Determinação da resistência a ciclos higrotérmicos: ECOblocos®

Cliente:

Cânhamor, Lda.
Edif. Cânhamor, Recinto da Feira de Garvão,
Est. Nac. 123
7670-132 Ourique

RELATÓRIO

(ETI136/26)

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA,**
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

Relatório

Determinação da resistência a ciclos higrotérmicos: ECOblocos®

1 - Enquadramento e âmbito do presente relatório

O presente relatório surge na sequência de uma solicitação por parte Cânhamor, Lda., com o objetivo de avaliar a resistência aos ciclos higrotérmicos de uma solução construtiva composta por blocos de cânhamo, denominados de ECOblocos®.

Para o efeito foi preparado pelo cliente um provete à escala real que foi sujeito ao ensaio de resistência aos ciclos higrotérmicos, com base no procedimento de ensaio preconizado na norma EN 16383:2016. Adicionalmente, procedeu-se à monitorização de temperaturas e do fluxo de calor do provete, permitindo estimar o coeficiente de transmissão térmica da solução antes e após o ensaio. Procedeu-se ainda à realização de ciclos de envelhecimento com simulação de radiação solar. No final dos ensaios de envelhecimento acelerado, procedeu-se ainda à caracterização mecânica do sistema através da realização de ensaios de aderência do sistema de revestimento ao bloco, bem como ensaios de resistência ao impacto com corpo duro.

Neste relatório é descrito o provete de ensaio, os procedimentos de ensaios efetuados, bem como os resultados obtidos.

2 - Descrição do provete

O provete de ensaio, com a referência interna ETI037/26, consistia numa solução de parede composta por blocos de cânhamos, denominados comercialmente de ECOblocos®. Foram utilizados ECOblocos com 25 cm de espessura, tendo sido rebocados com um reboco natural à base de cal (REBETOP KALTECH 2A4), armado com rede de vibra de vidro (Viplás® 100) com 110 g/m^2 e malha de 10 mm x 10 mm. O provete foi dividido verticalmente em duas áreas iguais: o sistema 1 não possui reboco na zona interior e possui um acabamento areado (TUFORTE KALTECH AREAR), seguido de um esquema de pintura com primário de silicatos (TOPECA SILIC-PRIMER) e tinta de silicato de cor branca (TOPECA SILIC-PAINT). Por sua vez, o sistema 2 tem a face interior da parede rebocada com REBETOP KALTECH 2A4, e possui um acabamento com uma argamassa de acabamento texturado pigmentado (TOPECA KALTECH DECOR-T) de cor bordeaux, sem esquema de pintura. Na Tabela 1 identificam-se os materiais utilizados na parede.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

Tabela 1: Identificação dos componentes do provete de ensaio.

Componente	Designação comercial	Espessura [mm]
Bloco	ECObloco	250
Argamassa de junta	REBETOP KALTECH 2A4	---
Reboco interior	REBETOP KALTECH 2A4	20
Reboco exterior	REBETOP KALTECH 2A4	20
Rede de fibra de vidro	VIPLÁS 100	---
Acabamento 1	TUFORTE KALTECH AREAR	4
Acabamento 2	TOPECA KALTECH DECOR-T	4
Primário 1	TOPECA SILIC-PRIMER	---
Primário 2	---	---
Camada decorativa 1	TOPECA SILIC-PAINT	---
Camada decorativa 2	---	---

O provete, com dimensões de 2.80 m x 2.80 m, foi preparado nas instalações do Itecons, tendo sido concluída no dia 3 de fevereiro de 2026 e curado pelo menos 28 dias. Na Figura 1 apresenta-se, a título de exemplo, o registo fotográfico da preparação do provete.

(a) (b) (c)

Figura 1: Registo fotográfico da preparação do provete: (a) aplicação dos ECOblocos; (b) aplicação de reboco com rede de fibra de vidro; (c) aplicação dos dois esquemas de revestimento final.

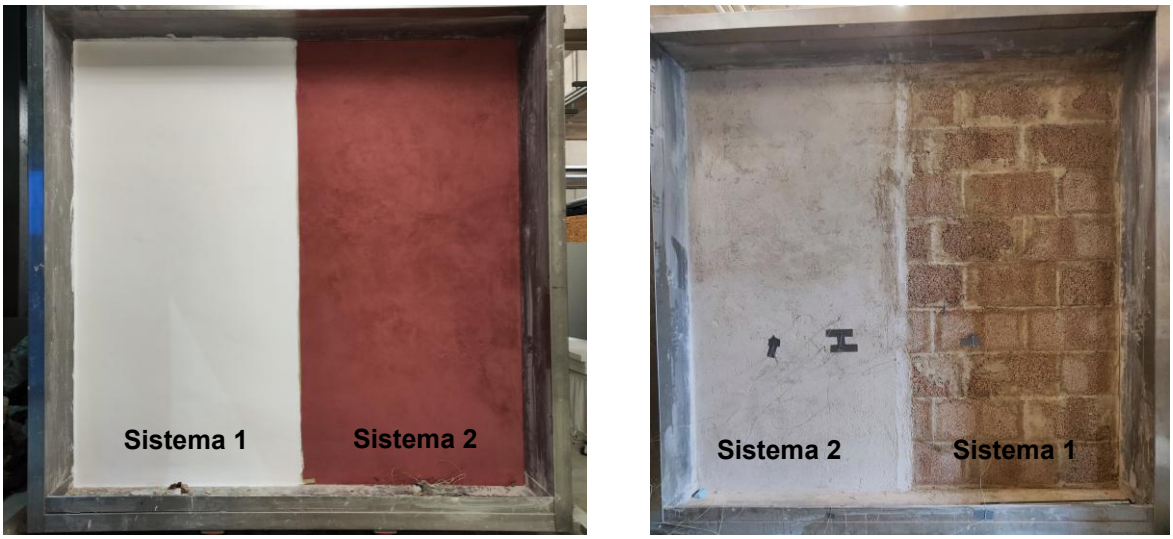
Na Figura 2 apresenta-se o registo fotográfico do provete antes de ensaio.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt



(a) (b)

Figura 2: Provete de ensaio: (a) face exterior; (b) face interior.

