

Ensaio efectuado segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

3. ENSAIO DE RENDIMENTO TÉRMICO (condições estacionárias) (EN 12975-2; SECÇÃO 6.1) / THERMAL PERFORMANCE TEST (steady-state conditions) (EN 12975-2; SECTION 6.1)

3.1. Método de Ensaio / Test method

- Ensaio estacionário no exterior / *Outdoors steady state test*
- Colector instalado em dispositivo de seguimento do Sol / *Collector installed in a solar tracker*
- Local de ensaio / *Test local*: Latitude: 38° 46' 25,1" N; Longitude: 9° 10' 39,9" W
- Orientação dos tubos do Absorstor / *Absorbers tubes orientation*: Vertical

3.2. Dimensões do colector / Collector dimensions

Comprimento / <i>Length</i>	1965 mm	Área de Absorstor / <i>Absorber area</i>	1,626 m ²
Largura / <i>Width</i>	1559 mm	Área de Abertura / <i>Aperture area</i>	2,013 m ²
Espessura / <i>Height</i>	132 mm	Área total / <i>Gross area</i>	3,063 m ²

3.3. Especificações gerais / General specifications

Peso / <i>Weight</i>	62 kg ⁵
Meio de transferência de energia / <i>Heat transfer fluid</i>	Água/Water ⁶
Gama de caudal / <i>Flow range</i>	0,04 kg/s ⁷
Perda de carga / <i>Pressure drop</i>	Ver / <i>See 3.11.</i>
Pressão de funcionamento / <i>Operating pressure</i>	1000 kPa (10 bar)
Temperatura de estagnação / <i>Stagnation temperature</i>	Ver / <i>See 3.7.</i>

3.4. Potência fornecida por um colector / Power output per collector unit (W):

Potência de pico / *Peak Power* ($G = 1000 \text{ W/m}^2$) = 1300 W

Quadro 2 – Potência fornecida por um colector / *Power output per collector unit (W)*

$t_m - t_a$ (K)	G (Wm ⁻²)		
	400	700	1000
10	489	880	1270
30	426	816	1206
50	361	751	1141

Nota: Os valores indicados correspondem a incidência normal da radiação.
Note: The reported values are for normal incidence.

⁵ Informação do fabricante / *Manufacturers information*

⁶ Utilizado no ensaio de rendimento / *Used in efficiency test.*

⁷ Valores durante o ensaio de rendimento / *Values during the efficiency test.*

Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem autorização por escrito do Laboratório
(*Partial reproduction of this document is not allowed without written authorization from the Laboratory*)

Ensaíos efectuados segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

3.5. Representação gráfica da curva de potência do colector / Graphical representation of collector power curve

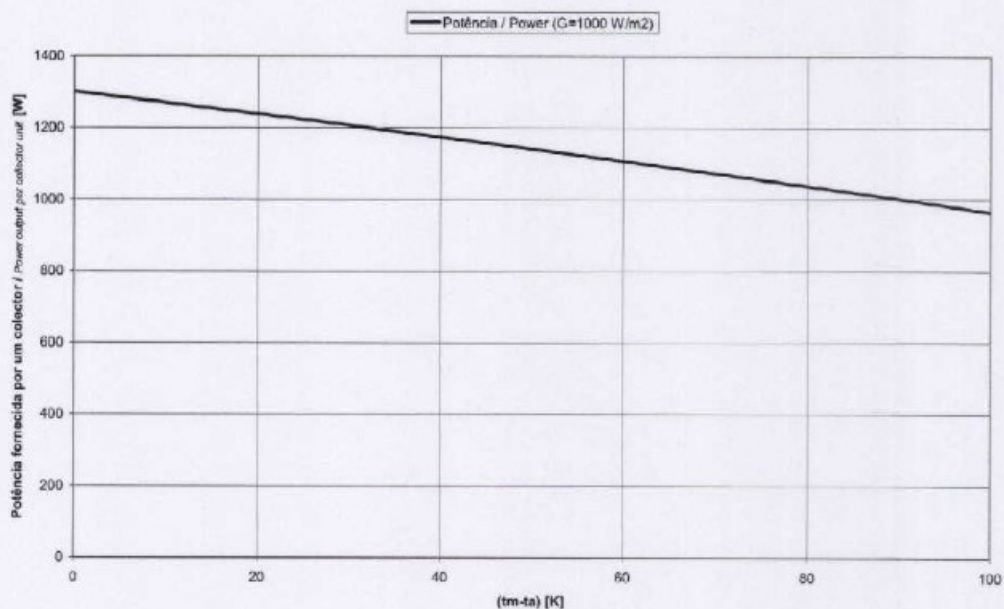


Fig. 2 – Potência fornecida por um colector / Power output per collector unit ($G = 1000 \text{ W/m}^2$).

Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem autorização por escrito do Laboratório
(Partial reproduction of this document is not allowed without written authorization from the Laboratory)

Ensaíos efectuados segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

3.6. Rendimento térmico (condições estacionárias) / Thermal performance test (steady-state conditions)

$$\text{Ajuste de 2º grau / 2º order fit to data: } \eta = \eta_0 - a_1 \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right) - a_2 G \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right)^2$$

Quadro 3 – Parâmetros característicos do rendimento instantâneo do colector
Characteristic parameters of collector instantaneous efficiency

Baseada na área de abertura / Based on aperture area		
	Valor / Value	Desvio padrão / Std deviation
η_0	0,644	0,002
a_1 (W/°C m ²)	1,5	0,2
a_2 (W/°C ² m ²)	0,001	0,002

Nota: Os valores medidos encontram-se no Anexo A – Quadro A.1
Note: See measured value in Annex A – Table A.1

3.7. Temperatura de estagnação / Stagnation temperature ($G_s=1000 \text{ Wm}^{-2}$; $t_a=30^\circ\text{C}$): $t_{sig} = 266,3 \text{ }^\circ\text{C}$

$$t_{sig} = t_a + \frac{G_s}{G_m} (t_{sm} - t_{am}) = 266,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$G_m = 1005 \text{ Wm}^{-2}$$

$$T_{sm} = 262,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{am} = 24,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

G_m , t_{am} , t_{sm} - valores medidos de irradiação, temperatura ambiente e temperatura do absorvedor (25.03.2009)
measured values of irradiance, ambient temperature and absorber temperature (25.03.2009)

3.8. Constante de tempo do colector / Collector time constant: $\tau_c = 652 \text{ s}$

3.9. Capacidade térmica do colector / Collector thermal capacity: $C = 299,6 \text{ kJ/K}$

3.10. Modificador de ângulo / Incidence angle modifier

$$K_T (\theta = 20^\circ) = 1,06$$

$$K_T (\theta = 40^\circ) = 1,33$$

$$K_T (\theta = 60^\circ) = 1,58$$

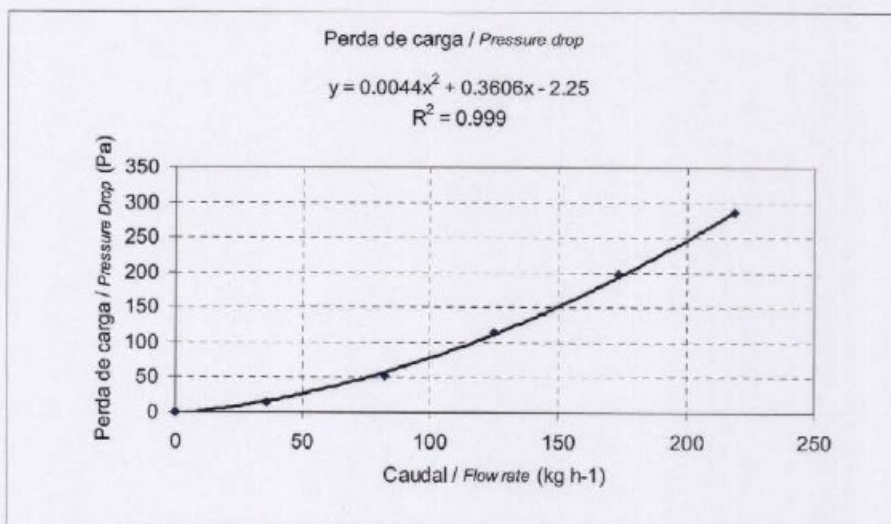
$$K_L (\theta = 50^\circ) = 0,89$$

Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem autorização por escrito do Laboratório
(Partial reproduction of this document is not allowed without written authorization from the Laboratory)

