força da gravidade ( $\psi_g$ ), o potencial matricial ( $\psi_m$ ) resultante das forças de adesão entre as partículas e as moléculas de água e de coesão entre as moléculas de água, e o potencial osmótico ( $\psi_o$ ) presente na força entre as partículas dissolvidas e as moléculas de água (Raviv *et al.*, 2004). Estes três potenciais, resultam na equação seguinte:

$$\psi_t = \psi_g + \psi_m + \psi_o$$

Após a rega, a força gravítica tem um impacto direto na extração de água dos macroporos, fazendo com que a água fique retida nos microporos. A força capilar, que retém a água nos microporos, é superior à força da gravidade, retendo a água (Louro & Reis, 2020).

A relação entre a quantidade de água presente no substrato e o seu potencial matricial dá origem à curva de retenção de água. Esta é fundamental para a perceção da disponibilidade

de água existente no substrato que está disponível para as plantas (Ferraz *et al.*, 2005). Isto acontece, pois as forças de adesão e coesão fazem com que a água fique mais retida sempre que está em contacto com uma maior superfície das partículas sólidas. No caso dos substratos, o valor ótimo do  $\psi_m$  varia entre - 0,001 e - 0,01 MPa (Raviv *et al.*, 2002, 2004).

### **2.4.3 Humidade**

O teor de humidade presente nas formulações depende da humidade presente nos materiais. Os materiais que são humedecidos antes de se fazer a mistura dos substratos originam uma sobrequantificação das características físicas dessa formulação, pois as partículas mais pequenas tendem a hidratar (expandir) e, ao misturarem-se com partículas de diâmetros maiores, estes irão absorver a água em excesso e reter ar. Quando os materiais são misturados a seco, as partículas mais pequenas tendem a aglomerar-se às grandes, não preservando a porosidade (Brito & Mourão, 2012).

### **2.4.4 Densidade aparente**

A densidade aparente afeta diretamente a capacidade de suporte das plantas, a capacidade de ancoragem das raízes e a facilidade de transporte dos recipientes (Louro & Reis, 2020). Esta variável é expressa em  $\text{g.cm}^{-3}$ , e é a relação entre a massa sólida e o seu volume no estado natural (Raviv *et al.*, 2002). Os valores de referência para os substratos orgânicos variam entre 0,05 e 0,30  $\text{g.cm}^{-3}$ . Estes valores variam conforme as situações meteorológicas, nomeadamente o vento, pois o substrato deve ser suficientemente pesado para evitar que os vasos tombem e ao mesmo tempo leve para as raízes conseguirem explorar todo o volume do contentor (Louro & Reis, 2020).

A sua quantificação é feita usando material húmido onde este pode assentar ou ser comprimido utilizando uma pressão e um volume conhecido. Existem diversos métodos para a medição da densidade aparente e estes podem ser encontrados nos trabalhos de Verdonck & Gabriels (1992) e seus derivados. O material húmido é completamente seco e posteriormente é pesado. Esta característica física varia consoante o material que estamos a utilizar, pois o diâmetro das partículas e o espaço entre elas varia, modificando o valor da compactação e da densidade aparente, em geral, partículas maiores irão ter valores mais elevados (Barrett *et al.*, 2016).

As culturas em estufa de alta densidade requerem meios de baixa densidade aparente, pois ao serem regadas frequentemente podem estar sujeitas à falta de oxigénio se a condutividade hidráulica e a porosidade não forem altas. A densidade deve variar consoante o volume do recipiente utilizado, normalmente, quanto maior o recipiente maior a densidade aparente (Ferraz *et al.*, 2005; Raviv *et al.*, 2002).

O quadro 4 apresenta os valores de referência para as propriedades físicas dos substratos.

Quadro 4 - Valores recomendados para as propriedades físicas dos substratos. (Fonte: Mourão, 2007)

Variável	Valor ótimo (% v/v)
Espaço poroso total	> 85
Capacidade de ar	20 a 30 / 10 a 45
Água facilmente utilizável	20 a 30
Água de reserva	4 a 10
Água total	24 a 40
Densidade	< 0,4
Contração do volume após secagem	< 30
Granulometria	0,25 a 2,5 mm
Valor mínimo	0,5 a 1 mm

## 2.5 Componentes do substrato

Os componentes/matérias primas utilizados não estão disponíveis todo o ano, eles são sazonais e a produção feita em estufa só permite obter os resíduos no final de cada ciclo cultural.

A cultura do tomate pode ter a duração anual ou de 6 meses em estufa. O ciclo da aboborinha difere com o mercado e as condições da estufa, sendo na maioria dos casos a cultura intermédia do tomate. O ciclo pode ser curto ou longo, demorando 2 meses ou 5 meses, respetivamente. Nos ciclos curtos, a planta tende a ser mais pequena, podendo existir um compasso mais pequeno de 3 motes em cada saco; se o ciclo for longo, o compasso é maior, de 2 motes por saco, ou seja 0,75 x 2 m. Os ciclos curtos aplicam-se quando a cultura antecedente que está na estufa tem muitos problemas fitossanitários e tem de ser removida mais cedo, fazendo com que só dure 2 meses. Os ciclos longos são planeados, já com o intuito de durar mais tempo, normalmente faz-se depois da cultura do tomate (Saraiva *et al.*, 2022).

A couve-brócolo, apesar de ser produzida todo o ano, por necessidade dos mercados, tem picos de produção no inverno e no verão a quantidade produzida diminui. O subproduto proveniente desta cultura, talos, folhas e algumas inflorescências, considera-se que ocorre durante o ano todo, podendo existir um aumento no inverno e uma descida no verão (B. Açoires, n.d.-a).

A cebola tem duas épocas de produção, no entanto, as cebolas estão disponíveis todo o ano. Estas ficam armazenadas em arcas para que o tempo de conservação dure o ano todo. Por este motivo considera-se que o resíduo obtido é mensal, e é obtido sempre que se retira um palote da arca e é calibrado e embalado.

No quadro 5 está um calendário com o fim do ciclo das culturas em estudo. Este dá a previsão da disponibilidade das matérias-primas de forma anual.

Quadro 5 - Descrição do fim das culturas em estudo. Castanho - todo o ano, Verde - época de maior produção, azul - época de menor produção de resíduo. (Fonte: B. Açores, n.d.-b, n.d.-a; Saraiva *et al.*, 2022)

Cultura	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Tomate em estufa												
Aboborinha em estufa												
Aboborinha ao ar livre												
Couve brócolo												
Cebola												

### 2.5.1 Cultura do tomate

O tomateiro, *Solanum lycopersicum* L., pertence à família das Solanáceas e é uma das nove espécies pertencentes ao género *Solanum*. A sua origem é da zona costeira ocidental da América do Sul, e foi introduzida na Europa no século XVI. A produção é maioritariamente feita no hemisfério norte, onde o clima é mediterrâneo e de savana tropical (Almeida, 2006b). Dentro dos maiores produtores do mundo destaca-se a China, como sendo o maior produtor mundial de tomate, com uma produção de  $6,83 \times 10^7$  t no ano de 2022.

A figura 6 descreve a evolução da produção dos maiores produtores mundiais de tomate, com a exceção da China, onde se distingue os países como a Índia, a Turquia, os Estados Unidos da América (EUA), o Egipto e a Itália como sendo os mais produtores. É de destacar, que dentro destes, existem países da bacia do mediterrâneo. A área da produção mundial que é ocupada por *Solanum lycopersicum* é de  $4,9 \times 10^6$  ha, o que corresponde a uma produção de  $186,1 \times 10^6$  t (FAO, 2023).

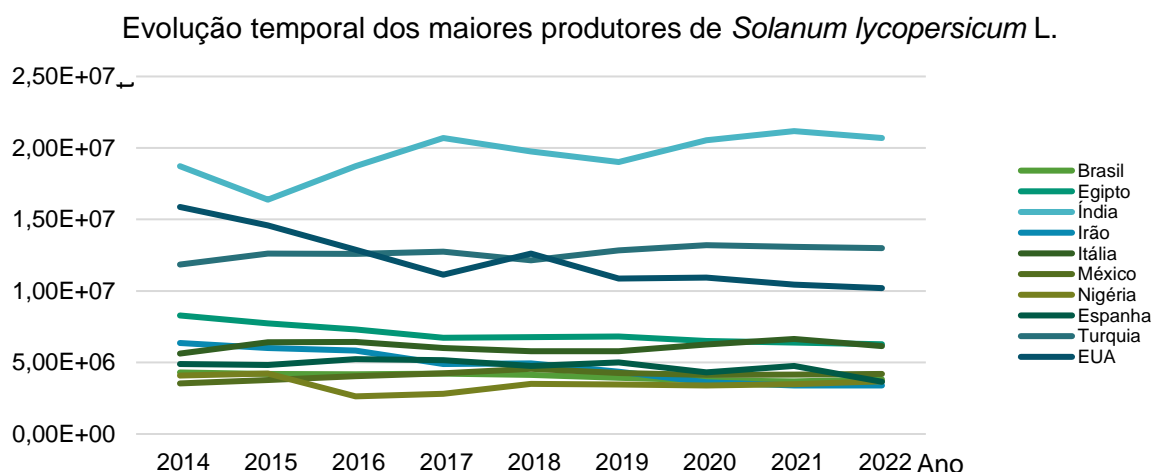


Figura 1 - Descrição da evolução dos países mais produtores de *Solanum lycopersicum*, entre 2014 e 2022. (Fonte: FAO, 2023)

Em Portugal, entre o ano de 2014 e 2022, a superfície (ha) utilizada para a produção de tomate e a quantidade de produção (t) que se obteve de *Solanum lycopersicum* (INE, 2016,

2018, 2021, 2023) está relatada no quadro 6. Neste quadro, distingue-se a produção para indústria e para fresco, assumindo que o modo de produção para a indústria é no solo e o modo de produção do tomate fresco é em estufa.

De forma a estimar a quantidade de resíduos da cultura, colocámos a seguinte hipótese de trabalho: O tomate de indústria tem um compasso médio de plantação de 1,5 x 0,18 m (Almeida, 2006b) e o peso fresco médio da rama é de 0,4 kg/planta. O tomate para fresco é produzido com um compasso médio de 1 x 0,25 m e o peso unitário da rama é de 1,05 kg. Considera-se que 60 % da superfície de tomate fresco é produzido a 3 hastes e que o restante a 2 hastes. Esta diferença deve-se à disparidade do clima, que cria zonas com muita humidade, não permitindo aos agricultores aumentar a densidade de plantação dentro da estufa (fonte: contacto direto com agricultor).

**Quadro 6 - Dados da produção de *Solanum lycopersicum* L. entre 2014 e 2022, com a quantificação de resíduos. (Fonte: INE, 2016, 2018, 2021, 2023)**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Tomate de indústria</b>									
<b>Superfície</b> (x10 <sup>4</sup> ha)	1,72	1,94	1,95	1,96	1,45	1,47	1,33	1,59	1,52
<b>Produção</b> (x10 <sup>6</sup> t)	1,31	1,83	1,60	1,65	1,23	1,44	1,26	1,59	1,28
<b>Produtividade</b> (t. ha <sup>-1</sup> )	76,1	94,7	82,1	84,4	84,8	97,6	94,2	99,9	84,1
<b>Nº de plantas</b> (x10 <sup>7</sup> )	4,65	5,23	5,26	5,28	3,91	3,98	3,60	4,30	4,10
<b>Resíduos verdes</b> (x10 <sup>4</sup> t)	1,86	2,09	2,10	2,11	1,56	1,59	1,44	1,72	1,64
<b>Tomate fresco</b>									
<b>Superfície</b> (x10 <sup>3</sup> ha)	1,25	1,45	1,38	1,32	1,37	1,15	1,72	1,78	1,39
<b>Produção</b> (x10 <sup>4</sup> t)	8,92	9,66	9,55	9,72	1,04	9,13	1,44	1,50	1,28
<b>Produtividade</b> (t. ha <sup>-1</sup> )	71,39	66,78	69,43	73,47	75,83	79,15	83,62	84,45	92,00
<b>Nº de plantas</b> (x10 <sup>7</sup> )	6,49	7,52	7,15	6,88	7,11	6,00	8,95	9,24	7,24
<b>Resíduos verdes</b> (x10 <sup>4</sup> t)	6,49	7,52	7,15	6,88	7,11	6,00	8,95	9,24	7,24

Os sistemas de cultura utilizados na produção de tomate podem ser três:

- Horto-industrial, em que a cultura se efetua ao ar livre de forma extensiva, totalmente mecanizada, destinada à indústria do concentrado;
- Cultura em estufa no solo;
- Cultura sem solo.

Os sistemas de cultivo em estufa no solo e sem solo são ambos exigentes em mão de obra, controlo ambiental e da fitotecnia das plantas. Estes sistemas têm como destino produtos para consumo em fresco (Almeida, 2006b).

A plantação dos tomateiros difere com o sistema de produção utilizado, nos sistemas em estufa sem solo utilizam-se motes (figura 2) e nos sistemas de cultivo em solo utilizam-se alvéolos (Almeida, 2006b).



Figura 2 - Cultura do tomate em estufa.

O órgão economicamente comercializável é o fruto. Este pode ser comercializado em fresco, consumido cru ou cozinhado ou processado pela indústria da transformação como os concentrados (Almeida, 2006b), sendo os resíduos essencialmente constituídos pelas folhas e caules.

### 2.5.2 Cultura da aboborinha

A aboborinha, *Cucurbita pepo* L., pertence à família Cucurbitaceae, esta espécie produz frutos comestíveis de forma não arredondada que são colhidos e consumidos no estado imaturo. Todas as espécies do género *Cucurbita* tiveram origem e foram domesticadas na América (Almeida, 2006b). A China é o maior produtor de *Cucurbita pepo* L., tem uma produção de  $7,73 \times 10^7$  t. Na figura 3 está a descrição da evolução da produção dos países com mais produção de aboborinha com a exceção da China. A Turquia, o Cazaquistão, o México, o Uzbequistão, a Ucrânia são os principais produtores mundiais, no entanto, a área mundial é de  $2,17 \times 10^6$  ha e a produção é aproximadamente de  $94,7 \times 10^6$  t (FAO, 2023).

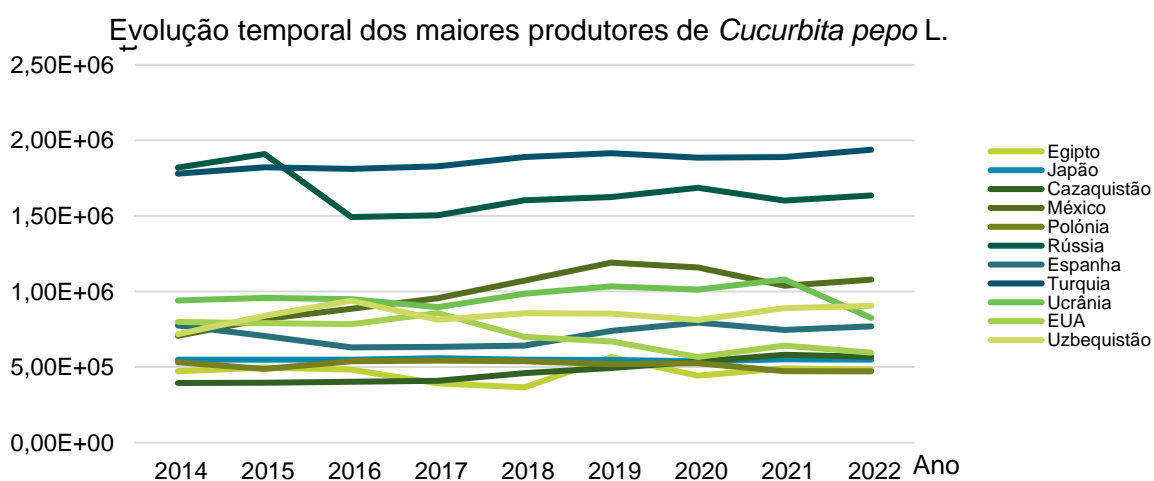


Figura 3 - Descrição da evolução dos países maiores produtores de *Cucurbita pepo* L., entre 2014 e 2022. (Fonte: FAO, 2023)

Entre o ano de 2014 e 2022, em Portugal, a superfície (ha) e a produção(t) de *Cucurbita pepo* L. tem tido oscilações, ao contrário da produtividade, que tem vindo a aumentar, tendo quase duplicado, como se evidencia no quadro 7 (INE, 2016, 2018, 2021, 2023). De forma a estimar a quantidade de resíduos da cultura, colocámos a seguinte hipótese de trabalho: a aboborinha tem um compasso médio de plantação de 0,75 x 2 m, com uma haste em cada mote e o peso fresco médio da rama é de 0,625 kg/planta (fonte: contacto direto com agricultor).

**Quadro 7 - Dados da produção de *Cucurbita pepo* L. entre 2014 e 2022, com a quantificação de resíduos (Fonte: INE, 2016, 2018, 2021, 2023).**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Aboborinha</b>									
<b>Superfície</b> (x10 <sup>2</sup> ha)	6,15	4,46	5,72	4,64	4,56	3,89	7,68	7,63	5,56
<b>Produção</b> (x10 <sup>4</sup> t)	1,83	1,79	2,63	2,41	2,03	1,77	3,40	3,62	2,84
<b>Produtividade</b> (t. ha <sup>-1</sup> )	29,83	40,09	45,99	52,03	44,57	45,51	44,22	47,48	51,15
<b>Nº de plantas</b> (x10 <sup>6</sup> )	4,10	2,97	3,81	3,09	3,04	2,59	5,12	5,09	3,71
<b>Resíduos verdes</b> (x10 <sup>3</sup> t)	2,56	1,86	2,38	1,93	1,90	1,62	3,20	3,18	2,32

O sistema de produção é ao ar livre ou em estufa no inverno. O sistema de produção no verão pode ser ao ar livre, ou em estufa. Este último caso ocorre quando a aboborinha vai substituir o tomateiro em situações em que a cultura do tomateiro está a ocorrer de forma menos favorável. O compasso utilizado difere com o modo de produção, sendo este de 1,8 x 0,7 m ao ar livre e 2 x 0,75 m em estufa. A plantação costuma ser feita com plantas germinadas em placas alveoladas de 3,8 x 3,8 cm pois esta semente é grande, o que faz com que necessite de mais espaço para germinar e depois se estabelecer em boas condições. As pragas e doenças podem ser semelhantes independentemente da altura do ano de cultivo, sendo os impactos climáticos aqueles que podem causar mais prejuízos de forma repentina (ex.: geada na estufa o que leva a que as plantas fiquem queimadas (figura 4)) (Açores, n.d.-b, contacto direto com agricultor).



Figura 4 - Cultura da aboborinha em estufa. a - No inverno, utilização de manta térmica como proteção contra a geada. b - Crescimento do talo. c - Na primavera (fonte: contacto direto com agricultor).

Na aboborinha os órgãos que são usados para consumo são o fruto ou a flor, sendo normalmente descartadas as folhas e os talos. Existem vários estudos para o aproveitamento das folhas de aboborinha, no sentido da criação de novos alimentos com o uso desta matéria-prima (Saloio, 2022). Para a criação destes alimentos foi feita a análise mineral das folhas e dos caules, como demonstrado no quadro 8.

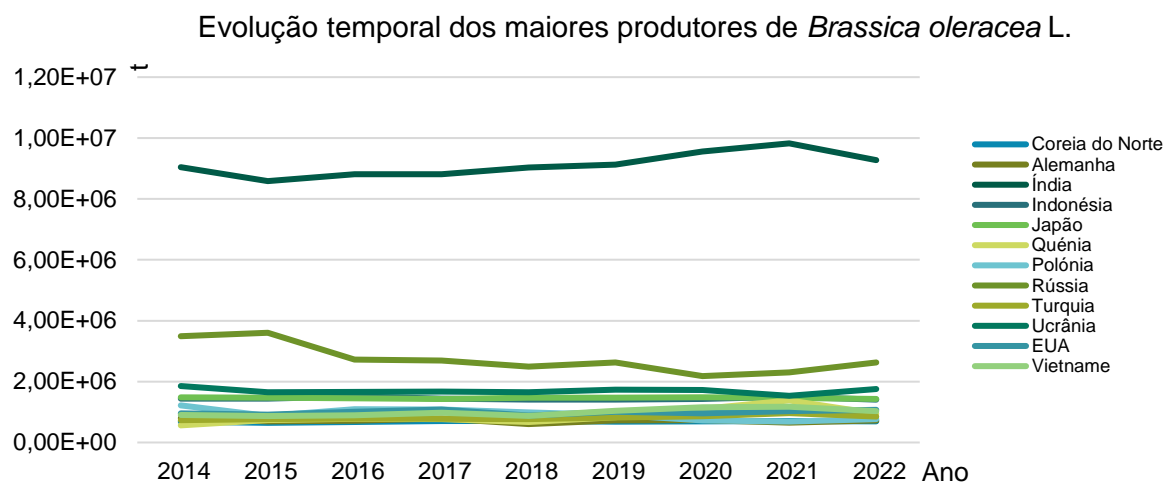
Quadro 8 - Composição mineral (mg/100 g de matéria seca) de pó de folhas e de pó de caules de aboborinha (Fonte: Saloio, 2022)

Mineral	Cultura	
	Aboborinha	
	Folhas	Caules
Sódio (mg)	77,54	92,79
Potássio (mg)	2504,51	5333,08
Cálcio (mg)	7702,07	4053,22
Magnésio (mg)	600,07	776,47
Fósforo (mg)	515,83	680,30
Enxofre (mg)	449,98	141,30
Ferro (mg)	32,21	13,38
Cobre (mg)	1,51	0,87
Zinco (mg)	26,85	6,72
Manganês (mg)	6,44	2,41
Boro (mg)	3,75	2,43

### 2.5.3 Cultura da couve-brócolo

A *Brassica oleracea* L. var *italica* Plenck, com o nome comum de brócolo ou couve-brócolo, pertence à família Brassicaceae. Esta espécie surgiu no Mediterrâneo Oriental, e só no século XX é que se espalhou para os EUA e para os restantes países europeus (Almeida, 2006a). A China é o maior produtor de *Brassica oleracea* L. var *italica* Plenck, tendo uma produção de  $3,53 \times 10^7$  t no ano de 2022. A evolução dos principais produtores de couve-brócolo está descrita na figura 5, com a exceção da China. A Índia, a Rússia, a Ucrânia, o Japão e a

Indonésia são os principais produtores mundiais, contribuindo para uma produção mundial de  $2,33 \times 10^6$  ha e uma produção aproximadamente de  $72,6 \times 10^6$  t (FAO, 2023).



