

Programa Ambiente, Alterações Climáticas e Economia de Baixo Carbono

'Programa Ambiente'

Espaço Económico Europeu (EEA) Mecanismo Financeiro 2014-2021

07_Call#2_CircularBuild – Desenvolvimento e Validação do Conceito de Circularidade Aplicada à Construção Pré-Fabricada Modular

Accordingly, with the Articles 25.2.j) and 29.4 of the 'Applicants Guide for Financing of Projects Supported

by Environment, Climate Change and Low Carbon Economy Programme'

https://www.eeaqrants.gov.pt/media/2994/applicants-guide-for-financing-eea-grants_environment-projects_28112019.pdf

ATIVIDADE A.3 – Ensaios de Validação Funcional – Âmbito Laboratorial

D.3.1 – Caracterização dos Painéis a Nível Funcional e Mecânico

Ficha Técnica

Autoria:

Armando Pinto, Investigador Principal, LNEC

Rafaela Mateus, Bolseira de Doutoramento, LNEC

Mariana Neto, Bolseira de Doutoramento, LNEC

Helena Cruz, Investigadora Principal, LNEC

Lina Nunes, Investigadora Auxiliar, LNEC

Jorge Patricio, Investigador Principal, com agregação, LNEC

Paulo Candeias, Investigador Auxiliar, LNEC

Lisboa, 2023-03-31

Resumo

O Projeto “CircularBuild – Desenvolvimento e Validação do Conceito de Circularidade Aplicada à Construção Pré-fabricada Modular”, visa a investigação de materiais alternativos para os painéis que viabilizem a completa circularidade do sistema construtivo Pré-fabricado Modular CircularBuild, reduzindo o consumo de recursos e a produção de resíduos, potencializando o reaproveitamento dos componentes, e contribuindo para o novo paradigma de “Edifícios Carbono Zero”. O Sistema construtivo Pré-fabricado Modular CircularBuild, encontra-se descrito ao longo deste entregável.

O Projeto CircularBuild, financiado pelos EEA Grants e operado pela Secretaria-Geral do Ambiente e Ação Climática, ao abrigo do Programa Ambiente, apresenta as seguintes seis atividades:

- **Atividade 1** – Estudo e Definição das Exigências Funcionais de Materiais Alternativos;
- **Atividade 2** – Preparação de Amostras e Validação Industrial;
- **Atividade 3** – Ensaios de Validação Funcional – Âmbito Laboratorial;
- **Atividade 4** – “Construção Piloto” CircularBuild;
- **Atividade 5** – Promoção e Disseminação de Resultados;
- **Atividade 6** – Gestão do Projeto.

Este documento reúne os relatórios de ensaio do projeto realizados ao abrigo da Atividade 3, nomeadamente à formalização do entregável “**D3.1 – Relatórios de Ensaio**”.

Índice

Ficha Técnica	ii
Resumo.....	iii
Índice	iv
1. Introdução	5
1.1. Aspetos Gerais.....	5
1.2. Campo de Aplicação Solução Construtiva CircularBuild	7
2. Caracterização dos Painéis a Nível Funcional e Mecânico	9
2.1. Aspetos Gerais.....	9
3. Estudo da Durabilidade do Pannel	9
3.1. Placa (inchamento, resistência a bolores, térmitas, fungos de podridão).....	9
3.2. Pannel (choque térmico)	11
4. Caraterização do Pannel e das Ligações	11
5. Desempenho Mecânico e Funcional	12
6. Desempenho Acústico, Térmico e Sísmico.....	14
6.1. Acústica	14
6.2. Térmico.....	16
6.3. Sísmico.....	16
7. Comportamento ao fogo.....	18
7.1. Reação fogo.....	18
7.2. Resistência ao fogo.....	18
Conclusões	20
Bibliografia	20
Assinaturas	21

1. Introdução

1.1. Aspetos Gerais

No âmbito da Atividade “A3 - Ensaios de validação funcional - âmbito laboratorial” encontram-se previstas as seguintes avaliações:

- **T 3.1** - Estudo da durabilidade do painel;
 - Placa (inchamento, resistência a bolores, térmitas, fungos de podridão)
 - Painel (choque térmico)
- **T 3.2** - Caracterização do painel e das ligações;
 - Força vertical no plano do painel, flexão, corte no plano, tração da ligação
- **T 3.3** - Desempenho mecânico e funcional;
 - Permeabilidade ao ar, estanquidade à água, resistência ao vento, impacto
- **T 3.4** - Desempenho acústico, térmico e sísmico;
- **T 3.5** - Comportamento ao fogo.

