



CATÓLICA
UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA | PORTO
Escola Superior de Biotecnologia

Estudo analítico:

CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO LECA[®] HYDRO

Relatório nº 2010/ref.^a int

Porto, 26 de Julho de 2010

Solicitado por:

SAINT-GOBAIN WEBER PORTUGAL, S.A.



Escola Superior de Biotecnologia
Universidade Católica Portuguesa

ÍNDICE

	Pág.
1- ENQUADRAMENTO	3
2- MATERIAIS E MÉTODOS	4
3- RESULTADOS	11
4- CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
5- BIBLIOGRAFIA	22
6- ANEXO	23

1- Enquadramento

O presente relatório remete aos resultados obtidos relativos à caracterização de um novo produto comercial, LECA® HYDRO, em que foram analisados alguns parâmetros indicados pela empresa, Saint-Gobain Weber Portugal, S.A. (S-G WP), como prioritários, com o intuito de validar algumas das aplicações em vista para este produto.

Foram tidas em consideração quatro variantes ou combinações da amostra, compreendendo o referido material 100% de agregados inteiros, 100% de agregados partidos, mistura de 50% de agregados partidos com 50% agregados inteiros, mistura de 85% de agregados partidos com 15% de agregados inteiros. Para estas amostras foram determinados os seguintes parâmetros: massa volúmica aparente e massa volúmica da partícula (base seca), porosidade, capacidade de troca catiónica, pH, absorção de água (às 24h) e capacidade de retenção de água. Paralelamente, foi levado a cabo um ensaio experimental em vasos sem vegetação, de modo a se estimar o comportamento das combinações de amostra em estudo face à evaporação.

2- Materiais e Métodos

A metodologia proposta para o trabalho solicitado foi previamente discutida com a S-G WP, tendo por base informação documental disponibilizada pela empresa, e, em sequência da reunião mantida entre as partes (a 07/Maio/2010).

Os trabalhos desenvolvidos compreenderam diversas caracterizações analíticas e ensaios, segundo as metodologias abaixo indicadas.

Para os ensaios analíticos foi considerado o material LECA[®] HYDRO em diferentes combinações, de acordo com a informação constante na tabela seguinte.

Tabela 1: Identificação e caracterização das amostras testadas neste estudo [Nota: curva granulométrica elaborada pela S-G WP]

Amostras	Características																				
	<i>sem partidos (0% partidos, i.e., 100% inteiros)</i> Curva Granulométrica: <table><tr><td>Malha do peneiro [mm]</td><td>2,00</td><td>4,00</td><td>5,60</td><td>6,30</td><td>8,00</td><td>10,00</td><td>11,20</td><td>12,50</td><td>14,00</td></tr><tr><td>Média-Passado acumulado [% peso]</td><td>2</td><td>3</td><td>32</td><td>44</td><td>76</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr></table> Obs: agregados inteiros com aspecto heterogéneo em forma e tamanho	Malha do peneiro [mm]	2,00	4,00	5,60	6,30	8,00	10,00	11,20	12,50	14,00	Média-Passado acumulado [% peso]	2	3	32	44	76	100	100	100	100
Malha do peneiro [mm]	2,00	4,00	5,60	6,30	8,00	10,00	11,20	12,50	14,00												
Média-Passado acumulado [% peso]	2	3	32	44	76	100	100	100	100												
	<i>com 50% partidos (e 50% inteiros)</i> Curva Granulométrica: <table><tr><td>Malha do peneiro [mm]</td><td>2,00</td><td>4,00</td><td>5,60</td><td>6,30</td><td>8,00</td><td>10,00</td><td>11,20</td><td>12,50</td><td>14,00</td></tr><tr><td>Média-Passado acumulado [% peso]</td><td>4</td><td>7</td><td>41</td><td>58</td><td>84</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr></table> Obs: agregados inteiros (50% da mistura) com aspecto heterogéneo em forma e tamanho misturados com agregados partidos	Malha do peneiro [mm]	2,00	4,00	5,60	6,30	8,00	10,00	11,20	12,50	14,00	Média-Passado acumulado [% peso]	4	7	41	58	84	100	100	100	100
Malha do peneiro [mm]	2,00	4,00	5,60	6,30	8,00	10,00	11,20	12,50	14,00												
Média-Passado acumulado [% peso]	4	7	41	58	84	100	100	100	100												
	<i>com 85% partidos (e 15% inteiros)</i> Curva Granulométrica: <table><tr><td>Malha do peneiro [mm]</td><td>2,00</td><td>4,00</td><td>5,60</td><td>6,30</td><td>8,00</td><td>10,00</td><td>11,20</td><td>12,50</td><td>14,00</td></tr><tr><td>Média-Passado acumulado [% peso]</td><td>6</td><td>10</td><td>46</td><td>67</td><td>92</td><td>99</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr></table> Obs: agregados inteiros (15% da mistura) com aspecto heterogéneo em forma e tamanho misturados com agregados partidos	Malha do peneiro [mm]	2,00	4,00	5,60	6,30	8,00	10,00	11,20	12,50	14,00	Média-Passado acumulado [% peso]	6	10	46	67	92	99	100	100	100
Malha do peneiro [mm]	2,00	4,00	5,60	6,30	8,00	10,00	11,20	12,50	14,00												
Média-Passado acumulado [% peso]	6	10	46	67	92	99	100	100	100												
	<i>com 100% partidos (i.e., 0% inteiros)</i> Curva Granulométrica: <table><tr><td>Malha do peneiro [mm]</td><td>2,00</td><td>4,00</td><td>5,60</td><td>6,30</td><td>8,00</td><td>10,00</td><td>11,20</td><td>12,50</td><td>14,00</td></tr><tr><td>Média-Passado acumulado [% peso]</td><td>8</td><td>13</td><td>59</td><td>78</td><td>97</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr></table> Obs: agregados partidos com aspecto relativamente homogéneo	Malha do peneiro [mm]	2,00	4,00	5,60	6,30	8,00	10,00	11,20	12,50	14,00	Média-Passado acumulado [% peso]	8	13	59	78	97	100	100	100	100
Malha do peneiro [mm]	2,00	4,00	5,60	6,30	8,00	10,00	11,20	12,50	14,00												
Média-Passado acumulado [% peso]	8	13	59	78	97	100	100	100	100												

Todas as amostras utilizadas foram fornecidas pela empresa S-G WP.