**Figura 5 - Descrição da evolução dos países maiores produtores de *Brassica oleracea* L., entre 2014 e 2022, com a exceção da China. (Fonte: FAO, 2023)**

A sua produção em Portugal é recente, sendo predominante na zona do Ribatejo e Oeste (Almeida, 2006a). A superfície cultivada tem tido oscilações com tendência a aumentar quando comparados o ano de 2014 e 2022. A superfície (ha) e a produção (t) de *Brassica oleracea* L. var *italica* Plenck, estão no quadro 9 (INE, 2016, 2018, 2021, 2023). De forma a estimar a quantidade de resíduos da cultura, colocámos a seguinte hipótese de trabalho: a couve-brócolo tem um compasso médio de plantação de 0,4 x 0,4 m (Almeida, 2006a) e o peso fresco médio da rama é de 0,350 kg/planta (fonte: contacto direto com agricultor).

**Quadro 9 - Dados da produção de *Brassica oleracea* L. entre 2014 e 2022, com a quantificação de resíduos. (Fonte: INE, 2016, 2018, 2021, 2023)**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Couve-brócolo</b>									
<b>Superfície</b> ( $\times 10^3$ ha)	2,54	2,06	2,55	2,89	3,24	3,13	3,95	3,01	3,20
<b>Produção</b> ( $\times 10^4$ t)	2,50	3,36	3,05	3,71	3,69	3,80	4,62	3,95	3,26
<b>Produtividade</b> (t. ha <sup>-1</sup> )	9,82	16,29	11,95	12,85	11,39	12,15	11,69	13,11	10,16
<b>Nº de plantas</b> ( $\times 10^8$ )	1,59	1,29	1,60	1,80	2,02	1,95	2,47	1,88	2,00
<b>Resíduos verdes</b> ( $\times 10^4$ t)	5,57	4,51	5,59	6,31	7,08	6,84	8,64	6,59	7,01

O sistema de produção é feito em solo ao ar livre, o terreno é armado em camalhões, normalmente com um compasso no camalhão com duas linhas de 0,5 x 0,5-0,55 m, e uma distância entre camalhões de 1,50 m. A plantação costuma ser feita com plantas já germinadas (plântulas), de forma a existir uma maior uniformidade de plantação. Estas são germinadas em alvéolos de 2,5 x 2,5 cm, pois a semente é mais pequena quando comparado com a aboborinha.

Esta hortaliça é comercializada em fresco ou em congelado e tem como órgãos economicamente comercializáveis a sua inflorescência e as folhas que a envolvem, não se aproveitando nem os talos nem as folhas mais rasteiras. Os restos da cultura que ficam no solo costumam ser incorporados (Almeida, 2006a). Os restos da indústria costumam ser utilizados para na alimentação de bovinos (fonte: contacto direto com agricultor).

### 2.5.4 Cultura da cebola

A cebola, *Allium cepa* L., pertence à família Alliaceae, e possui diversas variedades, como a *Allium cepa* var. *cepa* (Cebola); *Allium cepa* var. *aggregatum* (Chalota) e *Allium cepa* var. *viviparum* (Cebola do Egípto) (Almeida, 2006a). Na figura 6, a Ásia é a principal produtora de cebola, seguida da América. Os maiores produtores são a Argélia, a China, o Egípto, os EUA e o Bangladesh. A produção mundial tem um peso de  $5,97 \times 10^6$  ha e a produção é aproximadamente de  $110,6 \times 10^6$  t (FAO, 2023).

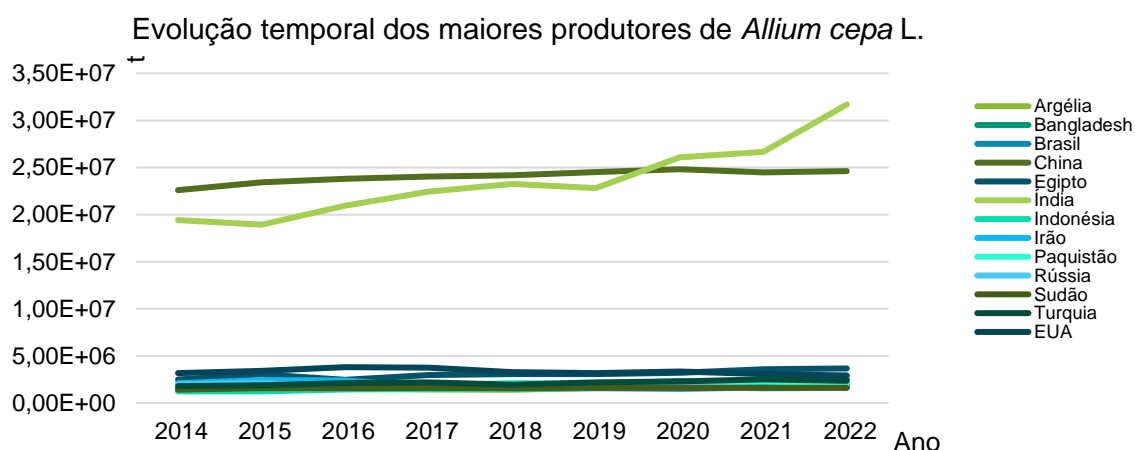


Figura 6 - Descrição da evolução dos países maiores produtores de *Allium cepa* L., entre 2014 e 2022. (Fonte: FAO, 2023)

Em Portugal a produção, a superfície (ha) e a produção(t) de *Allium cepa* L., entre o ano de 2014 e 2022, estão descritas no quadro 10 (INE, 2016, 2018, 2021, 2023). De forma a estimar a quantidade de resíduos da cultura, colocámos a seguinte hipótese de trabalho: a cebola, em média tem um compasso médio de plantação de  $0,3 \times 0,1$  m (Almeida, 2006a) e o peso fresco médio da rama é de  $0,08$  kg/planta (fonte: contacto direto com agricultor).

Quadro 10 - Dados da produção de *Allium cepa* L. entre 2014 e 2022, com a quantificação de resíduos. (Fonte: INE, 2016, 2018, 2021, 2023)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Cebola</b>									
<b>Superfície</b> ( $\times 10^3$ ha)	1,99	1,79	1,95	1,69	1,52	1,61	1,97	1,98	1,57
<b>Produção</b> ( $\times 10^4$ t)	5,71	5,94	6,99	6,42	5,40	6,23	7,10	6,61	6,04
<b>Produtividade</b> (t. ha <sup>-1</sup> )	28,7	33,3	36,0	38,0	35,5	38,8	36,0	33,4	38,4
<b>Nº de plantas</b> ( $\times 10^8$ )	6,63	5,95	6,48	5,63	5,07	5,35	6,57	6,60	5,25
<b>Resíduos verdes</b> ( $\times 10^4$ t)	5,31	4,76	5,19	4,50	4,06	4,28	5,26	5,28	4,20

O sistema de produção pode envolver três formas diferentes de instalação da cultura:

- Sementeira direta;
- Transplantação com raiz nua ou protegida;
- Plantação de bolbos de pequeno calibre.

A escolha da forma de instalação depende do tipo de produção que se pretende e da altura do ano em que se planta. A germinação feita em placas alveoladas costuma ser feita em alvéolos de 3 x 3 cm, pois a semente é a mais pequena de todas as que estamos a estudar, mais ainda que a da couve-brócolo.

A cebola é consumida em fresco ou após a transformação industrial, o órgão economicamente comercializável é o bolbo. A cebola fresca considera-se que pode estar seca (bolbo maturo) ou cebolas verdes (bolbo imaturo com folhas) (Almeida, 2006a).

## 2.6 Processo de criação de substratos orgânicos

Os materiais orgânicos que constituem os substratos antes de serem incorporados nas misturas são tratados. Como já referido, a turfa é esterilizada de forma a remover todos os patogénios presentes. Outros materiais orgânicos têm igualmente de passar por um processo de esterilização ou de tratamento dos materiais com vista à redução da carga patogénica. Os subprodutos produzidos nas agroindústrias devem passar por um processo de tratamento, e a compostagem pode ser uma alternativa, por oferecer um destino correto para esses resíduos, minimizando seu impacto negativo ao ambiente, além de promover o devido tratamento para os mesmos, melhorando suas características (Francisco *et al.*, 2020).

A compostagem é definida pela decomposição de matéria orgânica de forma natural, através de um conjunto de processos biológicos independentes e microbiológicos aeróbios e anaeróbios (Batista & Batista, 2007).

A decomposição aeróbia de sólidos orgânicos consiste na conversão de materiais putrescíveis num produto final, estabilizado pela ação microbiana, o composto orgânico resultante (Pilar Román *et al.*, 2013). Os processos anaeróbios não necessitam de oxigénio.

A relação entre ambos os processos dependem de propriedades físicas, como a porosidade, de propriedades químicas, como o teor de água e da disponibilidade de nutrientes. Um elevado volume de matéria orgânica gera um bom isolamento térmico, a oxidação microbiana do carbono ocorre espontaneamente, a este processo chamamos de autoaquecimento. O rápido aumento da temperatura envolve uma transição rápida da flora mesófila para a termófila (Batista & Batista, 2007; Pilar Román *et al.*, 2013).

Segundo Batista & Batista (2007) , os organismos termófilos eliminam a grande parte dos fungos, bactérias e nemátodes. Os esporos dos fungos podem não ser eliminados por serem resistentes ao calor e à falta de água, podendo sobreviver no solo durante vários anos. Este aspeto é relevante, pois em condições de aplicação destes materiais compostados em solos de cultivos pode ser prejudicial, por exemplo: *Olpidium brassicae* é um vector de vírus na cultura de alface, *Plasmodiophora brassicae* é um fungo bastante ameaçador na cultura de couves. A população microbiana antagonista é predominantemente constituída por microrganismos mesófilos, que, com a elevação máxima do valor de temperatura, colonizam o composto. Entre os microrganismos com capacidade de funcionar como agentes de biocontrolo, encontram-se bactérias do género *Bacillus*, *Enterobacteria*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* e fungos como *Penicillium ssp.*, espécies de *Trichoderma*, *Gliocladium virens* entre outros.

Estes organismos podem ser eliminados durante a fase termofílica, mas recolonizam novamente o composto, à medida que a temperatura vai diminuindo.

É importante referir que o vírus do mosaico do tabaco (TMV), não necessita de vetor, logo carece de uma atenção redobrada porque na presença de uma cultura suscetível pode ser prejudicial por estar presente no composto.

### **3. Material e métodos**

Os materiais vegetais utilizados para a elaboração desta tese já foram previamente caracterizados quanto à sua constituição. Estes têm origem em indústrias transformadoras, como os resíduos da cultura da couve-brócolo e da cebola, e em produtores como a cultura do tomate e da aboborinha.

Os componentes que serão utilizados neste estudo serão os subprodutos da atividade agrícola das culturas do tomateiro, da aboborinha, da couve-brócolo e da cebola. Os materiais a usar envolverão:

1. Rama da cultura do tomate cultivado em estufa;
2. Rama da cultura da aboborinha cultivada em estufa;
3. Talos, folhas e inflorescências da cultura da couve-brócolo resultante da calibração das inflorescências feita em armazém e após o processamento;
4. Cascas e eventuais raízes da cultura da cebola que são removidas no armazém após o processamento.

pelo que se fará uma breve abordagem a características associadas a estes materiais.

#### **3.1 Preparação do material vegetal**

A receção das matérias-primas foi feita no Instituto Superior de Agronomia (ISA), durante os meses de outubro e abril no caso da cultura do tomate, abril na cultura da aboborinha, novembro na cultura do brócolo e março para a cultura da cebola. A secagem foi feita numa estufa de polietileno de iluminação natural com a amplitude dos valores da temperatura entre 18 e 28 °C. A estufa tem como características uma altura de 3 m, um comprimento de 20 m e 10 m de largura. A ventilação é feita através de aberturas laterais contínuas, que podem atingir 1 m de altura. A abertura e fecho das mesmas é feita de forma manual, e foi ajustada sempre que necessário durante a secagem, no entanto, a abertura virada a Nor-nordeste variou entre 0,2 - 0,4 m e a abertura virada a su-sudoeste permaneceu totalmente fechada. As matérias-primas de todas as culturas foram dispostas em bancadas de rede, em camadas, proporcionando o arejamento da parte superior dos materiais e a sua parte inferior também. O tempo de secagem variou conforme a altura do ano da secagem, meses húmidos e com pouca radiação solar (meses de inverno) fazem com que o tempo de secagem seja maior e o reviramento do material vegetal tenha de ser efetuado com maior frequência.

O seccionamento das matérias-primas foi efetuado de forma diferente para cada cultura (figura 7). Nas culturas do tomate e da aboborinha separou-se o material com tecido foliar (parenquimatoso) do material sem tecido foliar. Na cultura da couve descartámos as inflorescências, por reterem muita humidade e separámos os caules das folhas. Na cultura da

cebola não foi realizada qualquer tipo de diferenciação, visto os resíduos serem na sua grande maioria as cascas da cebola.



a) Subproduto do tomate



b) Subproduto da couve brócolo



c) Subproduto da aboborinha



d) Subproduto da cebola

**Figura 7 - Subprodutos das culturas em bruto. a) cultura do tomate, b) Cultura da couve-brócolo, c) Cultura da aboborinha e d) Cultura da cebola**

### **3.2 Separação do material vegetal**

Após a secagem, fez-se a trituração do material seco com recurso a um Blender de 700 W, utilizando um copo de 1 L e um triturador de poda de 2500 W (figura 8).



a) Blender



b) Triturador

**Figura 8 - Material usado para a trituração das matérias vegetais. a) Blender e b) Triturador.**

O tempo de trituração alternou consoante a matéria-prima usada, variando entre 2-10 segundos por cada copo, como referido no quadro 11.

**Quadro 11 - Tempo de trituração para um copo de 1L conforme cada cultura. n/d – Não definido**

Cultura	Tempo de trituração médio
Fibra de coco	n/d
Tomate	10 s talos; 3 s folhas
Aboborinha	n/d
Couve brócolo	10 s
Cebola	2 - 3 s

A crivagem dos resíduos das culturas do tomate, da aboborinha e da couve foi feita com recurso a dois crivos de diâmetros diferentes (figura 9). O crivo de 4 mm foi escolhido tendo em conta que este diâmetro separa o cascalho dos restantes constituintes. E o crivo de 2 mm separa a fração fina da fração grossa. Os resíduos com dimensões maiores que 4 mm voltaram a ser triturados no Blender, de forma a terem dimensões mais pequenas. Ambas as granulometrias (0-2 mm e 2-4 mm) são testadas em separado, existindo esta diferenciação desde a realização da crivagem. Os resíduos da cultura da cebola não foram crivados com um crivo pois o subproduto obtido após a trituração tinha características físicas que não permitiam esta diferenciação.



**Figura 9 - Crivos utilizados, o da esquerda com uma malha quadrangular de 2 mm e o da direita com uma malha redonda de 4 mm.**

Foi analisada a humidade residual presente em cada amostra, para isso recorreu-se a uma estufa industrial. Utilizando a estufa (figura 10), as amostras foram submetidas a uma

temperatura de 90 °C, durante 72 h, registrando-se o valor da massa inicial, massa fresca, e o valor da massa após secagem, em balança de precisão modelo OHAUS-PIONEER.



a) Estufa elétrica com 10 g de subproduto.



b) Regulação da estufa elétrica (90 °C).

**Figura 10 - Estufa elétrica para determinação da humidade relativa.**

### 3.3 Descontaminação dos materiais

Muito frequentemente, na cultura em estufa, mas também por vezes na cultura em solo ao ar livre, os agricultores não têm interesse em reaproveitar diretamente os restos das culturas, pois estes podem ser uma fonte de inóculo de fitopatogénios que passariam para a campanha seguinte.

A realização de uma avaliação fitossanitária é assim uma necessidade eminente, pois estamos a utilizar resíduos de culturas.

Começou-se por colocar uma massa semelhante de cada amostra previamente definida no quadro 12, com a lógica de (Cultura: Turfa (Tur.), Fibra de coco (Coc.), Tomate (Tom), Aboborinha (Abo), Brócolo (Bro) e Cebola (Ceb); órgão vegetativo: Folha (Fo) e Caule (Ca); dimensão: 0 - 2 mm (menor), 2 - 4 mm (Maior) ou fibras (F)), em frascos de vidro. O caso da aboborinha foi tratado de forma diferente, pois o subproduto utilizado foi o recolhido no agricultor. Este já vinha triturado, e sem discriminação entre órgãos com e sem tecido parenquimatoso.

**Quadro 12 - Descrição e siglas de cada amostra.**

Descrição	Sigla
Turfa	Tur.
Fibra de coco	Coc.
Tomate Talos fibras	Tom.Ca.F
Tomate Talos 0-2 mm	Tom.Ca.m
Tomate Talos 2-4 mm	Tom.Ca.M
Tomate Folhas 0-2 mm	Tom.Fo.m
Tomate Folhas 2-4 mm	Tom.Fo.M
Aboborinha 0-4 mm	Abo.
Couve Brócolo 0-2 mm	Bro.Ca.m
Couve Brócolo 2-4 mm	Bro.Ca.M
Cebola	Ceb.

De forma a avaliar a eficiência de descontaminação, neste trabalho testaram-se quatro processos de descontaminação (figura 11):

1. Tratamento em estufa a uma temperatura constante de 70 °C durante 4 h e 24 h;
2. Tratamento em estufa a uma temperatura constante de 105 °C durante 4 h e 24 h;
3. Esterilização na autoclave a uma temperatura de 120 °C e a uma pressão de 1,5 bar durante 30 minutos;
4. Esterilização na autoclave a uma temperatura de 120 °C e a uma pressão de 1,5 bar durante 60 minutos.



a) Amostras preparadas para aplicar os métodos de descontaminação 1; 2 e 3.



b) Amostras preparadas para aplicar o método de descontaminação 4.

**Figura 11 - Amostras dos subprodutos preparadas para aplicar cada método de descontaminação.**

Após estes tratamentos de descontaminação, foram colocadas pequenas quantidades de cada amostra em microtubos esterilizados do tipo Eppendorf, com a finalidade de extrair uma amostra aquosa com os patogénios que estariam vivos após os referidos processos. Esta preparação aquosa foi feita com um rácio de 1:2,5, ou seja, para cada 100 microgramas de amostra temos 250 microlitros de água desionizada. Homogeneizou-se a mistura através de agitação durante 12 h num agitador rotativo (modelo IKALabortechnik-KS125 basic) e, seguidamente, colocou-se a mistura na centrifugadora (modelo HETTICH Zentrifugen universal 32R) a 13 000 rotações por minuto (r.p.m) durante 5 minutos e à temperatura ambiente (figura 12). O sobrenadante foi plaqueado em placas de meio de cultura para fungos (PDA+ ampicilina) e placas de meio para bactérias (LB) previamente preparadas. O plaqueamento realizou-se à chama em câmara de fluxo laminar, sendo depois as placas

incubadas a 37 °C (placas de LB) ou à temperatura ambiente (placas de PDA). Esta fase foi importante para equacionar o tratamento térmico mais adequado, pois escolheu-se o método onde não existiu o desenvolvimento nem de fungos nem de bactérias.



a) Preparação das amostras na camara de fluxo laminar



b) Amostras com água



c) Agitador



d) Amostras no agitador



e) Centrifugadora

**Figura 12 - Conjunto de 5 figuras demonstrativas do processo de preparação das amostras. a) Preparação das amostras na camara de fluxo laminar; b) Amostras preparadas; c) Agitador; d) Amostras no agitador; e) Centrifugadora.**

O meio de “Potato Dextrose Agar” (PDA) foi constituído por amido de batata e dextrose, necessário para testar a presença de fungos. E o meio Luria Bertani (LB), constituído por cloreto de sódio (NaCl), triptona e extratos de leveduras, para testar a presença de bactérias.