Ensaios efectuados segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
 (Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

3.11. Perda de carga / Pressure drop

\dot{m} [kg/hr]	Perda de carga Pressure drop [Pa]
0	0
36	15
82	52
125	115
174	198
219	286



Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem autorização por escrito do Laboratório
 (Partial reproduction of this document is not allowed without written authorization from the Laboratory)

Ensaio efectuado segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

4. ENSAIOS DE FIABILIDADE / RELIABILITY TESTS

4.1. Ensaio de Pressão (absorvedores inorgânicos) (EN 12975-2; secção 5.2.1) *Internal pressure test (inorganic absorbers) (EN 12975-2; section 5.2.1)*

Condições de ensaios / Test conditions	
Data / Date	13-03-2009
Pressão máxima de funcionamento segundo o fabricante <i>Maximum operating pressure according to the manufacturer</i>	1000 kPa (10 bar)
Temperatura média ambiente durante o ensaio <i>Average ambient temperature during test</i>	20,6 °C
Pressão no início do ensaio / Pressure at beginning of test	1500 kPa (15 bar)
Pressão no fim do ensaio / Pressure at the end of test	1500 kPa (15 bar)
Duração do ensaio / Duration of test	15 min

Resultados: Não se observaram fugas. Não se observou expansão ou distorção do colector.

Results: No leakages were observed. Swelling or distortion of the collector was also not observed.

4.2. Ensaio de Resistência a alta temperatura (EN 12975-2: secção 5.3) *High-temperature resistance test (EN 12975-2: section 5.3)*

Condições de Ensaio / Test conditions	
Data / Date	25-03-2009
Método / Method	Exterior / Outdoors
Inclinação do colector <i>Collector tilt</i>	45 °
Irradiância média incidente no colector durante o ensaio <i>Average incident irradiance on the collector during test</i>	1005 W/m ²
Temperatura média ambiente durante o ensaio <i>Average ambient temperature during test</i>	24,6 °C
Velocidade média do ar / Average air speed	0,62 m/s
Temperatura média do absorvedor durante o ensaio ⁸ <i>Average absorber temperature</i> ⁹	262,1 °C
Duração do ensaio / Duration of test	60 min

Resultados: Não se observou degradação, encolhimento, desgaseificação ou distorção do colector.

Results: There was no degradation, shrinkage, outgassing and distortion of the collector.

⁸ Temperatura medida utilizando um termopar inserido num tubo central entre a alheta e o vidro.

⁹ Temperature measured using a thermocouple inserted in one central glass tube between fin and glaze.

Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem autorização por escrito do Laboratório
(Partial reproduction of this document is not allowed without written authorization from the Laboratory)

Ensaio efectuado segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

4.3. Ensaio de Exposição (EN 12975-2; secção 5.4)
Exposure test (EN 12975-2: section 5.4)

Condições de ensaio / Tests conditions	
Período em que se realizou o ensaio <i>Period in which the test was performed</i>	14-03-2009 a 27-04-2009
Método / Method	Exterior / Outdoors
Inclinação do colector <i>Collector tilt</i>	40° (26-03-2009 a 27-04-2009) 45° (14-03-2009 a 25-03-2009)
Irradiação média diária incidente no colector durante o ensaio <i>Average incident irradiation on the collector during test</i>	22,2 MJ/m ²
Temperatura ambiente média diária durante o ensaio <i>Daily average ambient temperature during test</i>	14,6 °C
N.º de dias com radiação acima de 14 MJ/m ² <i>Nº of days with radiation above 14 MJ/m²</i>	41
N.º de horas com radiação acima de 850 W/m ² <i>Nº of hours with radiation above 850 W/m²</i>	93

Quadro 4 – Valores medidos durante o Ensaio de exposição
Values measured during the Exposure test