O procedimento de amostragem utilizado foi desenvolvido de acordo com "Tan, H. Kim, 1995. Principles of soil sampling. In: Soil sampling, preparation, and analysis. Marcel Dekker, inc, NY, USA".

2.1 Massa volúmica aparente (base seca)

A massa volúmica aparente (base seca) – *bulk density* - foi determinada com base na "EN 13040:2007 Soil improvers and growing media. Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density". Os ensaios foram realizados em triplicado utilizando um volume de amostra de 5000 ml.

A massa volúmica aparente define-se como a razão da massa (peso seco) de um agregado pelo volume que ocupa, podendo ser expressa em kg m^{-3} .

A massa volúmica aparente (peso seco) foi obtida através da seguinte equação:

$$\text{MassaVolúmicaAparente} = \frac{mA(\text{peso_seco})}{VA} \quad (1)$$

em que:

- mA : massa dos agregados sólidos secos em estufa (110 ± 5)°C;
- VA : volume dos agregados sólidos.

2.2 Massa volúmica da partícula (base seca)

A massa volúmica da partícula foi determinada com base na "EN 1097 Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 6: Determination of particle density and water absorption". Os ensaios foram realizados em quintuplicado utilizando um picnómetro de sólidos de 1000 ml.

A massa volúmica da partícula define-se como a razão da massa (peso seco) de um agregado pelo volume que ocupa na água, incluindo os espaços internos selados e os acessíveis à água, podendo ser expressa em kg m^{-3} .

De acordo com a EN 1097-6, para temperaturas de ensaio de (22 ± 3) °C, a massa volúmica da partícula (peso seco) foi obtida através da seguinte equação:

$$\text{MassaVolúmicaPartícula} = \frac{mA(\text{peso_seco})}{[mAS - (mPAA - mPA)]} \quad (2)$$

em que:

- mA : massa dos agregados sólidos secos em estufa (110 ± 5)°C;
- mAS : massa dos agregados sólidos saturados em água;
- $mPAA$: massa picnómetro contendo agregados sólidos + água;

- *mPA*: massa picnómetro cheio apenas com água.

2.3 Porosidade

A porosidade foi calculada com base em "Tan, H. Kim, 1995. Determination of soil density and porosity. In: Soil sampling, preparation, and analysis. Marcel Dekker, inc, NY, USA".

A porosidade foi obtida através da seguinte equação:

$$Porosidade(\%) = \frac{MVP - MVA}{MVP} * 100 \quad (3)$$

em que:

- MVP: Massa volúmica da partícula (base seca);
- MVA: Massa volúmica aparente (base seca).

2.4. Capacidade de troca catiónica

A capacidade de troca catiónica foi determinada com base em "Silva, A. A.; Alvim, A. J. S. & Santos, M. J. 1975. Métodos de análise de solos, plantas e água. Pedologia 10 (3), Oeiras". Este ensaio foi realizado em quintuplicado utilizando uma massa de amostra de ca. 5 g.

A capacidade de troca catiónica mede a totalidade de catiões, que na maioria dos casos são nutrientes minerais para as plantas, como o cálcio, o magnésio e o potássio, que um solo pode adsorver ou trocar a determinado pH, e é expressa em meq 100g⁻¹ ou cmol (+) kg⁻¹. A sua classificação pode variar entre capacidade de troca catiónica muito baixa (<5,0 cmol (+) kg⁻¹) ou muito alta (>40 cmol (+) kg⁻¹) (Varenes, 2003).

A amostra é percolada com um excesso de uma solução de acetato de amónio 1 N a pH 7, de maneira a que a máxima troca ocorra [balão (A)]. O excesso de amónio é lavado com etanol e o amónio adsorvido é trocado pelo potássio, por percolação com KCl 1N acidificado [balão (B)]. O amónio é determinado por destilação do percolado obtido nesta fase, e corresponde ao valor da capacidade de troca catiónica da amostra.

A capacidade de troca catiónica foi obtida através da seguinte equação:

$$CapacidadeTrocaCatiónica[meq/100g] = \frac{(V - EB) * 100}{m * v} \quad (4)$$

em que:

- V : volume de HCl 0,01N gasto para titular a parte alíquota do balão (B);
- EB : volume de HCl 0,01N gasto para titular um volume de ensaio em branco, igual ao volume da parte alíquota do balão (B);
- v : parte alíquota do balão (B) tomada para destilação (25ml);
- m : massa de amostra.

2.5.pH

O pH foi determinado com base na "ISO 10390:2005 Soil quality - Determination of pH". Este ensaio foi realizado em triplicado utilizando uma massa de amostra de ca. de 10 g.

O pH corresponde ao logaritmo decimal do inverso da concentração do ião de hidrogénio numa solução. Valores abaixo de 4,5 são considerados muito ácido, entre 6,6 e 7,5 neutro e acima de 9,5 muito alcalino (Varennnes, 2003).

A determinação do pH em laboratório recorre ao uso de um potenciómetro que vai medir os prótons existentes em solução. É realizada uma suspensão da amostra numa proporção de 1:5 (fracção volúmica) relativa a um dos seguintes compostos: água, solução de cloreto de potássio (KCl) em água e solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) em água.

2.6. Absorção de água após as 24h

A absorção de água após as 24 horas foi determinada com base na "EN 1097 Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 6: Determination of particle density and water absorption". Os ensaios foram realizados em quintuplicado utilizando um volume de amostra de 1000 ml.

A absorção de água às 24 horas traduz-se no aumento da massa de uma amostra de agregado seca, devido à penetração da água nos espaços acessíveis, após 24 horas de imersão, sendo o resultado expresso em %.

A absorção de água às 24h foi obtida através da seguinte equação:

$$\text{Absorção Água}_{24h} [\%] = \frac{100 * (m_{\text{Asat}} - m_{\text{Asec}})}{m_{\text{Asec}}} \quad (5)$$

em que:

- m_{Asat} : massa dos agregados sólidos após 24h de saturação em água (escorridos);

- m_{Asec} : massa dos agregados sólidos secos em estufa (110 ± 5)°C.

2.7. Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água foi determinada com base na "Water Holding Capacity (WHC), segundo o Anexo C da ISO DIS 11268 (Soil Quality - Effects of pollutants on earthworms (Eisenia fetida). Part 2: Determination of effects on reproduction (22))". Este ensaio foi realizado em quintuplicado utilizando um volume de amostra de 1000 ml.