A avaliação experimental e caracterização dos painéis teve em conta requisitos para uma homologação nacional de uma solução construtiva de acordo com o artigo 17.º do (RGEU, 1951) e os requisitos básicos das obras de construção para uma avaliação técnica europeia (RPC, 2011):

- Resistência Mecânica e Estabilidade;
- Segurança Contra Incêndio;
- Higiene, Saúde e Ambiente;
- Segurança e Acessibilidade na Utilização;
- Proteção Contra o Ruído;
- Economia de Energia e Isolamento Térmico;
- Utilização Sustentável dos Recursos Naturais.

Neste momento ainda não existe um documento de avaliação técnica europeu aplicável a este tipo de solução construtiva pré-fabricada modular CircularBuild, tendo sido considerados com as devidas adaptações os guias (EAD 130087-00-0204, 2017) e as exigências da regulamentação nacional (ex. (RGEU, 1951; RRAE, 2008; SCE, 2020; SCIE, 2008) e os Eurocódigos Despacho Normativo n.º 21/2019 de 17 de setembro (Eurocódigos, 2019) e a experiência do LNEC no estudo de soluções construtivas inovadoras.

Este documento apresenta a Caracterização dos Painéis a Nível Funcional e Mecânico com base nos relatórios de ensaio e de classificação constantes no entregável “D3.2 – Relatórios de

Ensaio”, constituindo o entregável ***“D3.1 - Caracterização dos Painéis a Nível Funcional e Mecânico”***.

1.2. Campo de Aplicação Solução Construtiva CircularBuild

O sistema construtivo CircularBuild no âmbito do projeto com financiamento EEA Grants destina-se a ser desenvolvido e qualificado para:

- Construção de edifícios habitacionais de 1 a 2 pisos, para aplicação em todo o território nacional continental português e regiões autónomas dos Açores e da Madeira, como todas as zonas para as quais não sejam excedidas as características de desempenho declaradas do sistema e compatíveis com tal uso;
- O sistema poderá contemplar a construção de edifícios com outras tipologias de construção desde que as características de desempenho declaradas sejam compatíveis com tal uso;
- Os edifícios assentes na solução construtiva CircularBuild, poderão corresponder a uma habitação isolada, um conjunto de habitações em banda ou habitações de dois fogos de um piso sobrepostas;
- As construções poderão ser edificadas sobre uma estrutura metálica, do tipo estacaria ou HEB ou sobre fundações em betão, proporcionando um desvão ventilado sobre o pavimento e sem contacto direto da solução construtiva com o solo;
- Para a cobertura, encontra-se prevista uma solução de cobertura plana não acessível;
- A solução construtiva CircularBuild, apresenta disponível na sua modularidade, a adoção de painéis de parede com 0.945m de largura e 2.5m ou 3.0m de altura, de acordo com as necessidades programáticas do espaço a edificar;
- Os painéis de piso/piso intermédio/cobertura, apresentam disponível, a adoção de painéis com 0.945m de largura e 3.0m, 4.0m, 5.0m e 6.0m de comprimento, permitindo vãos com as dimensões referidas, ou múltiplos do dessa mesma medição, de acordo com as necessidades programáticas do espaço a edificar;
- Encontram-se previstas soluções específicas para a integração das infraestruturas técnicas, elétricas, monitorização, sensorização, domótica e hidráulicas, através da realização standard de negativos maquinados aquando da maquinação dos painéis em unidade industrial;
- A solução adotada para a realização da ventilação dos espaços construídos é realizada através da integração de sistemas de ventilação forçada, com recuperador de calor, com e sem condutas;

