

# SUBSTRATOS

para a produção de plantas em “cultivo sem solo”

## II - Materiais utilizados na sua formulação

---

**Professor Henrique Manuel Ribeiro**

[henriqueribe@isa.utl.pt](mailto:henriqueribe@isa.utl.pt)

# Materiais utilizados

## 1 - Orgânicos

- de origem natural: turfas
- sub-produtos e resíduos de diferentes actividades agro-florestais, industriais e urbanas: casca de árvores, RSU, fibra de coco, etc
- de síntese industrial - polímeros não biodegradáveis de síntese química: poliestireno expandido (esferovite), espuma de poliuretano..

## 2 - Minerais

- de origem natural - rochas naturais eventualmente sujeitas a um ligeiro tratamento físico: areia, gravilha, pozalanas, pedra pomes...
- transformados - a partir de rochas naturais por processos industriais que alteram as características de rocha inicial: perlite, vermiculite, etc.
- sub-produtos e resíduos industriais: escórias de siderurgias...

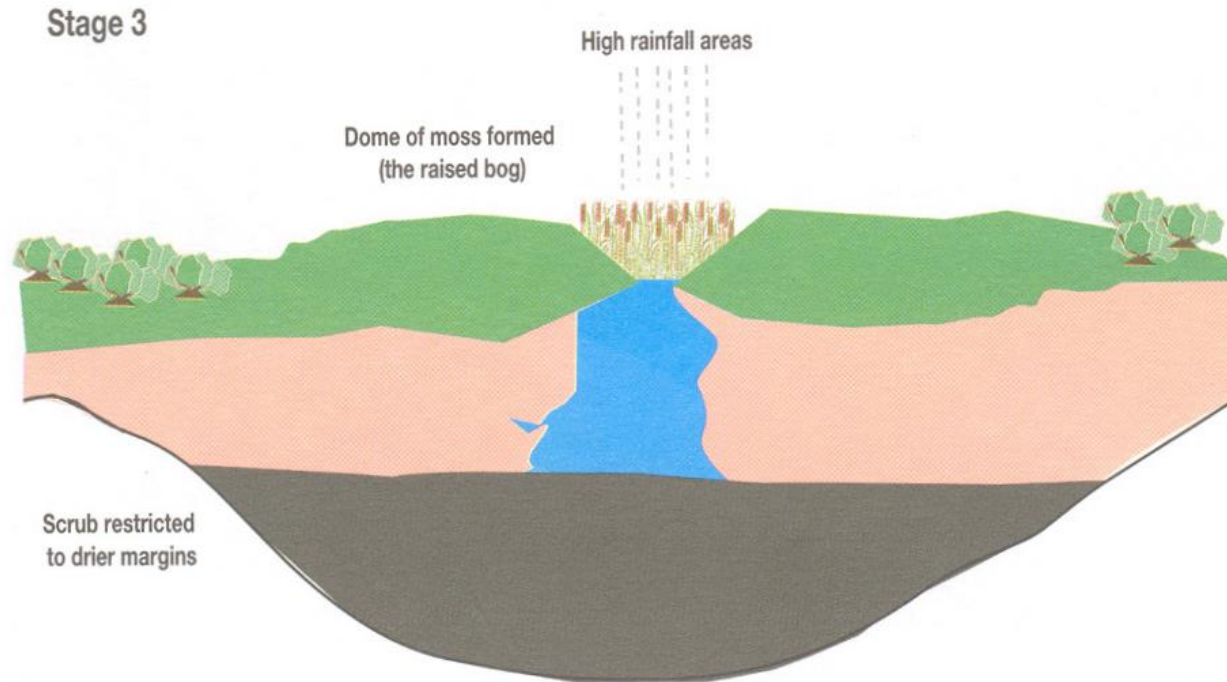
# Materiais utilizados

## Turfas

As turfas são fundamentalmente vegetais fossilizados. Resultam da decomposição parcial, em condições adversas ao desenvolvimento de microrganismos (baixas temperaturas e/ou excesso de água e falta de oxigénio), de diferentes vegetais: *Sphagnum* spp., *Carex* spp, *Juncus* ssp., etc.



# Turfeira





## Turfeira



# Turfas

podemos distinguir vários tipos de turfas em função do seu grau de decomposição:

**Turfas louras** - turfas pouco decompostas, de formação recente (estrato superior da turfeira) e que mantêm, parcialmente, a estrutura dos musgos que as constituem. Formadas em regiões frias de elevada pluviosidade, sendo pobres em elementos nutritivos e constituídas fundamental por esfagnos (*Sphagnum* spp.), espécie pouco exigente que resiste a estas condições adversas.

**Turfas negras** - turfas fortemente decompostas, não se identificando a estrutura dos musgos e plantas que as constituem.

- **negras de esfagno** de formação mais antiga (estrato inferior da turfeira),
- **negras herbáceas**, formadas por outras espécies, em situações menos limitantes do que as anteriores, podendo em alguns casos conter teores elevados de sais

**Turfas de transição** - turfas com características intermédias entre as anteriores



Dark Peat



Light Peat

# Turfas

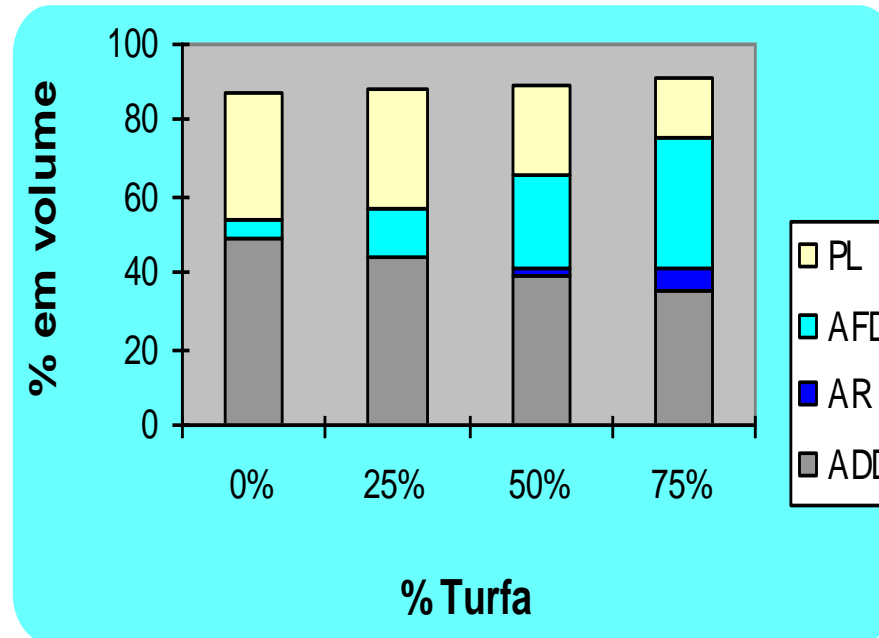
<b>Características</b>	<b>Turfa loura</b>	<b>Turfa negra</b>
<b>Densidade aparente</b> (g cm <sup>3</sup> )	0,07	0,15-0,25
<b>Porosidade total</b>	90-96%	80-90%
<b>Porosidade livre</b>	20-40%	5-20%
<b>Água disponível</b>	25-45%	20-35%
<b>Água de reserva</b>	6	7
<b>Contratilidade</b> (% vol.)	10-25%	50-75%
<b>pH</b>	2,5 - 5	4,5-7,5
<b>CTC</b> (cmol(+) L <sup>-1</sup> )	100-120	300-400

Grande parte dos substratos utilizados em viveiros são constituídos por misturas de turfas dos dois tipos



# Adição de Turfa

## Serradura compostada



# Turfa

Material de natureza orgânica cujas propriedades dependem do material originário (turfas louras e turfas negras)

Porosidade total: elevada

Capacidade de retenção de água: alta

Arejamento: alto (turfas louras) a médio (turfas negras)

Capacidade troca catiónica: elevada

pH (H<sub>2</sub>O): 2,5 – 7,5

colonização microbiológico

É um produto importado em larga escala pelo que se tem verificado uma degradação das sua propriedades e um aumento substancial do seu preço

Recurso natural não renovável e finito

## As turfeiras:

- são habitats “únicos” de elevado valor
- contribuem para biodiversidade e preservação da vida selvagem
- são um “stock” de carbono
- contêm um recurso natural não renovável e finito (a turfa).



**O governo do Reino Unido pretende que os substratos hortícolas deixem de ter turfa na sua composição:**

- até 2015 no sector público;
- até 2020 mercado amador de substratos;
- até 2030 mercado profissional.

## **Possíveis consequências**

(problema ou oportunidade)

- fim do mercado dos substratos com turfa no RU;
- dificuldade na exportação de plantas cultivadas em substratos com turfa para RU;
- aparecimento de diferentes substratos “sem turfa” com características/comportamento pouco conhecido;
- a “ideia” alastrar a outros países da U.E.