A capacidade de retenção de água traduz-se no aumento da massa de uma amostra de agregado seca, devido à penetração da água nos espaços acessíveis, após 3h de imersão, sendo o resultado expresso em %.

A capacidade de retenção de água foi obtida através da seguinte equação:

$$Capacidade\ Reten\c{c}\tilde{a}\tilde{o}\tilde{a}\tilde{g}\tilde{u}\tilde{a}[\%] = \frac{100 * (m_{Asat} - m_{Asec})}{m_{Asec}} \quad (6)$$

em que:

- m_{Asat} : massa dos agregados sólidos após 3h de saturação em água (escorridos);
- m_{Asec} : massa dos agregados sólidos secos em estufa (110 ± 5)°C.

2.8. Ensaio experimental em vasos

De modo a se estimar o comportamento das diversas combinações do produto em estudo face à evaporação, que leva a uma perda gradual de água, foram desenvolvidos ensaios em vasos sem vegetação. De acordo com o tipo de aplicações em vista e de modo a poderem estabelecer-se algumas comparações relativas sobre o comportamento do produto, procedeu-se à seguinte metodologia experimental:

1. Amostras a testar material LECA® HYDRO:

sem partidos (0% partidos, i.e., 100% inteiros)
com 50% partidos (e 50% inteiros)
com 85% partidos (e 15% inteiros)
com 100% partidos (i.e., 0% inteiros)

2. Locais de ensaio e condições ambientais:

Ex7P	Exterior, na cobertura de edifício (ao nível do 7º piso), com os vasos apenas protegidos de ocorrências de precipitação
ExNS	Exterior, ao nível do solo, com os vasos apenas protegidos de ocorrências de precipitação
Int	Interior, dentro do edifício, com os vasos protegidos das condições climáticas naturais

Em cada local testado, foram distribuídas aleatoriamente cinco réplicas de cada uma das amostras acima mencionadas.

3. Nível de saturação em água no momento de arranque do ensaio:

Todas as amostras foram previamente saturadas com água, durante um período de 48 horas, em que a água foi mantida 1 cm acima do nível do material. Posteriormente, as amostras foram drenadas durante 2 horas, de modo a escorrer o excesso de água.

4. Duração do ensaio:

Os ensaios foram prolongados até ao 20.º dia consecutivo de monitorização dos vasos.

5. A partir dos resultados obtidos neste ensaio empírico foram estimados diferentes tipos de volumes de água. Sobre este ponto foi previamente acordada a seguinte classificação:

Volumes de água	Sugestão de determinação
- facilmente disponível	A água que se evapora após 24 horas
- de reserva	A água que permanece no final do ensaio de evaporação (20 dias consecutivos)
- totalmente disponível	A água que se evapora após 6 horas
- dificilmente disponível	A água que permanece após 15 dias

Os ensaios em vaso foram estabelecidos em quintuplicado, num total de 60 amostras. Paralelamente, de forma a manter uma referência sobre a capacidade de evaporação imediata, foram monitorizados outros 15 vasos (5 réplicas, em 3 locais) só com água. Outros 15 vasos (5 réplicas, em 3 locais) só com terra standard foram também monitorizados para referência.

A temperatura e humidade relativa foram medidas aquando da monitorização dos vasos para os três locais designados.

3- RESULTADOS

Os resultados apresentados remetem à caracterização do produto LECA[®] HYDRO em diferentes combinações: 100% inteiro, 100% partido, 50% partido / 50% inteiro, 85% partido / 15% inteiro. Para estas amostras foram determinados os seguintes parâmetros: massa volúmica aparente e massa volúmica da partícula (base seca), porosidade, capacidade de troca catiónica, pH, absorção de água (às 24h) e capacidade de retenção de água. Foi também levado a cabo um ensaio experimental em vasos sem vegetação de modo a se estimar o comportamento do produto em estudo face à evaporação.

3.1. Massa volúmica aparente (base seca)

Tabela 2: Resultados obtidos relativamente ao parâmetro massa volúmica aparente (base seca)

AMOSTRA / MATERIAL	MASSA VOLÚMICA APARENTE (BASE SECA) (kg m ⁻³)
sem partidos (100% inteiros)	326,7±10,1 (316,6-336,7)
50% partidos / 50% inteiros	350,8±1,6 (349,2-352,4)
85% partidos / 15% inteiros	359,5±5,1 (354,4-364,6)
100% partidos	373,1±3,9 (369,2-377,0)

Nota: resultados relativos à média de três observações ± desvio padrão (valor mínimo - máximo)

3.2. Massa volúmica da partícula (base seca)

Tabela 3: Resultados obtidos relativamente ao parâmetro densidade da partícula (base seca)

AMOSTRA / MATERIAL	MASSA VOLÚMICA DA PARTICULA (BASE SECA) (kg m ⁻³)
sem partidos (100% inteiros)	477,7±12,1 (465,7-489,8)
50% partidos / 50% inteiros	511,8±12,4 (499,4-524,2)
85% partidos / 15% inteiros	529,0±15,8 (513,2-544,8)
100% partidos	544,5±10,4 (534,1-554,9)

Nota: resultados relativos à média de cinco observações ± desvio padrão (valor mínimo - máximo)

3.3. Porosidade

Tabela 4: Resultados obtidos relativamente ao parâmetro porosidade

AMOSTRA / MATERIAL	POROSIDADE (%)
sem partidos (100% inteiros)	31,6
50% partidos / 50% inteiros	31,5
85% partidos / 15% inteiros	32,0
100% partidos	31,5

3.4. Capacidade de troca catiónica

Tabela 5: Resultados obtidos relativamente ao parâmetro capacidade de troca catiónica

AMOSTRA / MATERIAL	CAPACIDADE DE TROCA CATIÓNICA (MEQ 100G ⁻¹)
sem partidos (100% inteiros)	2,9±0,4 (2,5-3,3)
50% partidos / 50% inteiros	3,4±0,3 (3,1-3,7)
85% partidos / 15% inteiros	3,7±0,1 (3,6-3,8)
100% partidos	4,4±0,2 (4,2-4,5)

Nota: resultados relativos à média de cinco observações ± desvio padrão (valor mínimo - máximo)