De forma a monitorizar o comportamento térmico do provete durante os ensaios, procedeu-se à instrumentação da solução construtiva com termopares do tipo K e com termofluxímetros. Procedeu-se à colocação de sensores em 5 interfaces do provete: (1) na superfície exterior; (2) na interface entre o reboco exterior e o bloco (superfície do bloco); (3) no seio do bloco; (4) no tardoz do bloco; (5) superfície interior. Adicionalmente, monitorizou-se a temperatura ambiente da face externa do provete (temperatura do interior da câmara climática) e da face interna do provete (temperatura da nave laboratorial). Na Tabela 2 identificam-se os sensores, bem como a respetiva posição no provete, onde se procurou comparar as o desempenho térmico em zona corrente do bloco e numa zona de junta entre blocos. Na Figura 3 ilustra-se o corte do provete onde é possível identificar a localização das 5 interfaces de monitorização de temperaturas.

Tabela 2: Identificação dos sensores de temperatura e fluxo de calor instalados no provete de ensaio.

Sensor	Zona	Posição	Nomenclatura
T1	Junta horizontal	(3) – Seio do bloco	T1 - Junta - 3
T2	Junta horizontal-vertical	(3) – Seio do bloco	T2 - Junta - 3
T3	Centro do bloco	(3) – Seio do bloco	T3 – Centro - 3
T4	Junta	(3) – Seio do bloco	T4 – Junta - 3
T5	Centro do bloco	(4) - Tardoz do bloco	T5 – Centro - 4
T6	Junta do bloco	(4) - Tardoz da junta	T6 – Junta - 4
T7	Centro do bloco	(2) - Superfície do bloco	T7 - Centro - 2
T8	Centro do bloco	(2) - Superfície do bloco	T8 – Centro - 2
T9	Junta do bloco	(2) - Superfície do bloco	T9 – Junta - 2
T10	Junta horizontal-vertical	(1) - Superfície exterior	T10 – Junta - 1
T11	Centro do bloco	(1) - Superfície exterior	T11 – Centro - 1

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

Sensor	Zona	Posição	Nomenclatura
T12	Centro do bloco	(4) - Superfície interior – sistema 2	T12 – Centro - 4
T13	Centro do bloco	(4) - Superfície interior – sistema 1	T13 – Centro - 5
T14	Junta horizontal-vertical	(4) - Superfície interior – sistema 2	T14 – Junta - 4
T15	Ambiente da câmara climática	Ambiente exterior	T15 - Ambiente exterior
T16	Ambiente da nave laboratorial	Ambiente interior	T16 - Ambiente interior
F01	Cento do bloco	Superfície exterior do reboco	F01 – Centro - 1
F02	Junta horizontal-vertical	Superfície exterior do reboco	F02 – Junta - 1

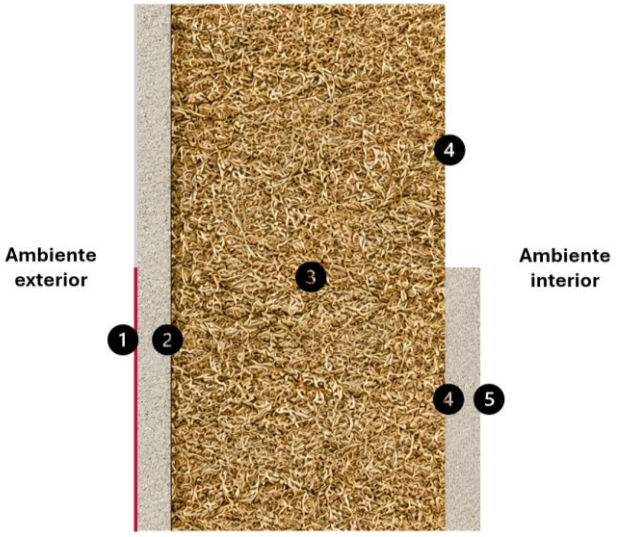
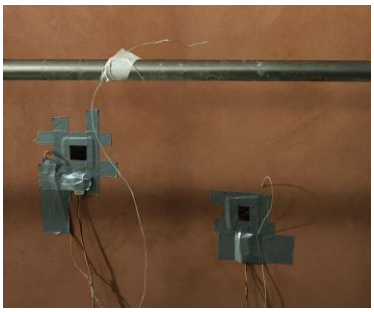


Figura 3: Esquema representativo do corte do provete e interfaces de monitorização.

Na Figura 4 apresenta-se o registo fotográfico da colocação dos sensores de temperatura nas várias interfaces do sistema construtivo e dos termofluxímetros na superfíe exterior.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt



(1) - Superfície exterior do sistema e ambiente exterior

(2) – Superfície do bloco

(3) - Seio do bloco, zona central (3)

(3) - Seio do bloco, na zona de junta

(4) – Tardoz dos blocos

(5) – Superfície interior do provete

Figura 4: Registo fotográfico da instalação de sensores nas várias interfaces do provete.

3 - Procedimento de ensaio e equipamentos

3.1 - Determinação da resistência aos ciclos higrotérmicos

O ensaio de resistência aos ciclos higrotérmicos consiste na realização de um conjunto de ciclos de envelhecimento acelerado, em condições controladas, permitindo avaliar a durabilidade da solução face a um conjunto de solicitações extremas (temperatura, água e humidade).

O ensaio foi realizado de acordo com o procedimento de ensaio definido na secção 7, partes a) e b), da norma EN 16383:2016, nomeadamente 80 ciclos de aquecimento e humedecimento e 5 ciclos de aquecimento e arrefecimento. Para o efeito foi utilizada uma câmara climática FitoClima 1000 EC 50 (ref. interna: CEE01; CEE01-01) que dispõe de 14,5 m^3 de volume. Esta tem a capacidade de controlar temperaturas entre os -20°C e 150 °C (±5 °C) e humidade relativa entre os 10 e 98% (±10%), incluindo um sistema de aspersão de água de (1,5 ± 0,5) l/(m^2.min).