**Table 2. Peat and alternatives use, 2007**

<b>Material</b>	<b>Volume used (‘000 m<sup>3</sup>)</b>	<b>Percentage of total</b>
Peat	2963	75
Bark	455	12
Wood by-products	15	<1
Green compost	226	6
Manufactured woodfibre	48	1
Coir	31	<1
Loam	120	3
Other	82	2
<b>Total</b>	<b>3940</b>	<b>100</b>

**Table 4. Projected volumes of materials of suitable quality available (‘000 m<sup>3</sup>) per annum to the UK growing media industry**

<b>Material</b>	<b>By 2015</b>	<b>By 2020</b>	<b>By 2025</b>
Bark	500	600	700
Wood by-products	50	50	50
Green compost	500	1000	2000
Woodfibre	600	1000	1300
Coir	300	600	900
Loam	100	100	100
Other	60	70	80
<b>Total volumes</b>	<b>2110</b>	<b>3420</b>	<b>5130</b>
<b>Total growing media market (2007)</b>	<b>3940</b>	<b>3940</b>	<b>3940</b>

# Cascas de espécies florestais



# Cascas de espécies florestais

Cascas de resinosas - normalmente são resistentes à decomposição, podendo ser utilizadas "em natureza", desde que não existam problemas de fitotoxicidade, ou, preferencialmente, após um processo simples de envelhecimento natural (3 a 6 meses)

Cascas de folhosas - facilmente decomposta, elevada razão C/N, sendo necessário um processo de estabilização (compostagem).

Densidade aparente – 0,2 a 0,3 (g cm<sup>3</sup>)

