

# SEQUESTRO DE DIÓXIDO DE CARBONO EM PRODUTOS DE CORTIÇA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL OBSERVATÓRIO DO SOBREIRO E DA CORTIÇA COMO CASO DE ESTUDO

## LUÍS GIL

Investigador Principal Habilitado, LNEG

Estrada do Paço do Lumiar, Edif. C, 1649-038 Lisboa • luis.gil@lneg.pt • +351 210 924 757

## MANUEL COUCEIRO DA COSTA

Professor Associado, FAUL • Investigador, CIAUD • Council Member, EAAE

R. Sá Nogueira, Polo Universitário Alto da Ajuda, 1349-055 Lisboa • mcoucy@arquetipo.com.pt • +351 919 313 790



## RESUMO

Este trabalho refere-se a uma abordagem ao tema do sequestro do carbono em produtos de cortiça utilizados em construção civil, usando como caso de estudo o edifício do Observatório do Sobreiro e da Cortiça, em Coruche. Esta obra representa um excelente exemplo das múltiplas aplicações da cortiça neste domínio e permite evidenciar uma quantificação adequada da capacidade de sequestro de carbono por esta via.

## ABSTRACT

**Sequestration of carbon dioxide in cork products for civil construction – The Cork Oak and Cork Observatory as a case study**

*This work refers to an approach to the carbon dioxide sequestration theme in cork products used in civil construction, using as a case study the building of the Cork Oak and Cork Observatory, in Coruche. This building is an excellent example of the multiple applications of cork in this field and allows for a proper quantification of the carbon sequestration capacity in this way.*

**ENQUADRAMENTO**

Considerando o potencial tectónico do lugar (Figuras 1 e 2), nomeadamente o montado de sobreiro no concelho de Coruche e a integração num abrangente plano de desenvolvimento estratégico no âmbito do setor corticeiro, no qual também se inclui a ideia de um Parque Temático, o Observatório do Sobreiro e da Cortiça, construído entre 2007 e 2009, é um edifício [1] que, no âmbito do seu próprio nome, é destinado aos seguintes objetivos:

- › Apoiar, proteger e promover a investigação de cariz industrial;
- › Promover a utilização da cortiça e respetivos subprodutos, considerando os pontos de vista educacional, cultural, científico e técnico (incluindo a realização de seminários e congressos);
- › Criar e acolher um centro de dados/mediateca temática;
- › Organizar exposições colecionando artefactos, instrumentos, fotografias, livros.

Em traços largos, o programa funcional, distribuído por dois pisos e uma cave (Figuras 3 e 4), estabeleceu a necessidade de

zonas preferencialmente destinadas à comunicação/divulgação (piso 0: receção, exposições, anfiteatro, bar, administração e IS), ao estudo/investigação (piso 1: centro de dados/mediateca, laboratórios, sala de aulas e oficinas) e a um armazenamento geral (cave), entre si articulados por espaços híbridos de circulação/exposição.

Mais que um simples edifício, o projeto vencedor do concurso de conceção da autoria

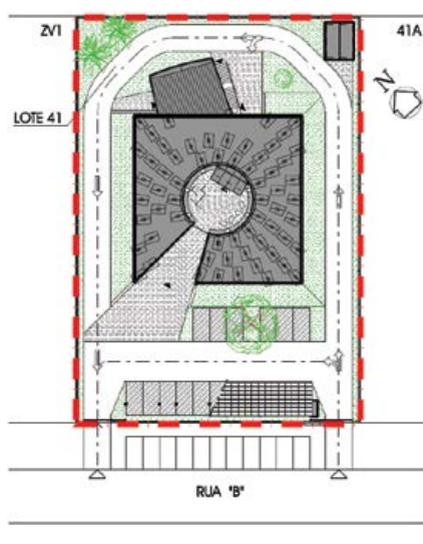


Figura 2 Planta de implantação

da Arquétipo Atelier Lda. (Arquitetos – Manuel Couceiro & Susana Couceiro) propôs, no contexto dos respetivos objetivos, que o próprio edifício fosse um exemplo construído do uso da cortiça como paradigma da Arquitetura, formalmente organizado de modo a atrair os visitantes através de um grande “abraço” (Figuras 5 e 6), exponenciando assim o potencial de utilização daquele material e suas inerentes mais-valias na construção, assim como o impacto da respetiva divulgação.

Para tal, e para além do tradicional uso dos derivados da cortiça (isolamentos, revestimentos interiores...), a aposta foi feita através de opções originais, nomeadamente pelo apelo à exploração sensorial, sobretudo visual, da cortiça natural e pela proposta de novas soluções técnicas de cariz ecológico, implicitamente contribuindo para a sustentabilidade ambiental e dos ecossistemas e induzindo novos caminhos quanto à investigação científica da cortiça aplicada à construção.

Tais opções consubstanciam-se numa série de itens/situações de utilização, englobando o uso do aglomerado expandido (ou negro) de cortiça nos acabamentos/revestimentos