- A Solução Construtiva CircularBuild, autoportante, não carece de uma estrutura específica (tradicional), uma vez que a resistência do conjunto edificado é conferida pela ligação mecânica entre painéis, através da estrutura em alumínio integrada na constituição dos painéis;
- O encaixe entre painéis é realizado através do perfil UNUS L (NZ.644.009), que envolve as laterais dos painéis, com a aplicação do perfil de madeira entre dois perfis UNUS L (NZ.644.009), ficando o sistema travado e obrigando os painéis a manterem-se ligados e fixados entre si;
- O revestimento de paredes em cozinhas e instalações sanitárias carecerá da solução existente no mercado, como do definido para o local, podendo ser cerâmico, vidro, etc;
- O revestimento aplicar sobre o pavimento, poderá ser flutuante cerâmico, etc;
- Para cada edificação, são realizados pela CONCEXEC, projetos detalhados, de planeamento destinado ao processo de produção industrial, os painéis adotados e os negativos a introduzir em cada painel, de modo a permitir a execução de uma construção sustentável e que obedeça aos princípios da economia circular;



Figura 1. Exemplos de plantas de habitações CircularBuild.

Solução Construtiva CircularBuild:

- 1. Reboco Armado Interior
- 2. AGEPAN DWD Protect 16mm
- 3. XPS 100mm
- 4. XPS 50mm
- 5. Estrutura em Alumínio (EN AW6060 T5)
- 6. AGEPAN DWD Protect 16mm
- 7. Aglomerado de Cortiça
- 8. Reboco Armado Exterior

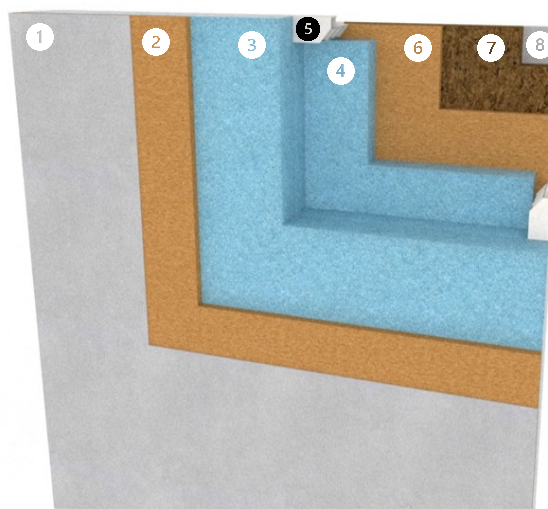


Figura 2. Representação Gráfica da Solução Construtiva.

2. Caracterização dos Painéis a Nível Funcional e Mecânico

2.1. Aspetos Gerais

Neste Capítulo realiza-se uma caracterização do sistema CircularBuild com base nos ensaios laboratoriais realizados e cujos resultados se encontram no documento “D3.2 – Resultados de Ensaios”, nomeadamente apresentam as classificações e características de desempenho.

3. Estudo da Durabilidade do Painei

3.1. Placa (inchamento, resistência a bolores, térmitas, fungos de podridão)

O relatório n.º 089/2023-DE/NCE, descreve os métodos de ensaios e os resultados da avaliação da durabilidade da placa de derivado de madeira sem revestimento (Tarefa 3.1).

Considerando a água como o fator mais relevante na promoção da biodeterioração foram realizados ensaios de caracterização da suscetibilidade à biodeterioração para permitir definir as condições possíveis de aplicação em obra sem proteção face a:

- Bolores
- Fungos de podridão cúbica e fibrosa

- Fungos de podridão mole
- Térmitas subterrâneas
- Ensaio complementar: Inchamento



Figura 2. Estudo da durabilidade da placa de derivado de madeira sem revestimento.

No ensaio de inchamento (EN 317:1993), obteve-se nos ensaios no LNEC um inchamento na espessura de $6,9 \pm 0,1\%$, o que se considera satisfazer o valor máximo declarado de 8,5%.