Porosidade total alta – 85 a 90%

Capacidade de retenção de água: variável

Arejamento elevado: 25 a 50%

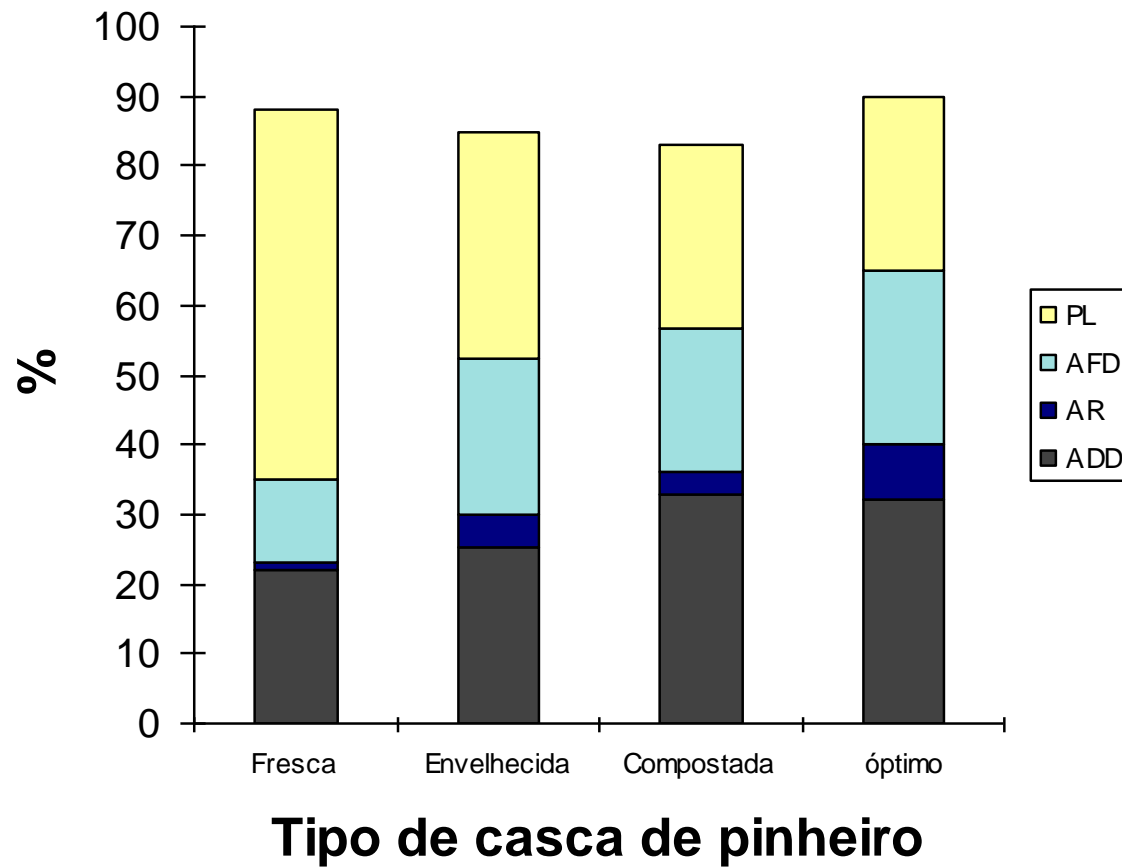
Água disponível: 5 a 30%

Capacidade troca catiónica elevada – 90 a 180 cmol(+) L<sup>-1</sup>

pH (H<sub>2</sub>O): 4,0 -7,5

Intensamente colonizadas por microrganismos

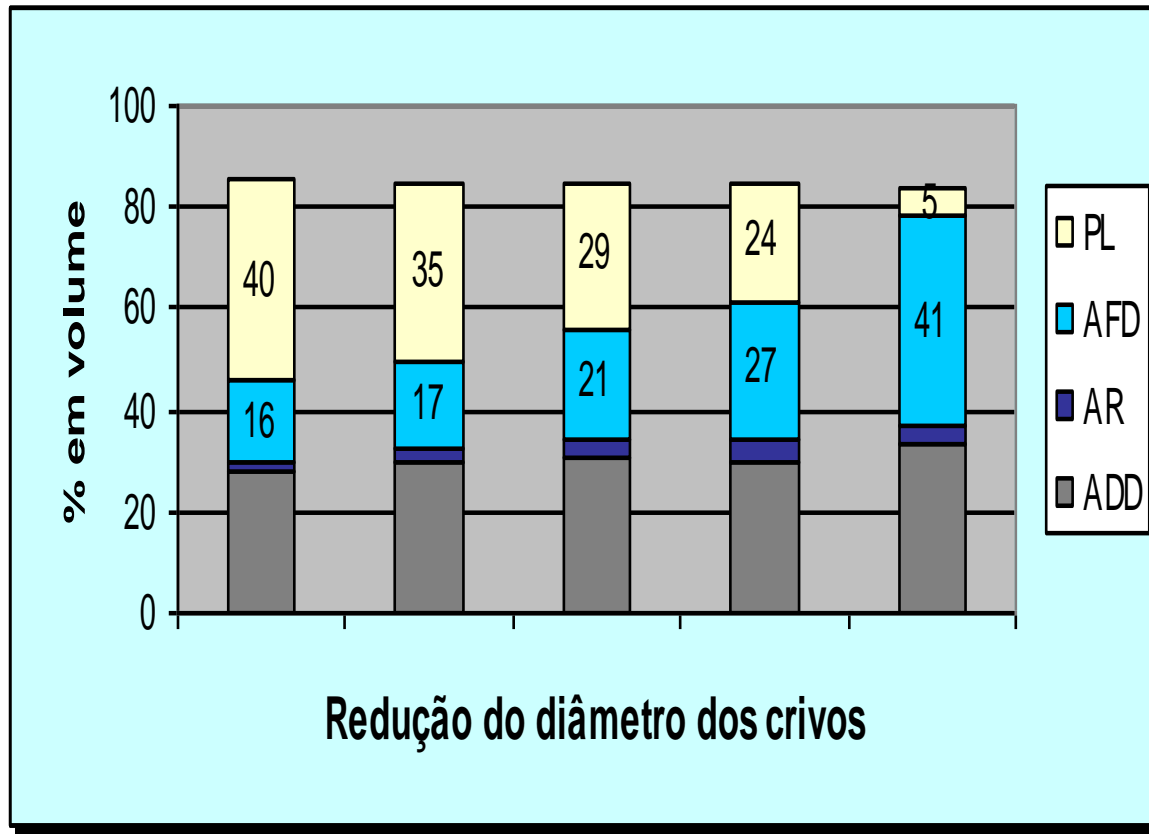
Alternativa ao uso de turfa



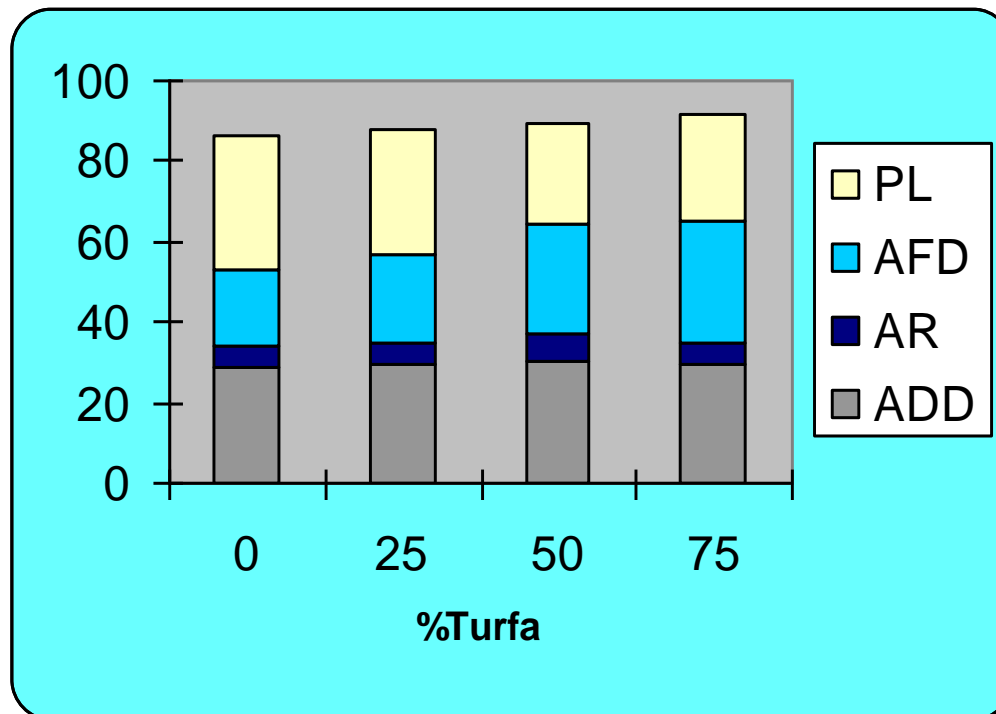


# Granulometria

## Casca de pinheiro compostada



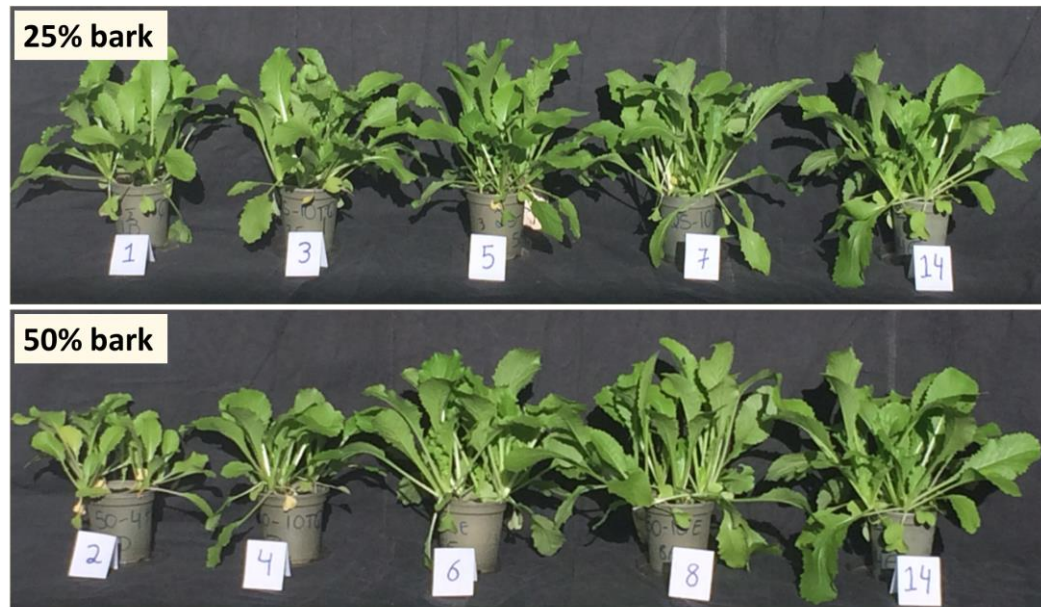
## Casca de pinheiro envelhecida efeito da adição de turfa



# Casca de acácias



**Petri dish test**



**Pot experiment**

**1, 2** Fresh bark  $\varnothing = 4\text{mm}$  | **5, 6** Aged bark  $\varnothing = 4\text{mm}$   
**3, 4** Fresh bark  $\varnothing = 10\text{mm}$  | **7, 8** Aged bark  $\varnothing = 10\text{mm}$   
**14** – 100% Peat

# Cascas de espécies florestais

## Vantagens:

- preço, por vezes, interessante
- em alguns casos, como as cascas de pinheiro bravo, possibilidade de emprego no estado fresco ou após um processo simples e económico de envelhecimento.
- para um dado calibre tem características homogéneas
- melhoram o arejamento dos substratos
- “*peat free substrate*”

## Inconvenientes:

- necessário proceder à compostagem (excepto *Pinus*) para degradar substâncias fitotóxicas e baixar a razão C/N
- pH, após a compostagem, pode ser superior a 7
- dificuldade em realizar uma compostagem homogénea

# Fibra de coco (coir)

Material de natureza orgânica, subproduto agro-industrial tropical



# Fibra de coco (coir)

## **Características físicas podem ser idênticas às da turfa:**

Baixa densidade aparente – 0,03 a 0,13 ( $g\ cm^3$ )

Alta porosidade total – 90-98%

Elevada capacidade de retenção de água

Arejamento elevado: 20 - 80%

Boa molhabilidade

## **Outras características:**

pH ( $H_2O$ ): 5,0 - 6,5

Disponibilidade de K

Capacidade troca catiónica elevada – 350  $cmol(+) L^{-1}$



# Fibra de coco (coir)

## Possíveis limitações:

- Variabilidade das características
- Salinidade por vezes elevada:
  - coco embebido em água para facilitar a extração da fibra;
  - cultivo dos coqueiros perto do mar.
- Compostos fitotóxicos
  - compostos fenólicos presentes na fibra “fresca”



**Má reputação da fibra de coco em alguns países, consequência da qualidade sofrível dos produtos comercializados nos anos 80**

# Fitotoxidade





# Fitotoxicidade

Teste de germinação - Norma Europeia EN 16087-2:2011



# Fibra de coco (coir)

## Vantagens:

- É possível obter amostras com características físicas e químicas próximas das turfas louras: baixa densidade, elevada porosidade, bom arejamento e elevada capacidade de retenção de água
- material com elevada estabilidade à degradação microbiana
- boa molhabilidade
- *“peat free substrate”*

## Inconvenientes:

- elevada variabilidade das suas características
- riscos de salinidade, devido à potencial presença de sódio, cloretos e potássio

# Composto

Os materiais orgânicos naturalmente não estáveis ou susceptíveis de causar toxicidade têm que ser sujeitos a um tratamento, normalmente, por compostagem: serraduras, resíduos de limpeza de matas e jardins, cascas de folhosas, resíduos agroalimentares, resíduos urbanos, lamas...