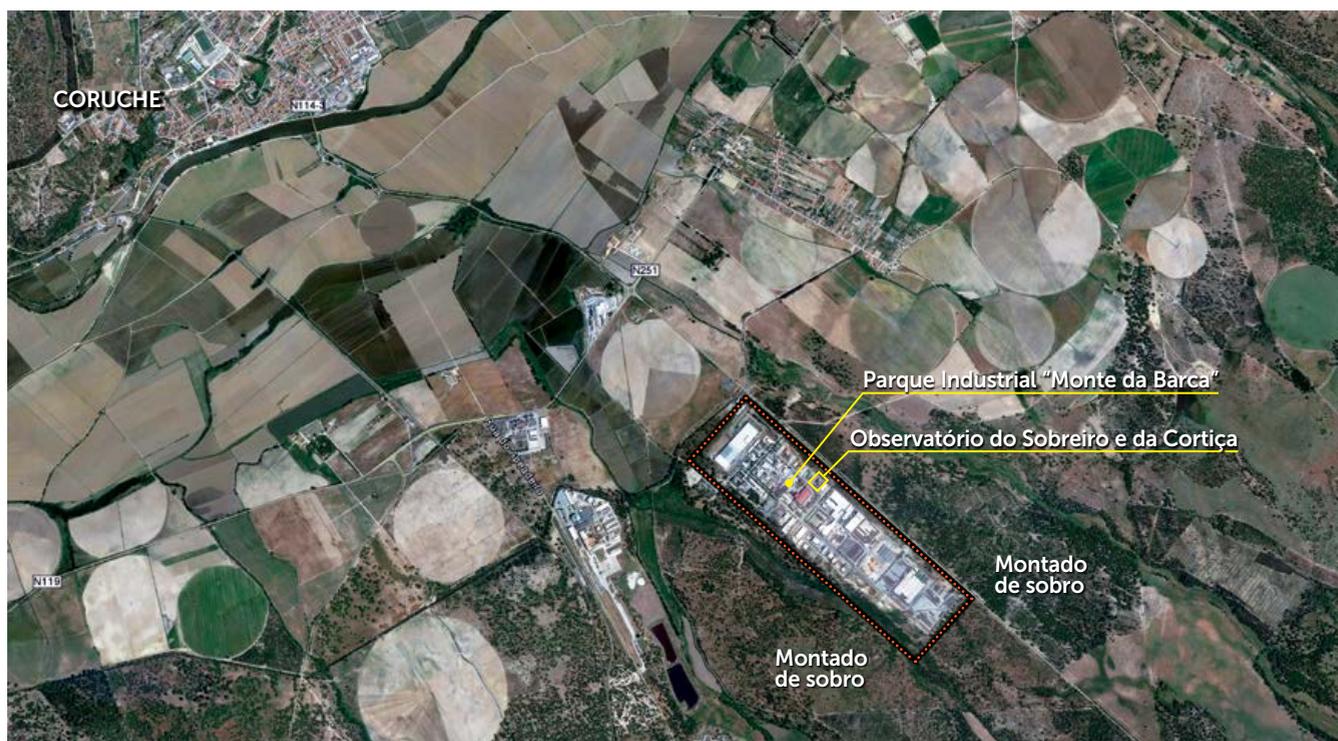
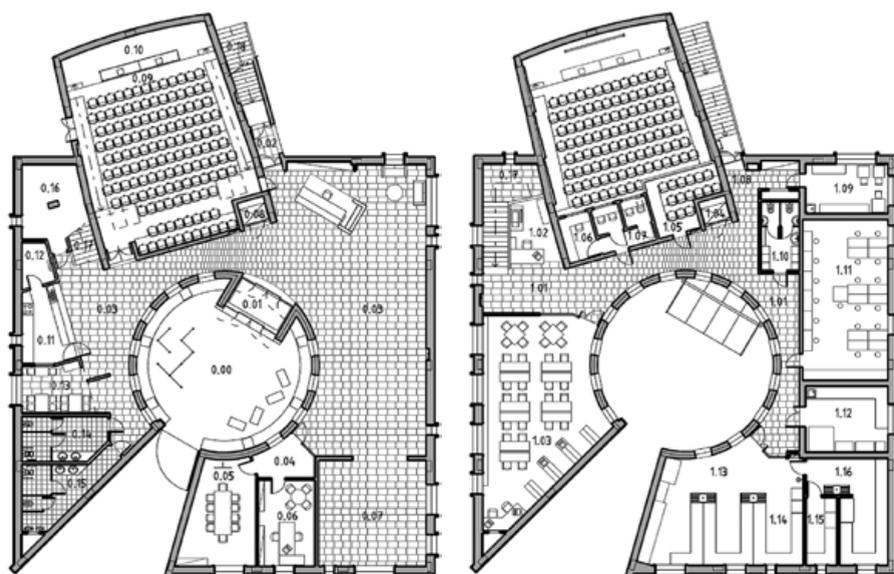


Figura 1 Planta de localização



- 0.00 Pátio
- 0.01 Entrada principal
- 0.02 Saída de emergência / Acesso de serviços
- 0.03 Espaço multiusos (Foyer / Recepção / Exposições / Circulação)
- 0.04 Área administrativa / Lobby
- 0.05 Área administrativa / Sala de reuniões
- 0.06 Área administrativa / Gabinete
- 0.07 Exposições
- 0.08 Elevador
- 0.09 Auditório
- 0.10 Auditório / Palco
- 0.11 Bar
- 0.12 Bar / Arrumos
- 0.13 Cafeteria
- 0.14 I.S. Senhoras
- 0.15 I.S. Homens
- 0.16 Arrumos
- 0.17 Escada principal
- 0.18 Escadas

- 1.01 Foyer / Exposições / Circulação
- 1.02 Secretariado
- 1.03 Centro de dados / Mediateca
- 1.04 Elevador
- 1.05 Auditório / Balcão
- 1.06 Zona técnica
- 1.07 Espaços para tradução simultânea
- 1.08 Saída de emergência / Acesso de serviços
- 1.09 Oficina
- 1.10 I.S. e vestiários
- 1.11 Sala de aula (computadores)
- 1.12 Laboratório / Ensaios físicos e mecânicos
- 1.13 Laboratório / Química
- 1.14 Laboratório / Zona de lavagem
- 1.15 Laboratório / Balanças
- 1.16 Laboratório / Microscopia, Microbiologia e Análise de Imagens

Figura 3 Planta / piso 0

Figura 4 Planta / piso 1

exteriores e interiores (paredes e tetos), do aglomerado expandido como isolamento não visível (acústico, térmico e anti-vibrátil), do regranulado expandido de cortiça na betonilha dos pavimentos, da cortiça incorporada nos pavimentos de linóleo, da cor-

tiça natural (virgem e amadia) como revestimento de fachada e das “rabanadas brocadas” em vãos interiores (efeito tipo biombo). Destas situações destacamos, pelo carácter inovador e forte impacto visual:

› A cortiça natural (virgem e amadia) no

revestimento exterior (Figuras 7 a 10), contribuindo para o entendimento do edifício como uma metáfora do próprio sobreiro (contraste entre dois tipos de cortiça), aplicada sobre uma subestrutura metálica e assim constituindo uma inovadora fachada ventilada, abrindo portas a novos estudos sobre os efeitos térmicos de um isolamento como camada exterior de revestimento;

- › As “rabanadas brocadas” (ou aparas de broca), também elas de cortiça natural, proporcionando um efeito de transparência entre os espaços (Figuras 11 a 14);
- › O aglomerado expandido de cortiça, aplicado nas paredes e tetos do auditório, como material de correção acústica, mas exibindo também uma organização em relevo e onde foram diretamente feitas pinturas decorativas (técnica pioneira de “fresco” sobre cortiça) (Figuras 15 e 16).