Na avaliação da placa face a bolores e fungos de podridão os resultados evidenciaram uma classificação de suscetível no ensaio de cores (Exposição em atmosfera saturada Controlo de pinho bravo (n=3) 4 semanas de exposição 9 réplicas), resultado “muito suscetível” face a Fungos de podridão - 3 fungos Controlo de pinho bravo 6 semanas de exposição 10 réplicas (com e sem prova de deslavagem) e a Fungos de podridão mole Controlo de pinho bravo 12 e 24 semanas de exposição 5+10 réplicas (com e sem prova de deslavagem). As placas também são muito suscetíveis às térmitas subterrâneas - *Reticulitermes grassei*.

Desta forma, tendo em conta que na utilização CircularBuild as placas se encontram protegidas (classe de risco 2, EN 335) estas placas são satisfatórias. Contudo, se houver falhas nessa barreira de proteção é de esperar uma deterioração das placas e do sistema.

3.2. Paineis (choque térmico)

A solução construtiva foi sujeita ao ensaio de choque térmico no âmbito da Tarefa 3.1, tendo sido elaborados os relatórios de ensaio: BE 01-2022-URPa, BE 02-2022-URPa, BE 03-2022-URPa.

O sistema construtivo foi sujeito a ciclos com temperatura de 70°C, chuva e a ciclos de calor e frio (50°C/-20°C), tendo apresentado um desempenho satisfatório. A solução ensaiada pertence à categoria III de resistência ao impacto, ou seja, adequado para zonas pouco sujeitas a impactos.

4. Caracterização do Paineis e das Ligações

No âmbito da Tarefa 3.2, foi realizada a avaliação da resistência mecânica do painéis e das ligações. Os ensaios realizados e os resultados obtidos encontram-se nos relatórios de ensaio:

- BE_07_2022_UCEst – Ensaio em Tração das Ligações dos Painéis X e XXI
- BE_08_2022_UCEst – Ensaio de Flexão do Painel XXI
- BE_09_2022_UCEst – Ensaio em Compressão Axial do Painel XXI
- BE_10_2022_UCEst – Ensaio de Corte no Plano do Painel XXI
- BE_15_2023_UCEst – Ensaios em tração e em flexão de Painéis XXI.

No Quadro 1 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos, que permite evidenciar a conformidade com os requisitos aplicáveis para a utilização dos painéis em paredes, pavimentos e coberturas.

Efetivamente, as exigências regulamentares para edifícios habitacionais são as seguintes:

Pavimentos: sobrecarga de utilização (valor característico) = 2 kN/m² (habitação) / 3 kN/m² (escritórios)

Coberturas:

- ação da neve = Sk (valor característico da carga da neve ao nível do solo)
- na grande maioria dos países europeus Sk situa-se abaixo de 3,5 kN/m², sendo normalmente inferior a 2,5 kN/m²

Coberturas e paredes:

- ação do vento: corresponde a uma pressão (ou sucção) cujo valor característico é inferior ao valor da sobrecarga regulamentar

Tipologia das construções a verificar em função das características mecânicas e ações impostas.

Quadro 1. Caracterização da resistência mecânica do painel e das ligações.

ELEMENTO DE CONSTRUÇÃO	ENSAIO	RESISTÊNCIA (VALOR MÉDIO)
PAVIMENTO / PAREDE / COBERTURA	Flexão - Painéis De 2,5m (Momento Fletor Resistente)	Flecha=L/300: 5,9 kN.M Flecha= L/200: 7,1 kN.M
PAREDE	Compressão Axial	117 kN
PAREDE	Corte No Plano (2 Painéis)	16 kN
	Tração	Deformação=5mm: 8,9 kN Deformação=10mm: 14,4 kN

5. Desempenho Mecânico e Funcional

A solução construtiva foi sujeita aos ensaios mecânicos e funcionais no âmbito da Tarefa 3.3, tendo sido elaborados os relatórios de ensaio:

- BE_01_2023-UCE - Ensaio de um protótipo do sistema de construção CircularBuild. Mecânicos e funcionais.
- BE_02_2023-UCE - Ensaio de um protótipo do sistema de construção CircularBuild. Carga vertical excêntrica.