De seguida, descreve-se o procedimento de ensaio realizado.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

Ciclos de aquecimento e humedecimento (calor-chuva)

O provete é exposto a 80 ciclos que consistem nas seguintes fases:

i) Aquecer a superfície a (70 ± 5)°C durante 1 hora e manter a (70 ± 5)°C e humidade relativa inferior a 30% durante 2 horas (total de 3 horas);

ii) Pulverizar (1,5 ± 0,5) l/(m^2.min) de água à temperatura de (15± 5)°C durante 1 hora;

iii) Condicionar a parede de ensaio durante 2 horas a uma temperatura de (20 ± 5)°C.

Ciclos de aquecimento e arrefecimento (gelo-degelo)

Após os ciclos de calor-chuva, o provete é condicionado durante pelo menos 48 horas a temperatura de (20 ± 10)°C. De seguida, o provete é exposto a 5 ciclos, de acordo com as seguintes fases:

i) Aquecer a superfície a (50 ± 5)°C durante 1 hora e manter a (50 ± 5)°C e humidade relativa inferior a 30% durante 7 horas (total de 8 horas);

ii) Arrefecer a superfície a (-20 ± 5)°C durante 2 horas e manter a (-20 ± 5)°C durante 14 horas (total de 16 horas).

Durante os ciclos e após o seu término é realizada a inspeção do provete, no sentido de avaliar potenciais alterações nas características e desempenho do provete, nomeadamente a ocorrência de anomalias tais como fissuração, empolamentos, destacamentos, deformações permanentes, etc.).

3.2 - Determinação da resistência aos ciclos com radiação solar

Uma vez que a cor do revestimento das fachadas tem grande impacto nas temperaturas superficiais devido ao efeito radiativo, foi também implementado um novo método de ensaio, definido internamente, que introduz a componente da radiação solar no envelhecimento acelerado do provete. Para o efeito, foi instalada no interior da câmara de ensaios um sistema BF SUN 2500 W com duas lâmpadas Osram HMI 2500 W permitindo simular radiação UV-C, UV-B, UV-A, visível e infravermelha. Assim, o procedimento de ensaio proposto consiste na realização de ciclos com condições controladas de temperatura, humidade relativa e intensidade de radiação solar.

Ciclos de radiação solar

O provete é exposto a 5 ciclos, conforme as seguintes fases:

i) Aquecer a superfície a (35 ± 5)°C durante 1 hora e manter a (35 ± 5)°C e humidade relativa inferior a 30% durante 1 horas (total de 2 horas);

ii) Manter a temperatura a (35 ± 5)°C durante 6 horas e ligar as lâmpadas de radiação solar com uma intensidade de (1100 ± 100) W/m^2 durante 5h;

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

iii) Após desligar as lâmpadas de radiação solar, arrefecer a superfície a (-20 ± 5)°C durante 2 horas e manter a (-20 ± 5)°C durante 15 horas (total de 17 horas).

3.3 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica

Com o intuito de estimar o coeficiente de transmissão térmica da parede, o provete foi sujeito a condições constantes de temperatura. Assim, procedeu-se à estabilização da temperatura exterior do provete (interior da câmara de ensaios) a 35 °C durante pelo menos 72 horas.

Com base nas temperaturas e fluxos de calor registados durante este período, foi estimado o coeficiente de transmissão térmica (U). Para o cálculo de coeficientes de transmissão térmica utilizaram-se os valores das resistências térmicas superficiais indicados na secção 6.8 da norma ISO 6946:2017. As resistências térmicas superficiais, interior (R_{si}) e exterior (R_{se}), para um fluxo horizontal são, respetivamente, 0,13 $m^2 \cdot K/W$ e 0,04 $m^2 \cdot K/W$.

Este procedimento foi realizado antes e após a realização dos ensaios de resistência aos ciclos higrotérmicos, no sentido de verificar uma eventual degradação do desempenho térmico do sistema construtivo durante o envelhecimento acelerado.

3.4 - Determinação da resistência adesiva

O ensaio de determinação da resistência adesiva entre o revestimento e o bloco foi realizado com base na norma EN 13494:2019. O ensaio consiste em determinar a resistência adesiva entre o revestimento e o suporte em quadrados cortados através do revestimento, quando sujeitos a uma tração, sendo medida a força necessária para romper a ligação entre os materiais. Para o efeito, foram realizados sete cortes quadrados com dimensões aproximadas de 50 mm × 50 mm, atravessando a camada de revestimento até ao bloco de cânhamo. Posteriormente, foram coladas placas de tração às áreas de ensaio pré-definidas e foi aplicada uma carga de tração a uma velocidade de deslocamento constante de (10 ± 1) mm/min até ocorrer a rotura. A força máxima de tração e o modo de rotura correspondente foram registados. A força de tração perpendicular necessária para romper a ligação entre o sistema de reboco e a placa foi medida utilizando um dispositivo de ensaio específico (ETP01). Note-se que os ensaios foram realizados no provete sujeito aos ciclos higrotérmicos (ETI037A/26).

3.5 - Determinação da resistência ao impacto

O ensaio de determinação da resistência ao impacto com corpo duro foi realizado com base no Anexo H da EAD 040083-01-0404 para as energias de impacto de 3 J e 10 J. Os impactos são realizados com uma esfera de aço com massa de 0,5 kg, libertada a uma altura de 0,61 m do ponto de impacto e com uma esfera de 1,0 kg, libertada de uma altura de 1,02 m do ponto de impacto, realizando impactos de 3 J e 10 J, respetivamente. São realizados 5 impactos de cada tipo, sendo

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.
INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

registados os danos resultantes de cada impacto. Os ensaios foram realizados no provete sujeito aos ciclos higrotérmicos (ETI037A/26).

4 - Resultados

4.1 - Determinação da resistência aos ciclos higrotérmicos

Os ciclos higrotérmicos iniciaram no dia 4 de março de 2026 e terminaram no dia 31 de março de 2026, tendo sido realizados pelo técnico Márcio Gonçalves. Durante o ensaio e após o término dos ciclos, nomeadamente 80 ciclos de calor-chuva e 5 ciclos de gelo-degelo, procedeu-se à inspeção do provete.