# Composto

**Material de natureza orgânica** com características muito variáveis

**Porosidade total:** alta

**Capacidade de retenção de água:** variável

**Capacidade troca catiónica:** elevada

**pH (H<sub>2</sub>O):** normalmente superior a 7

Disponibilidade de nutrientes vegetais

Efeito supressivo de doenças

Menor desenvolvimento de musgo à superfície

# Composto

## Possíveis limitações:

**Salinidade**

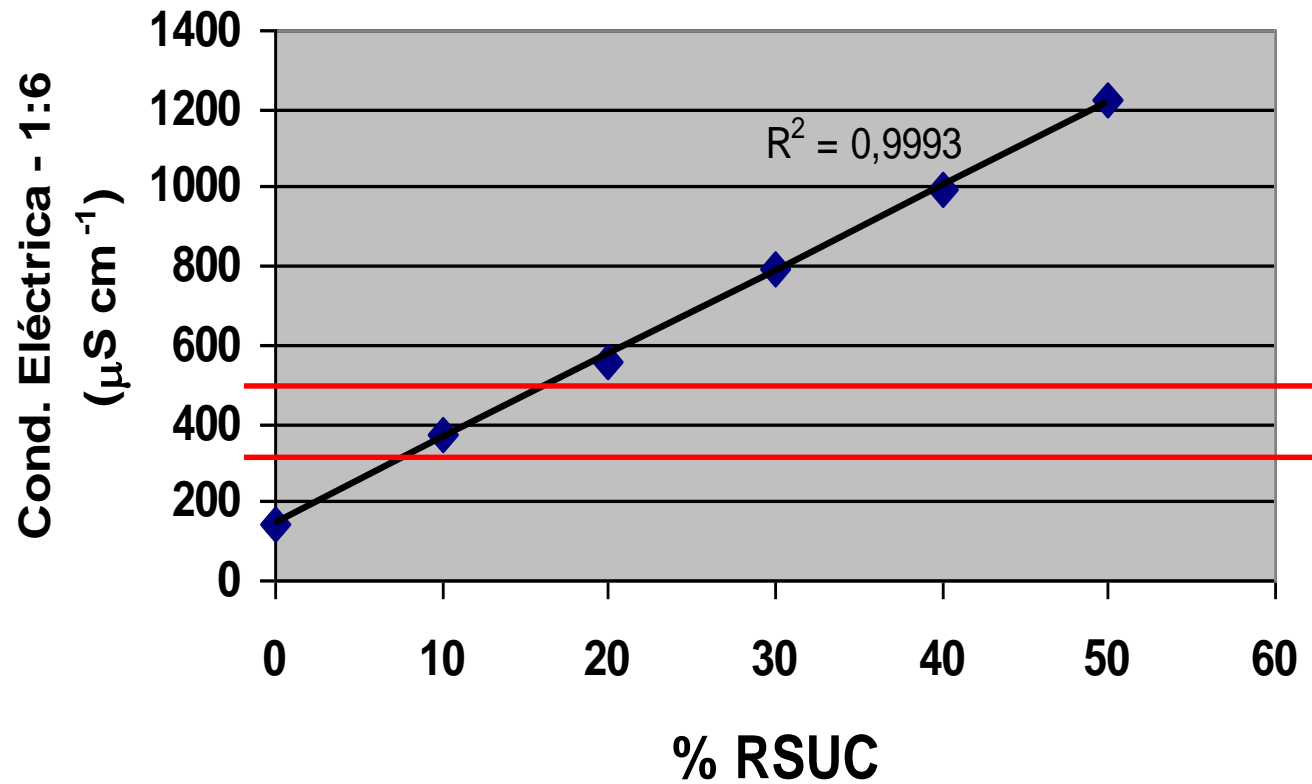
**Alto pH**

**Propriedades físicas limitantes**

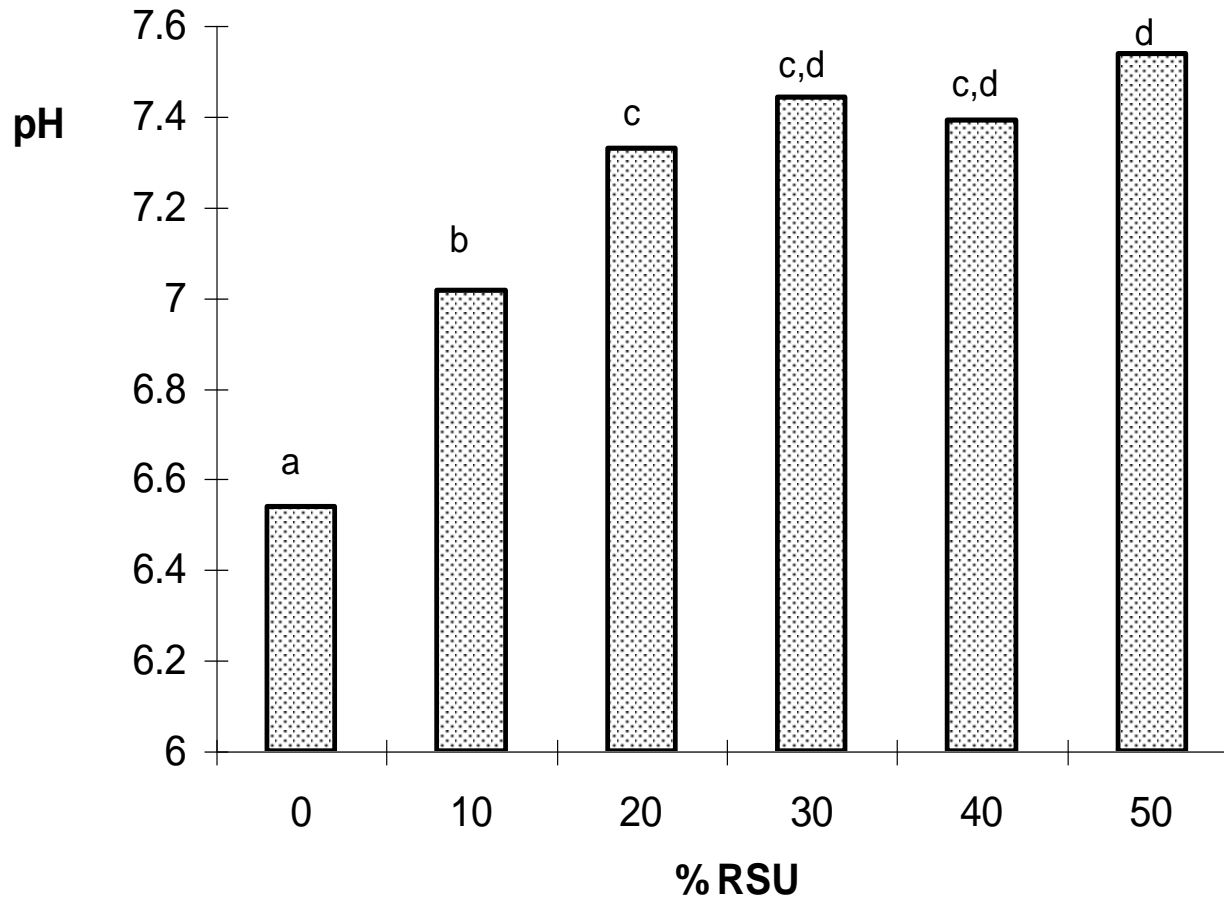
**Elevada variabilidade nas suas características**

**Risco de presenças de compostos tóxicos – metais pesados**

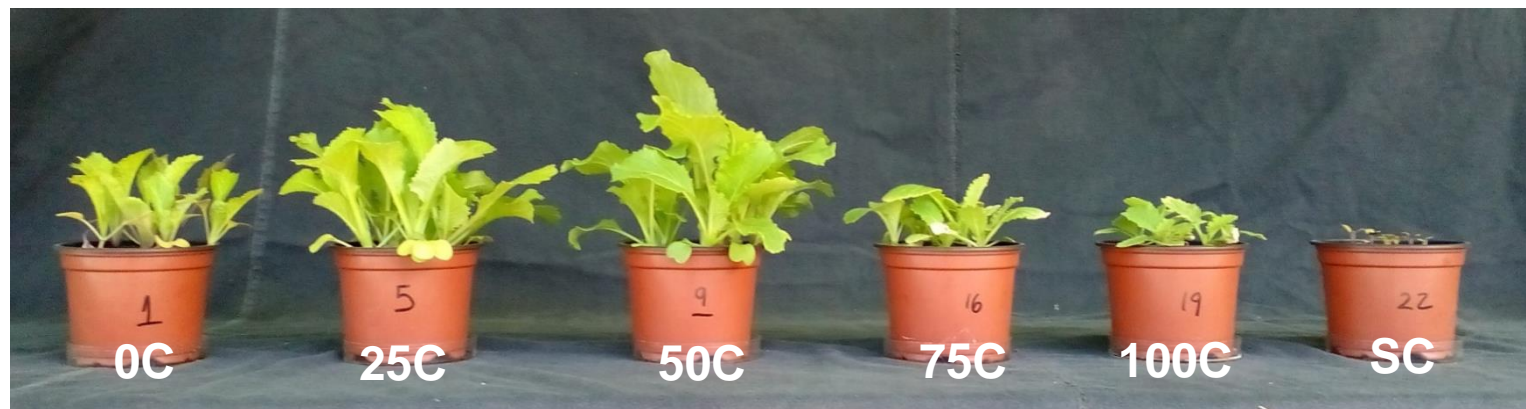
## Resíduos sólidos urbanos compostados



# Resíduos sólidos urbanos compostados



## Composto de lamas de ETAR + casca pinheiro



### pH e CE do substrato

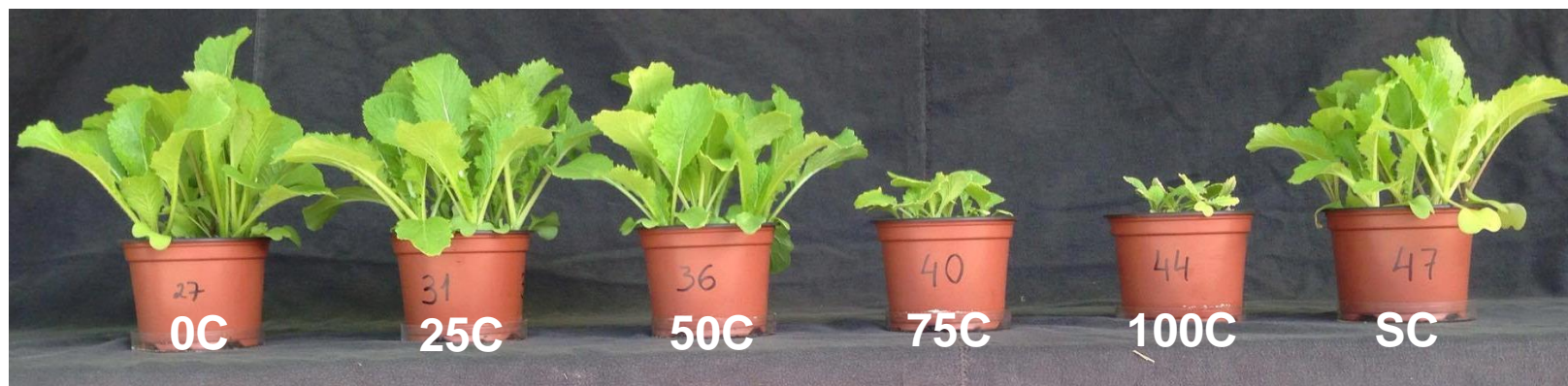
Substrato	pH	CE (mS cm <sup>-1</sup> )
0C	5,40 <i>b</i>	0,11 <i>e</i>
25C	4,84 <i>c</i>	0,29 <i>d</i>
50C	4,61 <i>d</i>	0,46 <i>c</i>
75C	4,46 <i>e</i>	0,62 <i>b</i>
100C	4,26 <i>f</i>	0,79 <i>a</i>
SComercial	5,95 <i>a</i>	0,07 <i>f</i>

### Teores de Fe, Cu e Zn nas folhas

Substrato	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )
0C	50,43 <i>d</i>	1,03 <i>ef</i>	56,86 <i>d</i>
25C	67,53 <i>c</i>	1,80 <i>e</i>	344,39 <i>c</i>
50C	67,70 <i>c</i>	3,20 <i>d</i>	684,73 <i>b</i>
75C	85,16 <i>ab</i>	10,75 <i>a</i>	1260,6 <i>a</i>
Valores* adequados	40-200	5-25	20-200