No Quadro 2 apresenta-se um resumo das classificações do desempenho mecânico e funcional do protótipo com base nos relatórios de ensaio atrás referidos (Figura 3).

Quadro 2. Desempenho mecânico e funcional.

CARACTERÍSTICA	CLASSIFICAÇÃO
PERMEABILIDADE AO AR	AE750
ESTANQUIDADE À ÁGUA	RE900
RESISTÊNCIA AO VENTO	1,63 kPa
IMPACTO DE CORPO MOLE	E5
IMPACTO DE CORPO DURO	E5
CARGA VERTICAL EXCÊNTRICA	A



Figura 3. Protótipo dos ensaios mecânicos e funcionais.

No ensaio de resistência ao vento (protótipo, Figura 4) constata-se que as ligações entre painéis de parede e de pavimento/teto contribuem para a rigidez do sistema, situando-se a deformação medida no ensaio do vento entre a deformação obtida por cálculo com a rigidez resultante dos ensaios de flexão em 4 pontos e considerando:

- flexão com painel simplesmente apoiado nos topos;
- flexão com painel encastrado nos topos.

ATIVIDADE A.3, D.3.1 – Caracterização dos Painéis a Nível Funcional e Mecânico

07_Call#2_CircularBuild – Desenvolvimento e Validação do Conceito de Circularidade Aplicada à Construção Pré-Fabricada Modular

Assim, a rigidez do painel no sistema é superior à rigidez do painel simplesmente apoiado.

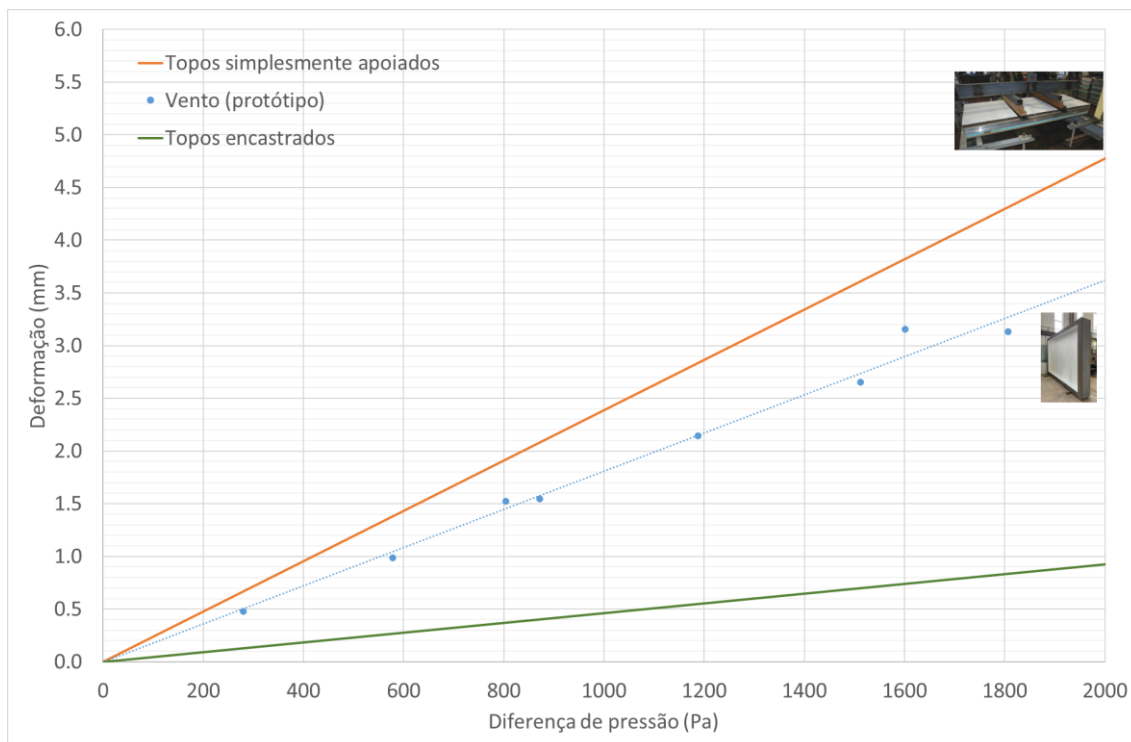


Figura 4. Resultados dos ensaios do vento face aos cálculos com base no ensaio de flexão dos painéis.