Na Figura 5 e Figura 6 apresentam-se, a título de exemplo, os registos de temperatura efetuados durante os ciclos de aquecimento-humedecimento e aquecimento-arrefecimento, respetivamente.

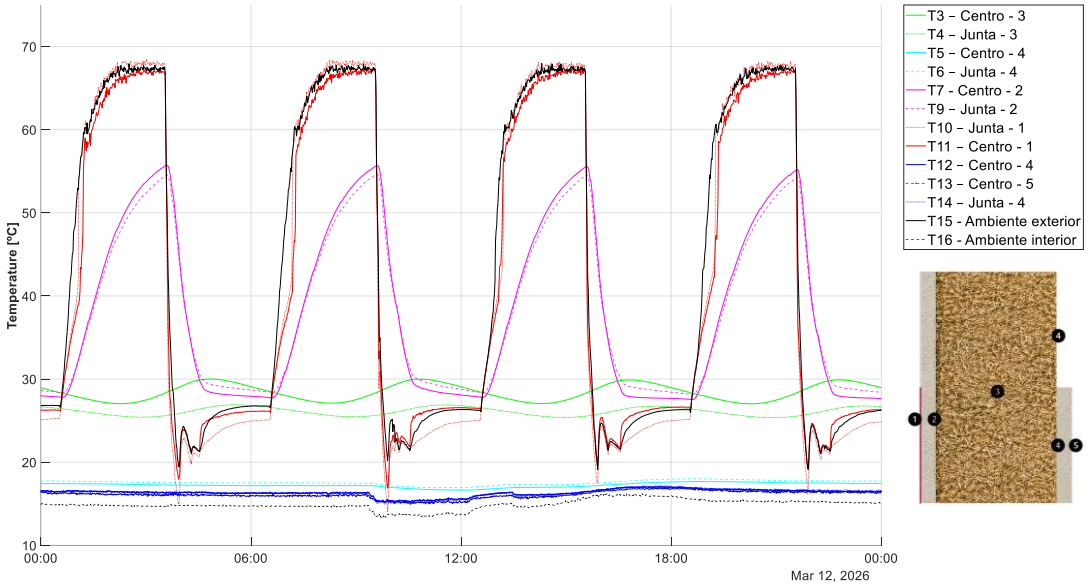


Figura 5: Registo de temperaturas monitorizadas durante os ciclos de aquecimento-humedecimento.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

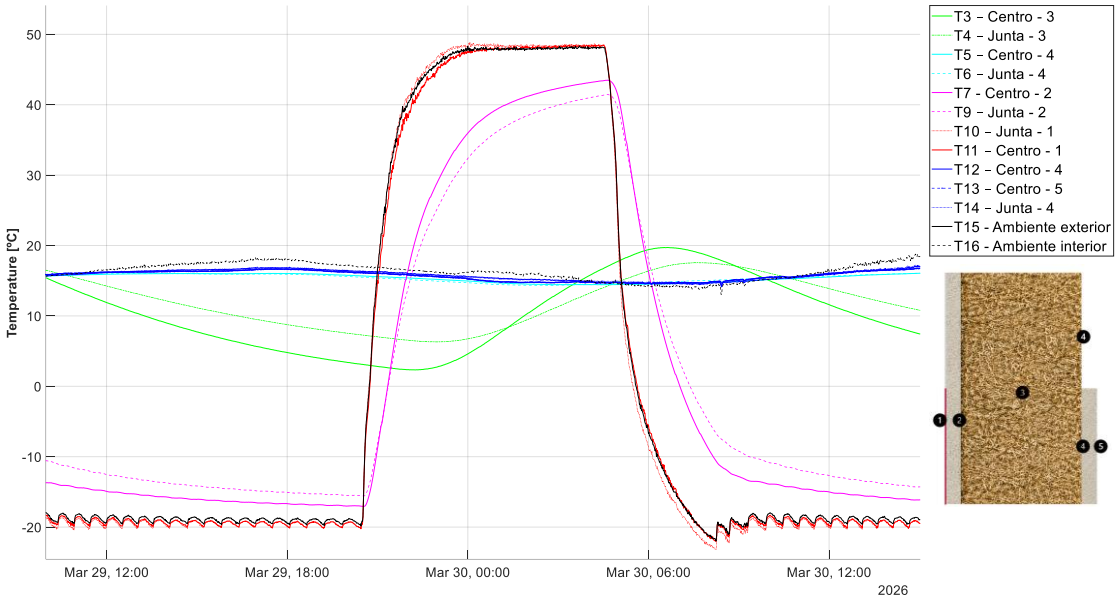


Figura 6: Registo de temperaturas monitorizadas durante os ciclos de aquecimento-arrefecimento.

Pela análise do registo de temperaturas nas diversas interfaces do provete, constata-se o elevado desempenho térmico do ECObloco. As temperaturas verificadas na interface 3 – seio do bloco - oscilam entre os 26 ºC e os 30 ºC perante amplitudes térmicas de entre os 20 ºC a 70 ºC nos ciclos de aquecimento-humedecimento. Por sua vez, no seio dos blocos verifica-se oscilações entre os 2 ºC e os 20 ºC perante amplitudes térmicas de -20 ºC a 50 ºC ocorridas durante ciclos de aquecimento-arrefecimento. Além disso importa realçar as temperaturas verificadas na superfície interior do bloco (com ou sem reboco) não apresentam oscilações substanciais.

O provete não evidenciou fissuração, empolamentos, delaminação, destacamentos, ou qualquer outro tipo de defeitos, apresentando apenas uma descoloração da cor bordeaux no acabamento da zona 2, em particular na zona de incidência direta da rede de aspersores. Na Figura 7 apresenta-se o registo fotográfico do provete após a realização do ensaio.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

Figura 7: Fotografia do provete após ensaio de ciclos higrotérmicos.

Note-se que não se verificou qualquer infiltração de água na parede. Durante a demolição do protótipo, confirmou-se que todos os blocos de cânhamo se encontravam isentos de humidade.