## Composto de lamas de ETAR + casca pinheiro



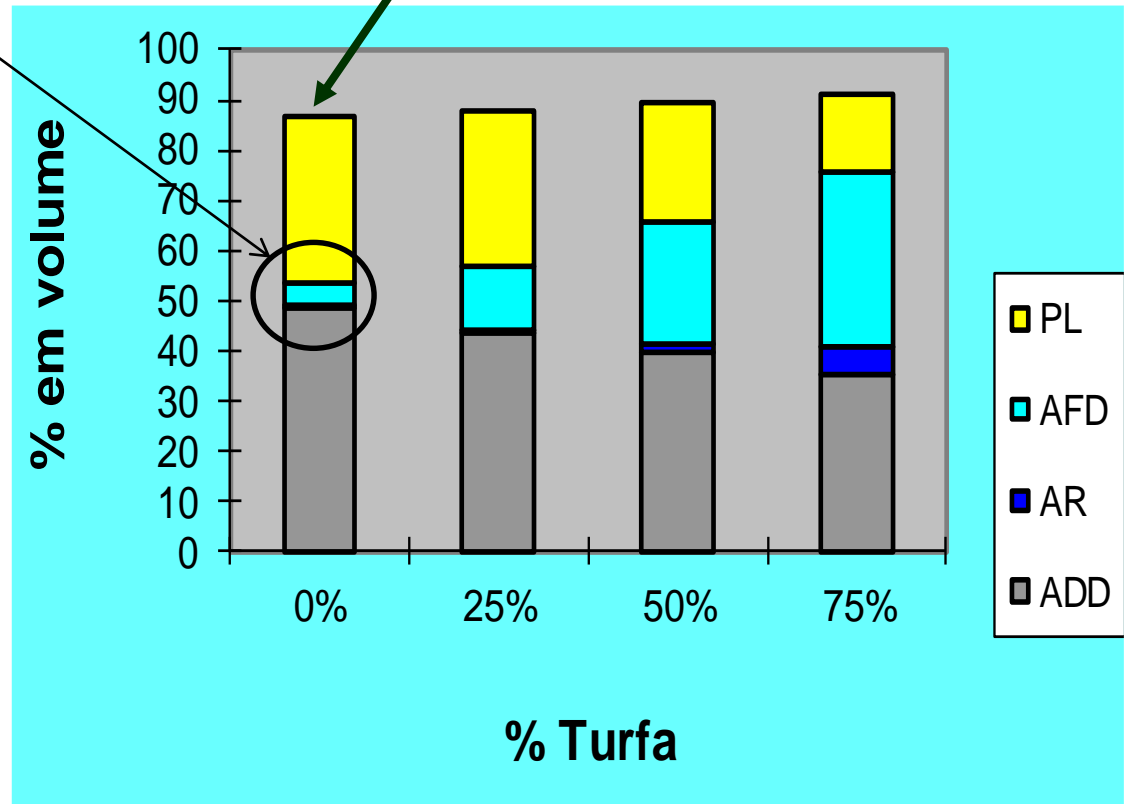
Substrato	Fertilização	PF por vaso (g)
0C+F	Completa*	30,72 <i>b</i>
25C+F	N (60%) e K (83%)	37,25 <i>a</i>
50C+F	N (20%) K (68%)	30,20 <i>b</i>
75C+F	K (52%)	12,79 <i>e</i>
100C+F	K (38%)	3,34 <i>gh</i>
SC+F	Completa*	25,14 <i>c</i>

\* N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo

(Costa, 2018)

## Composto (obtido a partir de serradura)

Baixa  
disponibilidade  
de água



## Composto de resíduos de limpeza de matas e fracção sólida de chorume de suínos

Modalidade	pH	Condutividade $\mu\text{S cm}^{-1}$
teste	6,30 <i>d</i>	260 <i>a</i>
50C	6,69 <i>c</i>	280 <i>a</i>
75C	6,79 <i>b</i>	270 <i>a</i>
100C	6,88 <i>a</i>	270 <i>a</i>
Valores adequados *	5,3 - 6,5	300-500

Baixa CE



## Composto de resíduos de limpeza de matas e fracção sólida de chorume de suínos

Modalid.	AFD (% volume)	AR (% volume)	AD (% volume)
Teste	42,86 a	8,01 a	50,87 a
50C	43,82 a	4,86 b	48,67 ab
75C	42,46 a	3,77 c	46,23 b
100C	37,32 b	2,70 d	40,02 c
Adequado	20 - 30	4 - 10	24 - 40

Retenção de água  
adequada

### Composto

Grande “aposta” no Reino Unido para o mercado amador

# Fibra de madeira

Madeira de coníferas sujeita a um processamento mecânico ou térmico-mecânico



# Fibra de madeira

**Densidade aparente** – 0,05 a 0,15 (g cm<sup>3</sup>)

**Porosidade total alta** – 95%

**Capacidade de retenção de água:** variável

**Arejamento elevado:** 40 a 75%

**Água disponível:** 10 a 35%

**Capacidade troca catiónica baixa** – 10 cmol(+) L<sup>-1</sup>

**pH (H<sub>2</sub>O):** 4,0 –6,0

# Fibra de madeira

**Baixo poder tampão**, não resistindo a variações de pH

**Imobilização de azoto durante o cultivo**

**Perda de volume durante o cultivo**

**Concorrência dos biocombustíveis**

**Em misturas até 30-50%** provoca melhoria das características físicas

# Fibra de casca de eucalipto (em desenvolvimento)

Casca de eucalipto sujeita a um processamento mecânico e a um tratamento hidrotérmico



(Chemetova *et al.*, 2017, 2018)



# Fibra de casca de eucalipto (em desenvolvimento)

Casca de eucalipto sujeita a um processamento mecânico e a um tratamento hidrotérmico



Casca fresca



Casca tratada 1  
- 60 °C  
- 20 minutos



Casca tratada 2  
- 100 °C  
- 40 minutos

# Fibra de casca de eucalipto (em desenvolvimento)

Casca de eucalipto sujeita a um processamento mecânico e a um tratamento hidrotérmico

## Ensaio em vasos com couve-chinesa (planta-teste)

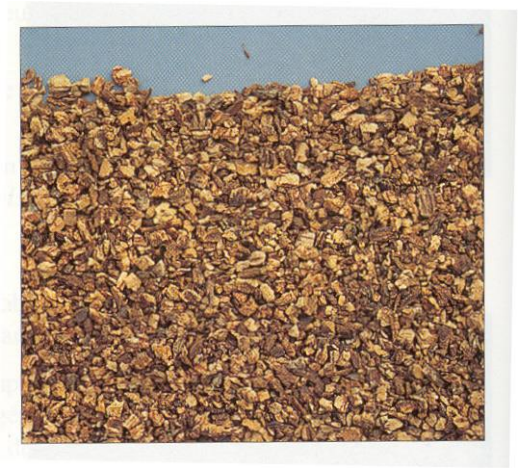
Substrato	Casca	Germ.	PF	PS	Root rating
		%	g vaso <sup>-1</sup>	g vaso <sup>-1</sup>	
25% casca	Fresca	95 <i>b</i>	17.4 <i>ab</i>	2.9 <i>ab</i>	4.7 <i>a</i>
	Tratada 1	100 <i>a</i>	15.7 <i>ab</i>	2.8 <i>ab</i>	4.0 <i>a</i>
	Tratada 2	100 <i>a</i>	18.5 <i>a</i>	3.3 <i>a</i>	3.7 <i>ab</i>
50% casca	Fresca	95 <i>b</i>	9.0 <i>c</i>	1.5 <i>c</i>	2.7 <i>cd</i>
	Tratada 1	100 <i>a</i>	8.3 <i>c</i>	1.5 <i>c</i>	2.7 <i>cd</i>
	Tratada 2	98 <i>ab</i>	6.9 <i>c</i>	1.2 <i>c</i>	2.4 <i>d</i>
Comercial	-	100 <i>a</i>	14.3 <i>b</i>	2.6 <i>b</i>	3.2 <i>bc</i>

Imobilização N  
Toxicidade Mn

# Resíduos da indústria da cortiça

(em desenvolvimento)

- “terras” de cortiça
- granulados ADT (Alta Densidade)