Para a preparação do meio PDA foi pesado 39 g para cada litro de água desionizada, sendo esta adicionada posteriormente à pesagem. O PDA já vem estabilizado e com agar, não havendo a necessidade de ser ajustado o pH nem de se adicionar agar.

Na preparação do meio LB pesou-se 25 g por cada litro de água desionizada e após a adição da água ajustou-se o pH com hidróxido de sódio (NaOH) a uma concentração de 10 M até o pH ter um valor de 7,2. Este meio não possuía agar, tendo sido adicionado 15 g por litro. Após a homogeneização dos meios de cultura com todos os seus componentes, ambos

foram esterilizados na autoclave a uma temperatura de 120 °C e a uma pressão de 1,5 bar durante 15 minutos.

Antes da colocação do meio PDA nas placas de Petri, foi adicionada ampicilina (Am) com uma concentração de 25 mg por litro de meio, este antibiótico tem a finalidade de inibir e retardar o desenvolvimento das colónias bacterianas no meio para fungos. Ao meio LB não foi adicionado nada.

Após a solidificação dos meios e sua identificação, foram colocados 50 µl de cada suspensão aquosa dos extratos dos subprodutos em cada placa. O meio PDA+Am (fungos) foi mantido à temperatura ambiente de 21-22 °C e o meio LB (bactérias) foi exposto à temperatura de 37 °C numa incubadora (figura 13).



**Figura 13 - Incubadora utilizada para o desenvolvimento das bactérias.**

### **3.4 Análise das propriedades físicas**

Os testes às propriedades físicas foram feitos com recurso a 2 delineamentos experimentais: o teste de capilaridade e a determinação da macroporosidade e da microporosidade. O teste da capilaridade foi feito com recurso a uma placa alveolada de 2,5cm x 2,5 cm e 5cm de altura. Nesta placa colocou-se os subprodutos do tomateiro, nas diferentes amostras, sem compactar. Após o seu preenchimento, colocou-se a placa mergulhada em água, com recurso a pesos, a uma altura de 2cm. A determinação da porosidade total foi feita, utilizando um copo, água e as diferentes amostras. Começou-se por determinar o volume de cada copo, posteriormente encheu-se com as amostras sem compactar e por fim juntou-se água até criar uma lâmina de água à superfície (figura 14). O volume de água colocado dentro do copo corresponde à porosidade total. Fez-se furos no fundo do copo, de forma que a água drenasse naturalmente. O volume da água drenada considera-se a macroporosidade. A diferença entre a porosidade total e a porosidade de percolação dá origem ao valor da capacidade de campo, que corresponde à porosidade média e pequena (microporosidade). Os valores da densidade aparente foram calculados com base no peso de cada amostra no volume conhecido de cada copo. O estudo feito permitiu obter os dados da densidade aparente (DA), porosidade total (PT), macroporosidade (MP) e a microporosidade (mP).



a) Copos sem água



b) Copos após a drenagem da água

Figura 14 - Conjunto de duas figuras demonstrativas da determinação da macroporosidade e da microporosidade. a) Copos sem água e b) Copos após a drenagem da água.

### 3.5 Análise das propriedades químicas

O pH e a condutividade elétrica foram analisados através da adaptação dos métodos comumente utilizados para as análises de solos e dos substratos. Em vez de se fazer uma diluição de 1:5, fez-se uma diluição de 1:25 em volume. Esta alteração teve de ser feita para garantir a homogeneidade das amostras e ao mesmo tempo garantir que a água absorvida pelos tecidos estava em excesso e permitia que existisse uma solução aquosa. Nesta solução aquosa mediu-se o pH e a condutividade elétrica.

O teor de humidade de cada formulação foi determinado através da perda de massa, por secagem na estufa a 105 °C, durante 24 h.

A matéria orgânica foi determinada através do método por calcinação em mufla a uma temperatura de 500-550 °C, durante pelo menos 8 horas. As cinzas obtidas vão ser representativas da fração mineral de cada amostra. A diferença entre a massa antes de se colocar na mufla e massa das cinzas origina a quantidade de matéria orgânica.

Na determinação do azoto Kjeldahl, aplicou-se o método de Kjeldahl (Horneck & Miller, 1998). Em todas as amostras pesou-se uma quantidade entre 0,4-0,6 g para as amostras com menor densidade aparente e 1,2-1,4 g no caso das amostras com maior densidade. Depois de pesado, colocou-se as diferentes amostras em tubos de digestão de Kjeldahl e adicionou-se 10 ml de ácido sulfúrico concentrado e catalisador (sulfato de cobre e sulfato de potássio). As amostras foram depois sujeitas à digestão, a elevada temperatura durante duas horas a 135 °C, dez minutos a 200 °C e quatro horas e meia a 420 °C.

O digerido obtido foi destilado e depois quantificado através de uma titulação com ácido clorídrico.

A digestão ácida das amostras foi feita de forma a determinar dos teores dos minerais: P, K, Ca, Mg e Na, Fe, Cu, Zn, Mn e B. Para isso pesou-se entre 0,2-0,4g de amostra com *aqua regia* (solução de ácido nítrico e ácido clorídrico) a 105°C durante 120 minutos. Após a digestão, a quantificação foi feita por espectrofotometria de Emissão Ótica por Plasma

Acoplado Indutivamente (ICP-OES), num ICP-OES de marca Unicam (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachuset, Estados Unidos).

Para medição dos fenóis solúveis preparou-se um extrato de 1 g de material do subproduto hortícola em 25 ml de água. Após 12 h de agitação, fez-se a medição dos fenóis numa diluição de 1:10 num espectrofotómetro GeneQuant pro DNA/RNA Calculator (figura 15), avaliando-se a absorvância a 280 nm e convertendo esse valor em equivalentes de ácido gálico (mg/L) segundo a equação da reta de calibração  $y = 0,041x - 0,0704$ , previamente estabelecida no laboratório (Waterhouse, 2002).



Aparelho de quantificação de RNA/DNA

Figura 15 - Espectrofotómetro usado na medição do teor de fenóis, com pormenor da cuvete utilizada.

### 3.6 Misturas ensaiadas

As misturas iniciais foram preparadas com base num rácio 75/25 (v/v), isto é, 75% volume de turfa e 25% de volume de subproduto hortícola. Subsequentemente, ensaiaram-se também as proporções 94/6, 87,5/12,5, 62,5/37,5 e 50/50, a fim de estimar os limites de substituição de cada resíduo. No caso dos resíduos que apresentaram bons resultados de germinação no rácio de 75/25, aumentou-se o rácio de substituição e no caso das misturas que apresentaram baixas germinações, diminuiu-se o rácio de substituição.

### 3.7 Sementeira de hortícolas

A sementeira foi feita com as principais 7 famílias de hortícolas: Asteráceas, Brássicas, Aliáceas, Cucurbitáceas, Solanáceas, Quenopodiáceas e Apiáceas. A escolha da variedade foi feita segundo a sua importância agronómica e sua adaptação à época cultural em que se está a realizar o ensaio.

No ano de 2022, as culturas que se destacaram quanto à quantidade (em t) produzida anualmente, para cada uma das famílias em estudo, foram as seguintes (INE, 2023):

- Na família das Asteráceas, a alface é a mais representativa, existindo uma produção de 55 000 t;
- Na família das Brássicas, a couve-repolho teve uma produção de 128 081 t;
- Na família das Aliáceas, a cebola destacou-se com uma produção de 100 057 t;
- Na família das Cucurbitáceas, a produção de abóbora, incluindo a Butternutt foi de 81 306 t;
- Na família das Solanáceas, o tomate em geral foi a cultura que teve uma maior produção, dividindo-se em tomate de indústria com 1 300 000 t e tomate para fresco com 125 000 t produzidas;
- Na família das Quenopodiáceas, a cultura que teve mais produção foi o espinafre com 6 296 t;
- Na família das Apiáceas não se obteve o valor da quantidade produzida.

No entanto, tendo em conta a altura do ano em que foi feito o ensaio, fez mais sentido trocar as culturas mais representativas da família das Brássicas e das Cucurbitáceas, pelas culturas da couve-brócolo e de meloa, respetivamente. As sementeiras para avaliação do desempenho das misturas foram, então, de: alface, couve-brócolo, cebola, tomate salada, espinafre, meloa, salsa e coentro. Estas foram feitas para cada mistura e em 10 alvéolos por espécie e por mistura.

A sementeira destas culturas foi feita em tabuleiros alveolados de esferovite. Para a cultura do tomate e da meloa, os alvéolos foram maiores, de 3,8 x 3,8 cm, e para as restantes culturas os alvéolos foram de 2,5 x 2,5 cm. Em algumas culturas colocaram-se 2 sementes em cada alvéolo, isto aconteceu porque as sementes são muito pequenas e poderiam não estar viáveis. Ao longo do ensaio houve a necessidade de se fazer uma “retanча”, para que em cada alvéolo ficasse com uma única planta. Com este processo eliminámos possíveis efeitos de competição entre plantas no mesmo alvéolo que poderiam retardar o seu desenvolvimento.

A análise da germinação de cada cultura tem por base o número de graus dias acumulados necessários para a sua germinação. Os graus dias acumulados para cada cultura foram consultados e retirados da coleção de livros “*Manual de culturas hortícolas*”, volume I e II, do autor Domingos de Almeida (2006).

Na cultura da alface, a germinação ocorre em 2-3 dias quando a temperatura do substrato é entre 20-25 °C. Em média a emergência ocorre quando se acumulam 71 °C acima de uma temperatura basal de 3,5 °C. Quando se atinge 5 °C a germinação não é inibida, apenas demora mais tempo a germinar, podendo atingir um tempo de germinação de 2 semanas. A temperatura mínima é entre 2-5 °C e a temperatura máxima de 30 °C, sendo a ótima para a germinação de 15-25 °C.

A cultura da couve-brócolo possui pouca informação sobre as suas características, mas por analogia e por ser uma cultura muito semelhante, iremos considerar os valores da couve-flor como referência na parte da germinação das sementes. A temperatura mínima é entre 6-8 °C e a temperatura máxima de 30-35 °C, sendo a ótima para a germinação de 18-25 °C.

Na cultura da cebola, a temperatura basal para a germinação é de 1,4 °C. O número de graus dia acumulados varia de variedade para variedade, no entanto, em média, são necessários 219 °C acumulados. A 20 °C a germinação ocorre após 6-8 dias. A temperatura mínima é entre 1,4-3,5 °C e a temperatura máxima de 40 °C, sendo a ótima para a germinação uma temperatura entre 20-25 °C.

Na cultura da meloa, a temperatura ótima de germinação é entre 24-35 °C, e a quebra da dormência das sementes ocorre ao fim de 108 °C acumulados, acima de 12,2 °C. Para garantir que existe uma boa germinação e estabelecimento da cultura, a temperatura mínima do substrato é de 15 °C.

Na cultura do tomate, a temperatura de germinação está diretamente relacionada com a temperatura do solo ou substrato, neste caso, para a sua germinação é necessário que a temperatura do substrato seja entre 18-30 °C e a temperatura acumulada seja entre 90-100 °C. As temperaturas que não estejam neste intervalo fazem com que a germinação seja deficiente.

Na cultura do espinafre a temperatura basal é de 0,1 °C e, em média, para a sua germinação são necessários 111 °C de temperatura acumulada. A germinação é ótima a 20 °C, e ocorre em 7 dias, no entanto, a partir dos 25 °C, a faculdade germinativa desce acentuadamente, acima de 30 °C não ocorre e a temperatura mínima é entre 2-5 °C.

Na cultura da salsa, a germinação é lenta e irregular, podendo levar entre 20-40 dias, mesmo em condições ótimas. Estas irregularidades verificam-se porque algumas sementes são imaturas e contêm inibidores de germinação. A temperatura mínima é de 6 °C e a temperatura máxima entre 30-35 °C, sendo a ótima para a germinação entre 18-25 °C.

Na cultura do coentro a germinação é lenta, podendo levar 1-2 semanas. Esta cultura adapta-se a diferentes condições ambientais de climas temperados e temperados-quentes. Com um ótimo de vegetação entre os 7-27 °C e um crescimento máximo a 20 °C.

A análise do stress de plantação foi feita assim que se retiraram as plantas dos alvéolos. Elas foram retiradas segundo os critérios descritos por Domingos Almeida para a transplantação (2006), que apontam para:

- Cultura da alface: quando têm 3 folhas verdadeiras;
- Cultura da couve-brócolo: com mais de 3 a 4 folhas verdadeiras;
- Cultura da cebola: quando as plantas têm uma espessura de 3-6 mm (ao fim de 8-12 semanas);

- Cultura da meloa: é transplantado quando existem 2 folhas verdadeiras e com a 3ª folha a começar a despontar;
- Cultura do tomate: quando têm 12-15 cm de altura e cerca de 4 folhas verdadeiras expandidas;
- Cultura do espinafre: sementeira direta no solo após a mobilização;
- Cultura da salsa: sementeira direta no solo após a mobilização;
- Cultura do coentro: sementeira direta no solo.

### **Rega nas placas alveoladas**

A rega foi iniciada com água e esta manteve-se até ao aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiro. Após este aparecimento, a rega passou a incluir uma aplicação periódica (quadro 13) de solução nutritiva (Complezal®, 300 ml/l), este critério foi aplicado de forma a garantir que as plântulas, tendo consumido as reservas originárias das sementes, mantinham os nutrientes de que precisavam à disposição.

**Quadro 13 - Registo do número de fertilizações consoante cada cultura e cada tipo de mistura.**

<b>Dia</b>	<b>Cultura</b>	<b>Mistura</b>
08/06	Todas	Todas de rácio 75/25
15/06	Todas	Todas de rácio 75/25

### **Colocação das plantas no solo**

As plantas foram retiradas dos alvéolos segundo os critérios de transplantação referidos anteriormente e foram colocadas de seguida no solo dos talhões de Horticultura da Tapada da Ajuda, de forma a verificar se as plantas apresentavam alguma deficiência ou doença que impedisse o seu crescimento. As plantas foram colocadas segundo os seguintes compassos:

- Alface: 0,25 x 0,25 m ou 0,3 x 0,30 m;
- Couve-brócolo: 0,6-0,7 x 0,4-0,5 m;
- Cebola: 0,2-0,4 x 0,10-0,15 m;
- Meloa: 1,80 x 0,5-0,7 m;
- Tomate: 1,50 x 0,17-0,18 m;
- Espinafre: 0,25-0,35 (em fresco) e/ou 0,17-0,20 (para indústria) x 0,05-0,15 m;
- Salsa: 0,3-0,5 x 0,1-0,15 m;
- Coentro: 0,3 x 0,1-0,2 m;

## 4. Resultados obtidos e discussão

Neste trabalho, foram realizadas umas experiências preliminares de preparação do material vegetal cujos resultados determinaram as decisões das repetições, a fim de melhorar e aperfeiçoar o método.

### 4.1 Caracterização do material vegetal

A preparação do material vegetal foi realizada conforme descrito em 3.1 e 3.2, tendo-se obtido as seguintes formulações (Figura 16). A moagem feita foi total, tendo-se utilizado todo o material vegetal. O material vegetal que tinha diâmetro superior a 2 mm foi triturado novamente.



a) Subproduto de caules de tomate com >2 mm



b) Subproduto de caules de tomate com <2 mm



c) Subproduto de cebola



d) Subproduto de folhas de tomate com >2 mm



e) Subproduto de folhas de tomate com <2 mm



f) Subpoduto dos talos de tomate em fibras



g) Subproduto da aboborinha



h) Subproduto da couve >2 mm



i) Subproduto da couve <2 mm

**Figura 16 - Conjunto de 9 figuras ordenadas e identificadas de a) a i) com cada subproduto, pós processamento e separação.**

Com a análise do teor de humidade relativa presente em cada amostra, pretendeu-se estimar a durabilidade da conservação dos resíduos e o seu potencial para desenvolvimento de microorganismos que possam constituir-se como fitopatogénios para as plântulas, ou causadores de podridões nos alvéolos, tendo em atenção que teores mais altos desfavorecem a conservação dos resíduos e promovem o desenvolvimento de eventuais organismos contaminantes.

No quadro 14 estão presentes os valores obtidos referentes a cada amostra.

**Quadro 14 - Caracterização das amostras quanto à sua humidade relativa (%).**

<b>Sigla</b> (amostra)	<b>Humidade relativa</b> (%)
<b>Tur.</b>	15,12
<b>Coc.</b>	7,29
<b>Tom.Ca.F</b>	4,62
<b>Tom.Ca.m</b>	13,69
<b>Tom.Ca.M</b>	13,58
<b>Tom.Fo.m</b>	7,30
<b>Tom.Fo.M</b>	18,07
<b>Abo.</b>	6,47
<b>Bro.Ca.m</b>	11,29
<b>Bro.Ca.M</b>	7,07
<b>Ceb.</b>	21,59

Nota: Turfa (Tur.), Fibra de coco (Coc.), Tomate (Tom), Aboborinha (Abo), Brócolo (Bro) e Cebola (Ceb); órgão vegetativo: Folha (Fo) e Caule (Ca); dimensão: 0-2 mm (menor), 2-4 mm (Maior) ou fibras (F)).

Relativamente ao subproduto da cebola, esta é a que apresenta uma maior humidade relativa, com um valor de 21,59 %, seguidamente estão as folhas de tomate > 2 mm com 18,07 % e a turfa com 15,12 %. Verifica-se que a secagem feita não foi total e que no interior dos tecidos ainda existe humidade. Nos órgãos com tecido parenquimatoso, o teor foi maior e nos órgãos sem tecido parenquimatoso foi menor, verificando-se que estas células têm um poder de retenção de água mais elevado, justificando assim a diferença que existe de uns órgãos para os outros. Este aspeto terá de ser levado em consideração na preparação de maiores quantidades de material e seu armazenamento.

#### **4.2 Eficiência do processo de descontaminação dos materiais testados**

A análise foi feita aos quatro processos de descontaminação com recurso ao plaqueamento em meio de cultura de bactérias (LB) (figura 17) e de fungo (PDA + Am), como dito anteriormente. Após a primeira fase de testes, verificou-se que no tratamento a 70 °C, durante 4 h e 24 h, o desenvolvimento de fungos e bactérias ocupou a totalidade das placas de Petri. A esterilização feita na autoclave a 120 °C, a 1,5 bar durante 30 minutos demonstrou ser parcialmente eficaz, pois o número de colónias desenvolvidas foi muito reduzido, mas existiam e por estes motivos, os processos foram abandonados e foram só considerados os outros dois.

Na segunda fase de testes considerou-se a descontaminação com uma temperatura constante de 105 °C durante 4 h e 24 h e a esterilização na autoclave a uma temperatura de 120 °C e a uma pressão de 1,5 bar durante 60 minutos.

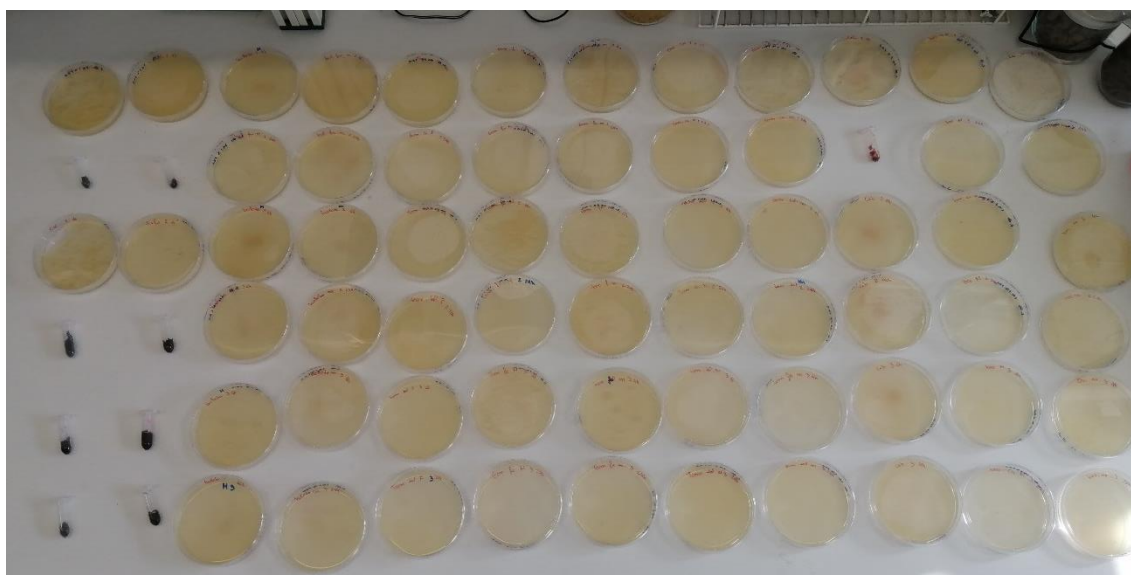


Figura 17 - Placas de Petri com as colónias de bactérias.

Os quadros 15 e 16 demonstram o número de colónias contadas nas placas de Petri com 3 repetições.

Quadro 15 - Colónias de microrganismos observadas nas placas de LB após exposição das amostras a 105°C durante 4 h e 24 h e a 120 °C a 1,5 bar durante 1 h, nas três repetições.