O Observatório do Sobreiro e da Cortiça pode, assim, assumir-se como um protótipo, modelo apropriado para uma investigação científica, dele emergindo, com naturalidade, um projeto designado por “i\_Cork / Cork, Architecture, Design and Innovation”, que tem sido desenvolvido de forma parcelar e cujos objetivos são:

- › O estudo integrado, considerando os aspetos científicos, técnicos e artísticos, da aplicação da cortiça e seus derivados na construção, em especial como revestimento de fachadas;
- › Aumentar o potencial empírico dessa aplicação para níveis científicos e industriais;
- › Cálculo do sequestro de carbono inerente a esse tipo de utilização;



Figuras 5 e 6 Vistas exteriores do edifício do Observatório do Sobreiro e da Cortiça

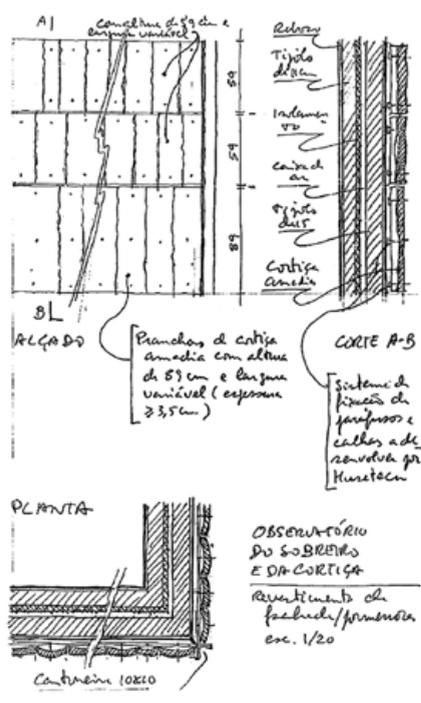


Figura 7 Fachada ventilada / esboços



Figura 8 Fachada ventilada / construção

- › Caracterizar os produtos da cortiça, atendendo aos efeitos da respetiva utilização, nomeadamente considerando o envelhecimento, seleccionando uma série de correspondentes indicadores;
- › Explorar os efeitos sensoriais, visual e outros, da cortiça e seus derivados, como material de revestimento das fachadas;
- › Contribuir para o desenvolvimento industrial das possíveis técnicas/soluções emergentes.

A presente comunicação enquadra-se nestes objetivos e, assumindo o sequestro de carbono como uma faceta maior da sustenta-

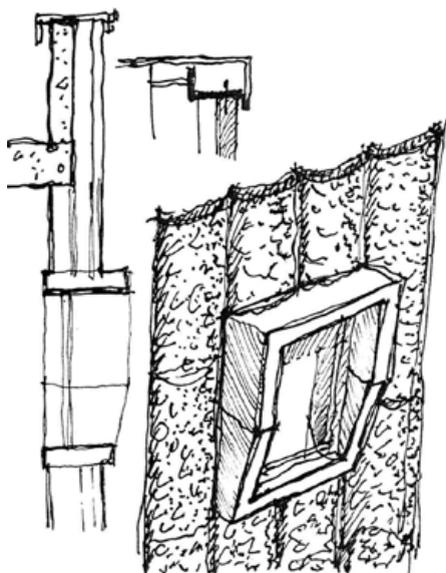


Figura 9 Fachada ventilada / Estereotomia, texturas e cores (azul Coruche) – pormenores



Figura 10 Fachada ventilada / Estereotomia, texturas e cores (azul Coruche)

bilidade ambiental, propõe-se, através do exemplo do Observatório do Sobreiro e da Cortiça, apresentar um conjunto de medições e cálculos, resultantes de todas as aplicações da cortiça e seus derivados nos edifícios, daí retirando as consequentes ilações.

### CÁLCULO DO SEQUESTRO DE CARBONO

Como qualquer planta, o sobreiro, através da fotossíntese, sequestra o carbono na matéria vegetal que produz, entre a qual a cortiça, que com a extração periódica, ao longo da vida, é o principal componente. A base de cálculo assenta na relação e quantidades dos materiais utilizados, cortiça e derivados, caracterizados e correlacionados com o respetivo mapa de quantidades,





Figura 11 "Rabanadas brocadas" e rolhas



Figura 12 Painel de "Rabanadas brocadas" – montagem



Figura 13 Painel de "Rabanadas brocadas" – transparência



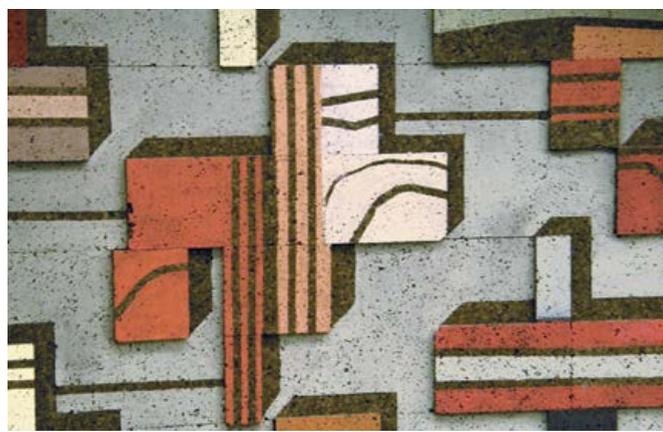
Figura 14 Painel e porta de "Rabanadas brocadas" – entrada do laboratório

definido no projeto do Observatório do Sobreiro e da Cortiça, o que se apresenta na Tabela 1.

De acordo com a bibliografia temos os seguintes considerando para cálculo:

- › Teor de carbono médio da cortiça amadia (C) = 55,1% em peso [2, 3];
- › Teor de carbono médio da cortiça virgem (C) = 59,6% em peso [2, 3];
- › Teor de carbono médio do aglomerado expandido de cortiça (C) = 64,6% em peso [4];
- › Teor de humidade da cortiça (amadia e virgem) (H) = 7% em peso [5];
- › Teor de humidade do aglomerado expandido de cortiça (H) = 4% em peso [6];
- › Relação mássica  $CO_2/C = 3,664$  [2, 3, 4];
- › Massa volúmica<sup>1</sup> do aglomerado expandido de cortiça =  $120 \text{ kg/m}^3$ ;
- › Teor<sup>2</sup> de cortiça no linóleo = 10% em peso;
- › Teor<sup>3</sup> de regranulado negro na betonilha =  $100 \text{ kg/m}^3$ ;
- › Cortiça amadia =  $7,03 \text{ kg/m}^2$  (determinado experimentalmente com base numa amostra);
- › Cortiça virgem planificada =  $4,51 \text{ kg/m}^2$  (determinado experimentalmente com base numa amostra);
- › Massa volúmica aparente do regranulado expandido de cortiça =  $75 \text{ kg/m}^3$  [7];
- › Linóleo =  $3 \text{ kg/m}^2$  (dados do fabricante);
- › Aparas brocadas =  $5,93 \text{ kg/m}^2$  (determinado experimentalmente com base numa amostra) (índice de ocupação = 0,85).

O cálculo do  $CO_2$  sequestrado é efetuado de acordo com a equação seguinte:



Figuras 15 e 16 Aglomerado expandido de cortiça, aplicado nas paredes e tetos do auditório (correção acústica e decoração)

1 Valor correntemente usado como referência.

2 Com base em [8] que indica que a composição do linóleo tem 40% em peso de ligantes e 60% em peso de cargas.

3 De [7] sabe-se que um betão leve (1 vol cimento: 2 vol areia: 6 vol regranulado) tem uma massa volúmica de  $900 \text{ kg/m}^3$  e de [9] sabe-se que um betão corrente tem em média  $2400 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 1 \text{ m}^3$  de betonilha (900 kg) tem  $0,333 \text{ m}^3$  de betão ( $2400 \text{ kg/m}^3$ ) = 800 kg e  $0,666 \text{ m}^3$  de regranulado = 100 kg.