Deste modo, com base nos resultados obtidos e tendo em conta os critérios definidos na secção 8 da EN 16383:2016, o sistema encontra-se apto face à resistência a ciclos higrotérmicos. Tratando-se de um ensaio qualitativo, não há lugar à apresentação de incerteza. Como tal, a regra de decisão aplicada não considera a incerteza na emissão da declaração de conformidade.

4.2 - Determinação da resistência a ciclos de radiação solar

Os ciclos de radiação solar iniciaram no dia 16 de abril de 2026 e terminaram no dia 21 de abril de 2026. De forma a avaliar o impacto da cor do revestimento no sistema construtivo, procedeu-se à monitorização das temperaturas superficiais nos dois sistemas de revestimento do provete, nomeadamente no sistema 1 (cor branca) e sistema 2 (cor bordeaux).

Na Figura 8 apresenta-se, a título de exemplo, o registo de temperaturas monitorizadas durante um ciclo de radiação solar. Conforme expectável verificou-se que a cor mais escura apresenta temperaturas superficiais mais elevadas, alcançando cerca de 51 ºC no período com radiação solar. Simultaneamente a zona branca (sistema 1) apresenta um máximo de 40 ºC.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

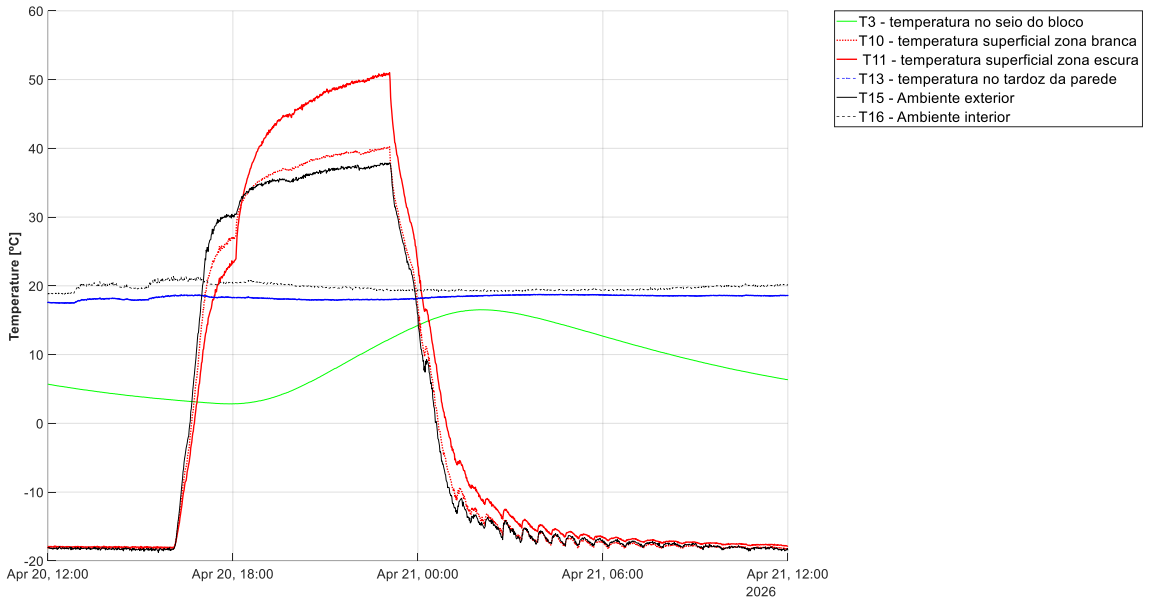


Figura 8: Registo de temperaturas monitorizadas durante os ciclos de radiação solar.

Após os ciclos de radiação solar o provete não evidenciou fissuração, empolamentos, delaminação, destacamentos, ou qualquer outro tipo de defeitos. Salienta-se que, apesar de não ter sido verificado em ambiente laboratorial, os sistemas de revestimento de cor escura, isto é, com um maior coeficiente de absorção solar, apresentam normalmente uma maior a suscetibilidade à fissuração.

4.3 - Determinação do coeficiente de transmissão térmica

Conforme mencionado na secção 3.3, procedeu-se à estimativa do coeficiente de transmissão térmica do sistema construtivo, com base nas temperaturas e fluxos de calor registados durante um período de condicionamento a temperatura constante. Procedeu-se à colocação dois sensores de fluxo de calor na superfície exterior do provete: um na zona central de um bloco; e outro a coincidir com a zona de junta entre dois blocos.

Na Figura 9 e Figura 10 apresenta-se a monitorização de temperaturas e fluxo de calor durante o período de temperatura constante (35 ºC) efetuado antes e após o ensaio de resistência aos ciclos higrotérmicos.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