6. Desempenho Acústico, Térmico e Sísmico

6.1. Acústica

Foram realizados ensaios de isolamento a sons aéreos e a sons de percussão, encontrando-se os métodos de ensaio e os resultados obtidos nos seguintes relatórios de ensaio:

- BE_01_2022_UAVE – Ensaio de Comportamento Acústico – (Sem Piso Acústico) – Piso Intermédio.
- BE_02_2022_UAVE – Ensaio de Comportamento Acústico – (Com Piso Acústico) – Piso Intermédio.
- BE_03_2022_UAVE – Ensaio de Comportamento Acústico – Parede Exterior.
- BE_04_2022_UAVE – Ensaio de Comportamento Acústico – Painéis de Piso Intermédio
- BE_05_2022_UAVE – Ensaio de Comportamento Acústico – Paredes entre Frações

No

Quadro 3 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos de onde é possível inferir:

- O isolamento sonoro obtido para o sistema de fachada, cumpre o disposto regulamentarmente, desde que eliminadas as pontes fónicas.
- O isolamento sonoro obtido para o sistema de separação de frações autónomas, adjacentes, na horizontal, não cumpre por si só o valor regulamentar requerido.
- O isolamento sonoro a sons de percussão obtido, entre frações autónomas, adjacentes na vertical, não cumpre por si só o valor regulamentar requerido. Todavia, tal situação é comum na maior parte das soluções, devendo a complementaridade ser feita com revestimento de piso adequado.
- O isolamento sonoro obtido para o sistema de separação entre frações autónomas, adjacentes, na vertical (pavimentos), não cumpre o valor regulamentar requerido. Tal será possível com a aplicação de tela viscoelástica de elevada densidade, em ambas as faces do painel, e com inclusão de eventual teto falso.

Quadro 3. Resultados de ensaios em laboratório Acústica.

ELEMENTO DE CONSTRUÇÃO	ISOLAMENTO SONORO	ÍNDICE
Fachada	Sons Aéreos	Rw = 35 (0; -3) dB
Entre Frações (multifamiliar)	Sons Aéreos	Rw = 46 dB
Pavimento (entre frações)	Sons Aéreos	Rw= 28 dB
Pavimento (entre frações)	Sons de Percussão (*)	Ln,w = 83 dB

(*) O pavimento foi também ensaiado com tela “composta com borracha” aplicada, tendo-se obtido Ln,w = 80 dB

Nota: No caso em que os sistemas construtivos em causa sejam usados para composição de moradias unifamiliares, isoladas ou em banda, as soluções ensaiadas permitem verificar as exigências regulamentares em vigor, porquanto os desempenhos de menor eficácia associados aos pavimentos (sons aéreos e de percussão) não são parâmetros exigências a considerar nesse contexto.

6.2. Térmico

Foi realizada a avaliação do desempenho térmico da solução construtiva e das pontes térmicas lineares representativas, encontrando-se os resultados no “Relatório n.º 125/2023-DED/NAICI – CIRCULARBUILD. Avaliação do coeficiente de transmissão térmica (U) e das pontes térmicas lineares (Y)”.

No Quadro 4 resume-se o coeficiente de transmissão térmica dos painéis CircularBuild e os máximos regulamentares para cada uma das três zonas climáticas de inverno, de onde se constata que as soluções de parede, pavimento e cobertura apresentam um isolamento superior ao valor máximo permitido na regulamentação em vigor (SCE, 2020)

Quadro 4. Coeficiente de transmissão térmica da solução construtiva CircularBuild e valores de referência e máximos regulamentares [W/(m².K)].