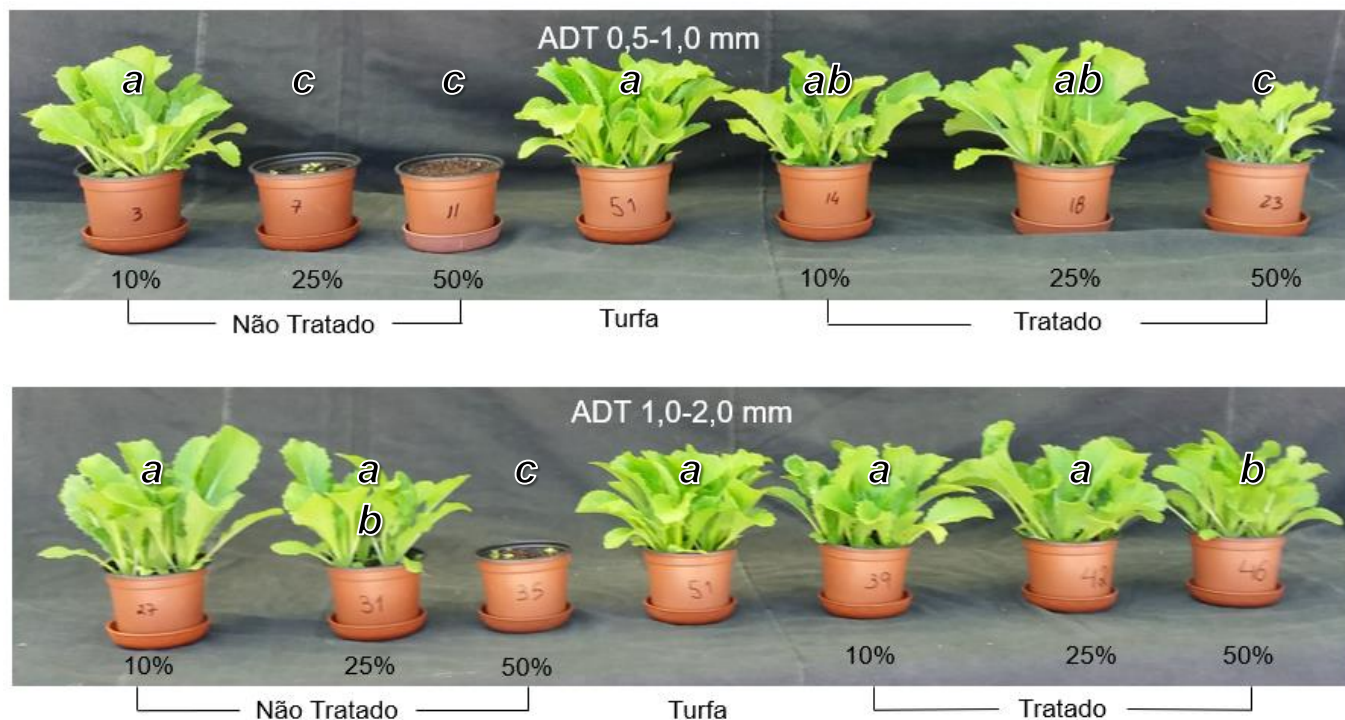


**Ensaio em vasos com couve-chinesa (planta-teste)**



# Resíduos da indústria da cortiça

(em desenvolvimento - tratamento hidrotérmico)



Os valores assinalados com a mesma letra não diferem significativamente entre si

# Resíduos da indústria da cortiça

- “terras” de cortiça
  - granulado ADT
- 
- Aumentam o arejamento dos substratos e reduzem a contratilidade
  - Em doses superiores ou iguais a 50%:
    - redução acentuada da retenção de água disponível;
    - fitotoxicidade (granulado ADT) ;
    - eventual imobilização de azoto (“terras” de cortiça).
  - o resíduo “terras” contém infestantes.

# Outros materiais

- Casca de arroz



- Engaço (ou cango) de uva



Compostagem  
de bagaço de uva

(PROJECTO PAMAF – 6156)



Composto de bagaço de uva,  
para cultivo em sacos



## Poliestireno expandido (esferovite)

Polímero orgânico sintético, com aplicações industriais como isolante térmico. Na formulação de substratos utilizam-se flocos obtidos a partir dos restos/resíduos resultantes do fabrico de placas e de recipientes de esferovite

Densidade aparente muito baixa

Porosidade total alta

Capacidade de retenção de água muito baixa

Sem capacidade de troca caiónica

Utilizado para aumentar o arejamento dos substratos

Utilizado em Portugal na formulação de substratos para enraizamento de eucalipto

# Outros polímeros orgânicos sintéticos

## Polímeros hidro-retentores

Poliacrilamidas e poliacrilatos hidrofílicos, cuja partículas incham quando têm água à sua disposição, podendo conter centenas de vezes a sua massa em água.

Preço muito elevado

## Espuma de poliuretano

Espuma utilizada em hidroponia. Baixa densidade, baixa retenção de água e elevado arejamento.



# Vermiculite

Material de natureza mineral obtido a partir de silicatos de alumínio, magnésio e ferro hidratado (argila tipo mica).

Um tratamento a 1100°C durante 1 minuto, provoca, devido à evaporação brutal da água existente entre as sua camada, uma expansão do material (15 a 20 vezes).



# Vermiculite

**Densidade aparente baixa** – 0,08 a 0,12 (g cm<sup>3</sup>)

**Porosidade total alta** – >95%

**Capacidade de retenção de água:** variável

**Arejamento elevado:** 30 a 45%

**Água disponível:** 10 a 25%

**Capacidade de retenção de água:** alta

Retém 5 vezes o seu peso em água

**Capacidade troca catiónica alta** – 120 a 140 cmol(+) L<sup>-1</sup>

**pH (H<sub>2</sub>O):** 7,5 –9,0

Contém Mg

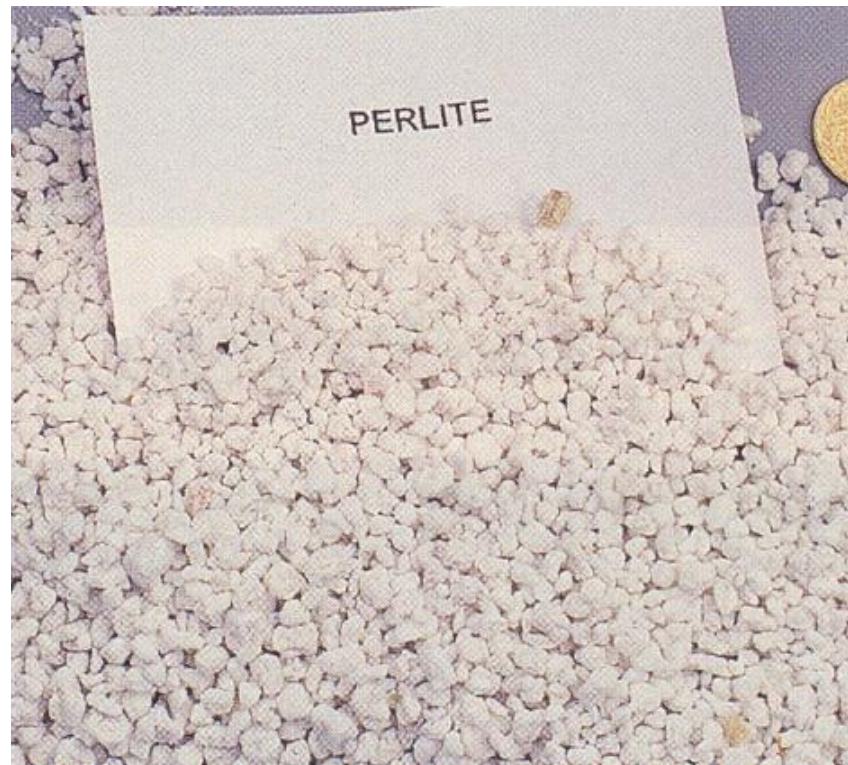
A sua **estrutura é pouco estável**, é um material frágil com tendência para se fragmentar, compactar e exfoliar, perdendo as suas qualidades de arejamento

**Preço relativamente alto**

**Utilizado para cobrir a sementes a germinar**

# Perlite

Material de natureza mineral obtido a partir de areia silicosa de origem vulcânica aquecida a 1000 °C. Por acção da temperatura há uma expansão do material (20 vezes o volume inicial), com a formação de flocos brancos e leves contendo 75% de silício.



# Perlite

Densidade aparente baixa – 0,08 a 0,12 (g cm<sup>3</sup>)

Porosidade total alta – >95%

Capacidade de retenção de água: variável

Arejamento elevado: >50%

Água disponível: 10 a 15%

Capacidade troca catiónica baixa – 6 cmol(+) L<sup>-1</sup>

pH (H<sub>2</sub>O): 7,0 – 7,5

Há várias granulometrias com características diferentes

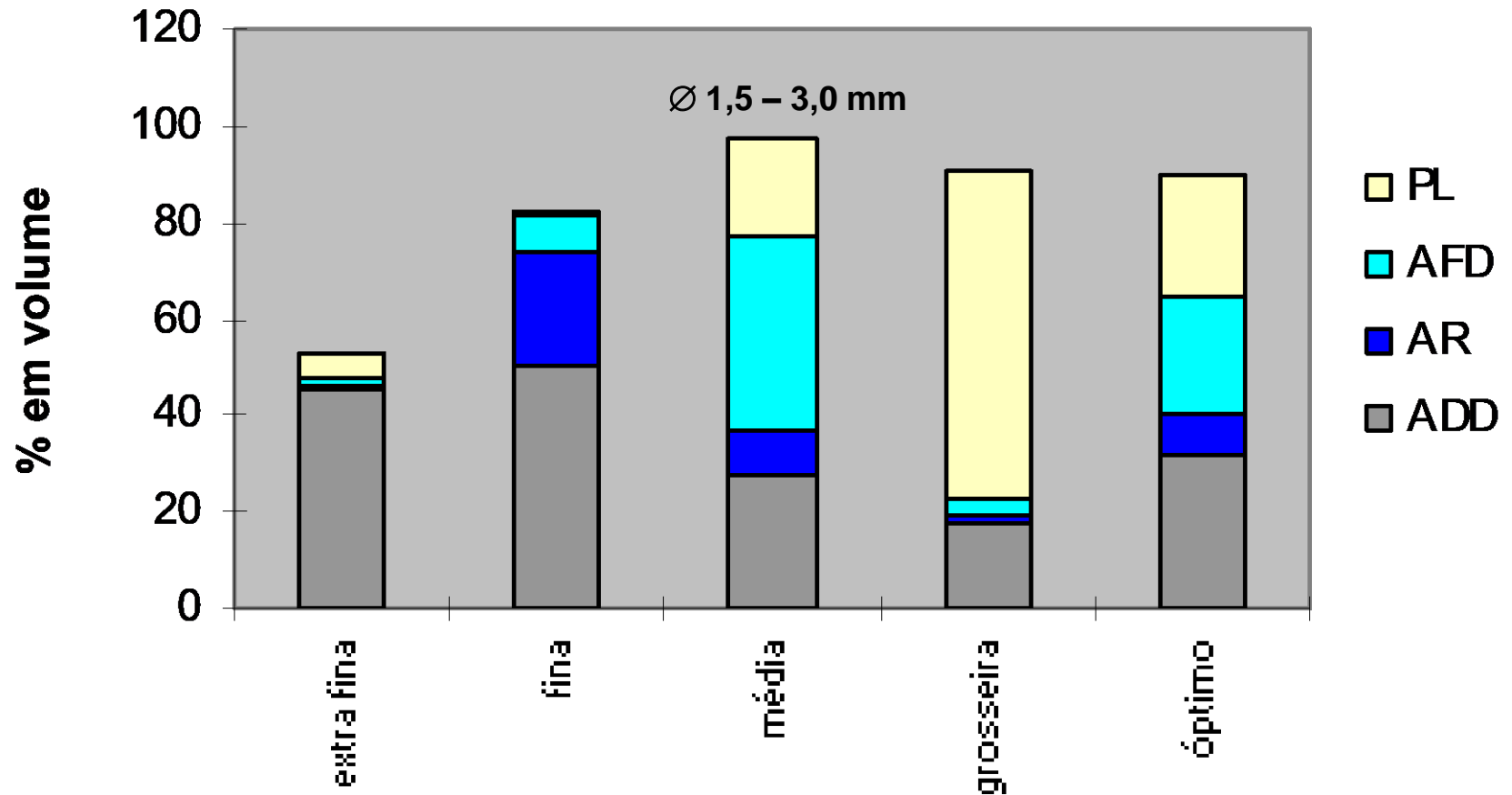
Fraca resistência mecânica, os grânulos desfazem-se em pó