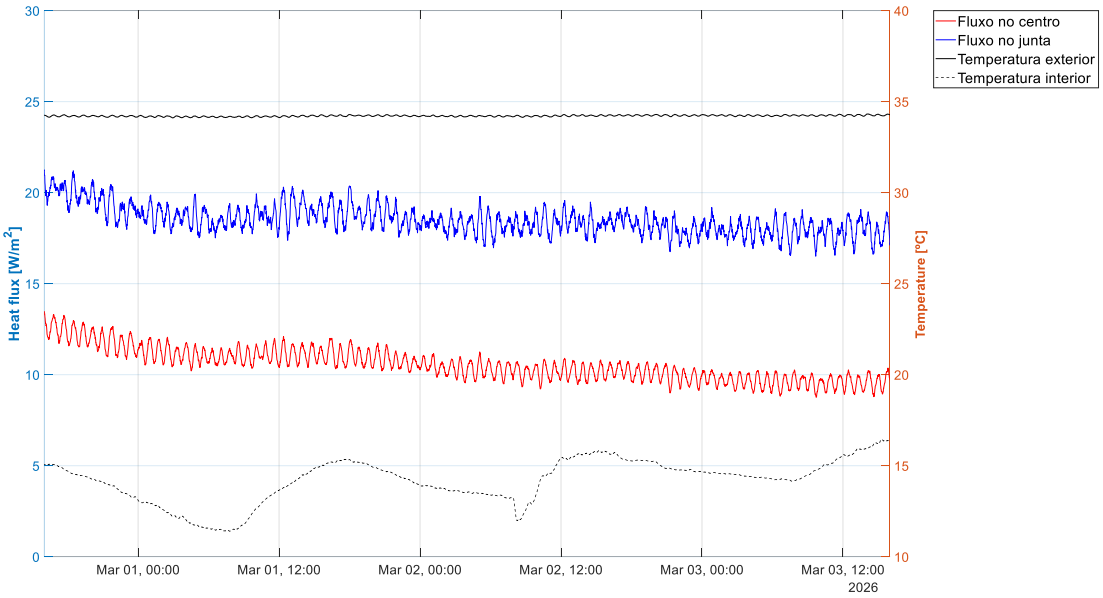


Figura 9: Registo de temperaturas e fluxos de calor durante condicionamento a temperatura constante – registo antes do ensaio de envelhecimento acelerado

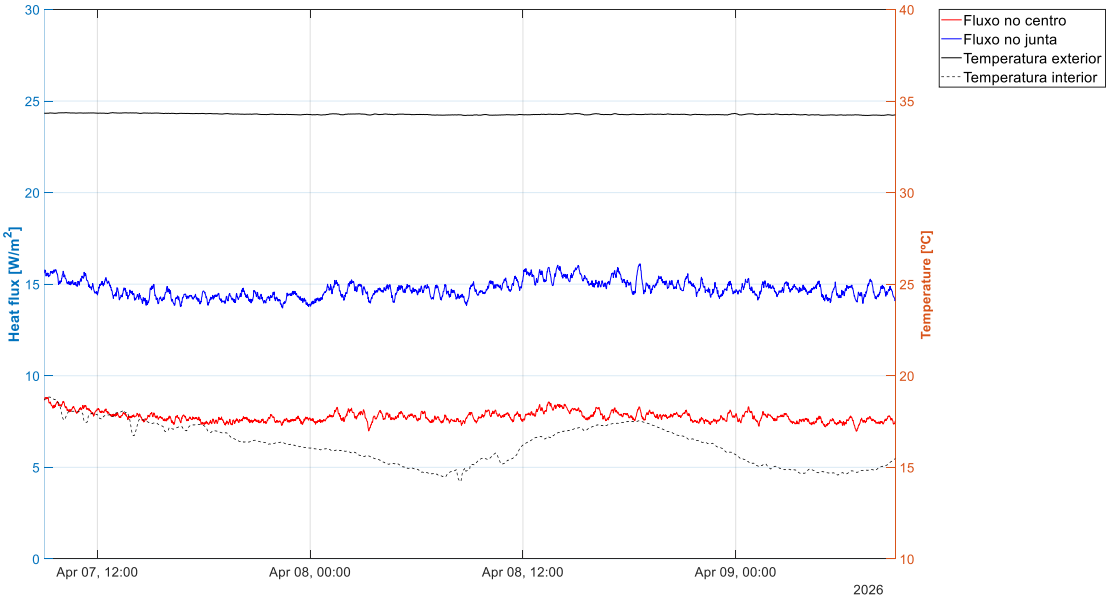


Figura 10: Registo de temperaturas e fluxos de calor durante condicionamento a temperatura constante – registo após o ensaio de envelhecimento acelerado

Com base nas temperaturas e fluxos de calor registados durante este período, foi estimado o coeficiente de transmissão térmica associado à zona central do bloco, e um coeficiente de transmissão térmica equivalente associado à zona de junta entre blocos. Salienta-se que as medições foram efetuadas no sistema 2, ou seja, na zona do provete rebocado em ambas as faces. Na Tabela 3 apresenta-se o coeficiente de transmissão térmica obtido com base nos resultados

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

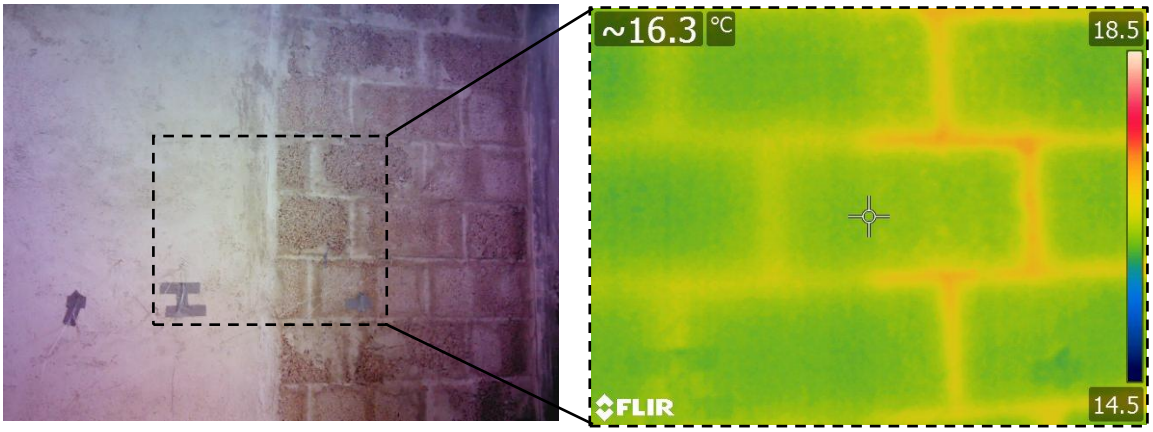
INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

médios de temperatura e de fluxo de calor registados. Note-se que as condições de ensaio não garantem temperatura constante em ambas as faces do provete, uma vez que a face interior se encontra exposta ao ambiente não controlado da nave laboratorial.

Tabela 3: Coeficientes de transmissão térmica do sistema construtivo antes e após os ciclos higrotérmicos.

	Antes dos ensaios	**Após os ensaios**
U – zona central do bloco [W/(m².K)]	0,507	0,425
U – zona da junta [W/(m².K)]	0,794	0,747

Adicionalmente, utilizou-se a técnica de termografia por infravermelhos para identificar heterogeneidades e/ou potenciais anomalias na superfície interior do provete. Na Figura 11 apresenta-se um termograma da superfície interior da parede, registado durante o período de temperatura em que a superfície exterior se encontrava a 35 ºC. No termograma é visível a diferença de temperatura entre o bloco e as juntas de assentamento, quer na zona sem reboco (sistema 1) quer na zona com reboco interior (sistema 2).