Sigla (amostra)	105 °C – 4 h				105 °C – 24 h				Autoclave – 1 h			
	1	2	3	média	1	2	3	média	1	2	3	Média
<b>Tur.</b>	0	0	0	0,0 ± 0,0	0	0	0	0,0 ± 0,0	0	0	0	0,0 ± 0,0
<b>Coc.</b>	0	145	0	72,5 ± 59,2	0	0	0	0,0 ± 0,0	0	0	0	0,0 ± 0,0
<b>Tom.Ca.F</b>	1	0	0	0,0 ± 0,4	1	0	6	1,0 ± 2,3	0	0	0	0,0 ± 0,0
<b>Tom.Ca.m</b>	98	58	10	58,0 ± 31,2	0	0	0	0,0 ± 0,0	90	0	0	0,0 ± 39,0
<b>Tom.Ca.M</b>	27	19	12	19,0 ± 5,3	0	1	0	0,0 ± 0,4	0	0	0	0,0 ± 0,0
<b>Tom.Fo.m</b>	818	1058	37	818,0 ± 385,5	61	48	0	48,0 ± 23,3	0	0	0	0,0 ± 0,0
<b>Tom.Fo.M</b>	29	927	753	753,0 ± 346,0	3	1	9	3,0 ± 3,0	0	0	0	0,0 ± 0,0
<b>Bro.Ca.m</b>	185	70	60	70,0 ± 51,4	0	0	0	0,0 ± 0,0	0	0	0	0,0 ± 0,0
<b>Bro.Ca.M</b>	0	0	0	0,0 ± 0,0	0	0	0	0,0 ± 0,0	0	0	0	0,0 ± 0,0
<b>Ceb.</b>	87	1	0	1,0 ± 37,4	0	0	0	0,0 ± 0,0	0	0	0	0,0 ± 0,0

Nota: Turfa (Tur.), Fibra de coco (Coc.), Tomate (Tom), Aboborinha (Abo), Brócolo (Bro) e Cebola (Ceb); órgão vegetativo: Folha (Fo) e Caule (Ca); dimensão: 0-2 mm (menor), 2-4 mm (Maior) ou fibras (F)).

**Quadro 16 - Colónias de microrganismos observadas nas placas de PDA+Am após exposição das amostras a 105 °C durante 4 h e 24 h e a 120 °C a 1,5 bar durante 1 h, nas três repetições. Legenda: 0 – placa sem colónias; 1 - placa totalmente coberta; 0,33 - placa coberta a  $\frac{1}{3}$ ; 0,5 - placa coberta a  $\frac{1}{2}$ ; 0,67 – placa coberta a  $\frac{2}{3}$ .**

Sigla (amostra)	105 °C – 4 h			105 °C – 24 h			Autoclave – 1 h		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Tur.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Coc.</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Tom.Ca.F</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Tom.Ca.m</b>	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<b>Tom.Ca.M</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Tom.Fo.m</b>	0	0,67	0	0	0	0	0	0	0
<b>Tom.Fo.M</b>	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0
<b>Bro.Ca.m</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Bro.Ca.M</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ceb.</b>	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0

Nota: Turfa (Tur.), Fibra de coco (Coc.), Tomate (Tom), Aboborinha (Abo), Brócolo (Bro) e Cebola (Ceb); órgão vegetativo: Folha (Fo) e Caule (Ca); dimensão: 0-2 mm (menor), 2-4 mm (Maior) ou fibras (F)).

Com base na contagem do número de colónias de bactérias e de fungos, concluiu-se que a esterilização a 105 °C durante 4 h foi pouco eficaz para alguns subprodutos. Dentro do mesmo subproduto, mas para órgãos diferentes o tratamento varia a sua eficácia, como o caso do tomate fibras e do brócolo > 2 mm. O método igual, mas durante 24 h foi eficaz para a maioria das amostras com a exceção do tomate folhas para ambas as granulometrias, mas não seria prático aplicar vários métodos de descontaminação para o mesmo subproduto e para órgãos diferentes. A esterilização na autoclave a 120 °C, a 1,5 bar durante 60 minutos foi eficaz em todos os subprodutos.

O subproduto da aboborinha foi recolhido após o início do desenvolvimento do ensaio, pois como já referido é a cultura seguinte à do tomate em estufa. Por este motivo, a análise deste subproduto não foi feita para as diferentes esterilizações. Nesta fase do ensaio já se tinha excluído os processos de secagem e tinha-se selecionado o tratamento de autoclavagem, tendo sido este o aplicado a este subproduto.

### **4.3 Análise das propriedades físicas**

A avaliação do comportamento dos subprodutos foi feita de forma empírica e analítica. O primeiro teste realizado foi o teste de capilaridade, como demonstrado na figura 18.



a) Placa alveolada com os subprodutos na sua forma bruta.



b) Resultado da placa mergulhada em 1 cm de água após 2 dias.

**Figura 18 - Conjunto de 4 figuras com o antes e pós teste de capilaridade dos subprodutos em bruto. a) Placa alveolada com os subprodutos e b) Resultado da placa mergulhada em 1 cm de água após 2 dias.**

O resultado empírico do teste de capilaridade demonstrou que o comportamento da água varia com o subproduto que se está a utilizar. O subproduto dos caules de tomate (Tom.Ca.m e Tom.Ca.M) demonstrou uma maior afinidade para a deslocação da água, ao contrário das folhas de tomate que demonstraram uma barreira ao movimento da água.

Este teste demonstrou uma importância acrescida pois conseguimos concluir que o humedecimento de todo o alvéolo não é uniforme e que o tempo que demora a que este fique húmido até à superfície é elevado (demorando 1 semana), variando sempre com o tipo de subproduto em estudo. Em alguns casos, nem houve humedecimento à superfície; este humedecimento da superfície do alvéolo teve como finalidade verificar se se estabelecia uma coluna de água. Isto não aconteceu e resultou numa compactação do alvéolo e o escoamento da água pelas laterais do mesmo.

Para se estabelecer uma correlação entre as amostras e os órgãos em estudo, procedeu-se à determinação da matéria seca (MS), da matéria orgânica (MO) e das cinzas de cada subproduto em bruto, como demonstrado na figura 19 e os resultados no quadro 17.



**Figura 19 - Demonstração dos copos de porcelana na estufa, que permitiu saber a MS e a humidade.**

Os subprodutos que apresentam um maior teor de MS são: Tom.Ca.F. com 95 %, a Abo. com 93 % e o Bro.M. com 93 %. Estes subprodutos são os que sofreram menos manipulação e qualquer tipo de separação e segmentação. Estes têm menos humidade e apresentam um teor de MO mais elevado (0,37 - 0,78 %). O teor de cinza não acompanha esta tendência, o Tom.Ca.F demonstra um valor bastante baixo, tendo em conta as outras duas amostras. O tomate folhas < 2 mm teve valores mais altos de MO e de cinza, 0,39 e 0,17 %, respetivamente.

**Quadro 17 - Teores da matéria seca, da humidade, da matéria orgânica e da cinza para as amostras em bruto utilizadas.**

<b>Sigla</b> (amostra)	<b>MS</b> (%)	<b>Humidade</b> (%)	<b>MO</b> (%)	<b>Cinza</b> (%)
<b>Tur.</b>	84,88	15,12	0,45	0,01
<b>Coc.</b>	92,71	7,29	0,22	0,10
<b>Tom.Ca.F</b>	95,38	4,62	0,37	0,05
<b>Tom.Ca.m</b>	86,31	13,69	0,20	0,05
<b>Tom.Ca.M</b>	86,42	13,58	0,25	0,05
<b>Tom.Fo.m</b>	92,70	7,30	0,39	0,17
<b>Tom.Fo.M</b>	81,93	18,07	0,26	0,08
<b>Abo.</b>	93,53	6,47	0,55	0,30
<b>Bro.Ca.m</b>	88,71	11,29	0,48	0,10
<b>Bro.Ca.M</b>	92,93	7,07	0,78	0,17
<b>Ceb.</b>	78,41	21,59	0,20	0,02

Nota: Turfa (Tur.), Fibra de coco (Coc.), Tomate (Tom), Aboborinha (Abo), Brócolo (Bro) e Cebola (Ceb); órgão vegetativo: Folha (Fo) e Caule (Ca); dimensão: 0-2 mm (menor), 2-4 mm (Maior) ou fibras (F)),

No quadro 18 estão apresentados os resultados dos valores do pH e da CE, bem como da macroporosidade e microporosidade, para os subprodutos sem qualquer mistura.

**Quadro 18 - Valores do pH, da CE, da macroporosidade, da microporosidade e da densidade aparente.**

<b>Sigla</b> (amostra)	<b>pH</b>	<b>CE</b> mS cm <sup>-1</sup>	<b>Macroporosidade</b> (%)	<b>Microporosidade</b> (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	<b>Densidade aparente</b> g/cm <sup>3</sup>
<b>Tur.</b>	4,15	0,150	10	19	0,283
<b>Coc.</b>	7,00	2,137	26	51	0,070
<b>Tom.Ca.F</b>	5,96	4,964	52	23	0,057
<b>Tom.Ca.m</b>	7,22	6,225	20	52	0,107
<b>Tom.Ca.M</b>	6,81	5,882	43	27	0,085
<b>Tom.Fo.m</b>	6,99	5,828	6	51	0,216
<b>Tom.Fo.M</b>	7,31	6,538	33	38	0,099
<b>Abo.</b>	9,66	5,346	67	21	0,104
<b>Bro.Ca.m</b>	6,23	7,057	16	58	0,243
<b>Bro.Ca.M</b>	6,09	7,508	22	47	0,263
<b>Ceb.</b>	4,42	0,686	51	28	0,058

**Nota:** Turfa (Tur.), Fibra de coco (Coc.), Tomate (Tom), Aboborinha (Abo), Brócolo (Bro) e Cebola (Ceb); órgão vegetativo: Folha (Fo) e Caule (Ca); dimensão: 0-2 mm (menor), 2-4 mm (Maior) ou fibras (F)),

A relação entre órgãos estudados é evidente quando analisamos os valores de cada subproduto. Os caules tendem a ter valores de pH bastantes altos e CE também. O subproduto com os valores de pH e da CE mais próximos da turfa (controlo) são a Ceb., seguindo-se do Coc. e do Tom.Ca.F. A CE foi mais elevada no Bro.Ca.m e Bro.Ca.M com valores entre 7-8 mS cm<sup>-1</sup>, no entanto, o pH foi de 6.

A macro e microporosidade mostra-se relacionada com a granulometria de cada subproduto. Os órgãos de granulometria interior a 2 mm possuem uma elevada microporosidade e uma baixa macroporosidade, destacando-se o Tom.Fo.m com valores próximos de 0 para a macroporosidade e a existência de uma quase total microporosidade. Pelo contrário a Ceb. e Tom.Ca.F. destacam-se com valores muito altos de macroporosidade e muito baixos de microporosidade, afastando-se bastante dos valores de referência do controlo (Tur.) Ferraz et al., 2005, determinaram com base em substratos para germinação de hortaliças, que o valor ideal da densidade aparente é de 0,22, o espaço de arejamento é de 0,20 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) e a água disponível de 0,18 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>). Estes valores obtidos por Ferraz et al., 2005, são coincidentes com os obtidos no controlo, validando assim os nossos dados. Mechergui et al., 2024, analisaram os valores da turfa e de composto quanto à sua porosidade, obtendo valores de 91 ± 1,54 % para a porosidade total do composto e valores de 54,5 ± 2,52 % para a turfa. No nosso delineamento experimental, não obtivemos valores tão elevados tanto nos subprodutos em estudo como no controlo (turfa), existindo sempre uma diferença de 20% para os valores obtidos. Esta diferença está predominantemente refletida nos valores da macroporosidade, ou seja, a macroporosidade obtida tem valores mais baixos que a do estudo feito por Mechergui et al., 2024. Podemos explicar estas diferenças por o método aplicado ter sido diferente, por a densidade aparente da água

drenada não ser eventualmente igual a 1 g/cm<sup>3</sup> e a extrapolação da diferença dos pesos do copo ter erros associados.

Após a caracterização dos materiais em bruto, procedeu-se à sua mistura com a turfa, numa proporção de 75 % turfa / 25 % subproduto hortícola, para os primeiros ensaios de germinação.

Na figura 20 estão as amostras com a solução aquosa antes das medições. No quadro 19 estão apresentados os valores do pH, da CE, da microporosidade e macroporosidade para as primeiras misturas preparadas (75 % turfa, 25 % subproduto hortícola)



Figura 20 - Amostras de cada subproduto antes da leitura do pH e da CE.

Quadro 19 - Valores do pH, da CE, da macroporosidade e da microporosidade para as misturas 75/25.

Mistura	pH	CE	Macroporosidade	Microporosidade
75/25		$\mu\text{S cm}^{-1}$	%	%
Tur.	5,55	73,85	13	42
Coc.	5,65	41,79	16	57
Ceb.	4,18	32,65	16	58
Bro.Ca.m	4,56	2617,00	26	57
Bro.Ca.M	4,61	1918,00	15	41
Tom.Ca.F	5,29	135,60	30	47
Tom.Ca.m	4,05	1015,00	17	60
Tom.Ca.M	4,98	1420,00	16	37
Tom.Fo.m	5,76	125,70	18	34
Tom.Fo.M	5,90	142,00	18	37
Abo.	4,93	1098,00	21	49

Nota: Turfa (Tur.), Fibra de coco (Coc.), Tomate (Tom), Abobrinha (Abo), Brócolo (Bro) e Cebola (Ceb); órgão vegetativo: Folha (Fo) e Caule (Ca); dimensão: 0-2 mm (menor), 2-4 mm (Maior) ou fibras (F)),

Os valores obtidos do pH e da CE para as misturas 75 % turfa / 25 % subproduto hortícola expressam que, em termos de pH, os valores são próximos do controlo; o contributo específico de cada subproduto expressa-se mais distintamente na CE. Esta é bastante elevada na mistura com Bro.Ca.m, Bro.Ca.M, Tom.Ca.m, Tom.Ca.M e a Abo., sendo 35 vezes o valor do controlo para o valor mais elevado.

A análise dos resultados obtidos para a porosidade destas misturas foi semelhante à do controlo, no entanto, destacam-se 2 misturas: Bro.Ca.m e Tom.Ca.F, onde os valores da macroporosidade foram perto de 30 % e a microporosidade de 47 %.

Mazuela et al., 2012, obtiveram valores de pH, de CE e de porosidade nas suas amostras de composto, muito díspares com os obtidos neste ensaio. Os valores obtidos nas amostras que continham casca de amêndoa, fibra de coco e fibra de pinheiro, obtiveram resultados

mais semelhantes aos obtidos neste ensaio, isto pode dever-se ao processo de secagem e de trituração utilizado. Neste ensaio utilizámos subprodutos secos (apenas com a humidade residual) e não estavam desfeitos, as diferentes amostras foram criadas de forma a manter a estrutura dos subprodutos utilizados.

#### 4.4 Análise das propriedades químicas

Neste trabalho, foi feita a análise química dos subprodutos em bruto, como já definidos anteriormente. Esta análise tem como objetivo quantificar os minerais presentes nestes órgãos e identificar possíveis concentrações que possam ser tóxicas para a germinação de sementes. Esta análise foi feita utilizando 100 g do pó de cada órgão de cada cultura. Os resultados das análises químicas feitas a cada amostra estão apresentados no quadro 20.

**Quadro 20 - N-Kjeldhal (g/kg matéria seca) e teores dos minerais P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, B e Mo dos subprodutos hortícolas utilizados (mg/kg matéria seca).**

Sigla	N Kjeldhal	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Mo
(amostra)	(g / kg)	(mg / kg)											
<b>Tur.</b>	1,42	228,65	174,50	4958,37	1497,77	1635,24	53,06	864,0 <sub>1</sub>	18,38	3,31	23,45	5,78	1,77
<b>Coc.</b>	2,00	1987,3 <sub>5</sub>	4868,02	23583,4 <sub>1</sub>	5156,51	7411,61	3976,98	1043,43	581,1 <sub>8</sub>	735,2 <sub>2</sub>	380,3 <sub>0</sub>	441,6 <sub>9</sub>	18,4 <sub>7</sub>
<b>Ceb.</b>	0,16	226,18	8121,07	29996,8 <sub>9</sub>	4366,60	942,16	987,0 <sub>4</sub>	500,7 <sub>5</sub>	20,17	11,11	36,76	42,41	0,82
<b>Bro.Ca. m</b>	0,52	5468,5 <sub>0</sub>	51633,7 <sub>4</sub>	12564,0 <sub>6</sub>	4935,92	11576,4 <sub>6</sub>	838,3 <sub>4</sub>	319,0 <sub>6</sub>	66,94	9,12	32,11	41,71	1,17
<b>Bro.Ca. M</b>	0,52	4446,0 <sub>6</sub>	46153,3 <sub>3</sub>	8710,79	3546,41	8974,80	804,1 <sub>1</sub>	64,44	44,72	6,21	16,38	30,63	0,82
<b>Tom.Ca. F</b>	1,56	5435,2 <sub>7</sub>	28972,1 <sub>9</sub>	20858,9 <sub>4</sub>	3404,71	2878,70	587,3 <sub>2</sub>	206,7 <sub>6</sub>	306,7 <sub>8</sub>	43,99	364,0 <sub>0</sub>	33,85	3,22
<b>Tom.Ca. m</b>	3,23	3794,3 <sub>9</sub>	32519,3 <sub>9</sub>	48098,2 <sub>5</sub>	6342,84	4525,76	691,5 <sub>5</sub>	156,4 <sub>0</sub>	140,2 <sub>1</sub>	19,89	48,41	34,57	3,47
<b>Tom.Ca. M</b>	1,65	2755,7 <sub>1</sub>	34345,1 <sub>8</sub>	32681,3 <sub>1</sub>	4630,76	3571,99	581,8 <sub>6</sub>	43,27	133,7 <sub>5</sub>	14,58	23,86	19,97	2,65
<b>Tom.Fo. m</b>	10,16	8457,9 <sub>8</sub>	22889,5 <sub>1</sub>	66949,3 <sub>4</sub>	6518,43	15915,4 <sub>7</sub>	587,4 <sub>7</sub>	1906,40	100,9 <sub>1</sub>	23,61	374,6 <sub>3</sub>	92,90	32,3 <sub>5</sub>
<b>Tom.Fo. M</b>	2,63	4977,4 <sub>2</sub>	38229,7 <sub>6</sub>	44821,0 <sub>7</sub>	7767,05	7294,10	945,5 <sub>9</sub>	646,9 <sub>6</sub>	90,16	15,06	206,3 <sub>9</sub>	38,68	14,5 <sub>4</sub>
<b>Abo.</b>	2,37	6578,2 <sub>4</sub>	39452,8 <sub>2</sub>	77135,2 <sub>0</sub>	9896,98	12262,0 <sub>1</sub>	466,2 <sub>5</sub>	208,7 <sub>9</sub>	47,38	11,75	597,1 <sub>8</sub>	85,39	13,8 <sub>5</sub>

**Nota:** Turfa (Tur.), Fibra de coco (Coc.), Tomate (Tom), Aboborinha (Abo), Brócolo (Bro) e Cebola (Ceb); órgão vegetativo: Folha (Fo) e Caule (Ca); dimensão: 0-2 mm (menor), 2-4 mm (Maior) ou fibras (F)),

Os resultados obtidos na quantificação dos teores dos nutrientes para cada subproduto em bruto demonstram que os valores dos nutrientes, na globalidade, são muito superiores ao controlo. Os subprodutos Coc. e Tom.Fo.m demonstram teores superiores em todos os nutrientes analisados, onde a maior diferença ocorreu no teor em Cu do subproduto Coc. e no teor em K do subproduto do Tom.Fo.m, com os valores, de 222 vezes e 131 vezes superior ao controlo. Os restantes subprodutos obtiveram em alguns nutrientes, nomeadamente no Fe

e no Mo, valores abaixo do controlo. Destaca-se o teor de K nos subprodutos analisados, pois o seu afastamento é 296 - 197 vezes superior ao valor do controlo. Este afastamento é mais notório no Bro.Ca.m e Bro.Ca.M, com valores de 838,34 mg / kg e 804,11 mg / kg, respetivamente. Nos teores de Na e de P, as variações continuam superiores ao controlo, superando entre 25 -10 vezes o valor do controlo. Os valores do N Kjeldhal, são mais baixos nos subprodutos Ceb., Bro.Ca.m e Bro.Ca.M, e mais altos nos restantes subprodutos.

A quantificação dos teores nutrientes presentes em cada subproduto teve como objetivo verificar se algum nutriente seria limitante ou se apresentava uma toxicidade. Esta quantificação tem uma significância menor ao nível da nutrição do substrato, pois ao se estudar a germinação de plantas para transplantação, estamos a considerar que os nutrientes que são inicialmente necessários à germinação estão nas reservas da semente, e os nutrientes que forem subsequentemente necessários serão aplicados de forma pontual.