Data / Date	G _T (MJ/m ²)	t _a (°C)	Precipitação Rain (mm)	G (W/m ²)	t _a (°C)	Horas / Hours
Icol > 850 W/m ²						
14-Mar-2009	27,5	17,6	0	993	23,5	4,5
15-Mar-2009	26,1	18,9	0	959	24,4	4
16-Mar-2009	25,2	18,9	0	947	24,7	3,5
17-Mar-2009	26,9	18,7	0	983	23,0	4,5
18-Mar-2009	27,4	16,6	0	992	20,9	4,5
19-Mar-2009	24,3	15,8	0	944	20,2	3
20-Mar-2009	23,5	16,7	0	919	22,7	3
21-Mar-2009	26,0	14,3	0	980	18,2	2
22-Mar-2009	14,0	13,6	0	0	0,0	0
23-Mar-2009	14,9	15,9	0	0	0,0	0
24-Mar-2009	23,7	17,0	0	960	22,3	2,5
25-Mar-2009	25,4	19,1	0	966	24,4	3,5
26-Mar-2009	25,5	19,5	0	955	26,2	4
27-Mar-2009	24,8	19,5	0	955	26,2	4
28-Mar-2009	27,4	12,7	0	1018	14,7	4,5
29-Mar-2009	28,2	11,2	0	1003	14,5	4,5
30-Mar-2009	27,4	12,2	0	985	16,1	4
31-Mar-2009	25,4	12,2	0	982	18,1	2,5
1-Abr-2009	27,2	12,3	0	971	18,1	4
2-Abr-2009	26,5	13,4	0	987	17,6	4
3-Abr-2009	26,6	13,4	0	981	18,2	4
4-Abr-2009	26,2	15,1	0	1001	20,1	3
5-Abr-2009	24,5	14,3	0	976	20,3	3
6-Abr-2009	15,3	13,1	0	0	0,0	0
7-Abr-2009	22,3	12,6	0	0	0,0	0
8-Abr-2009	26,5	13,0	0	973	18,6	3,5
9-Abr-2009	20,3	12,9	0	1037	17,9	0,5
10-Abr-2009	18,9	12,3	1,4	0	0,0	0
11-Abr-2009	18,7	13,1	1,5	0	0,0	0
12-Abr-2009	20,2	13,7	0	0	0,0	0
13-Abr-2009	9,2	14,1	0,5	0	0,0	0
14-Abr-2009	10,7	11,3	6,9	0	0,0	0
15-Abr-2009	14,2	11,2	5	0	0,0	0

Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem autorização por escrito do Laboratório
(Partial reproduction of this document is not allowed without written authorization from the Laboratory)

Ensaios efectuados segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

16-Abr-2009	17,7	12,8	3,2	0	0,0	0
17-Abr-2009	6,4	12,1	2,5	0	0,0	0
18-Abr-2009	8,2	12,9	2	0	0,0	0
19-Abr-2009	25,8	14,3	0	1019	19,1	1,5
20-Abr-2009	22,3	15,4	0	1044	20,5	0,5
21-Abr-2009	28,4	17,1	0	971	23,3	2
22-Abr-2009	27,3	18,5	0	969	26,0	4
23-Abr-2009	25,1	15,0	0	920	26,9	3,5
24-Abr-2009	22,6	15,3	0	909	19,5	1
25-Abr-2009	22,3	13,0	0,7	965	15,6	0,5
26-Abr-2009	26,1	12,4	0,9	955	16,1	0,5
27-Abr-2009	19,7	13,9	0	0	0,0	0

Resultados: Ver Quadro 5

Results: See table 5

Quadro 5 – Avaliação dos componentes do colector
Evaluation of collector components

Avaliação de cada potencial problema segundo a seguinte escala:

Potential problem evaluation according to the following scale:

0 – Sem problema / No problem;

1 – Problema menor / Minimum problem;

2 – Problema grave / Serious problem;