3.5. pH

Tabela 6: Resultados obtidos relativamente ao parâmetro pH

AMOSTRA / MATERIAL	pH		
	Água	KCl	CaCl ₂
sem partidos (100% inteiros)	10,0±0,4 (9,7-10,4)	10,3±0,1 (10,3-10,4)	10,1±0,1 (10,0-10,2)
50% partidos / 50% inteiros	9,4±0,2 (9,2-9,6)	9,6±0,2 (9,4-9,8)	8,5±0,5 (7,9-9,0)
85% partidos / 15% inteiros	9,1±0,3 (8,9-9,4)	9,6±0,2 (9,4-9,8)	8,2±0,4 (7,8-8,6)
100% partidos	9,1±0,0 (9,0-9,1)	9,0±0,0 (8,9-9,0)	8,0±0,3 (7,7-8,3)

Nota: resultados relativos à média de três observações ± desvio padrão (valor mínimo - máximo)

3.6. Absorção de água após 24h

Tabela 7: Resultados obtidos relativamente ao parâmetro absorção de água

AMOSTRA / MATERIAL	ABSORÇÃO DE ÁGUA APÓS 24H (%)
sem partidos (100% inteiros)	24,9±0,4 (24,5-25,3)
50% partidos / 50% inteiros	39,9±3,1 (36,7-43,0)
85% partidos / 15% inteiros	46,7±0,6 (46,1-47,3)
100% partidos	47,0±0,5 (46,5-47,6)

Nota: resultados relativos à média de cinco observações ± desvio padrão (valor mínimo - máximo)

3.7. Capacidade de retenção de água

Tabela 8: Resultados obtidos relativamente ao parâmetro capacidade de retenção de água

AMOSTRA / MATERIAL	CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (%)
sem partidos (100% inteiros)	25,5±2,3 (23,2-27,8)
50% partidos / 50% inteiros	35,6±1,4 (34,2-37,0)
85% partidos / 15% inteiros	38,4±1,6 (36,8-39,9)
100% partidos	40,1±0,8 (39,3-40,9)

Nota: resultados relativos à média de cinco observações ± desvio padrão (valor mínimo - máximo)

3.8. Ensaio experimental em vasos

Os ensaios de evaporação em vasos decorreram ao longo de 20 dias consecutivos, tendo-se procedido a monitorizações diárias de peso, temperatura e humidade relativa.

Os registos diários relativos a temperatura e humidade podem ser consultados em anexo. Na tabela 9 estão indicados os máximos e mínimos relativos a temperatura e humidade relativa (Hr) registados em cada um dos três locais de teste (exterior ao nível do 7º piso, exterior ao nível do solo e interior).

Tabela 9: Máximos e mínimos de temperatura e humidade relativa registados no decurso dos ensaios de evaporação, nos três locais em teste

	Temperatura (°C)		Humidade relativa (%)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
Ex7P	17	38	25	64
ExNS	22	32	30	63
Int	23	29	38	59

Os resultados relativos aos ensaios em vaso foram representados graficamente (Figuras 1 a 6), para cada um dos três locais de ensaio, estabelecendo uma comparação entre as quatro misturas de materiais testadas.

- Exterior ao nível do 7º piso:

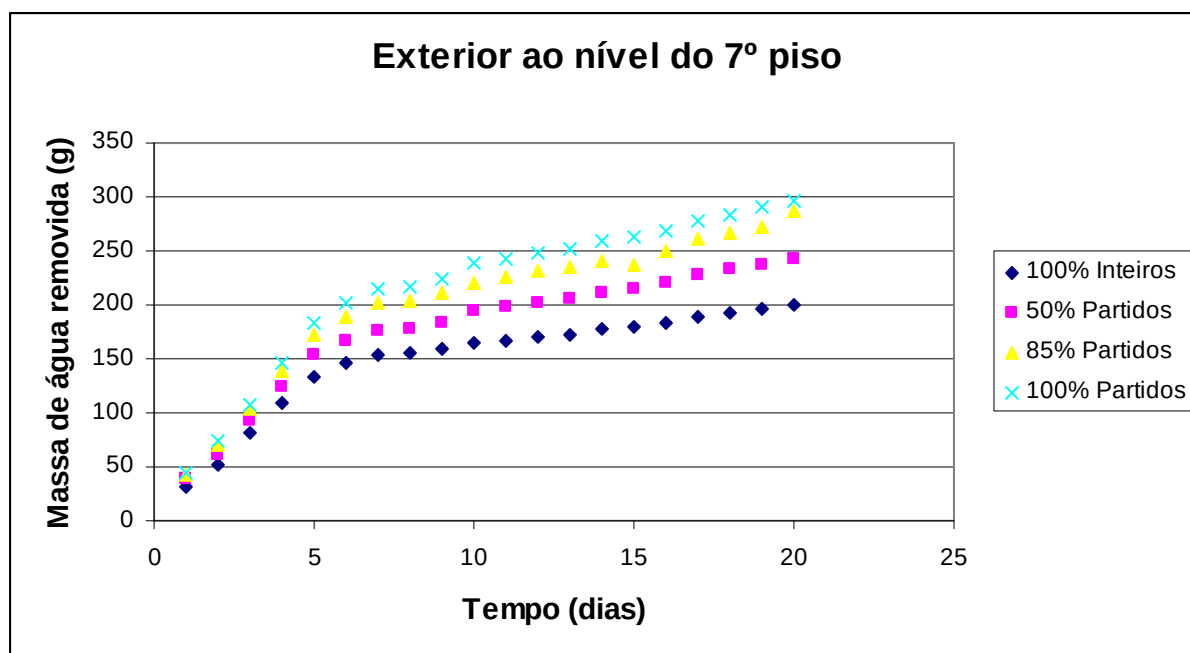


Figura 1: Massa de água removida média (5 réplicas) no decurso dos 20 dias de monitorização do ensaio de evaporação, para os vasos mantidos no exterior ao nível do 7º piso

Dado que a quantidade de água absorvida por cada uma das combinações de materiais testados, após 48 horas de imersão, é distinta, foi calculada a fracção de água removida média (razão entre a quantidade de água removida média acumulada em cada dia e a quantidade de água média absorvida após 48h de imersão), de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{Fracção Água Removida} = \frac{m_{\text{Água Inicial}} - (m_{\text{Água}})_i}{m_{\text{Água Inicial}}}$$

em que:

- $m_{\text{Água Inicial}}$: massa de água absorvida pelo material após 48h de imersão (início do ensaio);
- $(m_{\text{Água}})_i$: massa de água no dia de amostragem i .

