

04

# ENGIUM

Engenharia e Inovação na Universidade do Minho

## ENGENHARIA DE MATERIAIS E DE PROCESSOS

*Materials and Processes  
Engineering*



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia





# ENGIUM



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

## EDITORIAL

A Escola de Engenharia da Universidade do Minho (EEUM) apresenta a 4<sup>a</sup> edição da revista ENGIUM – Engenharia e Inovação na Universidade do Minho.

A ENGIUM reúne anualmente os principais resultados das atividades dos Centros de Investigação da EEUM, constituindo um elemento fundamental de divulgação da atividade científica da Escola.

A presente edição é dedicada à temática da Engenharia de Materiais e de Processos, mostrando reais exemplos multidisciplinares da criação de soluções para problemas e desafios da sociedade atual e futura: têxteis funcionais e técnicos, tratamento e valorização de resíduos, técnicas de produção de materiais funcionalizados, criação de materiais de construção inovadores e soluções para reabilitação de edifícios, pavimentos rodoviários inovadores, criação de embalagens compostáveis para alimentos, entre muitos outros.

São apresentados cinco centros de investigação com notável atividade científica nesta área: o Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil (2C2T), o Centro de Tecnologias Mecânicas e de Materiais (CT2M), o Centro de Território, Ambiente e Construção (CTAC), o Instituto de Polímeros e Compósitos (IPC) e o Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Estruturas de Engenharia (ISISE). A investigação desenvolvida por estes centros de investigação estará em consonância com os principais objetivos do Programa Horizonte 2020, nomeadamente a conversão das descobertas científicas em produtos e serviços inovadores que melhorem a vida quotidiana das sociedades e proporcionem oportunidades de negócio, em torno dos três vetores fundamentais do programa: Excelência Científica, Liderança Industrial e Desafios Societais. O contributo dos Centros de Investigação procurará ainda integrar a Estratégia de Investigação e Inovação para a Especialização Inteligente (RIS3), como abordagem estratégica ao desenvolvimento económico, através do apoio focalizado a investigação e inovação.

*The School of Engineering of the University of Minho (EEUM) presents the 4<sup>th</sup> edition of its scientific publication ENGIUM – Engineering and Innovation at the University of Minho.*

*The ENGIUM journal annually reviews the main outputs of the Research Centre's activities at the EEUM, constituting a central element for marketing and disseminating the School's scientific activity.*

*This edition is devoted to Materials and Processes Engineering, showing real multidisciplinary examples of how research helps creating solutions for problems and challenges of the current and future society: technical and functional textiles, waste treatment and valorisation, production techniques for functionalized materials, creation of innovative building materials and solutions for building rehabilitation, innovative road pavement, creation of compostable food packaging, among many others.*

*Five Research Centres with remarkable scientific activity in this area are presented: the Centre for Textile Science and Technology (2C2T), the Centre for Mechanical and Materials Technology (CT2M), the Centre for Territory, Environment and Construction (CTAC), the Institute for Polymers and Composites (IPC) and the Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE).*

*The research carried out by these Research Centres is in line with the Horizon 2020 main goals, namely as far as converting scientific breakthroughs into innovative products and services which improve society's daily life and create business opportunities are concerned, considering the programme's priority areas: Excellent Science, Industrial Leadership and Societal Challenges. The Research Centre's contribution will also strategically fit in the Research and Innovation Strategies for Smart Specialisation (RIS3), as a strategic approach to economic development through supporting research and innovation.*

# ÍNDICE / INDEX

## 2C2T

|                                                                                            |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil<br><i>Centre for Textile Science and Technology</i>  | > 05 |
| Missão / Objetivos<br><i>Mission / Objectives</i>                                          | > 07 |
| Áreas Chave de Investigação<br><i>Key Research Areas</i>                                   | > 08 |
| Grupos de Investigação<br><i>Research Groups</i>                                           | > 13 |
| Oportunidades para Formação Avançada<br><i>Opportunities for Advanced Education</i>        | > 15 |
| Contribuições para a Estratégia Regional<br><i>Contributions for the Regional Strategy</i> | > 16 |