Preço relativamente alto

Utilizada, sobretudo, para aumentar o arejamento

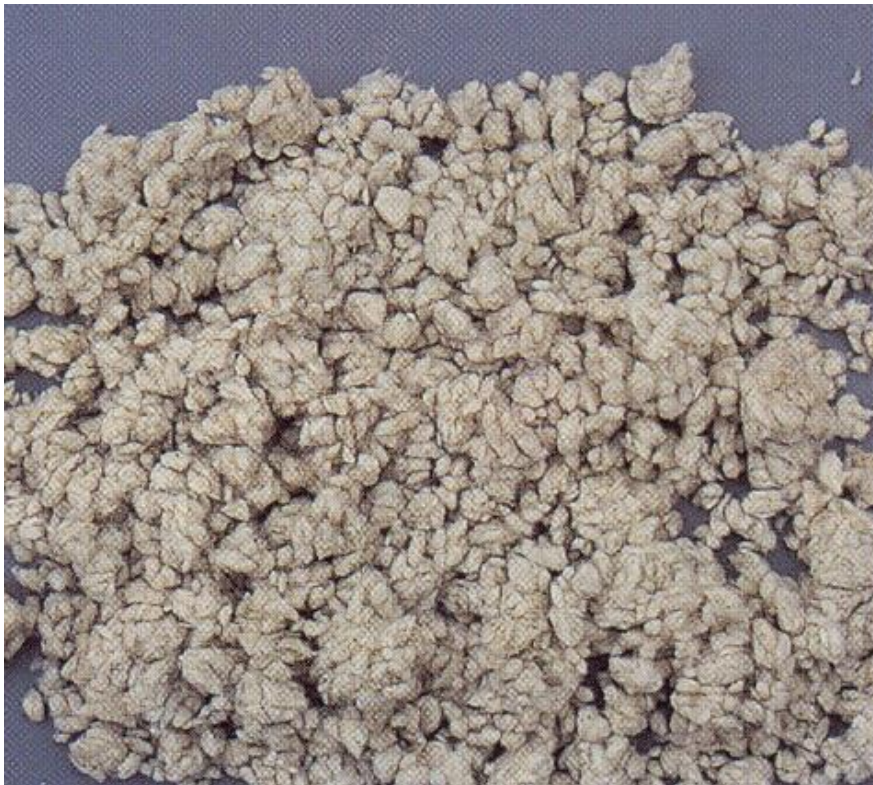
# Granulometria

## Perlite



## Lã de Rocha

Material de natureza mineral obtido a partir de dolerite, calcário e carvão, fundidos a 1600 °C, seguido do tratamento das fibras do mineral fundido com uma resina fenólica e uma agente molhante.



# Lã de Rocha

Baixa densidade aparente – 0,07 a 0,10 ( $\text{g cm}^3$ )

Porosidade total elevada

Capacidade de retenção de água: alta

Baixa retenção de água de reserva

Arejamento: elevado

Praticamente inerte do ponto de vista químico, baixa CTC

pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ): 7 - 7,5

Dificuldade na sua eliminação após utilização

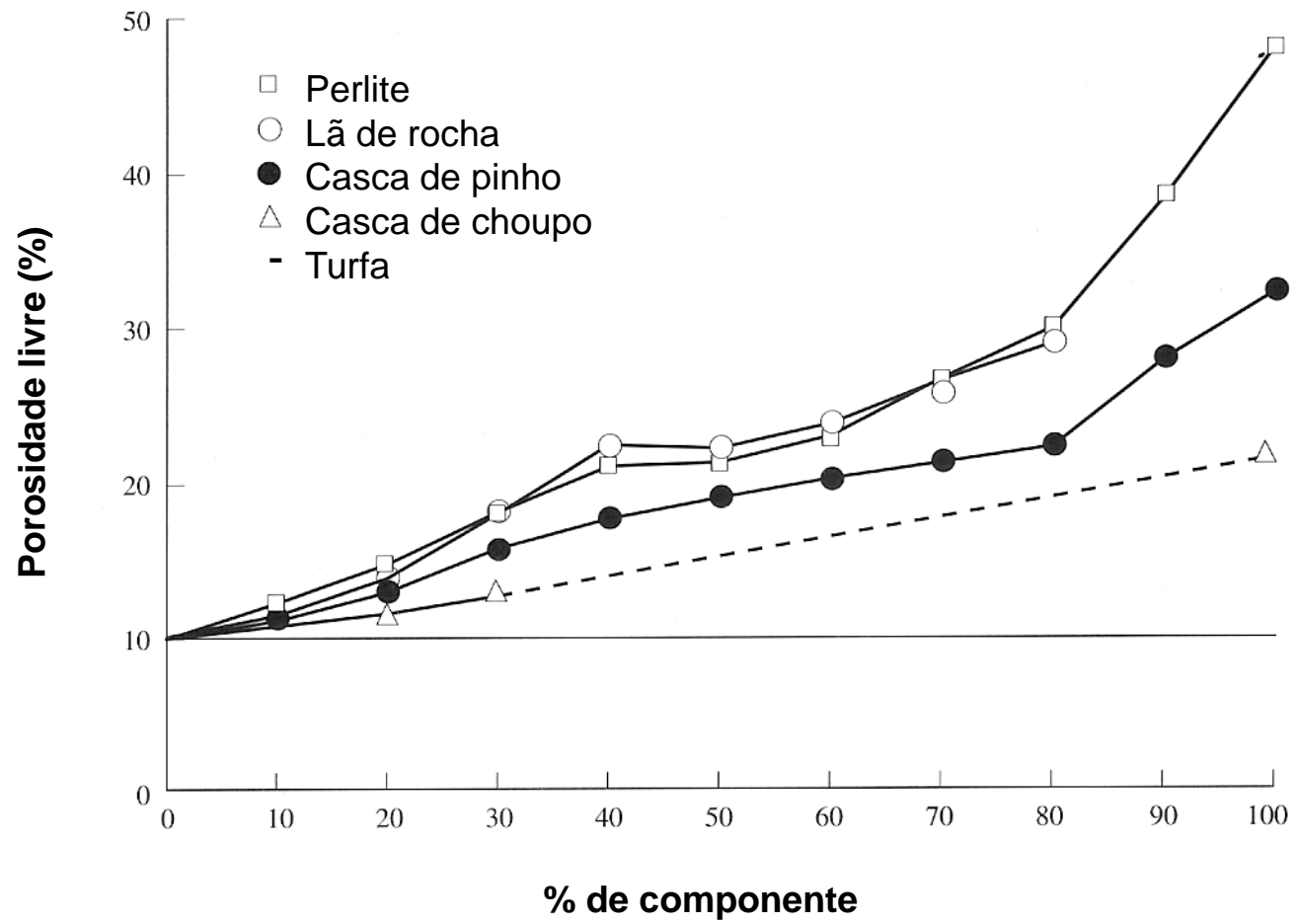
## Comercializado na forma de :

Cubos – ex. com 7 cm de lado

Placas – ex. com 100 x 15 x 7,5 cm

Blocos – ex. com 100 x 30 x 7,5 cm

a granel





# Areia grosseira e gravilha

Material de natureza mineral provenientes da dragagem de rios e de "pedreiras".



# Areia grossa e gravilha

Material de natureza mineral provenientes da dragagem de rios e de "pedreiras".