A medição dos fenóis foi feita como descrito em 3.5, e os dados obtidos estão descritos no quadro 21

**Quadro 21 - Valores obtidos na medição dos fenóis para as misturas 75/25 com todos os subprodutos.**

<b>Mistura (75/25)</b>	<b>Fenóis totais solúveis g/g de matéria seca</b>
<b>Tur.</b>	-0,96 – Valor teórico de 0
<b>Coc.</b>	1,23
<b>Tom.Ca.F</b>	2,41
<b>Tom.Ca.m</b>	0,85
<b>Tom.Ca.M</b>	3,01
<b>Tom.Fo.m</b>	8,31
<b>Tom.Fo.M</b>	0,37
<b>Abo.</b>	5,15
<b>Bro.Ca.m</b>	6,40
<b>Bro.Ca.M</b>	8,79
<b>Ceb.</b>	4,78

Nota: Turfa (Tur.), Fibra de coco (Coc.), Tomate (Tom), Aboborinha (Abo), Brócolo (Bro) e Cebola (Ceb); órgão vegetativo: Folha (Fo) e Caule (Ca); dimensão: 0-2 mm (menor), 2-4 mm (Maior) ou fibras (F)).

Com os valores obtidos e apresentados no quadro 21 verifica-se que o teor de fenóis solúveis é maior nos órgãos das folhas como o Tom.Fo.m e Bro.Ca.M. O valor obtido na turfa (controlo) foi de -0,96 g/g de matéria seca, trata-se de um valor negativo e quando comparado com os restantes valores, não existe nenhum que se assemelhe. A mistura que teve um valor mais baixo foi a que tinha o subproduto Tom.Ca.m, com o valor de 0,85 g/g de matéria seca. De forma geral, as misturas com os subprodutos provenientes de caules têm valores mais baixos seguidos de misturas sem separação de órgãos, como a Abo. e Ceb.

Com estes valores podemos ainda relacionar o potencial oxidativo de cada mistura com a inibição da germinação das sementes em algumas misturas. Nas misturas de 75 % de turfa / 25 % de subproduto do Bro.Ca.M, do Bro.Ca.m e do Tom.Fo.m., as sementes ou não

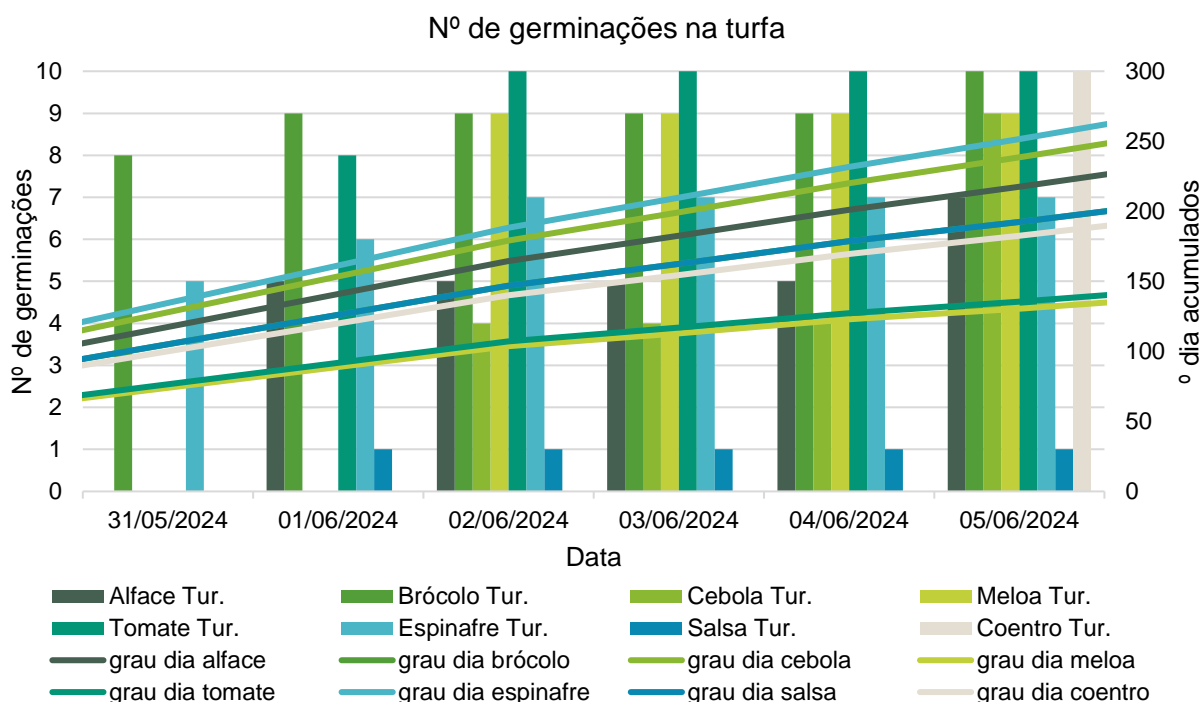
germinaram ou então o seu crescimento foi deficitário. Nestas misturas os valores da quantidade de fenóis detetados são os maiores, permitindo assim existir este fator explicativo da não germinação das sementes quando se utilizam estes subprodutos neste rácio.

## 4.5 Ensaio de germinação de hortícolas

Os resultados dos testes biológicos estão agrupados por cada subproduto utilizado, no entanto, a testagem de todas as misturas para todos os subprodutos foi condicionada pelos primeiros resultados obtidos na mistura 75/25. É importante salientar que só nesta mistura é que se testou a germinação de todas as sementes referidas em 3.7, pois as condições meteorológicas após este teste não foram propícias à germinação de culturas de outono-inverno (meses de verão, com temperaturas muito altas). Este aspeto condicionou os resultados obtidos e, por esta razão, os dados não foram considerados, considerando-se apenas os dados obtidos para as culturas de primavera-verão.

O controlo foi feito com 100 % de turfa e nas mesmas condições que as outras misturas, tanto nas condições climáticas como em todas as operações feitas (rega, adubação e retanchar). A figura 21 mostra o número de germinações (em 10 alvéolos semeados, como nos resultados que se seguem) e a evolução dos graus dia acumulados para cada cultura nas diferentes misturas feitas para um rácio de 75/25.

**Figura 21 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo no controlo com turfa (Tur.) feito nas condições do rácio 75/25.**



No controlo, as culturas do brócolo, tomate e coentro atingiram o máximo da germinação possível, seguindo-se a cultura da cebola com 9 germinações e a cultura da alface, meloa e espinafre com 8 germinações. A alface retardou o crescimento face aos graus dia acumulados em 2 dias, tendo sido necessário 141º dia acumulados. As restantes culturas estão de acordo com o número de graus dia acumulados para a sua germinação.

As plantas após atingirem as condições para a sua transplantação foram retiradas dos alvéolos e como evidencia o conjunto de figuras 22, a forma do alvéolo manteve-se e a estrutura física entre raízes e turfa manteve-se, protegendo as raízes e estas não ficaram descobertas. A colocação das plantas germinadas no substrato controlo no solo não revelou qualquer dificuldade por parte das plantas em ultrapassar o stress de plantação.



a) Couve brócolo (esq.) e Alface (dir.)



b) Meloa (esq.) e Tomate (dir.)



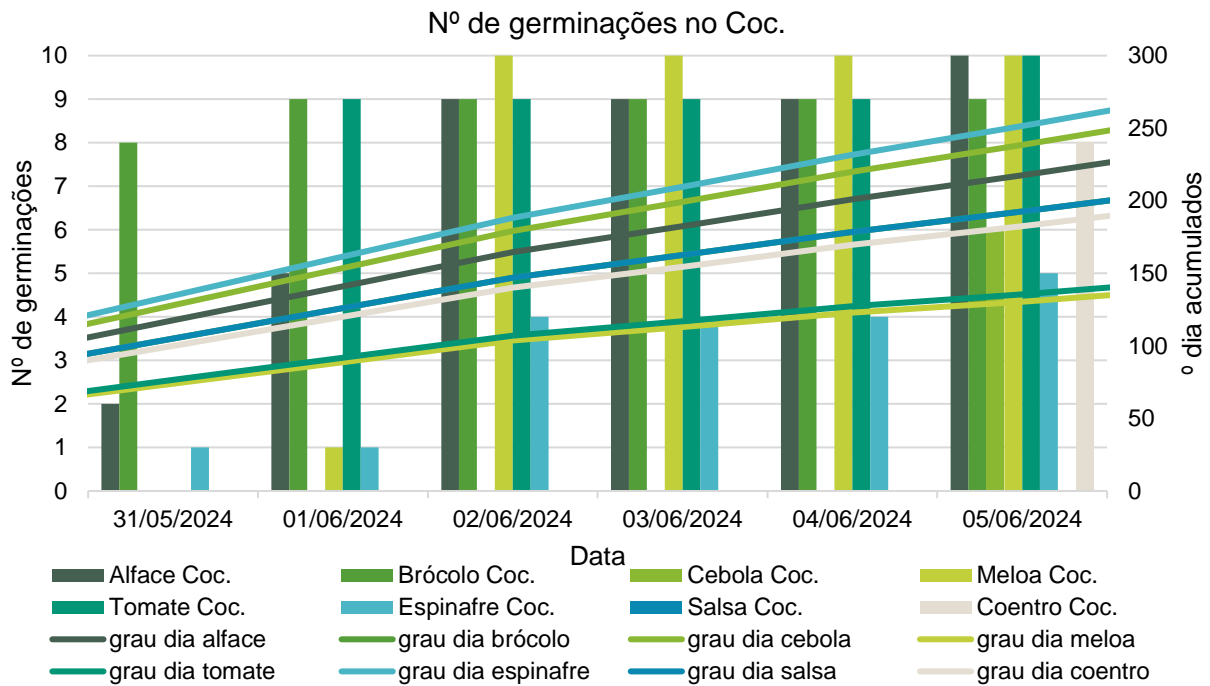
c) Espinafre

**Figura 22 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Brócolo e alface; b) Meloa e tomate e c) Espinafre, no controlo nas condições do rácio 75/25.**

A figura 23 mostra o número de germinações e a evolução dos graus dia acumulados para cada cultura, na mistura 75/25 utilizando o subproduto da fibra de Coco.

Nesta mistura, as culturas da alface, da meloa e do tomate atingiram o máximo da germinação possível, seguindo-se a cultura do brócolo com 9 germinações e a cultura do coentro com 8 germinações. Todas as outras culturas tiveram 6 ou menos de 6 germinações, é de destacar que a salsa não germinou. Nesta mistura, não existiu a antecipação de nenhuma cultura, já o retardamento pode ser verificado na salsa.

Figura 23 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto da fibra de coco (Coc.).



As plantas após atingirem as condições para a sua transplantação foram retiradas dos alvéolos e como demonstra o conjunto de figuras 24, o resultado obtido foi semelhante ao controlo, não existindo diferenças significativas. Por consequência, a colocação no solo das plântulas germinadas em fibra de coco ocorreu sem que as plantas manifestassem qualquer dificuldade em ultrapassar o stress de plantação.

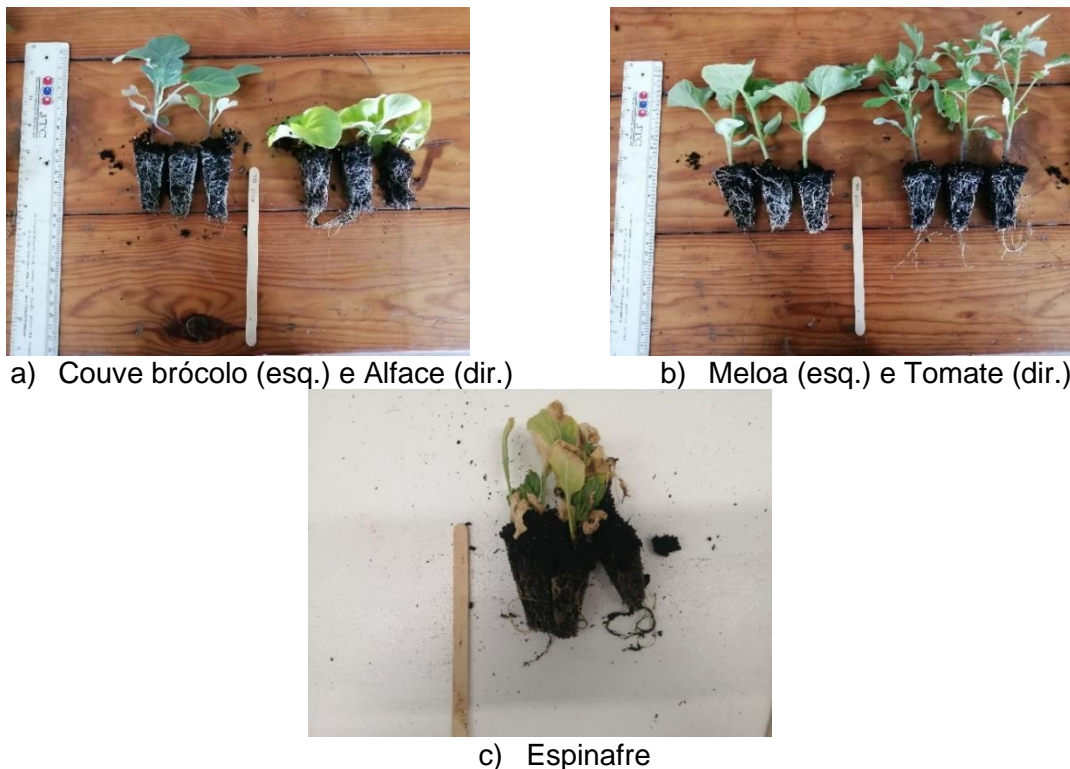
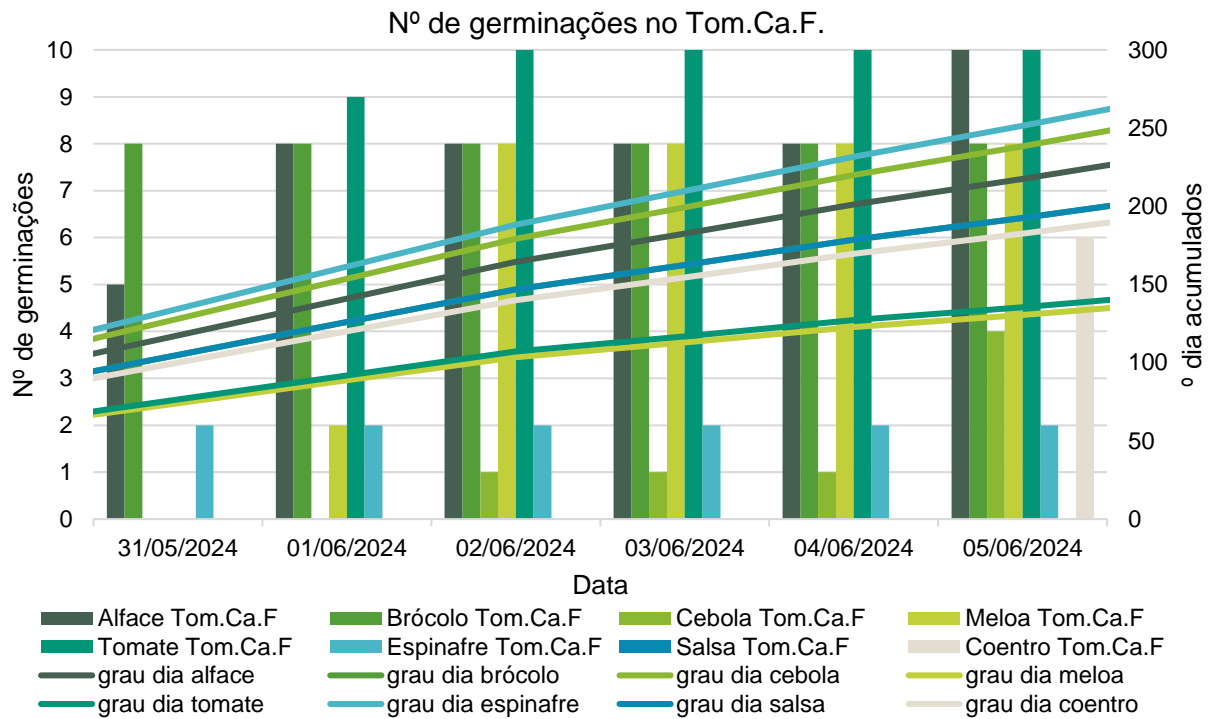


Figura 24 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Brócolo e alface; b) Meloa e tomate e c) Espinafre, para o rácio 75/25 com o subproduto da fibra de coco.

A figura 25 apresenta o número de germinações e a evolução dos graus dia acumulados para cada cultura, na mistura 75/25 utilizando o subproduto Tom.Ca.F.

**Figura 25 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Tom.Ca.F (tomate caules fibras).**



Nesta mistura, as culturas da alface e do tomate atingiram o máximo da germinação possível, seguindo-se a cultura do brócolo e da meloa com 8 germinações e as restantes culturas tiveram 6 ou menos de 6 germinações, destacando-se o espinafre só com 2 germinações. Nesta mistura a salsa não germinou, existindo o retardamento da germinação, e a cultura da cebola antecipou a sua emergência, utilizando 179,2º dia acumulados.

Seguidamente, analisou-se a estrutura dos alvéolos de cada cultura. O conjunto de figuras 26 apresenta o resultado obtido. Este resultado foi semelhante ao controlo nas culturas feitas nos alvéolos maiores, nos menores a sua estrutura foi comprometida, existindo casos em que a raiz ficou parcialmente descoberta. A colocação no solo destas plântulas, ainda assim, ocorreu sem que se registasse qualquer dificuldade por parte das plantas em ultrapassar o stress de plantação, acompanhando o controlo.



a) Brócolo (esq.) e Alfaca (dir.)



b) Meloa (esq.) e Tomate (dir.)



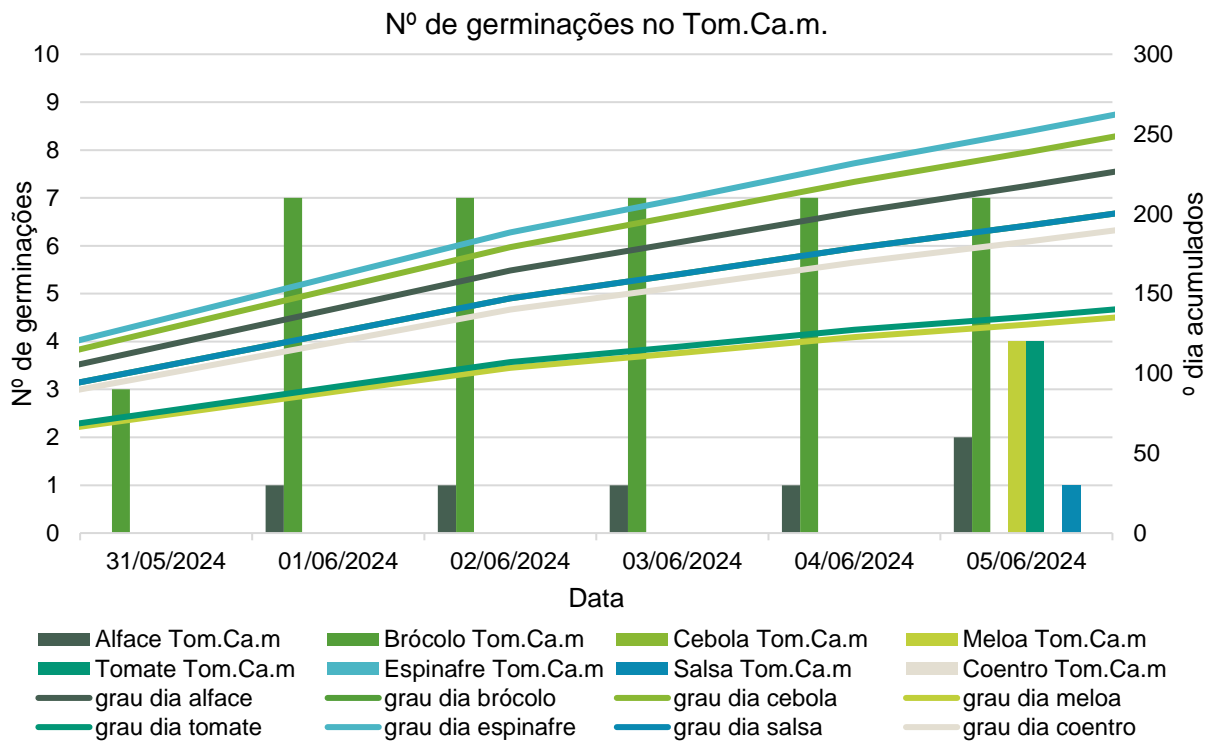
c) Brócolo (esq), cebola (centro) e espinafre (dir.)

**Figura 26 – Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Brócolo e alfaca; b) Meloa e tomate e c) Brócolo, cebola e espinafre, para o rácio 75/25 com o subproduto Tom.Ca.F. (tomate caules fibras).**

A figura 27 apresenta o número de germinações e a evolução dos graus dia acumulados para cada cultura, na mistura 75/25 utilizando o subproduto Tom.Ca.m.

Nesta mistura não houve germinação das culturas da cebola, do espinafre e do coentro, no período de germinação normal associado aos graus dia acumulados. A cultura da alfaca atingiu o máximo da germinação com 7 germinações, seguindo-se da meloa e do tomate com 4 germinações e as restantes culturas tiveram 2 ou 1 germinação. Existiu o atraso na germinação da cultura da alfaca (141º dia acumulados), da meloa (130º dia acumulados) e do tomate (135º dia acumulados), não se tendo verificado a antecipação de nenhuma cultura.