(a) (b)

Figura 11: Registo termográfico na face interior do provete: (a) fotografia digital; (b) termograma.

4.4 - Determinação da resistência adesiva

Os ensaios de resistência adesiva (ensaios pull-off) foram realizados no dia 22 de maio de 2026 pelo técnico Ricardo Baptista. Os resultados dos ensaios de determinação da aderência entre o revestimento exterior e o ECObloco são apresentados na Tabela 4 e Tabela 5 para o sistema 1 e sistema 2, respetivamente.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

Tabela 4: Resultados do ensaio de aderência no sistema 1.

	Dimensões		Área [mm²]	Força de rotura [N]	Tensão [kPa]	Padrão de rotura	Tipo de rotura	Local de rotura
	L [mm]	L (mm)						
1	51.81	51.64	2675	87	33	100% coesiva	Válida	No seio do bloco
2	50.86	51.16	2602	194	75	80% coesiva 20% coesiva	Válida	No seio do sistema de revestimento No seio do bloco
3	51.98	46.44	2414	190	77	100% coesiva	Válida	No seio do sistema de revestimento
4	51.48	50.43	2596	111	43	100% coesiva	Válida	No seio do bloco
5	51.74	51.90	2685	123	46	100% coesiva	Válida	No seio do bloco

Tabela 5: Resultados do ensaio de aderência no sistema 2.

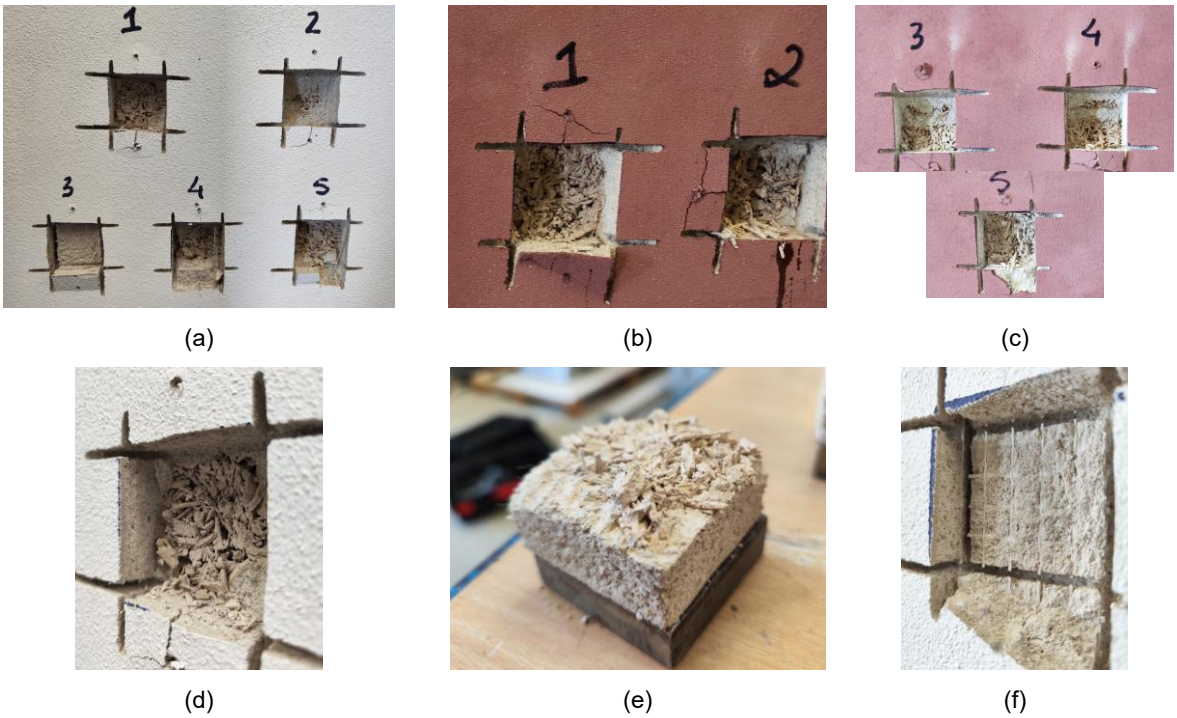
	Dimensões		Área [mm²]	Força de rotura [N]	Tensão [kPa]	Padrão de rotura	Tipo de rotura	Local de rotura
	L [mm]	L (mm)						
1	51.39	51.64	2638	362	137	100% coesiva	Válida	No seio do bloco
2	51.98	48.82	2538	122	48	100% coesiva	Válida	No seio do bloco
3	51.19	51.64	2643	184	70	100% coesiva	Válida	No seio do bloco
4	51.53	50.74	2615	286	109	100% coesiva	Válida	No seio do bloco
5	51.74	51.25	2652	137	52	100% coesiva	Válida	No seio do bloco

Os ensaios no sistema 1 apresentaram um valor médio de tensão de rotura de 55 kPa com uma incerteza associada de ± 26 kPa, tendo a rotura ocorrido no seio do bloco, ou no seio do sistema de revestimento (reboco).

No sistema 2 verificou-se um valor médio de tensão de rotura de 70 kPa (± 47 kPa), tendo a rotura ocorrido no seio do bloco. Os cinco cortes ensaios individuais foram realizados em zonas previamente expostas ao ensaio da radiação solar, e em zonas menos expostas. Contudo, não se verificaram diferenças notórias entre as áreas. Na Figura 12 apresenta-se o registo fotográfico dos ensaios.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Figura 12: Registo fotográfico dos resultados do ensaio de aderência: (a) sistema 1; (b) e (c) sistema 2; (d) e (e) exemplos de rotura coesiva no seio do bloco; (f) exemplo de rotura coesiva no revestimento.