Painéis	CircularBuild	Valores de referência (SCE, 2021)		
		Zona I1	Zona I2	Zona I3
Parede exterior standard	0,195	0,50	0,40	0,35
Pavimento standard	0,240	0,40	0,35	0,30
Cobertura standard	0,193	0,40	0,35	0,30

6.3. Sísmico

Os ensaios sísmicos foram realizados na mesa sísmica 3D do LNEC com um protótipo de dimensões 4.013m x 3.175m x 5.563m (comprimento x largura x altura) construído pela UNUSHOME, Lda. O modelo foi submetido a uma série de registos sísmicos de crescente intensidade, associados a períodos de retorno crescentes.

Para medir a resposta da estrutura, a instrumentação colocada no protótipo incluiu 28 acelerómetros e 20 transdutores de deslocamento (LVDTs). Os registos sísmicos de entrada foram gerados com base numa metodologia de síntese estocástica do movimento do solo usando dois modelos de geração sísmica: (i) a zona de origem intraplacas do Vale Inferior do Tejo, com magnitudes M5.7 e M4.7, e (ii) a zona de origem interplacas offshore, correspondente ao sismo de Lisboa de 1755, M7.6. Cada história de acelerações tem 30 segundos de duração (6000 pontos com amostragem de 200 Hz) e foram escaladas para 20% (teste #22), 50% (teste #37), 100% (teste #49) e 150% (teste #55).

ATIVIDADE A.3, D.3.1 – Caracterização dos Painéis a Nível Funcional e Mecânico

07_Call#2_CircularBuild – Desenvolvimento e Validação do Conceito de Circularidade Aplicada à Construção Pré-Fabricada Modular

Foram observados danos ligeiros no protótipo na sequência da realização da campanha completa de testes. Para avaliar o dano, foi utilizado o índice proposto por DiPasquale e Çakmak (DiPasquale e Çakmak, 1988). Um índice de dano global de aproximadamente 34% foi obtido no final da sequência de testes, embora quase nenhum dano fosse visível, indicando assim um desempenho adequado, mesmo para o fator de escala de 150%.

Os danos também foram avaliados com base em observações, recomendando-se a colocação dos parafusos de fixação dos painéis isolantes ao caixilho de alumínio mais distantes do limite dos painéis para evitar o desprendimento. O relatório LNEC correspondente a este ensaio contém a descrição detalhada dos resultados, das simulações para extrapolar os resultados experimentais obtidos e os níveis de desempenho para diferentes regiões sísmicas, assim como o risco sísmico do sistema construtivo CircularBuild.

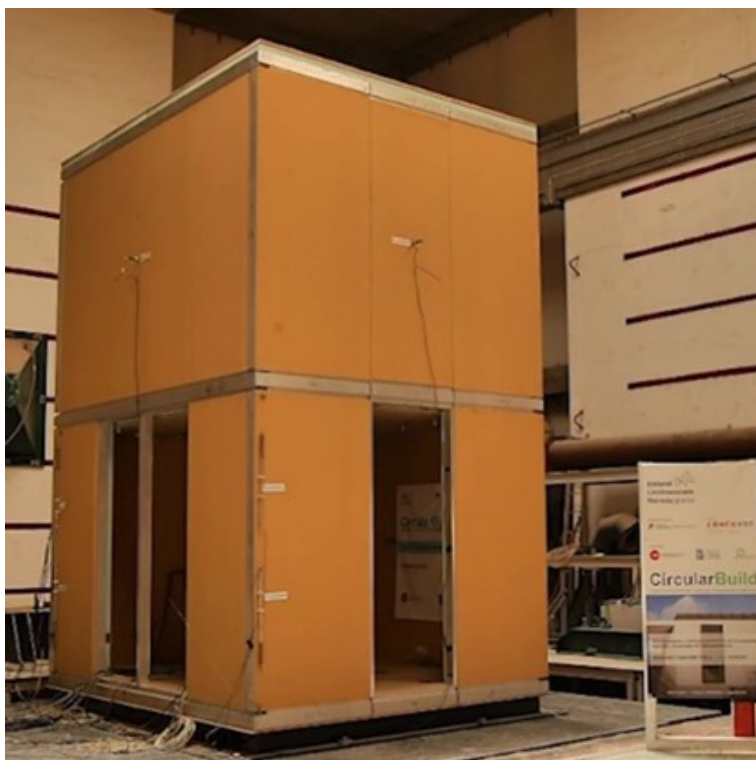


Figura 6. Protótipo para ensaios sísmicos.