**Figura 27 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Tom.Ca.m. (tomate caules menor)**



Como já referido, as culturas da cebola, do espinafre e do coentro só germinaram muito mais tardiamente, no entanto, analisou-se a estrutura física do alvéolo. Estes resultados estão descritos no conjunto de figuras 28. Na cultura do brócolo e do espinafre, o resultado foi semelhante ao controlo. As culturas que estão nos alvéolos maiores têm uma predominância de raízes na base do alvéolo fazendo com que a parte mais superficial do alvéolo não tenha raízes e que se desintegre. No ensaio da cebola, existiram casos onde a raiz ficou completamente nua, e que a estrutura do alvéolo quebrou na totalidade. A colocação destas plântulas no solo teve resultados diferentes, as cebolas que apresentavam raiz nua demoraram mais tempo a ultrapassar o stress de plantação, mas as restantes culturas não registaram qualquer dificuldade, acompanhando os resultados do controlo.



a) Meloa (esq.), Tomate (meio) e Brócolo (dir.)

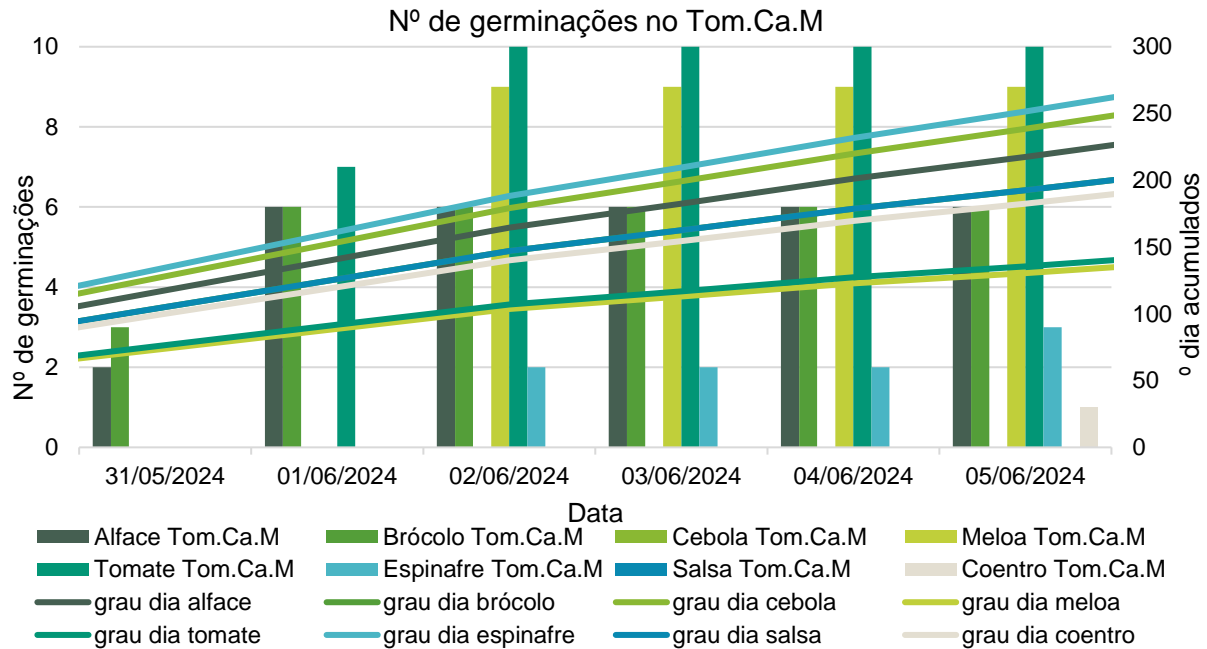


b) Espinafre (esq.), Cebola (meio) e Brócolo (dir.)

**Figura 28 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Meloa, tomate e brócolo; b) Espinafre, cebola e brócolo, para o rácio 75/25 com o subproduto Tom.Ca.m (tomate caules menor).**

A figura 29 apresenta o número de germinações e a evolução dos graus dia acumulados para cada cultura, na mistura 75/25 utilizando o subproduto Tom.Ca.M.

**Figura 29 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Tom.Ca.M. (tomate caules maior).**



Nesta mistura, não existiu a germinação das culturas da cebola e da salsa, no período de germinação normal associado aos graus dia acumulados. A cultura do tomate atingiu o máximo da germinação com 10 germinações, seguindo-se da meloa com 9 e a alface e o brócolo com 8 germinações. Existiu o atraso na germinação da cultura do espinafre (188º dia acumulados) e não se verificou a antecipação de nenhuma cultura.

A estrutura dos alvéolos de cada cultura foi analisada e os resultados estão demonstrados no conjunto de figuras 30. Os resultados foram ligeiramente diferentes do controlo, no sentido de que a parte superficial (1 cm) não apresentava raízes e tendeu a desintegrar-se e a perder a forma. O resto do alvéolo tem as raízes bem distribuídas e a estrutura manteve-se. A colocação destas culturas no solo teve resultados semelhantes ao controlo, pois a parte superficial do alvéolo (1cm) não teve impacto na ultrapassagem do stress de plantação.



a) Brócolo (esq.) e Alface (dir.)



b) Meloa (esq.) e Tomate (dir.)



c) Espinafre

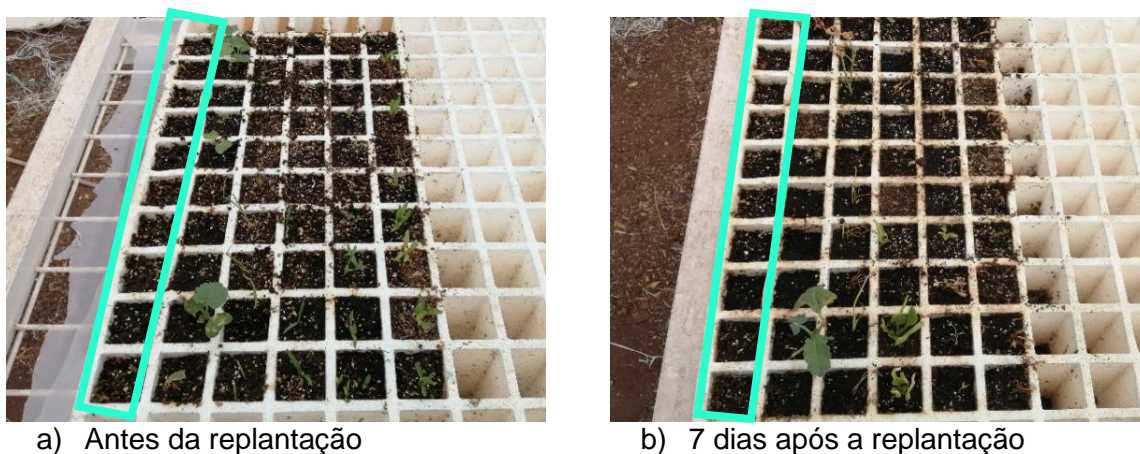
Figura 30 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Brócolo e alface; b) Meloa e tomate e c) Espinafre, para o rácio 75/25 com o subproduto Tom.Ca.M.(tomate caules maior).

A mistura com um rácio de 75/25 utilizando o subproduto Tom.Fo.m não obteve qualquer germinação das culturas em estudo, no período correspondente aos graus dia acumulados para o desenvolvimento da cultura. No dia 20/06, ou seja, passado 15 dias, as germinações foram as que estão registadas no quadro 22 e demonstradas no conjunto de figuras 31.

Quadro 22 - Registo de germinações para a mistura Tom.Fo.m (tomate folhas menor) no rácio de 75/25.

75/25	Alface	Brócolo	Meloa	Tomate	Cebola	Espinafre	Salsa	Coentro
Tom.Fo.m	0	6	7	10	9	6	8	9

Na cultura da alface existiu a necessidade de se fazer uma replantação no dia 18/06 tendo em conta que nenhuma planta tinha germinado, no entanto, a cultura das alfaces continuou sem germinar.



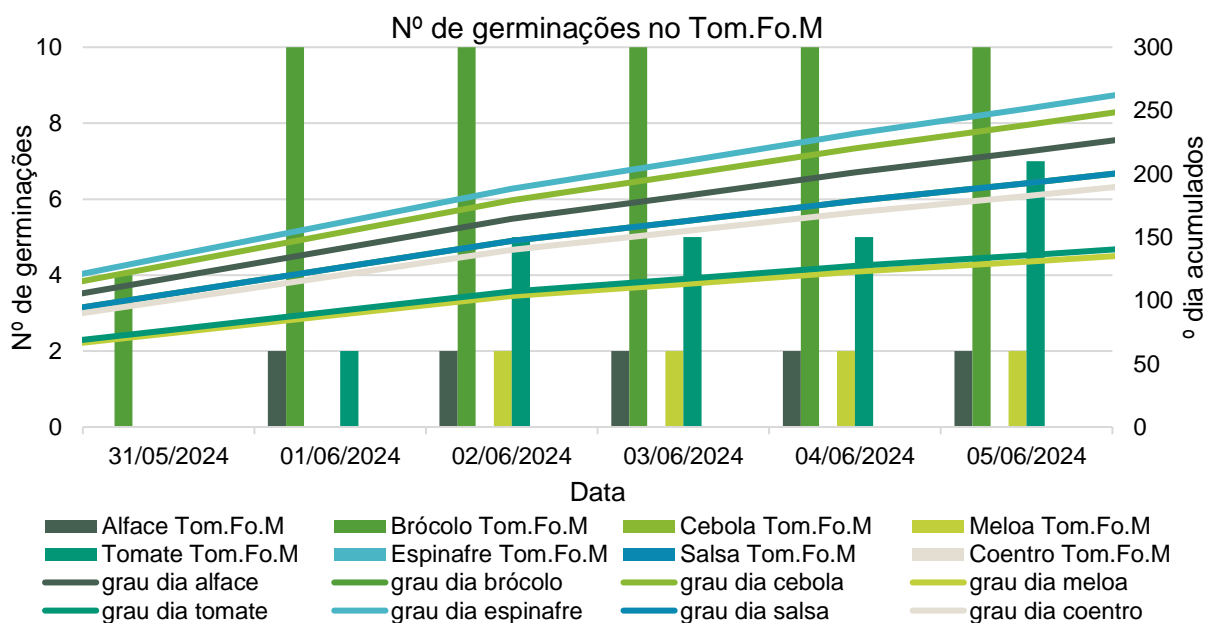
a) Antes da replantação

b) 7 dias após a replantação

**Figura 31 - Germinações no tabuleiro da mistura 75/25 com o subproduto Tom.Fo.m, com o antes e pós replantação da cultura da alface.**

A figura 32 relata o número de germinações e a evolução dos graus dia acumulados para cada cultura, na mistura 75/25 utilizando o subproduto Tom.Fo.M. Nesta mistura não existiu a germinação das culturas da cebola, do espinafre, da salsa e do coentro, no período de germinação normal associado aos graus dia acumulados. A cultura do brócolo atingiu o máximo da germinação com 10 germinações, seguindo-se do tomate com 7 e a alface e a meloa com 2 germinações. Existiu o atraso na germinação da cultura da alface (141º dia acumulados) e não se verificou a antecipação de nenhuma cultura.

**Figura 32 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Tom.Fo.M. (tomate folhas maior).**



A estrutura dos alvéolos de cada cultura foi analisada e os resultados estão demonstrados no conjunto de figuras 33. Os resultados foram semelhantes ao controlo, não existindo nada a destacar. Por consequência, a transplantação destas culturas no solo teve resultados semelhantes ao controlo e não houve impactos na ultrapassagem do stress de plantação.



a) Tomate (esq.) e Brócolo (dir.)



b) Alface

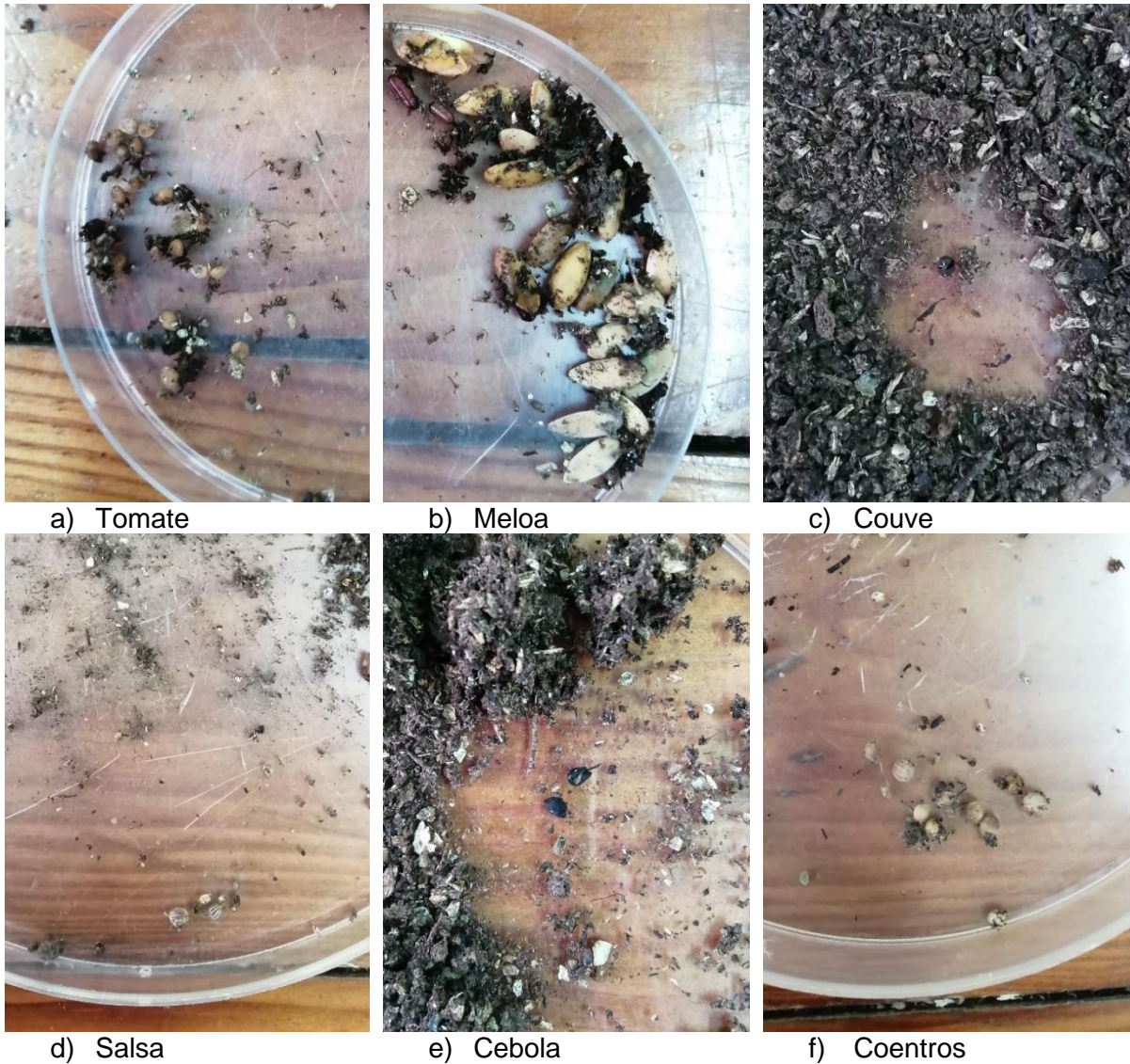


c) Cebola (esq) e espinafre (dir)

**Figura 33 - Conjunto de 3 figuras com o resultado da germinação das culturas a) Tomate e brócolo; b) Alface e c) Cebola e espinafre, para o rácio 75/25 com o subproduto Tom.Fo.M. (tomate folhas maior).**

Nas misturas 75/25 utilizando os subprodutos Bro.Ca.m e Bro.Ca.M, verificou-se que nenhuma cultura germinou. A fim de tentar explicar o sucedido, retiraram-se as misturas dos alvéolos e procuraram-se as sementes de cada cultura, como demonstrado no conjunto de figuras 34. As sementes de alface e de espinafre, por terem um tamanho muito reduzido, não se encontraram.

Com a análise das sementes conseguimos visualizar que estas intumesceram, mas não existiu a emissão da radícula na maioria das sementes. Nas sementes onde ocorreu o início da emissão da radícula, esta não se desenvolveu, originando a sua inviabilidade. Na cultura da couve-brócolo, a cápsula da semente separou-se do interior, não se tendo desenvolvido o embrião.

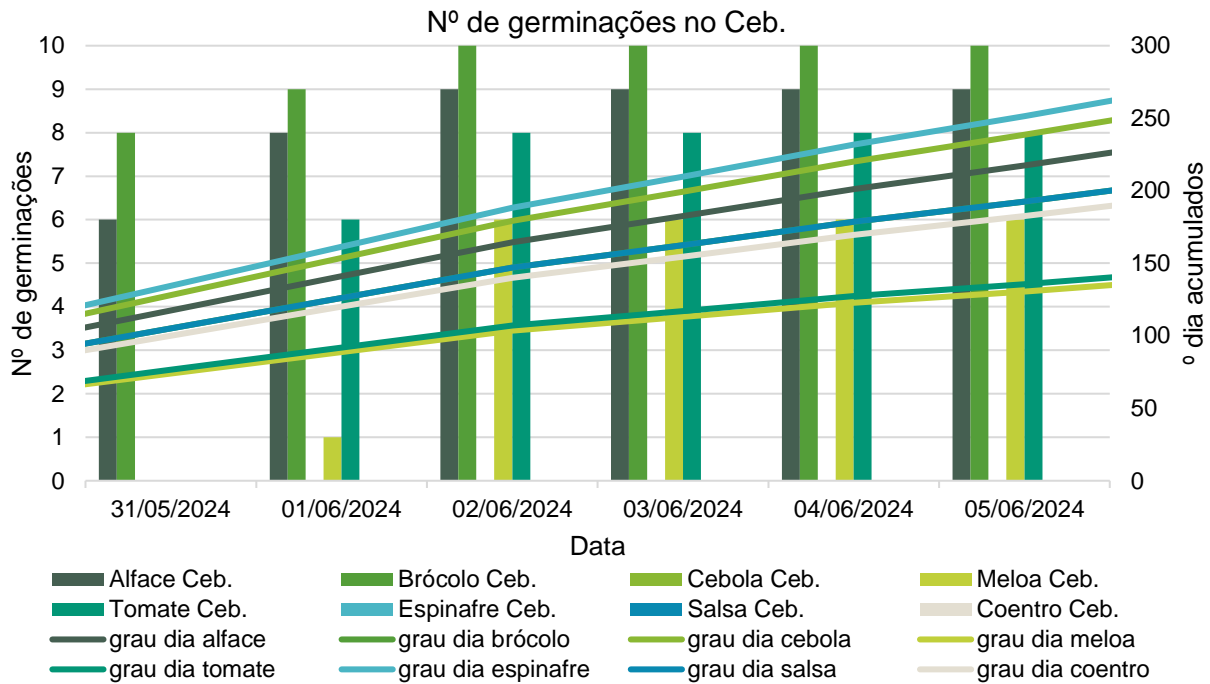


**Figura 34 - Conjunto de 6 figuras com as sementes presentes nas misturas 75/25 dos subprodutos Bro.Ca.M. (couve-brócolo maior) e Bro.Ca.m.(couve-brócolo menor).**

A figura 35 evidencia o número de germinações e a evolução dos graus dia acumulados para cada cultura, na mistura 75/25 utilizando o subproduto Ceb.

Esta mistura demonstrou que não existiu a germinação das culturas da cebola, do espinafre, da salsa e do coentro, no período de germinação normal associado aos graus dia acumulados. A cultura do brócolo atingiu o máximo da germinação com 10 germinações, seguindo-se da alface com 9, o tomate com 8 e a meloa com 6 germinações. Não existiu o atraso na germinação das culturas no período expectável, e também não se verificou a antecipação de nenhuma cultura.

**Figura 35 - Relação entre os graus dia acumulados e o número de germinações de todas as culturas em estudo para o rácio 75/25 utilizando o subproduto Ceb. (cebola).**



A estrutura dos alvéolos de cada cultura foi analisada e os resultados estão demonstrados na figura 36. Os resultados foram diferentes do controlo, no sentido de que a estrutura do alvéolo não se manteve e as raízes ficaram nuas. Esta desagregação foi universal para todos os alvéolos e a colocação destas culturas no solo teve resultados opostos ao controlo, pois as plantas tiveram dificuldade em ultrapassar o stress de plantação, tendo como consequência o atraso no desenvolvimento da cultura.



Meloa (esq.) e tomate (dir.)