## CT2M

|                                                                                                         |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Centro de Tecnologias Mecânicas e de Materiais<br><i>Centre for Mechanical and Materials Technology</i> | > 17 |
| Missão / Objetivos<br><i>Mission / Objectives</i>                                                       | > 17 |
| Linhas Temáticas de Investigação<br><i>Thematic Research Strands</i>                                    | > 18 |
| Recursos / <i>Resources</i>                                                                             | > 20 |
| Alumni<br>Depoimentos / <i>Testimony</i>                                                                | > 23 |
| Artigos / <i>Papers</i>                                                                                 | > 25 |
| Formação / <i>Education Programmes</i>                                                                  | > 29 |
| Prémios / <i>Awards</i>                                                                                 | > 30 |



## CTAC

Centro de Território, Ambiente e Construção > 35  
*Centre for Territory, Environment and Construction*

Missão / Objetivos > 36  
*Mission / Objectives*

Recursos / Resources > 37

Alumni > 38  
Depoimentos / Testimony

Artigos / Papers > 40

Projetos / Projects > 46

Patentes / Patents > 51

Prémios / Awards > 53

Notícias / News > 54

Eventos / Events > 55

## IPC

Instituto de Polímeros e Compósitos > 57  
*Institute for Polymers and Composites*

Quem somos, o que fazemos > 57  
*Who we are, what we do*

Missão / Objetivos > 59  
*Mission / Objectives*

Recursos / Resources > 59

Alumni > 62  
Depoimentos / Testimony

Artigos / Papers > 64

Projetos / Projects > 73

Valorização e transferência de conhecimento > 75  
*Knowledge valorisation and transfer*

Prémios / Awards > 76

Notícias e Eventos / News and Events > 77

# ISISE

Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Estruturas de Engenharia > 79  
*Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering*

Missão / Objetivos > 81  
*Mission / Objectives*

Recursos / *Resources* > 82

Alumni > 83  
Depoimentos / *Testimony*

Artigos / *Papers* > 85

Projetos / *Projects* > 92

Patentes / *Patents* > 94

Prémios / *Awards* > 96

Notícias / *News* > 97

Eventos / *Events* > 99



## CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA TÊXTIL

[www.2c2t.uminho.pt](http://www.2c2t.uminho.pt)

O Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil (2C2T) iniciou a sua atividade em 1978, sendo a primeira unidade de Investigação & Desenvolvimento (I&D) especializada na área de Engenharia e Design de Materiais Fibrosos em Portugal.

As competências científicas do 2C2T cobrem o espectro de conhecimento requerido para apoiar a necessidade crescente de conhecimento intensivo da cadeia de valor têxtil. Assim, desde o design de produto até ao desenvolvimento de materiais, otimização de tecnologias e processos e a relação com os mercados, todas estas atividades são consideradas no âmbito do Centro.

No período 2008-2012 foram executados 113 projetos, 90% dos quais financiados por contratos no âmbito do 7º Programa Quadro ou outras fontes de financiamento e os restantes 10% pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).

Os resultados científicos mais relevantes foram disseminados em publicações com revisão por pares, designadamente 262 artigos em revista e 28 livros ou capítulos de livros, com uma taxa média de crescimento anual de aproximadamente 10%. A proteção da propriedade intelectual e o estímulo à criação de spin-offs é também considerada da máxima importância. No mesmo período, foram submetidos 32 pedidos de patente e criadas 4 spin-offs: Weadapt (desenvolvimento de vestuário inclusivo), Newtextiles (desenvolvimento de vestuário para cuidados de saúde, libertação controlada de fármacos), Ecofoot (processos de tingimento com reduzido impacto ambiental) e Ecoticket (aplicação ecológica de nanopartículas coloridas).

Relativamente à Formação Avançada, o Programa Doutoral em Engenharia Têxtil e os cursos de mestrado de 2º ciclo em Têxteis Avançados, Química Têxtil, Design e Marketing e Comunicação de Moda demonstraram uma boa atratividade por parte de estudantes estrangeiros, nomeadamente do Brasil. Durante este período, uma média anual de 20 estudantes de doutoramento frequentou o curso.

O 2C2T pretende manter-se na linha da frente da investigação e da inovação na sua área e tornar-se internacionalmente reconhecido pela excelente formação avançada, promovendo desta forma liderança a nível industrial e proporcionando soluções para as necessidades da sociedade. Como pré-requisito para alcançar esta meta, continuar-se-á a seguir um modelo dual de inovação compreendendo métodos e processos tradicionais de investigação conjuntamente com processos de design centrados no utilizador.