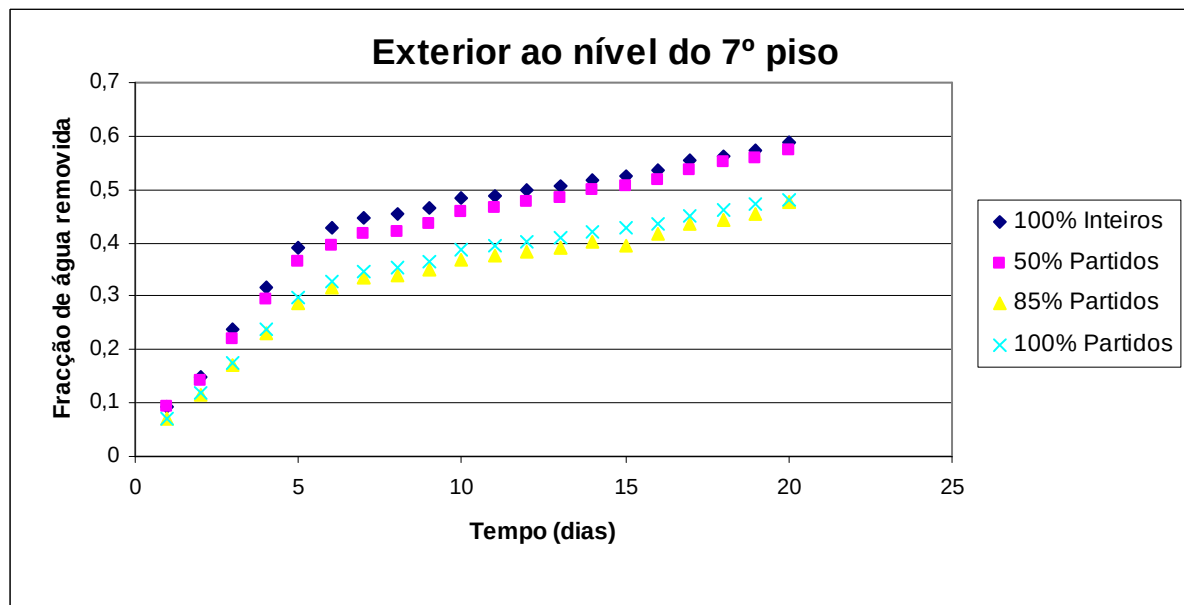


Figura 2: Fracção de água removida média (5 réplicas) ao longo dos 20 dias de monitorização do ensaio de evaporação, para os vasos mantidos no exterior ao nível do 7º piso

- Exterior ao nível do solo:

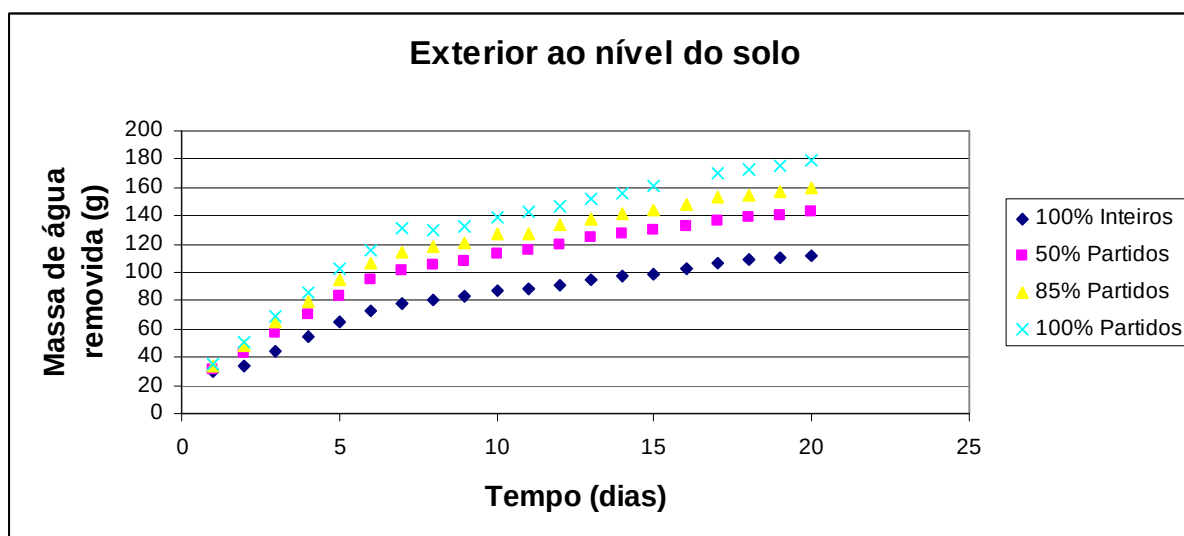


Figura 3: Massa de água removida média (5 réplicas) no decurso dos 20 dias de monitorização do ensaio de evaporação, para os vasos mantidos no exterior ao nível do solo

Do mesmo modo foi calculada a fracção de água removida média (razão entre a quantidade de água removida média acumulada em cada dia e a quantidade de água média absorvida após 48h de imersão) para o ensaio com os vasos ao nível do solo.