**Tabela 1** Observatório do Sobreiro e da Cortiça – Mapa de quantidades da cortiça e seus derivados

Item de construção	Local	Descrição	Quantidade
1 Arranjos exteriores	a) Casa do gerador	Blocos de aglomerado expandido de cortiça com 20 cm de espessura	55,00 m <sup>2</sup>
	b) Casa do gás	Blocos de aglomerado expandido de cortiça com 10 cm de espessura	10,00 m <sup>2</sup>
	c) Cobertura do estacionamento	Placas de aglomerado expandido de cortiça com 6 cm de espessura	56,00 m <sup>2</sup>
	d) Bancos de jardim	Blocos de aglomerado expandido de cortiça com 0,5 m x 0,5 m x 1,0 m	4 unidades
2 Regularização de pisos (isolamentos)	a) Rés-do-chão	Betonilha de betão com regranulado de cortiça expandida com 2,5 cm de espessura	527,50 m <sup>2</sup>
	b) 1.º andar	Betonilha de betão com regranulado de cortiça expandida com 2 cm de espessura	427,75 m <sup>2</sup>
	c) Terraços	i) Regranulado expandido de cortiça com 10 cm de espessura média + ii) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 6 cm de espessura	440,00 m <sup>2</sup>
3 Alvenarias (isolamentos)	a) Exterior	Placas de aglomerado expandido de cortiça com 4 cm de espessura	767,14 m <sup>2</sup>
	b) Interior	Placas de aglomerado expandido de cortiça com 4 cm de espessura	140,00 m <sup>2</sup>
4 Carpintarias interiores	Portas/divisórias	Rabanasdas brocadas	60,00 m <sup>2</sup>
5 Revestimentos	a) Pavimento	Linóleo XF Venetto com 2,5 mm de espessura	227,00 m <sup>2</sup>
	b) Paredes de auditórios	i) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 2 cm de espessura	75,35 m <sup>2</sup>
		ii) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 3 cm de espessura	85,00 m <sup>2</sup>
	c) Tetos	i) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 2 cm de espessura	112,14 m <sup>2</sup>
		ii) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 2 cm de espessura	66,26 m <sup>2</sup>
		iii) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 4 cm de espessura	302,34 m <sup>2</sup>
		iv) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 2 cm de espessura	3,20 m <sup>2</sup>
d) Paredes exteriores	i) Cortiça amadia cozida	250,00 m <sup>2</sup>	
	ii) Cortiça virgem planificada	315,69 m <sup>2</sup>	

**Tabela 2** CO<sub>2</sub> sequestrado por item e total

Item	Superfície (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (kg) M	Teor de Humidade (%) H	Teor de Carbono (%) C	CO <sub>2</sub> sequestrado (kg)
1 a)	55,00	11,00	1.320,0	4	64,6	2.999,4
1 b)	10,00	1,00	120,0	4	64,6	272,4
1 c)	56,00	3,36	403,2	4	64,6	916,2
1 d)	-	1,00	120,0	4	64,6	272,7
2 a)	527,50	13,19	1.319,0	4	64,6	2.997,1
2 b)	427,75	8,56	856,0	4	64,6	1.945,1
2 c) i)	440,00	44,00	3.300,0	4	64,6	7.498,5
2 c) ii)	440,00	26,40	3.168,0	4	64,6	7.198,5
3 a)	767,14	30,69	3.682,8	4	64,6	8.368,3
3 b)	140,00	5,6	672,0	4	64,6	1.527,0
4	60,00	-	302,4	7	55,1	567,8
5 a)	227,00	-	68,1	7	55,1	127,9
5 b) i)	75,35	1,51	181,2	4	64,6	411,7
5 b) ii)	85,00	2,65	306,0	4	64,6	714,8
5 c) i)	112,14	2,24	268,8	4	64,6	610,8
5 c) ii)	66,26	1,33	159,6	4	64,6	362,7
5 c) iii)	302,34	12,09	1.450,8	4	64,6	3.296,6
5 c) iv)	3,20	0,06	7,2	4	64,6	16,3
5 d) i)	250,00	-	1.757,5	7	55,1	3.299,8
5 d) ii)	315,69	-	1.423,8	7	59,6	2.891,6
Total	-	-	-	-	-	46.295,2

**CO<sub>2</sub> seq = [M - (H x M)] x C x 3,664**  
(equação 1)

Da Tabela 1 tiram-se os valores da primeira coluna para a primeira coluna da Tabela 2 e, com base na espessura definida na terceira coluna da Tabela 1, calculam-se os valores da segunda coluna da Tabela 2, e usando-se os valores dos considerandos e a equação 1 efetuam-se os cálculos que dão origem aos restantes resultados expressos na Tabela 2.

Verifica-se, assim, que o Observatório do Sobreiro e da Cortiça incorpora produtos de cortiça numa quantidade que corresponde ao sequestro de mais de 46 toneladas de CO<sub>2</sub>.

**CONCLUSÃO**

As opções dos consumidores são uma responsabilidade individual que tem consequências ao nível de toda a cadeia de exploração dos recursos. Para que o consumo seja baseado em critérios de sustentabilidade é essencial disponibilizar e fornecer informação útil. Este trabalho serve como exemplo do cálculo de alguma da informação não existente mas necessária à tomada de decisão a nível do Green Building.

Foi determinada a contribuição de uma construção, neste caso o Observatório do Sobreiro e da Cortiça, no que se refere à incorporação de produtos de cortiça, para o sequestro de carbono, correspondendo a um

valor de 46.295 kg de dióxido de carbono. Para se ter uma noção do que este valor representa, podemos fazer a seguinte equivalência: o automóvel cuja versão foi a mais comercializada em Portugal em 2014 [10] (BMW Série 1 116d Efficient Dynamics, 5 portas, 116 cv) tem uma emissão combinada de CO<sub>2</sub>, segundo o fabricante, de 99 g/km. Assim, o CO<sub>2</sub> sequestrado nos produtos de cortiça usados no Observatório do Sobreiro e da Cortiça corresponde à poluição produzida por esta viatura ao longo de uma quilometragem de 467.628 km. 

**BIBLIOGRAFIA**

[1] Couceiro da Costa, Susana, Experiências Visuais na Aplicação da Cortiça – O caso do Observatório do Sobreiro e da Cortiça (Tese de Mestrado), Lisboa, FAUTL, 2010.

[2] L. Gil, Indústria e Ambiente, 38, 10-11 (2005).

[3] L. Gil, C. Pereira, Tecnologia e Vida, 1, 12-15 (2007).

[4] L. Gil, N. Marreiros, P. Silva, Ciência & Tecnologia de Materiais, 23 (3/4), 42-43 (2011).