**Figura 36 - Resultado da germinação das culturas da meloa e do tomate para o rácio 75/25 com o subproduto Ceb. (cebola).**

No trabalho de Radhouani et al., 2015, os resultados de germinação ao longo dos dias, utilizando sementes de tomate, de melão e de cevada num substrato composto por composto de resíduos verdes e turfa (controlo) mostraram que as sementes germinaram mais rapidamente no controlo do que quando comparado com os restantes substratos, no entanto,

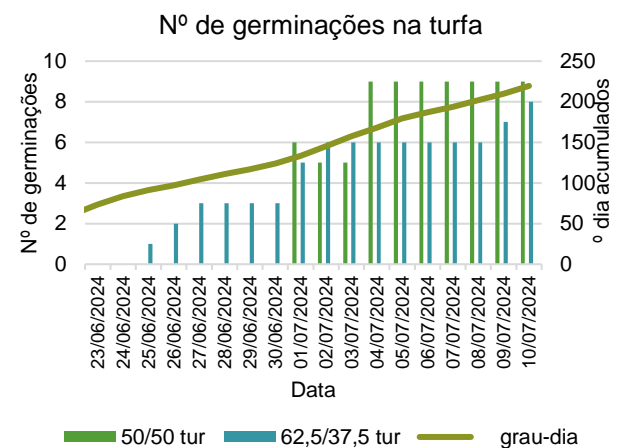
a germinação igualou ao fim de uns dias. Estes dados são coincidentes aos obtidos neste trabalho, que estes evidenciam que o controlo leva a uma germinação mais rápida, mas a utilização de subprodutos no substrato faz com que, na altura de transplantação, as plantas sejam equivalentes às do controlo e que o seu desenvolvimento vegetativo seja semelhante. Sousa et al., 2024, também obtiveram resultados semelhantes aos descritos neste ensaio e por Radhouani et al., 2015.

Após os resultados da mistura 75/25, e a fim de averiguar os valores máximos possíveis de substituição de cada subproduto em estudo, alteraram-se os rácios das misturas para os máximos de substituição de cada subproduto em estudo. Assim, aumentaram-se os rácios das misturas que apresentaram uma boa germinação para 62,5 % de turfa + 37,5 % de subproduto e para 50 % de turfa + 50 % de subproduto, designadamente nas misturas com os subprodutos: Coc., Tom.Ca.F, Tom.Ca.m, Tom.Ca.M e Abo. Nas misturas que não germinaram ou que apresentaram um baixo número de germinações, baixou-se o rácio de substituição para 87,5 % de turfa + 12,5% de subproduto e para 94 % de turfa + 6 % de subproduto, nomeadamente nas misturas com os subprodutos: Tom.Fo.m, Tom.Fo.M, Abo., Bro.Ca.m e Bro.Ca.M. Estas novas misturas foram usadas para a germinação de sementes de tomate e de meloa.

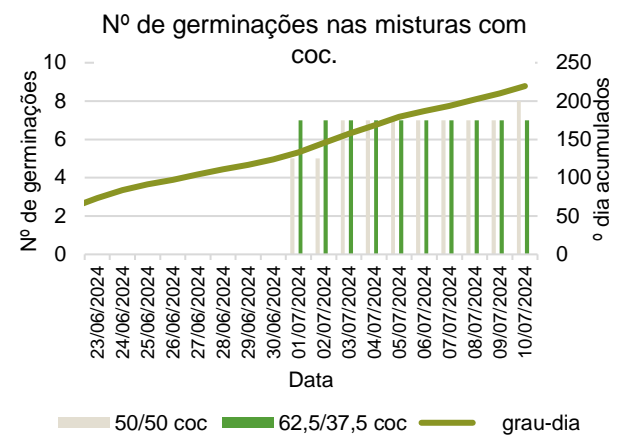
A análise do número de germinações da cultura do tomate demonstrou que este processo foi eficaz com vários teores e em várias misturas. Das figuras 37 à 47, estão os resultados do número de germinações. Com base nestes resultados, observa-se que as misturas que anteciparam a germinação foram as que tinham o subproduto: Tom.Fo.m (94/6) e Tom.Fo.M (94/6). Contrariamente a este fenómeno, as misturas com os subprodutos: Coc. (50/50 e 62,5/37,5), Tom.Ca.F (50/50), Tom.Ca.m (50/50 e 62,5/37,5), Tom.Ca.M (50/50 e 62,5/37,5) e Ceb. (62,5/37,5) retardaram a germinação. Destas misturas que atrasaram a germinação, as misturas Coc. (50/50 e 62,5/37,5), Tom.Ca.F (50/50), Tom.Ca.M (62,5/37,5) e Ceb. (62,5/37,5) demonstraram que, num curto período de tempo, conseguiam germinar entre 9 e 7 germinações em 10 possíveis. Tendo em conta que o controlo obteve 8-9 germinações, estes resultados tornam-se assim muito relevantes e muito promissores.

As restantes misturas iniciaram a sua germinação na altura correta de graus dia acumulados, no entanto, esta germinação não foi uniforme, tendo ocorrido a primeira e só passado alguns dias é que se atingiu o pico de germinação.

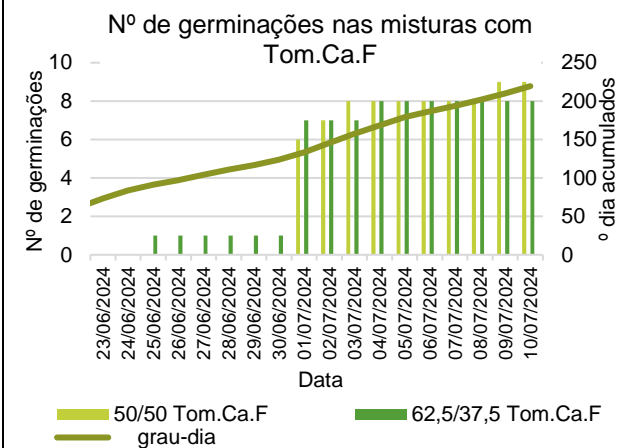
**Figura 37 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate na turfa.**



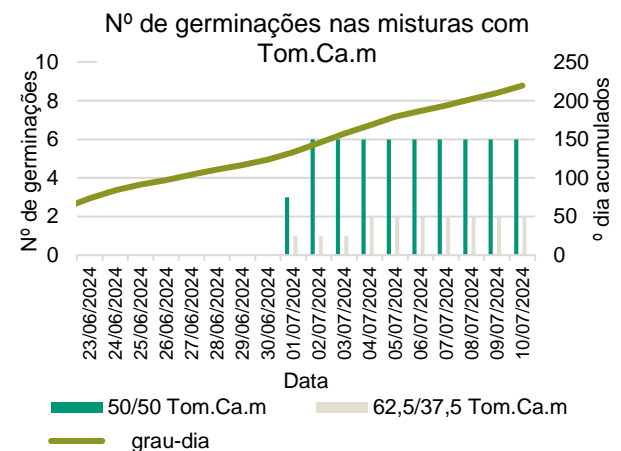
**Figura 38 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Coc. (coco) para os raios de 50/50 e 62,5/37,5.**



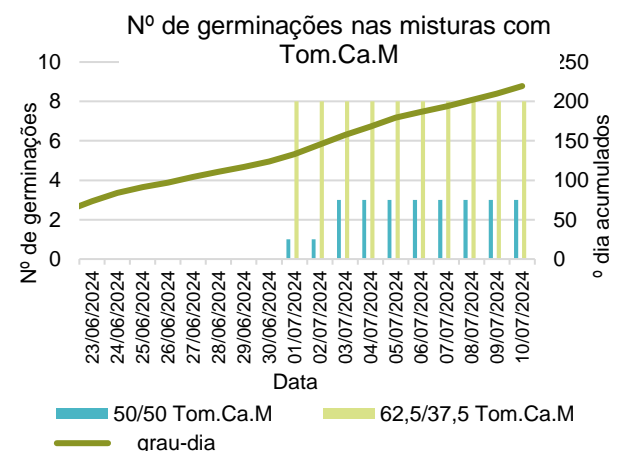
**Figura 39 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Ca.F.(tomate caules fibras) para os raios de 50/50 e 62,5/37,5.**



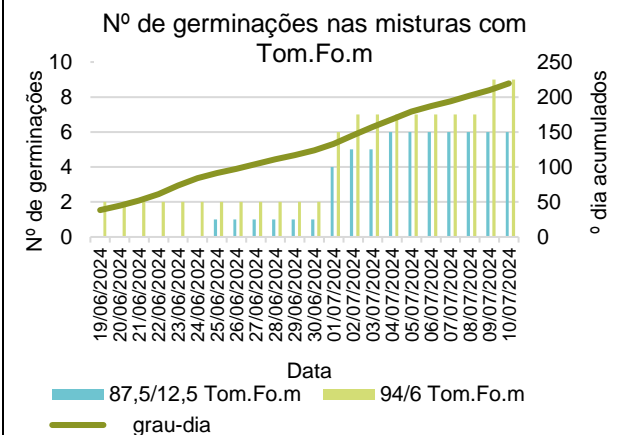
**Figura 40 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Ca.m. (tomate caules menor) para os raios de 50/50 e 62,5/37,5.**



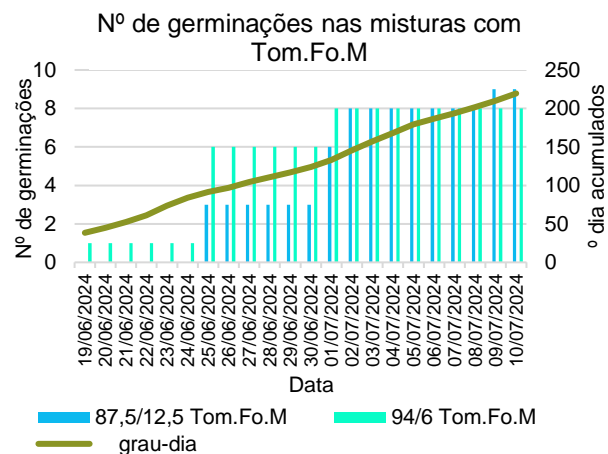
**Figura 41 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Ca.M. (tomate caules maior) para os raios de 50/50 e 62,5/37,5.**



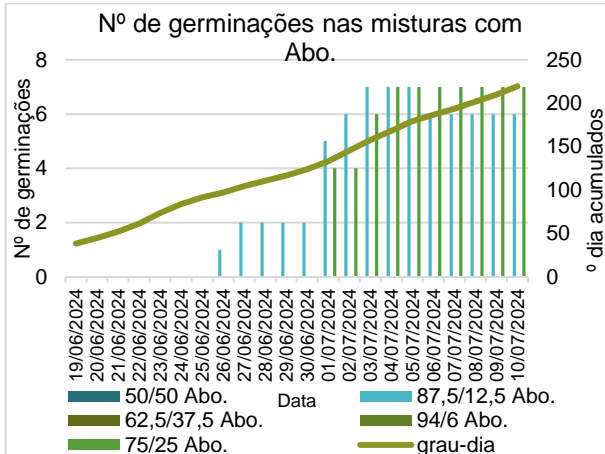
**Figura 42 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Fo.m. (tomate folhas menor) para os raios de 87,5/12,5 e 94/6.**



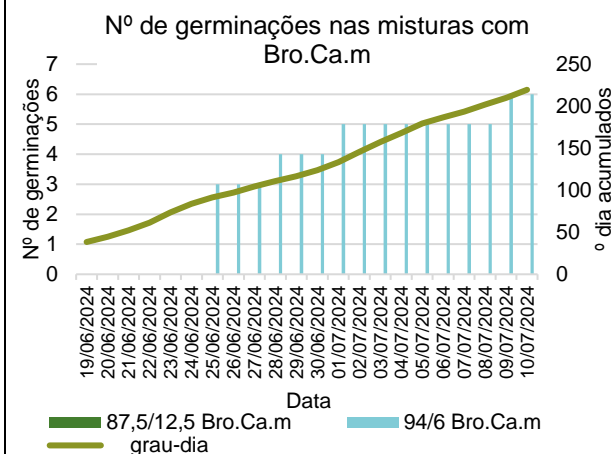
**Figura 43 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Tom.Fo.M. (tomate folhas maior) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6.**



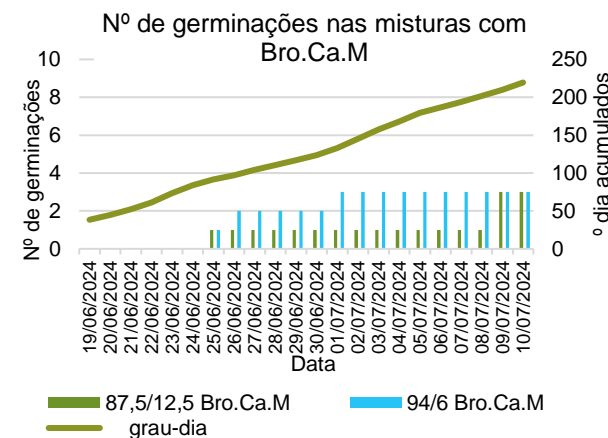
**Figura 44 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Abo. (aboborinha) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6.**



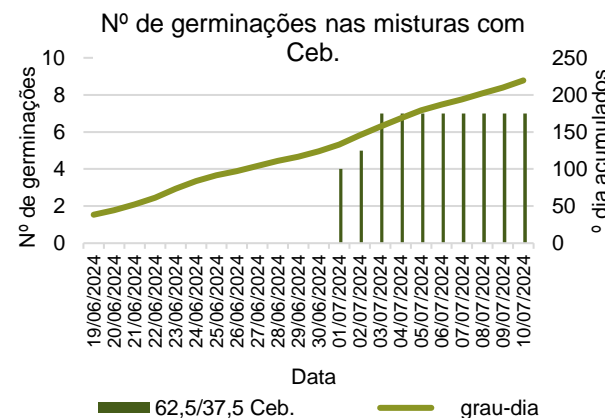
**Figura 45 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Bro.Ca.m. (couve-brócolo caules menor) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6.**



**Figura 46 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Bro.Ca.M. (couve-brócolo caules maior) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6.**



**Figura 47 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura do tomate nas misturas com Ceb. (cebola) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5; 62,5/37,5 e 94/6.**

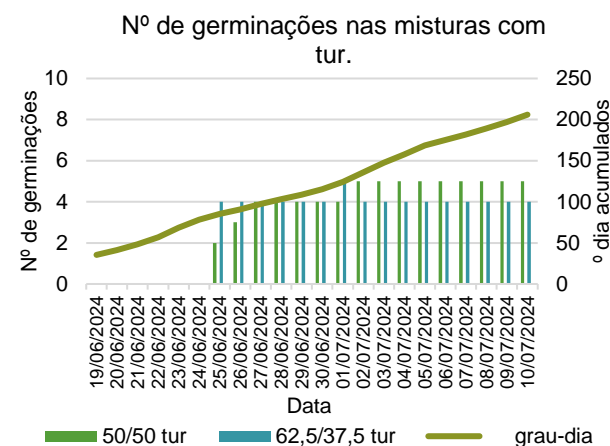


A análise do número de germinações da cultura da meloa demonstrou ter sido eficaz com vários teores e em várias misturas. Das figuras 48 à 58 estão os resultados do número de germinações, mostrando para já que nenhuma mistura antecipou nem retardou a germinação.

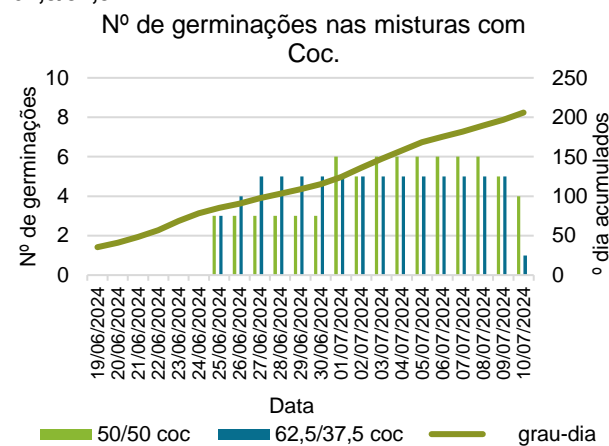
A uniformidade e o número de germinações foram os fatores que se destacaram para esta cultura. O controlo obteve 5-4 germinações, estes resultados são muito reduzidos, o que torna a avaliação muito subjetiva. Nas misturas em estudo, a germinação ocorreu, não existindo o aumento do número de germinações ao longo do tempo do ensaio, verificando-se assim uma uniformidade na germinação. Todas as misturas iniciaram a sua germinação na altura correta de graus dia acumulados e esta foi uniforme. As misturas que se destacaram foram: Tom.Fo.M (94/6), Tom.Ca.m (62,5/37,5), Tom.Ca.F (50/50 e 62,5/37,5) e Tom.Fo.m (94/6) onde existiram 8 a 6 germinações. As restantes misturas obtiveram valores bastante reduzidos, pelo que se considerou que não eram favoráveis para a germinação da meloa. Estes dados são coincidentes com os obtidos por Mechergui et al., 2024, visto que a substituição superior a 50% de composto demonstrou causar impactos negativos no tempo médio de germinação, na velocidade de germinação, tempo de propagação da germinação e o índice de germinação.

É importante referir que, nos dias 09/07/2024 e 10/07/2024, existiu um decréscimo de todas as germinações e em todas as misturas, isto ocorreu por nestes dias existir uma grande amplitude térmica, uma temperatura mínima de 15,4 °C e máxima de 26,2 °C, no exterior e existiu muito vento. O ensaio decorreu dentro da estufa, como referido anteriormente, e estas condições intensificaram-se na altura de maior e de menor calor, e como a estufa tinha de estar aberta para o arejamento, o vento também causou impactos. A consequência destas condições climáticas originou uma desidratação na superfície do alvéolo e conseqüentemente o stress hídrico na planta. Esta desidratação foi difícil de controlar causando, em média, a morte de 1-2 plantas por cada mistura. Silva et al., 2018, determinaram as temperaturas ambientais onde a percentagem de germinação era maior, estes autores também variaram os substratos no seu estudo. Os dados obtidos nos substratos compostos por vermiculite, areia, pó de coco e bagaço de cana-de-açúcar demonstraram que temperaturas ambientais até 20 °C fazem com que a percentagem de germinação seja muito baixa e temperaturas superiores a 20°C fazem com que a germinação seja superior a 80%.

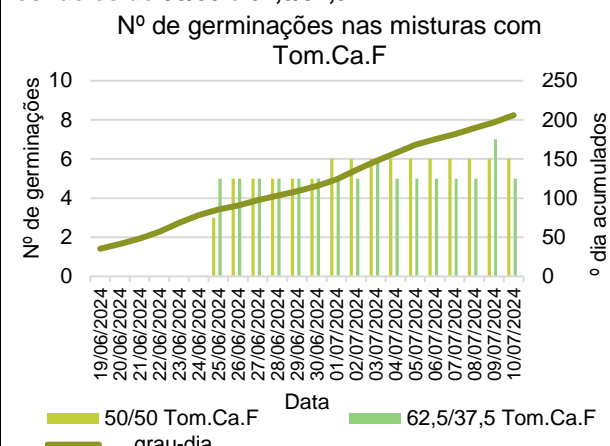
**Figura 48 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa na turfa.**



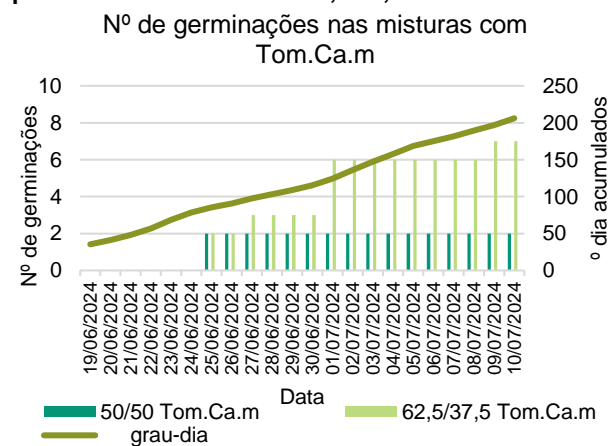
**Figura 49 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Coc. (coco) para os raios de 50/50 e 62,5/37,5.**



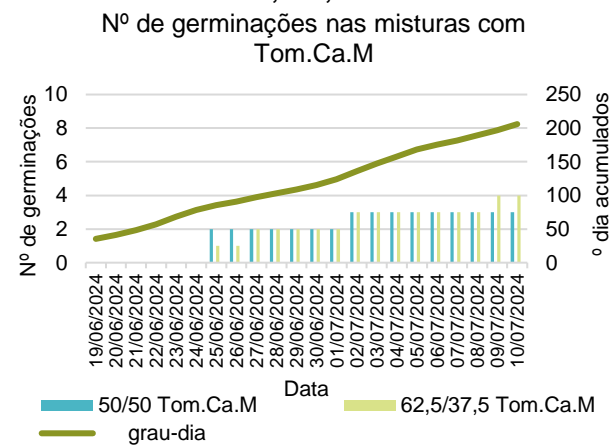
**Figura 50 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Ca.F. (tomate caules fibras) para os raios de 50/50 e 62,5/37,5.**



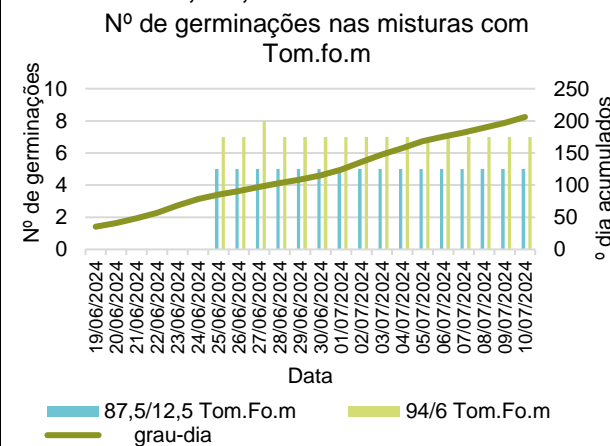
**Figura 51 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Ca.m. (tomate caules menor) para os raios de 50/50 e 62,5/37,5.**