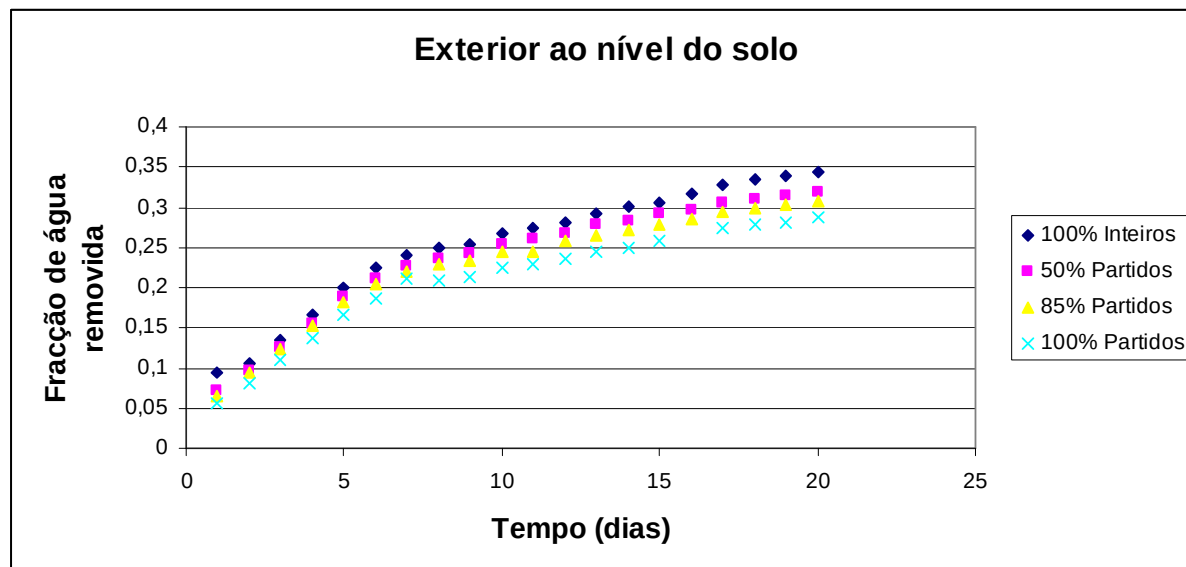


Figura 4: Fracção de água removida média (5 réplicas) ao longo dos 20 dias de monitorização do ensaio de evaporação, para os vasos mantidos no exterior ao nível do solo

▪ Interior:

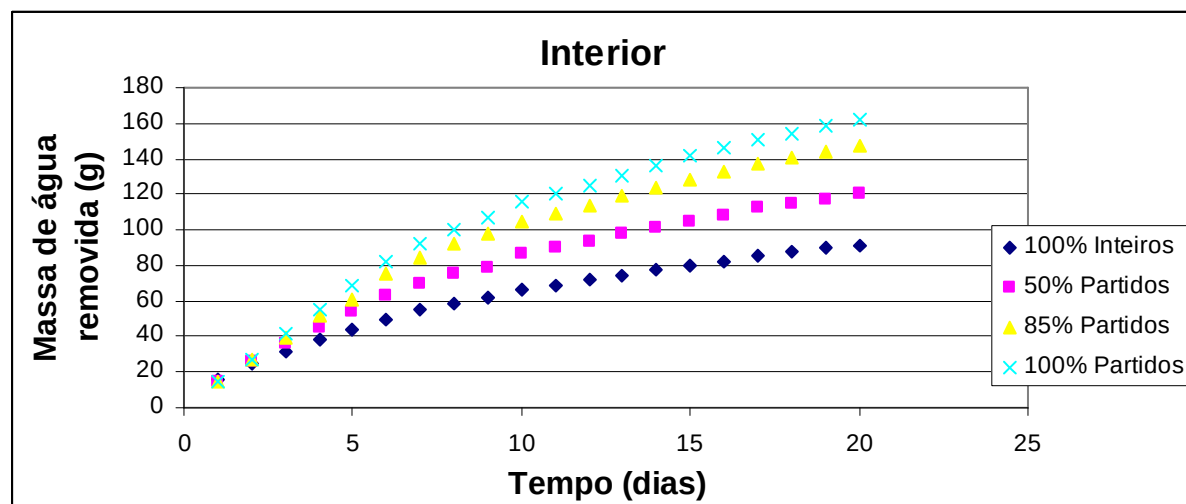


Figura 5: Massa de água removida média (5 réplicas) no decurso dos 20 dias de monitorização do ensaio de evaporação, para os vasos mantidos no interior

Do mesmo modo foi calculada a fracção de água removida média (razão entre a quantidade de água removida média acumulada em cada dia e a quantidade de água média absorvida após 48h de imersão) para o ensaio com os vasos no interior do edifício.

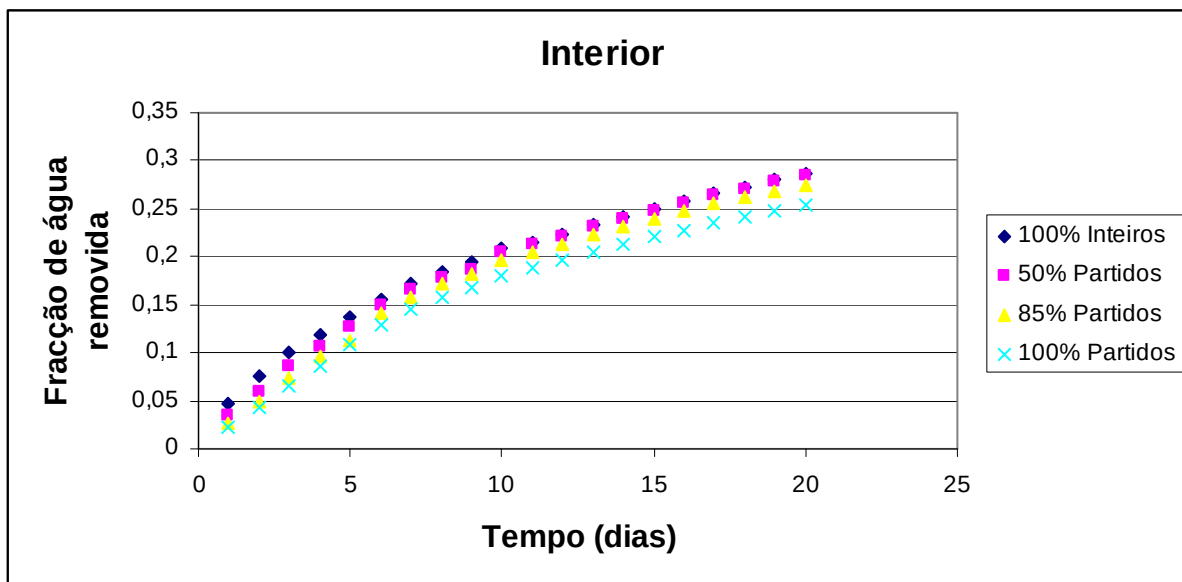


Figura 6: Fração de água removida média (5 réplicas) ao longo dos 20 dias de monitorização do ensaio de evaporação, para os vasos mantidos no interior