4.5 - Determinação da resistência ao impacto

Os ensaios de resistência ao impacto com corpo duro com energias de impacto de 3 J e 10 J foram realizados em ambos os sistemas de revestimento. Na Figura 13 e Figura 14 apresentam-se o registo fotográfico de cada impacto, onde se verificou danos superficiais sem formação de fissuras em ambos os ensaios.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

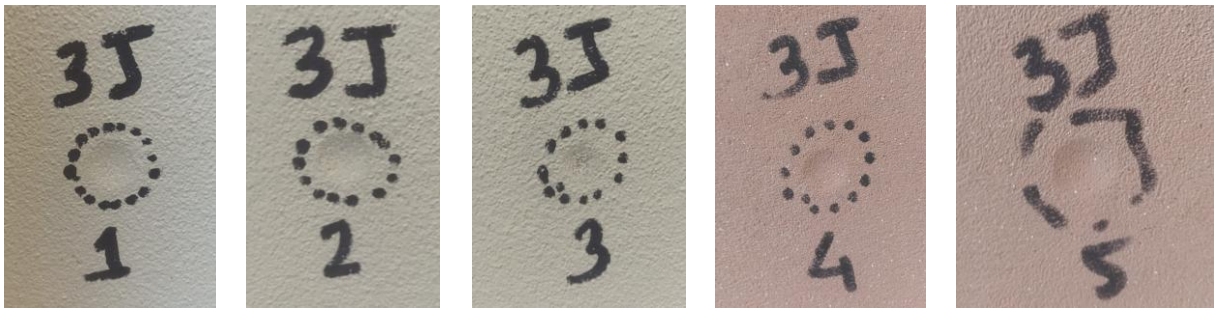


Figura 13: Resultados do impacto com 3 J.

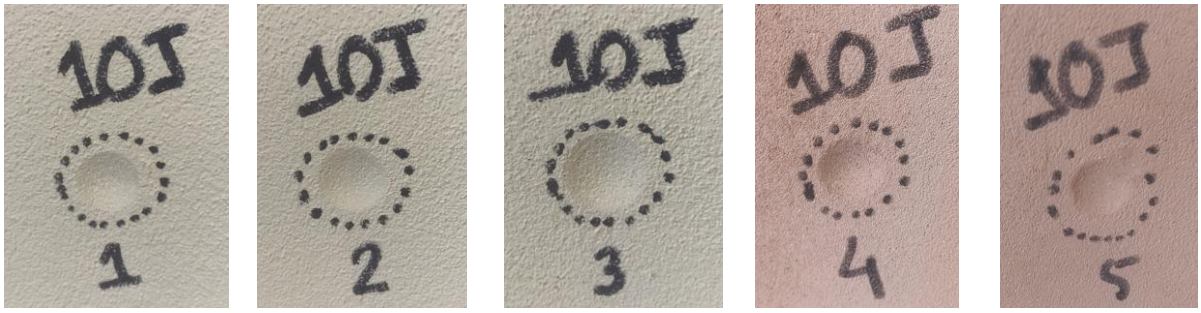


Figura 14: Resultados do impacto com 10 J.

5 - Considerações finais

O presente relatório teve com o objetivo de avaliar a resistência aos ciclos higrotérmicos de uma solução construtiva composta por blocos de cânhamo, denominados de ECOblocos®. No sentido de se avaliar o impacto da radiação solar na durabilidade do sistema, procedeu-se ainda à realização de ciclos de com simulação de radiação solar. Após os ensaios de envelhecimento acelerado, avaliou-se o desempenho mecânico do sistema, através da realização de ensaios de aderência do sistema de revestimento ao bloco, bem como ensaios de resistência ao impacto com corpo duro. Adicionalmente, durante os ensaios procedeu-se à monitorização de temperaturas e dos fluxos de calor do provete, permitindo avaliar o comportamento térmico nas várias interfaces do sistema, assim como estimar o coeficiente de transmissão térmica.

O ensaio de resistência aos ciclos higrotérmicos incluiu a realização de 80 ciclos de aquecimento-humedecimento e 5 ciclos de aquecimento-arrefecimento. Após os ciclos, o sistema não evidenciou fissuração, empolamentos, delaminação, destacamentos, ou qualquer outro tipo de defeitos, apresentando apenas a perda de cor no acabamento bordeaux da zona 2, em particular na zona de incidência direta da rede de aspersores. Apesar das elevadas amplitudes térmicas (50 ºC a 70 ºC) induzidas na superfície exterior do provete durante os ciclos de envelhecimento acelerado, verificou-se, através da monitorização de temperaturas, uma reduzida amplitude térmica no seio dos ECOblocos (4ºC a 18ºC), demonstrando a capacidade térmica dos blocos.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt
Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt

Nos ciclos de radiação solar, foi notório o impacto da cor do revestimento nas temperaturas superficiais da parede, tendo se verificado que a cor escura atinge uma temperatura superficial cerca de 11 ºC superior à verificada na cor branca. Contudo, nenhum dos sistemas sujeitos à radiação solar apresentou anomalias ou perda de desempenho mecânico.

A monitorização de temperaturas e fluxos de calor permitiram estimar o coeficiente de transmissão térmica da parede. Os valores estimados rondam os 0,43 a 0,51 W/(m^2.K) verificados no sistema 2 (rebocado em ambas as faces), não se observando uma degradação do desempenho térmico após os ensaios de envelhecimento.

Relativamente à caracterização mecânica, efetuada após os ciclos de envelhecimento, verificou-se, através de ensaios de pull-off, uma tensão de rotura de 55 kPa no sistema 1 e de 70 kPa no sistema 2. O padrão de rotura, foi, maioritariamente, uma rotura coesiva no seio do bloco de cânhamo. Por sua vez, os ensaios de impacto com corpo duro, de 3 J e 10 J, provocaram danos superficiais sem formação de fissuras.

Coimbra, 17 de julho de 2026

Autoria técnica	Responsabilidade técnica	A Direção
Márcio Gonçalves Técnico Superior	Nuno Simões Supervisor Técnico e Científico	Documento validado

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
(Chamada para a rede fixa nacional)
itecons@itecons.uc.pt