[5] Pereira, H., Cork Biology, Production and Uses, Ed. Elsevier, The Netherlands, 2007.

[6] Norma Portuguesa NP-67 (1989) Cortiça-Aglomerados puros expandidos em placas para isolamento térmico. Características, colheita de amostras e acondicionamento.

[7] L. Gil, Manual Técnico: Cortiça como material de construção, Ed. APCOR, St.ª Maria de Lamas, 2007.

[8] www.alliedcork.com/alliedcork/index.html?page=linoleum.html

[9] www.infopedia.pt/\$betao

[10] www.motorconsult.pt/noticias/11-noticias/3005-os-carros-mais-vendidos-em-portugal#.VPXsL01ybcc

**ENQUADRAMENTO**

Considerando o potencial tectónico do lugar (Figuras 1 e 2), nomeadamente o montado de sobreiro no concelho de Coruche e a integração num abrangente plano de desenvolvimento estratégico no âmbito do setor corticeiro, no qual também se inclui a ideia de um Parque Temático, o Observatório do Sobreiro e da Cortiça, construído entre 2007 e 2009, é um edifício [1] que, no âmbito do seu próprio nome, é destinado aos seguintes objetivos:

- › Apoiar, proteger e promover a investigação de cariz industrial;
- › Promover a utilização da cortiça e respetivos subprodutos, considerando os pontos de vista educacional, cultural, científico e técnico (incluindo a realização de seminários e congressos);
- › Criar e acolher um centro de dados/mediateca temática;
- › Organizar exposições colecionando artefactos, instrumentos, fotografias, livros.

Em traços largos, o programa funcional, distribuído por dois pisos e uma cave (Figuras 3 e 4), estabeleceu a necessidade de

zonas preferencialmente destinadas à comunicação/divulgação (piso 0: receção, exposições, anfiteatro, bar, administração e IS), ao estudo/investigação (piso 1: centro de dados/mediateca, laboratórios, sala de aulas e oficinas) e a um armazenamento geral (cave), entre si articulados por espaços híbridos de circulação/exposição.

Mais que um simples edifício, o projeto vencedor do concurso de conceção da autoria

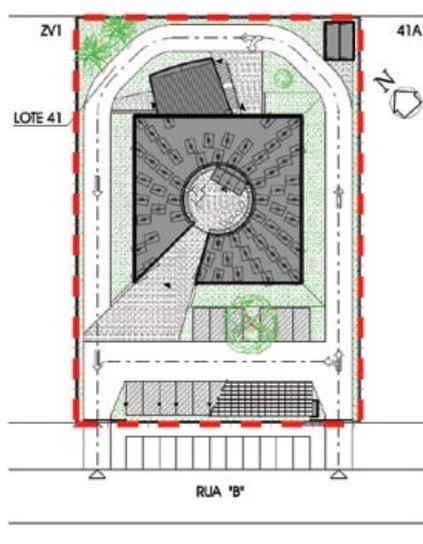


Figura 2 Planta de implantação

da Arquétipo Atelier Lda. (Arquitetos – Manuel Couceiro & Susana Couceiro) propôs, no contexto dos respetivos objetivos, que o próprio edifício fosse um exemplo construído do uso da cortiça como paradigma da Arquitetura, formalmente organizado de modo a atrair os visitantes através de um grande “abraço” (Figuras 5 e 6), exponenciando assim o potencial de utilização daquele material e suas inerentes mais-valias na construção, assim como o impacto da respetiva divulgação.

Para tal, e para além do tradicional uso dos derivados da cortiça (isolamentos, revestimentos interiores...), a aposta foi feita através de opções originais, nomeadamente pelo apelo à exploração sensorial, sobretudo visual, da cortiça natural e pela proposta de novas soluções técnicas de cariz ecológico, implicitamente contribuindo para a sustentabilidade ambiental e dos ecossistemas e induzindo novos caminhos quanto à investigação científica da cortiça aplicada à construção.

Tais opções consubstanciam-se numa série de itens/situações de utilização, englobando o uso do aglomerado expandido (ou negro) de cortiça nos acabamentos/revestimentos

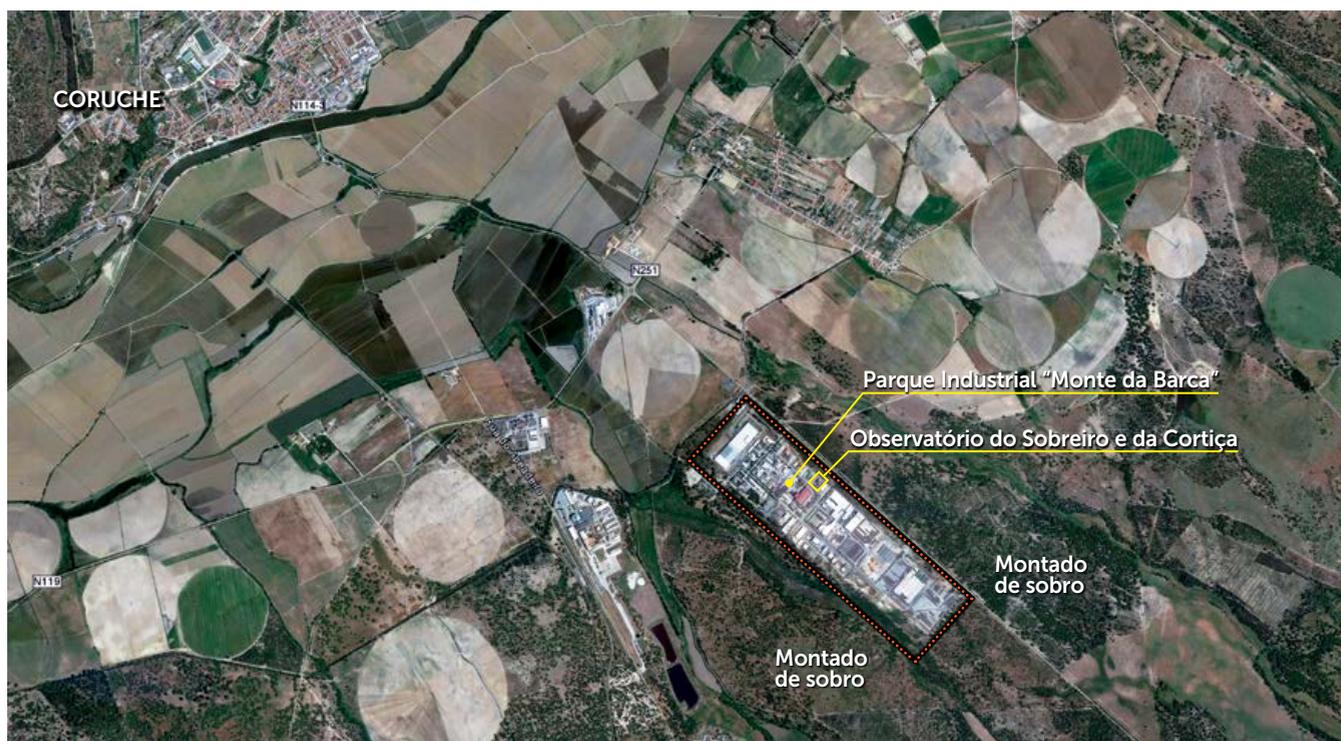
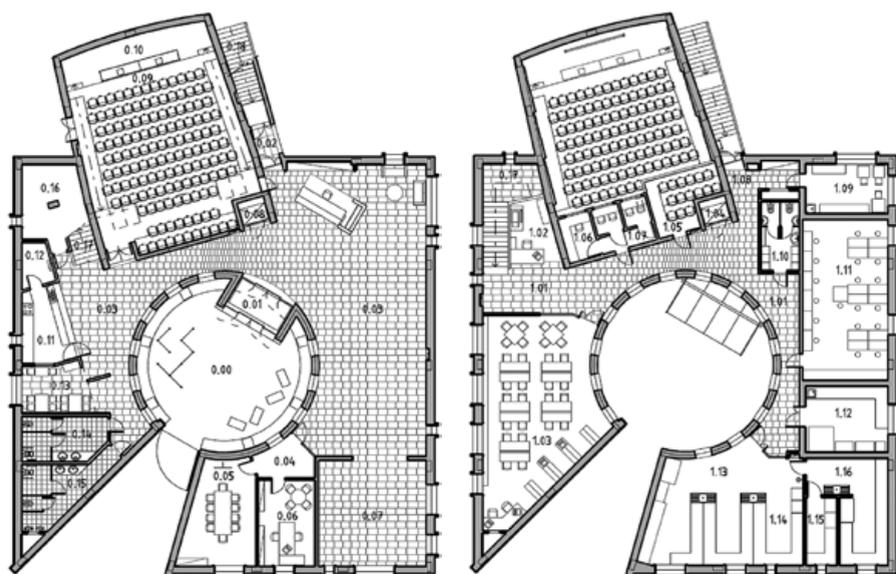