A partir dos resultados obtidos neste ensaio empírico foram estimados os diferentes volumes de água pretendidos, de acordo com a classificação previamente acordada:

Tabela 10: Volumes de água estimados, de acordo com classificações previamente acordadas, para cada um dos materiais testados e em cada um dos locais designados

Local ensaio	Amostras	Volumes de água (ml)	
Ex7P	100% Inteiros	31,6	- “facilmente disponível”: A água que se evapora (removida) após 24 horas
	50% Partidos	38,9	
	85% Partidos	43,0	
	100% Partidos	44,7	
ExNS	100% Inteiros	30,3	
	50% Partidos	31,6	
	85% Partidos	34,3	
	100% Partidos	34,7	
Int	100% Inteiros	15,4	
	50% Partidos	14,6	
	85% Partidos	14,2	
	100% Partidos	14,5	

Local	Amostras	Volumes de água (ml)	
Ex7P	100% Inteiros	141,2	- “de reserva”: A água que permanece (retida) no final do ensaio de evaporação (i.e., 20 dias consecutivos)
	50% Partidos	181,5	
	85% Partidos	315,1	
	100% Partidos	319,1	
ExNS	100% Inteiros	212,9	
	50% Partidos	303,1	
	85% Partidos	358,7	
	100% Partidos	443,1	
Int	100% Inteiros	228,6	
	50% Partidos	302,9	
	85% Partidos	387,9	
	100% Partidos	479,2	
Ex7P	100% Inteiros	<31,6	- “totalmente disponível”: A água que se evapora (removida) após 6 horas
	50% Partidos	<38,9	
	85% Partidos	<43,0	
	100% Partidos	<44,7	
ExNS	100% Inteiros	<30,3	
	50% Partidos	<31,6	
	85% Partidos	<34,3	
	100% Partidos	<34,7	
Int	100% Inteiros	<15,4	
	50% Partidos	<14,6	
	85% Partidos	<14,2	
	100% Partidos	<14,5	
Ex7P	100% Inteiros	161,8	- “difícilmente disponível”: A água que permanece (retida) após 15 dias
	50% Partidos	208,7	
	85% Partidos	364,8	
	100% Partidos	352,6	
ExNS	100% Inteiros	225,2	
	50% Partidos	315,7	
	85% Partidos	374,3	
	100% Partidos	461,1	
Int	100% Inteiros	240,0	
	50% Partidos	318,1	
	85% Partidos	406,8	
	100% Partidos	500,2	

Nota: Os volumes de água foram estimados assumindo um valor de massa volúmica da água de 1000 Kg/m³.

4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados traduzem as características do material LECA[®] HYDRO, em diferentes combinações deste material partido e inteiro, de acordo com a metodologia acordada.

A massa volúmica aparente das diferentes amostras analisadas revelou-se semelhante, variando entre 317 e 377 kg/m³. O mesmo se verificou para a massa volúmica da partícula, que apresentou valores entre 466 e 555 kg/m³. Os valores mais baixos referem-se à amostra 100% inteiros. Estes valores encontram-se dentro da gama de densidades apresentada para outros materiais de argila expandida presentes no mercado (Tabela 11).

Relativamente à porosidade, as amostras apresentaram valores bastante semelhantes entre si. Partindo-se do pressuposto de que o material base para fabrico de agregados partidos é o mesmo material inteiro, este valor está de acordo com o esperado. Não foram encontradas referências relativas a este parâmetro para os materiais em comparação na tabela 11.

A capacidade de troca catiónica determinada para todas as amostras é considerada muito baixa (<5 cmol (+) kg⁻¹) (Varennnes, 2003). Tendo em conta que a argila é submetida a temperaturas elevadas durante o seu processamento, espera-se uma capacidade de troca catiónica muito baixa. Não foram encontradas referências relativas a este parâmetro para os materiais em comparação na tabela 11. Estabelecendo um paralelismo com os solos, solos ricos em matéria orgânica, em especial húmus, terão capacidades de troca catiónica mais elevadas do que solos pobres.

O pH vai influenciar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, determinando o tipo de vegetação existente, a actividade dos microrganismos, a estabilidade dos agregados e a disponibilidade de nutrientes para as plantas. O pH das amostras analisadas variou entre 9,7-10,4 para os 100% inteiros, sendo considerado muito alcalino (Varennnes, 2003) e entre 8,9-9,6 para as restantes amostras, sendo considerado um pH alcalino (Varennnes, 2003). Quando comparado este material com outros materiais de base de argila expandida verifica-se que a gama de valores é semelhante.

A capacidade de um solo em armazenar água para o crescimento e desenvolvimento das plantas está directamente relacionada com vários atributos físicos dos solos ou substratos, sendo pois o resultado da acção conjunta e complexa de vários factores, como o teor e mineralogia da fracção argila, teor de matéria orgânica, estrutura, densidade, entre outros.

Relativamente ao parâmetro de absorção de água às 24 horas, verificou-se que quanto maior a percentagem de agregados partidos, maior o valor deste parâmetro. A absorção de água pelo material 100% partidos mostrou-se superior aos materiais referenciados na literatura (Tabela 11). O mesmo se verificou para a capacidade de retenção de água. Estes dois parâmetros apresentam as maiores diferenças entre as amostras estudadas, sendo por isso os principais diferenciadores das diferentes combinações.

Tabela 11: Comparação de características entre duas variantes de materiais da LECA® HYDRO com outros materiais presentes no mercado (Fichas técnicas em anexo)

Parametros	Leca® HYDRO 100% inteiros	Leca® HYDRO 100% partidos	Argex® Flora 3-8	Leca® M	Leca® L
Granulometria (mm)	-	-	8-12,5	4-12,5	10-20
Densidade partícula (base seca) (kg/m ³)	477,7±12,1	544,5±10,4	-	550 (± 15%)	530(± 15%)
Densidade aparente (base seca) (kg/m ³)	326,7±10,1	373,1±3,9	303 (±15%)	330(± 15%)	275 (± 15%)
Porosidade (%)	31,6	31,5	-	-	-
Capacidade de troca catiónica (meq/100g)	2,9±0,4	4,4±0,2	-	-	-
pH (escala de Sorensen)	9,7-10,4	9,0-9,1	9-10	9 -10	9 -10
Absorção de água às 24h (%)	24,9±0,4	47,0±0,5	22,7	<34	<38
Capacidade de retenção de água (%)	25,5±2,3	40,1±0,8	-	-	-

Os resultados do ensaio experimental de evaporação em vasos foram representados graficamente de modo a se estabelecer uma comparação entre os desempenhos dos quatro materiais testados, em cada um dos três locais de teste (i.e., exterior ao nível do 7º piso, exterior ao nível do solo e interior do edifício). Para cada um destes locais são apresentados dois gráficos, o primeiro relativo à quantidade (massa) de água removida por evaporação ao longo do tempo em que decorreu o ensaio, e o segundo relativo à fracção de água removida em função da água inicialmente absorvida pelo material testado.