* – Não foi possível efectuar a inspeção / No inspection performed

	Componentes do colector Collector component	Problema potencial Potential problem	Avaliação Evaluation
a)	Caixa do colector / Fixadores Collector box / fasteners	Fissuração/Empenamento/ Corrosão/Penetração de chuva/ condensação na cobertura Cracking/warping/corrosion/rain penetration /condensation	0
b)	Suportes/Estrutura Mountings/Structure	Resistência/Segurança Strength/safety	*
c)	Vedantes/Juntas Seals/gaskets	Fissuração/Adesão/Elasticidade Cracking/adhesion/elasticity	0
d)	Cobertura/ Reflector Cover/ Reflector	Fissuração/Fissuração superficial/ Encurvadura/Delaminagem/Empenamento/ Desgaseificação Cracking/crazing/buckling/ delamination/warping/outgassing	0
e)	Revestimento do absorsor Absorber coating	Fissuração /Fissuração superficial/ Empolamento / Descoloração Cracking/crazing/blistering/loss of color	0
	Tubos do absorsor e adutores Absorber tubes and headers	Deformação /Corrosão/Fugas/perda de ligação Deformation/corrosion/leakage/loss of bonding	0
	Suporte do absorsor Absorber mountings	Deformação /Corrosão Deformation/corrosion	0
f)	Isolamento / Insulation	Retenção de água/Desgaseificação/ Degradação Water retention/ outgassing/degradation	0

Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem autorização por escrito do Laboratório
(Partial reproduction of this document is not allowed without written authorization from the Laboratory)

Ensaios efectuados segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

4.4. Ensaio de Choque térmico externo (EN 12975-2, secção 5.5)
External thermal shock test (EN 12975-2: section 5.5)

Condições de ensaio / Test conditions	1º Ensaio <i>1st Test</i>	2º Ensaio <i>2nd Test</i>
Data / Date	17-03-2009	27-03-2009
Exterior / Outdoors	Sim / Yes	Sim / Yes
Combinado com o ensaio de exposição <i>Combined with exposure test</i>	Sim / Yes	Sim / Yes
Combinado com o ensaio de resistência a alta temperatura <i>Combined with high temperature resistance test</i>	Não / No	Não / No
Inclinação do colector <i>Collector tilt</i>	45°	40°
Irradiância média durante o ensaio <i>Average irradiance during test</i>	1042 W/m ²	989 W/m ²
Irradiância mínima durante o ensaio <i>Minimum irradiance during test</i>	1014 W/m ²	952 W/m ²
Temperatura ambiente média durante o ensaio <i>Average ambient temperature during test</i>	23,9 °C	24,5 °C
Temperatura ambiente mínima durante o ensaio <i>Minimum ambient temperature during test</i>	23,3 °C	23,7 °C
Tempo durante o qual as condições necessárias foram mantidas antes do choque térmico externo <i>Period during which the required operating conditions were maintained prior to external thermal shock</i>	128 min	64 min
Caudal do banho por pulverização de água <i>Flow rate of water spray</i>	0,06 l/(s.m ²)	0,06 l/(s.m ²)
Temperatura do banho por pulverização de água <i>Temperature of water spray</i>	17,0 °C	18,2 °C
Duração da pulverização <i>Duration of water spray</i>	15 min	16 min
Temperatura do absorsor imediatamente antes do banho por pulverização de água <i>Absorber temperature immediately prior to water spray</i>	--- ¹⁰	--- ¹⁰

Resultados:

1º Ensaio: Não se observou formação de fissuras, distorção, condensação ou penetração de água.

2º Ensaio: Não se observou formação de fissuras, distorção, condensação ou penetração de água.

Results:

1st Test: No cracking, distortion, condensation or water penetration was observed.

2nd Test: No cracking, distortion, condensation or water penetration was observed.