Densidade aparente alta – 1,5 a 1,8 (g cm<sup>3</sup>)

Porosidade total média-alta

Água disponível baixa: 5 a 10%

Capacidade troca catiónica baixa

pH (H<sub>2</sub>O): 6,0 – 8,0

Preço interessante junto dos depósitos naturais

Pode melhorar o arejamento dos substratos

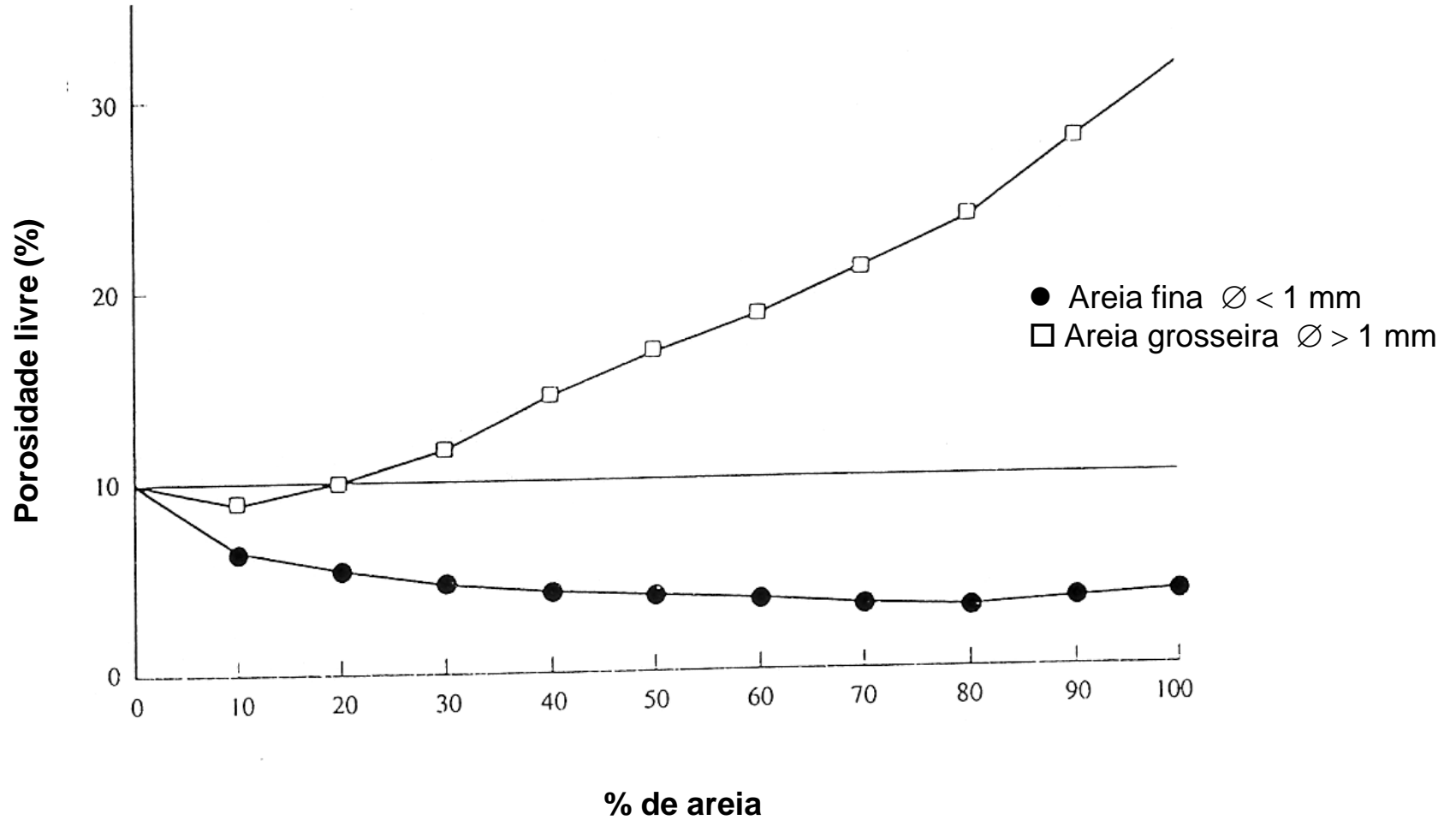
Aumenta o peso dos substratos muito leves (zonas ventos)

Grande estabilidade das características física

Facilitam o humedecimento dos materiais orgânicos

**Risco de asfixia se a granulometria for inferior a 1 mm**

# Areia grosseira



# Materiais de Origem Vulcânica

Pozalanas (tuff), Pumice  
(reduzida granulometria)



# Materiais de Origem Vulcânica

Densidade aparente alta – 0,7 a 1,0 (g cm<sup>3</sup>)

Porosidade total >65%

Arejamento elevado: > 45 a 60%

Água disponível baixa: 5 a 10%

Capacidade troca catiónica média (pozalanas) a baixa (pumice)

pH (H<sub>2</sub>O): 6,0 – 7,0

Preço interessantes junto dos depósitos naturais

Melhora o arejamento dos substratos

Aumenta o peso dos substratos muito leves (zonas ventos)

Grande estabilidade física

Preços elevados fora da região de produção (elevado custo de transporte)

Material abrasivo podendo danificar maquinaria

# Materiais de Origem Vulcânica

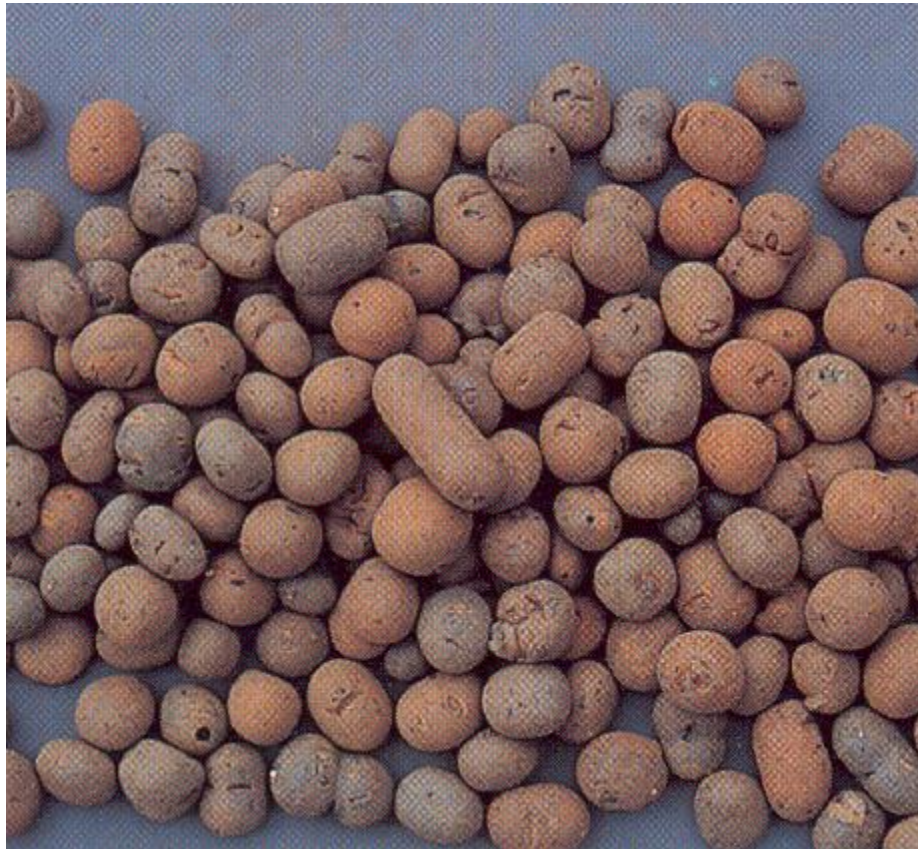
Nos Açores existe um material com estas características designado “bagacina”, utilizado, por exemplo, nos viveiros dos “Serviços Regionais” da ilha Terceira

**Materiais**  
**de**  
**Origem**  
**Vulcânica**



## Argila expandida

Obtida por tratamento a alta temperatura de grânulos de argila húmida





# Argila expandida

Obtida por tratamento a alta temperatura de grânulos de argila húmida

**Densidade aparente média** – 0,3 a 0,70 (g cm<sup>3</sup>)

**Porosidade total** 70 a 80%

**Arejamento elevado:** 20 a 50%

**Água disponível baixa:** 5 a 10%

**Capacidade troca catiónica praticamente nula**

**pH (H<sub>2</sub>O):** 6,0 – 8,0

**Melhora o arejamento** dos substratos

**Grande estabilidade física**

**Características uniformes** para cada granulometria

Utilizado em **hidroponia ornamental** de exterior (Ø 4 a 10 mm)

**Preços relativamente elevados**

**pH elevado**

# Outros materiais

- Borracha de pneu
- Algas
- Escórias de fundições
- Resíduos das minas de carvão
- Engaço (ou cango) de uva

# Conclusão

“Quando se produzem plantas dentro de um recipiente o desenvolvimento das suas raízes, ao contrário do que acontece em pleno campo, é limitado pelo pequeno volume do recipiente utilizado.

Este facto faz com que as exigências das plantas relativamente à capacidade de retenção de água, arejamento e disponibilidade de nutrientes do substrato de cultivo sejam muito mais intensas do que as que teriam se fossem cultivadas em pleno campo, onde o volume do solo disponível é, teoricamente, ilimitado.

Por tal motivo, o tipo de substrato utilizado é, obrigatoriamente, de grande importância.”