De acordo com os máximos e mínimos de temperatura (T) e humidade relativa (Hr) registados (tabela 9), concluiu-se que o local mais exposto, onde ocorreram as maiores amplitudes de T e Hr, foi o “Exterior ao nível do 7º piso”, seguido do “Exterior ao nível do solo”. No “Interior do edifício” as amplitudes de T e Hr foram pouco expressivas relativamente às registadas no exterior. Estas condições influenciaram o desempenho dos sistemas face à evaporação, tendo-se removido maiores quantidades de água ao nível do 7º piso [(m_{Água Removida})_{20 dias}: 200-297 g; (fracção_{Água Removida})_{20 dias}: 48-59 %], seguidamente ao nível do solo [(m_{Água Removida})_{20 dias}: 112-179 g; (fracção_{Água Removida})_{20 dias}: 29-34 %], e,

finalmente, no interior do edifício $[(m_{\text{Água Removida}})_{20 \text{ dias}}: 92-162 \text{ g}; (\text{fracção}_{\text{Água Removida}})_{20 \text{ dias}}: 25-29 \text{ \%}]$.

A quantidade de água removida foi superior para o material “100% Partidos”, seguido do material “85% Partidos”, depois o material “50% Partidos” e, por último, o material “100% Inteiros”. Esta mesma tendência foi observada para os três diferentes locais de ensaio. No entanto, ao representar graficamente estes resultados em termos relativos (como função da quantidade de água inicialmente absorvida pelo material), a fracção de água removida no material “100% Inteiros” foi superior, seguido do material “50% Partidos”, depois pelo material “85% Partidos”, e, por fim, o material “100% Partidos”. Esta tendência foi igualmente observada para os três diferentes locais de ensaio. Este resultado é suportado pelos resultados relativos à caracterização analítica dos diferentes materiais (tabela 7), donde se concluiu que o material com maior capacidade de absorção de água é o “100% Partidos”, depois o “85% Partidos”, seguido do “50% Partidos”, e finalmente, o “100% Inteiros”.

Um outro aspecto que se depreende da observação dos gráficos relativos à fracção de água removida é que quanto maior a amplitude das condições de T e Hr observadas no local de ensaio, maior é o distanciamento entre os desempenhos dos materiais “100% Inteiros” e “100% Partidos” face à evaporação. Por outro lado, verifica-se que há uma maior aproximação entre os desempenhos dos materiais “100% Partidos” e “85% Partidos” e entre os desempenhos dos materiais “100% Inteiros” e “50% Partidos”.

Face aos resultados obtidos, de acordo com os parâmetros que foram âmbito deste estudo, os materiais que sugerem um desempenho mais indicado para uma utilização ao nível de uma cobertura ajardinada compreendendo uma mistura com 85-100% de agregados partidos.

5- BIBLIOGRAFIA

EN 13040:2007 Soil improvers and growing media. Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density

EN 1097-6 – Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 6: Determination of particle density and water absorption

FAO, 2006. Guidelines for soil description. Food and Agriculture organization of the United Nations, Fourth edition. Rome, Italy

ISO 10390:2005 Soil quality - Determination of pH

Silva, A. A.; Alvim, A. J. S. & Santos, M. J. 1975. Métodos de análise de solos, plantas e água. Pedologia 10 (3)., Oeiras

Tan, H. Kim, 1995. Determination of soil density and porosity. In: Soil sampling, preparation, and analysis. Marcel Dekker, inc, NY, USA

Varennnes, A., 2003. Produtividade dos solos e Ambiente, Escolar Editora, Lisboa, Portugal

Water Holding Capacity (WHC), Anexo C da ISO DIS 11268-2 (Soil Quality - Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*). Part 2: Determination of effects on reproduction (22))

6- ANEXO

6.1. Ensaios de evaporação em vasos

Registo diário de temperatura e Humidade relativa.

- Exterior ao nível do 7º piso:

	1ºDia	2ºDia	3ºDia	4ºDia	5ºDia	6ºDia	7ºDia	8ºDia	9ºDia	10ºDia	11ºDia	12ºDia	13ºDia	14ºDia	15ºDia	16ºDia	17ºDia	18ºDia	19ºDia	20ºDia	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	27	27	32	35	38	37	26	24	38	21	25	25	26	24	24	17	26	23	24	24	17	38
Hum.Rel. (%)	43	42	34	29	25	28	45	52	26	64	43	42	36	37	40	44	40	51	48	41	25	64

- Exterior ao nível do solo:

	1ºDia	2ºDia	3ºDia	4ºDia	5ºDia	6ºDia	7ºDia	8ºDia	9ºDia	10ºDia	11ºDia	12ºDia	13ºDia	14ºDia	15ºDia	16ºDia	17ºDia	18ºDia	19ºDia	20ºDia	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	28	25	31	32	30	31	26	24	23	22	22	23	23	22	23	23	31	22	22	23	22	32
Hum.Rel. (%)	44	51	34	32	36	38	47	52	58	63	51	49	40	41	45	42	30	63	54	43	30	63

- Interior:

	1ºDia	2ºDia	3ºDia	4ºDia	5ºDia	6ºDia	7ºDia	8ºDia	9ºDia	10ºDia	11ºDia	12ºDia	13ºDia	14ºDia	15ºDia	16ºDia	17ºDia	18ºDia	19ºDia	20ºDia	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	23	26	27	27	28	29	27	27	26	26	25	26	25	24	25	24	25	25	25	23	23	29
Hum.Rel. (%)	59	51	50	45	38	43	43	44	47	47	48	46	43	41	47	44	43	47	46	50	38	59

6.2. Fichas técnicas de outros produtos comerciais (comparação de resultados)