Figura 1 Planta de localização



- 0.00 Pátio
- 0.01 Entrada principal
- 0.02 Saída de emergência / Acesso de serviços
- 0.03 Espaço multiusos (Foyer / Recepção / Exposições / Circulação)
- 0.04 Área administrativa / Lobby
- 0.05 Área administrativa / Sala de reuniões
- 0.06 Área administrativa / Gabinete
- 0.07 Exposições
- 0.08 Elevador
- 0.09 Auditório
- 0.10 Auditório / Palco
- 0.11 Bar
- 0.12 Bar / Arrumos
- 0.13 Cafeteria
- 0.14 I.S. Senhoras
- 0.15 I.S. Homens
- 0.16 Arrumos
- 0.17 Escada principal
- 0.18 Escadas

- 1.01 Foyer / Exposições / Circulação
- 1.02 Secretariado
- 1.03 Centro de dados / Mediateca
- 1.04 Elevador
- 1.05 Auditório / Balcão
- 1.06 Zona técnica
- 1.07 Espaços para tradução simultânea
- 1.08 Saída de emergência / Acesso de serviços
- 1.09 Oficina
- 1.10 I.S. e vestiários
- 1.11 Sala de aula (computadores)
- 1.12 Laboratório / Ensaios físicos e mecânicos
- 1.13 Laboratório / Química
- 1.14 Laboratório / Zona de lavagem
- 1.15 Laboratório / Balanças
- 1.16 Laboratório / Microscopia, Microbiologia e Análise de Imagens

Figura 3 Planta / piso 0

Figura 4 Planta / piso 1

exteriores e interiores (paredes e tetos), do aglomerado expandido como isolamento não visível (acústico, térmico e anti-vibrátil), do regranulado expandido de cortiça na betonilha dos pavimentos, da cortiça incorporada nos pavimentos de linóleo, da cor-

tiça natural (virgem e amadia) como revestimento de fachada e das “rabanadas brocadas” em vãos interiores (efeito tipo biombo). Destas situações destacamos, pelo carácter inovador e forte impacto visual:

- › A cortiça natural (virgem e amadia) no

revestimento exterior (Figuras 7 a 10), contribuindo para o entendimento do edifício como uma metáfora do próprio sobreiro (contraste entre dois tipos de cortiça), aplicada sobre uma subestrutura metálica e assim constituindo uma inovadora fachada ventilada, abrindo portas a novos estudos sobre os efeitos térmicos de um isolamento como camada exterior de revestimento;

- › As “rabanadas brocadas” (ou aparas de broca), também elas de cortiça natural, proporcionando um efeito de transparência entre os espaços (Figuras 11 a 14);
- › O aglomerado expandido de cortiça, aplicado nas paredes e tetos do auditório, como material de correção acústica, mas exibindo também uma organização em relevo e onde foram diretamente feitas pinturas decorativas (técnica pioneira de “fresco” sobre cortiça) (Figuras 15 e 16).

O Observatório do Sobreiro e da Cortiça pode, assim, assumir-se como um protótipo, modelo apropriado para uma investigação científica, dele emergindo, com naturalidade, um projeto designado por “i\_Cork / Cork, Architecture, Design and Innovation”, que tem sido desenvolvido de forma parcelar e cujos objetivos são:

- › O estudo integrado, considerando os aspetos científicos, técnicos e artísticos, da aplicação da cortiça e seus derivados na construção, em especial como revestimento de fachadas;
- › Aumentar o potencial empírico dessa aplicação para níveis científicos e industriais;
- › Cálculo do sequestro de carbono inerente a esse tipo de utilização;



Figuras 5 e 6 Vistas exteriores do edifício do Observatório do Sobreiro e da Cortiça

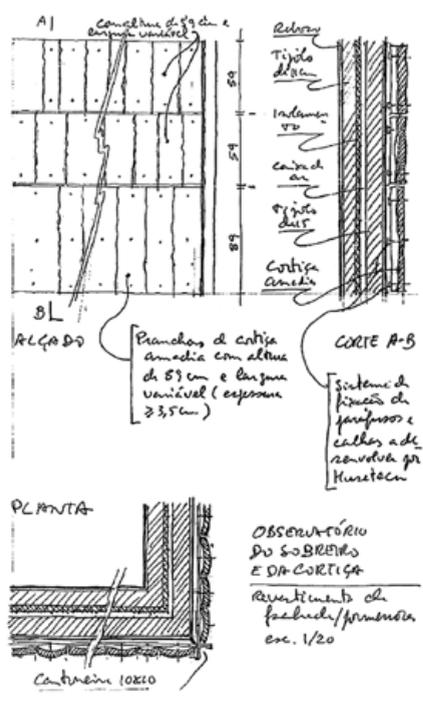


Figura 7 Fachada ventilada / esboços



Figura 8 Fachada ventilada / construção

- › Caracterizar os produtos da cortiça, atendendo aos efeitos da respetiva utilização, nomeadamente considerando o envelhecimento, seleccionando uma série de correspondentes indicadores;
- › Explorar os efeitos sensoriais, visual e outros, da cortiça e seus derivados, como material de revestimento das fachadas;
- › Contribuir para o desenvolvimento industrial das possíveis técnicas/soluções emergentes.