7. Comportamento ao fogo

7.1. Reação fogo

Foram realizados ensaios de reação ao fogo representativos da utilização da solução construtiva, encontrando os métodos de ensaio e as classificações nos seguintes relatórios:

- ETE091/23 – Ensaio do elemento isolado em combustão (SBI) - (Método de ensaio: EN 13823:2020+A1:2022) - Painéis Paredes - Teste Canto Interior
- ETE092/23 – Ensaio do elemento isolado em combustão (SBI) - (Método de ensaio: EN 13823:2020+A1:2022) - Painéis Paredes - Teste Canto Exterior
- ETE 108-23 - Ensaio de ignitabilidade de produtos de construção (Método de ensaio: ISO 11925-2:2020) - Painéis Paredes interior
- ETE 109-23 - Ensaio de ignitabilidade de produtos de construção (Método de ensaio: ISO 11925-2:2020) - Painéis Paredes exterior
- ETE 110-23 - Classificação da reação ao fogo de produtos de construção e elementos construtivos (EN 13501-1:2018) Painéis pré-fabricados para a construção de edifícios “CircularBuild - Paineis de parede exterior”
- ETE 111-23 - Classificação da reação ao fogo de produtos de construção e elementos construtivos (EN 13501-1:2018) Painéis pré-fabricados para a construção de edifícios “CircularBuild - Paineis de piso”.

Quadro 5 – Classificação de reação ao fogo

Solução	Classificação
Teto, Parede lado exterior e interior	B-s1,d0
Pavimento	B-s1,d0

7.2. Resistência ao fogo

Foi realizado um ensaio de resistência ao fogo representativos da utilização da solução construtiva no laboratório RISE, encontrando-se o método de ensaio e os resultados obtidos no relatório:

- RISE report 20578 – 2023 - Test report - Circular build. Fire testing of loadbearing Wall Based on EN 1365-1:2012.

De acordo com a informação do laboratório, existe potencial da solução construtiva pertencer à classe REI30, contudo, devido a desvios ao método de ensaio, não é possível realizar a classificação do sistema construtivo.

Conclusões

No âmbito do projeto CircularBuild foram realizados os ensaios laboratoriais previstos no âmbito do estudo e que caracterizam o desempenho da solução construtiva pré-fabricada modular. Este documento apresenta as classificações e características de desempenho do sistema CircularBuild obtidas com base em ensaios em laboratório.

Os resultados obtidos evidenciam a capacidade do sistema construtivo CircularBuild realizar construções no âmbito definido no Capítulo1, sendo necessário para cada obra realizar um projeto que evidencie a conformidade com a legislação aplicável, devendo ser adotadas as características agora determinadas e apresentadas.

Bibliografia

DIPASQUALE, E.; ÇAKMAK, A.S., 1988 – **Identification of the serviceability limit state and detection of seismic structural damage**. Report NCEER-88-0022 National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, NY.

EAD 130087-00-0204, 2017 – **Modular construction system**. Bruxelas.

EUROCÓDIGOS, 2019 – **Aprova as condições para a utilização dos Eurocódigos Estruturais nos projetos de estruturas de edifícios**. Lisboa.

RGEU, 1951 – **Regulamento Geral das Edificações Urbanas**. Lisboa.

RPC, 2011 – **REGULAMENTO (UE) N.º 305/2011 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 9 de Março de 2011 que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e que revoga a Directiva 89/106/CEE do Conselho**. Brussels.

RRAE, 2008 – **Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios**. Lisboa.

SCE, 2020 – **Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944**. Decreto-Lei n.º 101-D/2020.

SCIE, 2008 – **Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios**. Lisboa.

Assinaturas

Projeto CircularBuild

Nome	
Data e Assinatura	
Cargo/Entidade	

Operador de Programa – Secretaria Geral do Ambiente

Nome	
Data e Assinatura	
Cargo/Entidade	