¹⁰ Medida não efectuada / Measurement not made

Ensaíos efectuados segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

4.5. Ensaio de Choque térmico interno (EN 12975-2; secção 5.6)
Internal thermal shock test (EN 12975-2, section 5.6)

Condições de ensaio / Test conditions	1º Ensaio 1st Test	2º Ensaio 2nd Test
Data / Date	18-03-2009	26-03-2009
Exterior / Outdoors	Sim / Yes	Sim / Yes
Combinado com o ensaio de exposição <i>Combined with exposure test</i>	Sim / Yes	Sim / Yes
Combinado com o ensaio de resistência a alta temperatura <i>Combined with high temperature resistance test</i>	Não / No	Não / No
Inclinação do colector <i>Collector tilt</i>	45°	40°
Irradiância média durante o ensaio <i>Average irradiance during test</i>	1054 W/m ²	1003 W/m ²
Irradiância mínima durante o ensaio <i>Minimum irradiance during test</i>	1046 W/m ²	1000 W/m ²
Temperatura ambiente média durante o ensaio <i>Average ambient temperature during test</i>	21,5 °C	27,5 °C
Temperatura ambiente mínima durante o ensaio <i>Minimum ambient temperature during test</i>	21,2 °C	27,2 °C
Tempo durante o qual as condições necessárias foram mantidas antes do choque térmico interno <i>Period during which the required operating conditions were maintained prior to internal thermal shock</i>	160 min	140 min
Caudal de circulação de água no colector <i>Water flow rate in the collector</i>	0,02 l/(s.m ²)	0,02 l/(s.m ²)
Temperatura da água da rede <i>Temperature of mains water</i>	18,7 °C	20,1 °C
Duração do ensaio <i>Duration of test</i>	6 min	6 min
Temperatura do absorvador imediatamente da circulação de água no colector <i>Absorber temperature immediately prior to water flow</i>	--- ¹¹	143,4 °C

Resultados:

1º Ensaio: Não se observou formação de fissuras, distorção, condensação ou penetração de água.

2º Ensaio: Não se observou formação de fissuras, distorção, condensação ou penetração de água.

Results:

1st Test: No cracking, distortion, condensation or water penetration was observed.

2nd Test: No cracking, distortion, condensation or water penetration was observed.

¹¹ Medida não efectuada / Measurement not made

Ensaios efectuados segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

4.6. Ensaio de penetração de chuva (EN 12975-2; secção 5.7)

Rain penetration test (EN 12975-2: section 5.7)

Condições de ensaio / Test conditions	
Data / Date	05-05-2009
Montagem do colector / Collector mounted on	Telhado simulado / simulated roof
Método para manutenção do absorber aquecido Method used to keep the absorber warm	Circulação de água quente no interior do colector / Warm water flow inside the collector
Temperatura média da água no colector Average temperature of water in the collector	51,0 °C
Inclinação do colector / Collector tilt	30°
Caudal do banho por pulverização de água Flow rate of water spray	0,05 l/(s.m ²)
Temperatura média da água do banho de pulverização Average temperature of sprayed water during the test	25,0 °C
Duração do banho por pulverização Duration of water spray	240 min

Resultados: Área de colector com sinais visíveis de penetração de água ou de embaciamento (expressa em % da área de abertura): **0 %**

Results: Area with visible sign of water penetration or condensation (expressed as a percentage of aperture area): 0 %

Ensaios efectuados segundo os métodos descritos no Manual da Qualidade
(Tests performed according to the methods described in the Quality Manual)

4.7. Ensaio de carga mecânica (EN 12975-2; secção 5.9) / Mechanical load test (EN 12975-2: section 5.9)

4.7.1. Ensaio de pressão positiva sobre o colector

Positive pressure test of the collector

Condições de ensaio / Test conditions	
Data / Date	07-05-2009
Método de ensaio / Test method	Pressão exercida no colector através de uma massa de água determinada / pressure applied to the collector with a determined water mass
Pressão máxima aplicada <i>Maximum pressure applied</i>	1000 Pa

Resultados do ensaio:

Não se observaram danos na cobertura do colector e respectivos pontos de fixação da cobertura ou nos suportes e pontos de fixação deste ao colector.

Results:

No damage was observed in the collector cover and fixings between the cover and collector box or in the supporting frame and points of fixation of the collector to it.

A carga positiva (compressão) permitida para o colector é: $F_{perm+} = 666,7 \text{ Pa}$

The permissible positive pressure is: $F_{perm+} = 666,7 \text{ Pa}$

Nota: $F_{perm+} = F_{max+}/SF+$, com um factor de segurança: $SF+=1,5$

Nota: $F_{perm+} = F_{max+}/SF+$, with a safety factor: $SF+=1,5$

4.7.2. Ensaio de pressão negativa sobre o colector ¹²

Negative pressure test of the collector

¹² Não aplicável (Decisão da rede SolarKeymark em 2-10-2007) / Not applicable (Decision of SolarKeymark Network in 2-10-2007)

Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem autorização por escrito do Laboratório
(Partial reproduction of this document is not allowed without written authorization from the Laboratory)