A presente comunicação enquadra-se nestes objetivos e, assumindo o sequestro de carbono como uma faceta maior da sustenta-

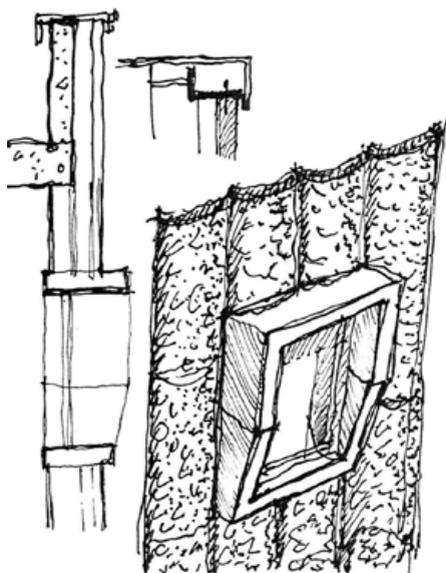


Figura 9 Fachada ventilada / Estereotomia, texturas e cores (azul Coruche) – pormenores



Figura 10 Fachada ventilada / Estereotomia, texturas e cores (azul Coruche)

bilidade ambiental, propõe-se, através do exemplo do Observatório do Sobreiro e da Cortiça, apresentar um conjunto de medições e cálculos, resultantes de todas as aplicações da cortiça e seus derivados nos edifícios, daí retirando as consequentes ilações.

### CÁLCULO DO SEQUESTRO DE CARBONO

Como qualquer planta, o sobreiro, através da fotossíntese, sequestra o carbono na matéria vegetal que produz, entre a qual a cortiça, que com a extração periódica, ao longo da vida, é o principal componente. A base de cálculo assenta na relação e quantidades dos materiais utilizados, cortiça e derivados, caracterizados e correlacionados com o respetivo mapa de quantidades,





Figura 11 "Rabanadas brocadas" e rolhas



Figura 12 Painel de "Rabanadas brocadas" - montagem



Figura 13 Painel de "Rabanadas brocadas" - transparência



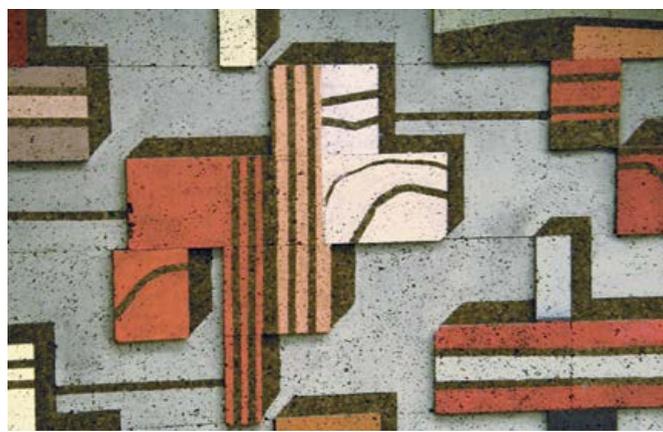
Figura 14 Painel e porta de "Rabanadas brocadas" - entrada do laboratório

definido no projeto do Observatório do Sobreiro e da Cortiça, o que se apresenta na Tabela 1.

De acordo com a bibliografia temos os seguintes considerando para cálculo:

- › Teor de carbono médio da cortiça amadia (C) = 55,1% em peso [2, 3];
- › Teor de carbono médio da cortiça virgem (C) = 59,6% em peso [2, 3];
- › Teor de carbono médio do aglomerado expandido de cortiça (C) = 64,6% em peso [4];
- › Teor de humidade da cortiça (amadia e virgem) (H) = 7% em peso [5];
- › Teor de humidade do aglomerado expandido de cortiça (H) = 4% em peso [6];
- › Relação mássica  $CO_2/C = 3,664$  [2, 3, 4];
- › Massa volúmica<sup>1</sup> do aglomerado expandido de cortiça =  $120 \text{ kg/m}^3$ ;
- › Teor<sup>2</sup> de cortiça no linóleo = 10% em peso;
- › Teor<sup>3</sup> de regranulado negro na betonilha =  $100 \text{ kg/m}^3$ ;
- › Cortiça amadia =  $7,03 \text{ kg/m}^2$  (determinado experimentalmente com base numa amostra);
- › Cortiça virgem planificada =  $4,51 \text{ kg/m}^2$  (determinado experimentalmente com base numa amostra);
- › Massa volúmica aparente do regranulado expandido de cortiça =  $75 \text{ kg/m}^3$  [7];
- › Linóleo =  $3 \text{ kg/m}^2$  (dados do fabricante);
- › Aparas brocadas =  $5,93 \text{ kg/m}^2$  (determinado experimentalmente com base numa amostra) (índice de ocupação = 0,85).

O cálculo do  $CO_2$  sequestrado é efetuado de acordo com a equação seguinte:



Figuras 15 e 16 Aglomerado expandido de cortiça, aplicado nas paredes e tetos do auditório (correção acústica e decoração)

1 Valor correntemente usado como referência.

2 Com base em [8] que indica que a composição do linóleo tem 40% em peso de ligantes e 60% em peso de cargas.

3 De [7] sabe-se que um betão leve (1 vol cimento: 2 vol areia: 6 vol regranulado) tem uma massa volúmica de  $900 \text{ kg/m}^3$  e de [9] sabe-se que um betão corrente tem em média  $2400 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 1 \text{ m}^3$  de betonilha (900 kg) tem  $0,333 \text{ m}^3$  de betão ( $2400 \text{ kg/m}^3$ ) = 800 kg e  $0,666 \text{ m}^3$  de regranulado = 100 kg.