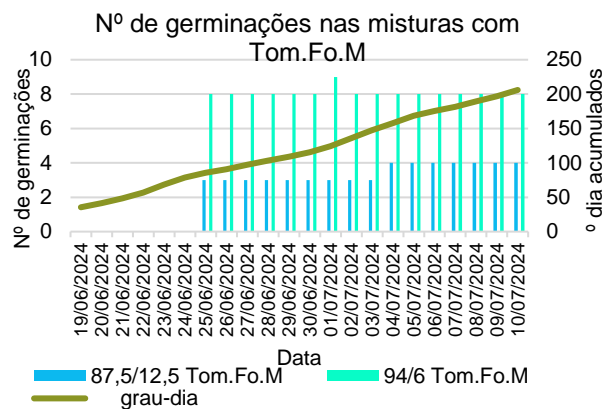
**Figura 52 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Ca.M. (tomate caules maior) para os raios de 50/50 e 62,5/37,5.**



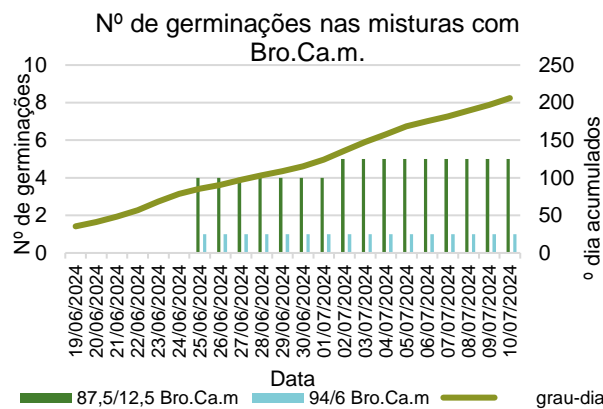
**Figura 53 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Fo.m. (tomate folhas menor) para os raios de 87,5/12,5 e 94/6.**



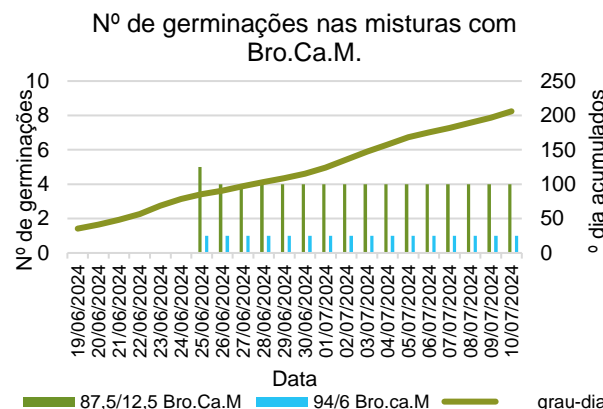
**Figura 54 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Tom.Fo.M. (tomate folhas maior) para os rácios de 87,5/12,5 e 94/6.**



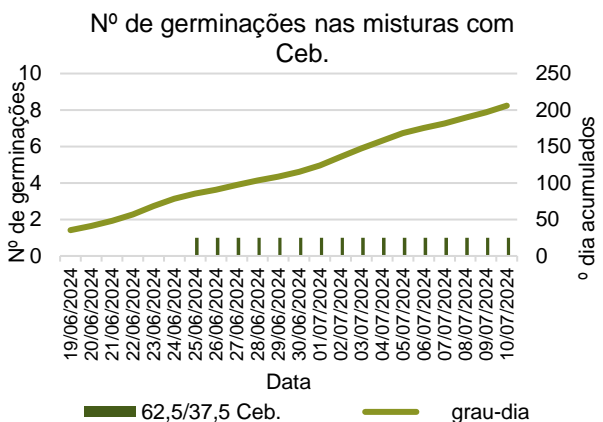
**Figura 55 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Bro.Ca.m. (couve-brócolo caules menor) para os rácios de 87,5/12,5 e 94/6.**



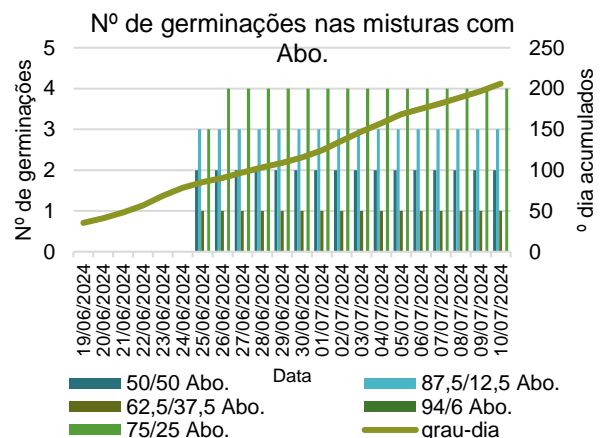
**Figura 56 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Bro.Ca.M. (couve-brócolo caules maior) para os rácios de 87,5/12,5 e 94/6.**



**Figura 57 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Ceb. (cebola) para os rácios de 62,5/37,5.**



**Figura 58 - Relação entre os Graus dia acumulados e o número de germinações da cultura da meloa nas misturas com Abo. (abobrinha) para os rácios de 50/50; 87,5/12,5 e 62,5/37,5.**



## 5. Conclusões

A conjugação dos resultados obtidos relativamente ao efeito do uso dos subprodutos descontaminados das culturas do tomateiro, da cebola, da couve-brócolo e da aboborinha sobre: i) as características físico-químicas e químicas dos substratos; ii) a germinação e o crescimento de plântulas de sete culturas e iii) o comportamento após a plantação das plantas no solo, permite tirar as seguintes conclusões:

- as proporções que envolvem os subprodutos (Bro.Ca.m, Bro.Ca.M, Tom.Fo.m e Abo.) sugeriram que existe algum elemento tóxico que torna estas misturas impróprias para a germinação das sementes das diferentes espécies hortícolas testadas. Esta toxicidade pode estar relacionada com o teor de fenóis, visto que o teor na mistura com 25 % de substituição apresentava valores muito superiores em comparação com as restantes misturas feitas. Isto evidencia a heterogeneidade que existe dentro da mesma cultura, órgãos diferentes possuem constituintes diferentes. Neste caso, as folhas possuem um constituinte que afeta diretamente a germinação.

- o subproduto Ceb. torna-se interessante do ponto de vista físico quando este é formulado em proporções mais baixas. O aumento do grau de substituição da turfa com este subproduto pode ter impactos opostos a nível de estrutura, comprometendo a ultrapassagem do stress de plantação como relatado na mistura de 25 % de substituição.

- as proporções testadas e misturas envolvendo os caules de tomate e até a obtenção de fibras de toda a planta de tomateiro permitiram obter os resultados mais promissores. Verificou-se que a substituição a 50% quando utilizado Tom.Ca.m, Tom.Ca.M e Tom.Ca.F foi eficaz e esteve equiparada aos dados recolhidos do controlo. A antecipação da germinação verificou-se quando se fez germinações em misturas com um grau de substituição inferior a 50 %.

Em suma, de forma a dar resposta às questões colocadas inicialmente, apresenta-se uma breve comparação das características dos subprodutos testados em relação à turfa:

- O valor de pH é superior em todos os subprodutos em relação ao controlo, exceto na Ceb;
- O valor da CE é superior em todos os subprodutos em relação ao valor da turfa, exceto Ceb;
- O valor da porosidade nos subprodutos Tom.Ca.F, Tom.Ca.M, Abo, Ceb compreende valores de macroporosidade superiores à turfa e microporosidade inferiores;
- O valor da DA nos subprodutos Tom.Ca.F, Tom.Ca.m., Abo é semelhantes ao valor do coco que é 0,07 g / g. Estes valores são 10 vezes inferiores ao valor da turfa;

- O valor da MO é semelhante em todos os subprodutos à exceção do Bro.Ca.m e Bro.Ca.M que é o dobro do valor da turfa;
- Os valores do N Kjeldhal são inferiores aos da turfa para os subprodutos Brom.Ca.m, Bro.Ca. M e Ceb. e superiores para o subproduto Tom.Fo.m;
- De forma geral, os restantes teores de nutrientes são todos muito acima dos valores da turfa.

As semelhanças em relação ao controlo das características físicas analisadas demonstram que resíduos que têm uma maior adaptabilidade para o uso em substrato serão os resíduos Tom.Ca.M, Tom.Ca.m e Tom.Ca.F.

As formulações feitas tiveram um impacto nas 7 espécies estudadas. Nas misturas onde a substituição foi de 25 %, a cultura da salsa demorou muito tempo a germinar, o que poderia ser sinal de não se adaptar, no entanto consideramos que a altura do ano poderia não ser a mais favorável à sua germinação. Nas restantes misturas, para esta substituição, a alface na mistura com Tom.Fo.m foi aquela que não germinou mesmo após a replantação, fazendo com que se destaque de todas as outras famílias de hortícolas nesta mistura. Considerando as espécies de primavera-verão, que são as que estão mais adequadas para a altura do ano em que foram feitas as restantes misturas, tanto o tomate como a meloa foram semelhantes. Não se verificou a predominância de uma em relação à outra.

As formulações que não se adequaram à utilização enquanto constituinte de substrato, por não conferirem germinação satisfatória, poderão ser utilizadas como fonte orgânica de nutrientes, dada a sua elevada riqueza nutricional. Neste caso em particular, seria uma hipótese que poderia ser aplicada aos subprodutos da couve brócolo e da aboborinha, mantendo-se uma abordagem de circularidade.

## 6. Referências bibliográficas

- Açores, B. (n.d.-a). *Ficha técnica couve-Em modo produção biológico*. (p. 9). [https://agriculturabiologica.azores.gov.pt/Storage/Stored\\_Files/sto\\_04-08-2022\\_14-53-399505011.pdf](https://agriculturabiologica.azores.gov.pt/Storage/Stored_Files/sto_04-08-2022_14-53-399505011.pdf)
- Açores, B. (n.d.-b). *Ficha técnica curgete- Em modo produção biológico*. (p. 8). [https://agriculturabiologica.azores.gov.pt/Storage/Stored\\_Files/sto\\_04-08-2022\\_14-54-093257052.pdf](https://agriculturabiologica.azores.gov.pt/Storage/Stored_Files/sto_04-08-2022_14-54-093257052.pdf)
- Aleandri, M. P., Chilosi, G., Muganu, M., Vettrano, A., Marinari, S., Paolucci, M., Luccioli, E., & Vannini, A. (2015). On farm production of compost from nursery green residues and its use to reduce peat for the production of olive pot plants. *Scientia Horticulturae*, 193, 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.06.048>
- Almeida, D. (2006a). *Manual de culturas hortícolas. Volume I* (Presença (ed.); 1ª edição).
- Almeida, D. (2006b). *Manual de culturas hortícolas. Volume II* (Presença (ed.); 1ª edição).
- Altieri, M. (1998). *Agroecologia-A dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. (U. F. do R. G. do Sul (ed.); 5ª edição).
- Arco-Verde, M. F., & Moreira, M. A. B. (1998). Viveiros Florestais. construção , custos , cuidados e atividades desenvolvidas para a produção de mudas. In *Embrapa* (Vol. 3).
- Barrett, G. E., Alexander, P. D., Robinson, J. S., & Bragg, N. C. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review. *Scientia Horticulturae*, 212, 220–234. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.030>
- Batista, J. G. F., & Batista, E. R. B. (2007). *Compostagem - Utilização de compostos em Horticultura* (U. dos Açores (ed.)).
- Brito, L. M., & Mourão, I. (2012). Características dos substratos para horticultura: propriedades e características dos substratos (parte I/II). In *Agrotec: revista técnico-científica agrícola* (Issue 2, pp. 32–38). <https://digitalis.uc.pt/handle/10316.2/25812>
- Carlile, W. R. (2004). *Growing Media and the Environment Lobby in the UK 1997-2001*. 107–113.
- Dhandapani, S., Evers, S., Boyd, D., Evans, C. D., Page, S., Parish, F., & Sjogersten, S.

- (2023). Assessment of differences in peat physico-chemical properties, surface subsidence and GHG emissions between the major land-uses of Selangor peatlands. *CATENA*, 230, 107255. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107255>
- FAO, F. and A. O. of the U. N. (2023). *FAOSTAT - Crops and livestock products*. 27 de Dezembro. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Ferraz, M. V., Centurion, J. F., & Beutler, A. N. (2005). Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 27(2), 209–214. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v27i2.1483>
- Francisco, P., Silva, V., & Santos, N. (2020). *Estudos e Inovações na Engenharia e Agronomia v.2* (1ª edição). Campina Grande (EPTEC).
- Gavilán, M. U. (2004). Tratado de cultivo sin suelo. In MUNDI-PRENSA (Ed.), *Mundi-Prensa* (3. ed. rev, Issue January 2004).
- Gong, X., Li, S., Sun, X., Wang, L., Cai, L., Zhang, J., & Wei, L. (2018). Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.). *Scientia Horticulturae*, 236(March 2017), 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.051>
- Gruda, N., & Schnitzler, W. H. (1999). Determination of volume weight and water content of wood fiber substrates with different methods. *Agribiological Research-Zeitschrift Fur Agrarbiologie Agrikulturchemie Okologie*, 52(2), 163–170.
- Horneck, D., & Miller, R. (1998). Determination of Total Nitrogen in Plant Tissue. *Kalra, Y.-P. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*, 75–83.
- INE, (Instituto Nacional de Estatísticas). (2016). *Estatísticas Agrícolas 2015*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/271434407>
- INE, (Instituto Nacional de Estatísticas). (2018). *Estatísticas Agrícolas 2017*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/320461359>
- INE, (Instituto Nacional de Estatísticas). (2021). *Estatísticas Agrícolas 2020*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/437147278>
- INE, (Instituto Nacional de Estatísticas). (2023). *Estatísticas agrícolas 2022*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/137687>

- Kern, J., Tammeorg, P., Shanskiy, M., Sakrabani, R., Knicker, H., Kammann, C., Tuhkanen, E. M., Smidt, G., Prasad, M., Tiilikkala, K., Sohi, S., Gascó, G., Steiner, C., & Glaser, B. (2017). Synergistic use of peat and charred material in growing media—an option to reduce the pressure on peatlands? *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25(2), 160–174. <https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1284665>
- Kratz, D., Wendling, I., Nogueira, A. C., & de Souza, P. V. (2013). Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. *Revista Árvore*, 37(6), 1103–1113. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000600012>
- Louro, M., & Reis, M. M. F. dos. (2020). *Manual de cultivo sem solo: aspetos teóricos e práticos dos cultivos hidropónicos e em substrato*. Quântica Editora.
- Mazuela, P., Urrestarazu, M., & Bastias, E. (2012). Vegetable Waste Compost Used as Substrate in Soilless Culture. *Crop Production Technologies*, January. <https://doi.org/10.5772/29221>
- Mechergui, T., Vanderschaaf, C. L., & Pardos, M. (2024). From Waste to Plant Production: Cattle Dung Compost as an Alternative Nursery Substrate to Commercial Peat for Producing Lettuce Plants. *HortScience*, 59(10), 1489–1496. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI18035-24>
- Moore, P. A., Lukenbach, M. C., Kettridge, N., Petrone, R. M., Devito, K. J., & Waddington, J. M. (2017). Peatland water repellency: Importance of soil water content, moss species, and burn severity. *Journal of Hydrology*, 554, 656–665. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.036>
- Mourão, I. de M. (2007). *Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico* (Escola Sup). Gráficas Anduriña.
- Nocentini, M., Panettieri, M., García de Castro Barragán, J. M., Mastrolonardo, G., & Knicker, H. (2021). Recycling pyrolyzed organic waste from plant nurseries, rice production and shrimp industry as peat substitute in potting substrates. *Journal of Environmental Management*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111436>
- Obeng, A. amuel, Dunne, J., Giltrap, M., & Tian, F. (2023). Soil organic matter carbon chemistry signatures, hydrophobicity and humification index following land use change in temperate peat soils. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19347>
- Pilar Román, Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. In

O. de las N. U. para la A. y la Agricultura (Ed.), *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Radhouani, A., Leonardi, C., Lechaiheb, B., Yahya, L. B. E. N., & Ferchichi, A. (2015). Assessment of the potential of two local composts for seeds germination and vegetable production. *Journal of New Sciences*, 20(1), 780–787.

Räsänen, A., Albrecht, E., Annala, M., Aro, L., Laine, A. M., Maanavilja, L., Mustajoki, J., Ronkanen, A. K., Silvan, N., Tarvainen, O., & Tolvanen, A. (2023). After-use of peat extraction sites – A systematic review of biodiversity, climate, hydrological and social impacts. *Science of the Total Environment*, 882(April). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163583>

Raviv, M., Chen, Y., & Inbar, Y. (1986). *Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants BT - The Role of Organic Matter in Modern Agriculture* (Y. Chen & Y. Avnimelech (eds.); pp. 257–287). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-4426-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-009-4426-8_11)

Raviv, M., & Medina, S. (1997). Physical characteristics of separated cattle manure compost. *Compost Science and Utilization*, 5(3), 44–47. <https://doi.org/10.1080/1065657X.1997.10701884>

Raviv, M., Wallach, R., & Blom, T. J. (2004). The effect of physical properties of soilless media on plant performance - A review. *Acta Horticulturae*, 644(February 2004), 251–259. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.644.34>

Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., & Bar-Tal, A. (2002). Substrates and their analysis. *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*, 25–102.

Raviv, M., Zaidman, B. Z., & Kapulnik, Y. (1998). The use of compost as a peat substitute for organic vegetable transplants production. *Compost Science and Utilization*, 6(1), 46–52. <https://doi.org/10.1080/1065657X.1998.10701908>

Sanjuán, M. del C. S. (2008, May). Los cultivos sin suelo y su contribución a la producción en los sistemas hortícolas intensivos. *Phytohemeroteca* 199.

Saraiva, R., Dias, I., Marques, A., Martins, G., & Et, A. (2022). *Manual técnico - TOMATINOV*. [https://tomatinov.wordpress.com/documentacao/manual\\_tecnico\\_tomatinov/](https://tomatinov.wordpress.com/documentacao/manual_tecnico_tomatinov/)

Schmitz, J. A. K., Souza, P. V. D. de, & Kämpf, A. N. (2002). PHYSICAL AND CHEMICAL

PROPERTIES OF SUBSTRATS WITH MINERAL AND ORGANIC ORIGIN FOR GROWTH OF POTTED PLANTS. *Ciencia Rural*, 32(6), 937–944.

Silva, D. Y. B. de O., Silva, A. M. P. da, Farias, S. G. G. de, Silva, R. B. e, Matos, V. P., & Silva, L. S. da. (2018). Substrate and temperature on germination and performance of *Albizia niopoides* Benth. Seedlings. *Ciência Rural*, 48(3), 1–7. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161043>

Siriprom, W., Teanchai, K., & Chamchoi, N. (2022). The physical properties of substrate cultures: A preliminary characterization. *Materials Today: Proceedings*, 65, 2358–2361. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.310>

Sousa, E. L., Silva, K. F., Shipitoski, R. M., Nardis, B. O., Silva, J. A., Araújo, L. M., Lansanova, L. R., & Andrade, F. R. (2024). Growing lettuce seedlings in different organic composts used as substrate. *Comunicata Scientiae*, 15(March 2023), 1–10. <https://doi.org/10.14295/cs.v15.4062>

Taparia, T., Hendrix, E., Nijhuis, E., de Boer, W., & van der Wolf, J. (2021). Circular alternatives to peat in growing media: A microbiome perspective. *Journal of Cleaner Production*, 327. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129375>

USGS. (2024). Peat Statistics and Information. USGS. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/peat-statistics-and-information>

Vaughn, S. F., Deppe, N. A., Palmquist, D. E., & Berhow, M. A. (2011). Extracted sweet corn tassels as a renewable alternative to peat in greenhouse substrates. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 514–517. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.034>

Veloso, A., Sempiterno, C., Calouro, F., Rebelo, F., Pedra, F., Castro, I. V., Gonçalves, M. da C., Marcelo, M. da E., Pereira, P., Fareleira, P., Jordão, P., Mano, R., & Fernandes, R. (2022). *Manual Fertilização das culturas* (I. P.-I. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (ed.); 3rd ed.). <https://www.inia.pt/divulgacao/publicacoes-bd/manual-fertilizacao-das-culturas>

Verdonck, O., & Gabriels, R. (1992). Reference Method for the Determination of Physical Properties of Plant Substrates. II. Reference Method for the Determination of Chemical Properties of Plant Substrates. *Acta Horticulturae*, 169–179.

Waterhouse, A. L. (2002). Determination of total phenolics. *Corrent Protocols in Food Analytical Chemistry*, 6(1), I1.1.

- Xu, C., Li, J., Yuan, Q., Liu, N., Zhang, X., Wang, P., & Gao, Y. (2021). Effects of different fermentation assisted enzyme treatments on the composition, microstructure and physicochemical properties of wheat straw used as a substitute for peat in nursery substrates. *Bioresource Technology*, 341. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125815>
- Zaller, J. G. (2006). Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*, 112(2), 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.023>