**Tabela 1** Observatório do Sobreiro e da Cortiça – Mapa de quantidades da cortiça e seus derivados

Item de construção	Local	Descrição	Quantidade
1 Arranjos exteriores	a) Casa do gerador	Blocos de aglomerado expandido de cortiça com 20 cm de espessura	55,00 m <sup>2</sup>
	b) Casa do gás	Blocos de aglomerado expandido de cortiça com 10 cm de espessura	10,00 m <sup>2</sup>
	c) Cobertura do estacionamento	Placas de aglomerado expandido de cortiça com 6 cm de espessura	56,00 m <sup>2</sup>
	d) Bancos de jardim	Blocos de aglomerado expandido de cortiça com 0,5 m x 0,5 m x 1,0 m	4 unidades
2 Regularização de pisos (isolamentos)	a) Rés-do-chão	Betonilha de betão com regranulado de cortiça expandida com 2,5 cm de espessura	527,50 m <sup>2</sup>
	b) 1.º andar	Betonilha de betão com regranulado de cortiça expandida com 2 cm de espessura	427,75 m <sup>2</sup>
	c) Terraços	i) Regranulado expandido de cortiça com 10 cm de espessura média + ii) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 6 cm de espessura	440,00 m <sup>2</sup>
3 Alvenarias (isolamentos)	a) Exterior	Placas de aglomerado expandido de cortiça com 4 cm de espessura	767,14 m <sup>2</sup>
	b) Interior	Placas de aglomerado expandido de cortiça com 4 cm de espessura	140,00 m <sup>2</sup>
4 Carpintarias interiores	Portas/divisórias	Rabanasdas brocadas	60,00 m <sup>2</sup>
5 Revestimentos	a) Pavimento	Linóleo XF Venetto com 2,5 mm de espessura	227,00 m <sup>2</sup>
	b) Paredes de auditórios	i) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 2 cm de espessura	75,35 m <sup>2</sup>
		ii) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 3 cm de espessura	85,00 m <sup>2</sup>
	c) Tetos	i) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 2 cm de espessura	112,14 m <sup>2</sup>
		ii) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 2 cm de espessura	66,26 m <sup>2</sup>
		iii) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 4 cm de espessura	302,34 m <sup>2</sup>
		iv) Placas de aglomerado expandido de cortiça com 2 cm de espessura	3,20 m <sup>2</sup>
d) Paredes exteriores	i) Cortiça amadia cozida	250,00 m <sup>2</sup>	
	ii) Cortiça virgem planificada	315,69 m <sup>2</sup>	

**Tabela 2** CO<sub>2</sub> sequestrado por item e total

Item	Superfície (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (kg) M	Teor de Humidade (%) H	Teor de Carbono (%) C	CO <sub>2</sub> sequestrado (kg)
1 a)	55,00	11,00	1.320,0	4	64,6	2.999,4
1 b)	10,00	1,00	120,0	4	64,6	272,4
1 c)	56,00	3,36	403,2	4	64,6	916,2
1 d)	-	1,00	120,0	4	64,6	272,7
2 a)	527,50	13,19	1.319,0	4	64,6	2.997,1
2 b)	427,75	8,56	856,0	4	64,6	1.945,1
2 c) i)	440,00	44,00	3.300,0	4	64,6	7.498,5
2 c) ii)	440,00	26,40	3.168,0	4	64,6	7.198,5
3 a)	767,14	30,69	3.682,8	4	64,6	8.368,3
3 b)	140,00	5,6	672,0	4	64,6	1.527,0
4	60,00	-	302,4	7	55,1	567,8
5 a)	227,00	-	68,1	7	55,1	127,9
5 b) i)	75,35	1,51	181,2	4	64,6	411,7
5 b) ii)	85,00	2,65	306,0	4	64,6	714,8
5 c) i)	112,14	2,24	268,8	4	64,6	610,8
5 c) ii)	66,26	1,33	159,6	4	64,6	362,7
5 c) iii)	302,34	12,09	1.450,8	4	64,6	3.296,6
5 c) iv)	3,20	0,06	7,2	4	64,6	16,3
5 d) i)	250,00	-	1.757,5	7	55,1	3.299,8
5 d) ii)	315,69	-	1.423,8	7	59,6	2.891,6
Total	-	-	-	-	-	46.295,2

**CO<sub>2</sub> seq = [M - (H x M)] x C x 3,664**  
(equação 1)

Da Tabela 1 tiram-se os valores da primeira coluna para a primeira coluna da Tabela 2 e, com base na espessura definida na terceira coluna da Tabela 1, calculam-se os valores da segunda coluna da Tabela 2, e usando-se os valores dos considerandos e a equação 1 efetuam-se os cálculos que dão origem aos restantes resultados expressos na Tabela 2.

Verifica-se, assim, que o Observatório do Sobreiro e da Cortiça incorpora produtos de cortiça numa quantidade que corresponde ao sequestro de mais de 46 toneladas de CO<sub>2</sub>.

**CONCLUSÃO**

As opções dos consumidores são uma responsabilidade individual que tem consequências ao nível de toda a cadeia de exploração dos recursos. Para que o consumo seja baseado em critérios de sustentabilidade é essencial disponibilizar e fornecer informação útil. Este trabalho serve como exemplo do cálculo de alguma da informação não existente mas necessária à tomada de decisão a nível do Green Building.

Foi determinada a contribuição de uma construção, neste caso o Observatório do Sobreiro e da Cortiça, no que se refere à incorporação de produtos de cortiça, para o sequestro de carbono, correspondendo a um

valor de 46.295 kg de dióxido de carbono. Para se ter uma noção do que este valor representa, podemos fazer a seguinte equivalência: o automóvel cuja versão foi a mais comercializada em Portugal em 2014 [10] (BMW Série 1 116d Efficient Dynamics, 5 portas, 116 cv) tem uma emissão combinada de CO<sub>2</sub>, segundo o fabricante, de 99 g/km. Assim, o CO<sub>2</sub> sequestrado nos produtos de cortiça usados no Observatório do Sobreiro e da Cortiça corresponde à poluição produzida por esta viatura ao longo de uma quilometragem de 467.628 km. 

**BIBLIOGRAFIA**

[1] Couceiro da Costa, Susana, Experiências Visuais na Aplicação da Cortiça – O caso do Observatório do Sobreiro e da Cortiça (Tese de Mestrado), Lisboa, FAUTL, 2010.

[2] L. Gil, Indústria e Ambiente, 38, 10-11 (2005).

[3] L. Gil, C. Pereira, Tecnologia e Vida, 1, 12-15 (2007).

[4] L. Gil, N. Marreiros, P. Silva, Ciência & Tecnologia de Materiais, 23 (3/4), 42-43 (2011).

[5] Pereira, H., Cork Biology, Production and Uses, Ed. Elsevier, The Netherlands, 2007.

[6] Norma Portuguesa NP-67 (1989) Cortiça-Aglomerados puros expandidos em placas para isolamento térmico. Características, colheita de amostras e acondicionamento.

[7] L. Gil, Manual Técnico: Cortiça como material de construção, Ed. APCOR, St.ª Maria de Lamas, 2007.

[8] www.alliedcork.com/alliedcork/index.html?page=linoleum.html

[9] www.infopedia.pt/\$betao

[10] www.motorconsult.pt/noticias/11-noticias/3005-os-carros-mais-vendidos-em-portugal#.VPXsL01ybcc