*The Centre for Textile Science and Technology (2C2T) started its activity in 1978, being the first Research & Development (R&D) unit in Portugal specialized in the field of Fibrous Materials Engineering and Design.*

*The scientific competences of the 2C2T cover the knowledge spectrum required to support the increasingly knowledge intensive textiles value chain. Thus, from product design to materials development, technology and processes' optimization and markets' relationship, all activities are considered within the scope of the Centre.*

*During the period 2008-2012, 113 funded projects were executed, 90% financed by contracts with Framework Programme 7 (FP7) or other financial sources and the remaining 10% by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT).*

*The most relevant scientific results were disseminated in peer-reviewed publications, namely 262 papers in journals and 28 books or book chapters, at an average growth rate of approximately 10% a year.*

*Protecting the intellectual property rights and mentoring the creation of spin-off is considered of the utmost importance. In the same period, 32 patent applications were submitted and 4 spin-offs were created: Weadapt (development of inclusive garment), Newtextiles (development of garment for health care, controlled release of drugs), Ecofoot (environmental friendly dyeing processes) and Ecoticket (ecological application of coloured nanoparticles).*

*In what concerns Advanced Education, the Doctoral Programme in Textile Engineering and the Master Programmes in High Tech Textiles, Textile Chemistry, Design and Marketing and Fashion Communication showed good attractiveness from foreign students, namely from Brazil. During this period, an average of 20 PhD students per year attended the programme.*

*The 2C2T envisages remaining at the forefront of top-quality research and innovation in its field and becoming internationally renowned for excellent advanced education, thus enabling industrial leadership and solutions for societal needs. As a prerequisite to achieve this goal, a dualistic innovation model comprising traditional research methods and processes together with user-driven design processes will continue to be implemented.*



A estratégia do 2C2T para o futuro assenta por isso em três vertentes:

- Reforçar a interação investigação-inovação para promover a criação de novos produtos de maior valor acrescentado, ajudando a indústria a tornar-se mais competitiva e sustentável;
- Reforçar a educação com uma forte base científica incorporando atitudes e abordagens inovadoras, para fornecer os recursos humanos com as competências adequadas aos novos desafios industriais;
- Reforçar o envolvimento de parceiros industriais e regionais, explorando as novas oportunidades enquadradas na Estratégia da Especialização Inteligente das Regiões e no Horizonte 2020, para promover o desenvolvimento da economia nacional e europeia.

Para implementar esta estratégia, o Centro adota uma abordagem multidisciplinar à investigação, em colaboração com centros da Universidade, de outras universidades, outros centros de investigação e empresas, cobrindo toda a cadeia de valor.

Atualmente o Centro integra 24 investigadores organizados em dois grupos de investigação, designados grupo de Engenharia de Materiais Fibrosos e grupo de Design de Produtos Fibrosos.

As atividades de investigação a desenvolver no futuro estão integradas em três áreas de I&D transversais, designadamente Materiais Nano e Multifuncionais, Processos e Tecnologias Avançadas e Sustentáveis e Design e Engenharia do Produto. Dentro de cada uma destas áreas foram definidos tópicos-chave para posicionar a investigação a desenvolver com maior rigor.

*The 2C2T's strategy for the future is therefore threefold:*

- *Reinforce the interaction research-innovation to foster the creation of new added value products, helping the industry to become more competitive and sustainable;*
- *Reinforce education with a strong research base through the incorporation of innovative attitudes and approaches, to provide human resources with the skills and competences adequate to new industrial challenges;*
- *Reinforce the involvement of industrial and regional partners exploring new opportunities addressed in the Regional Smart Specialization Priorities and in Horizon 2020 strategy, to promote the development of national and European economy.*

*To accomplish this, the Centre adopts a multidisciplinary approach, carrying out research work within the University and also in collaboration with other universities, research institutions and companies, covering the complete value chain.*

*Nowadays, the Centre involves 24 Integrated Researchers organized in two research groups, namely the Fibrous Materials Engineering group and the Fibre-based Product Design group.*

*The research activities to be developed in the future are integrated in three cross-cutting research areas, namely Nano and Multifunctional Materials, Sustainable and Advanced Processes and Technologies and Design and Product Engineering. Within each of these areas, key scientific topics were defined to more precisely position the research to be developed.*



# MISSÃO / OBJETIVOS > MISSION / OBJECTIVES

## Missão

Criar e disseminar conhecimento novo e soluções inovadoras através do desenvolvimento de investigação interdisciplinar pioneira que ajudarão a sociedade a lidar com os problemas mais relevantes e fornecerá o conhecimento de base necessário para a liderança na cadeia de valor têxtil.

## Visão

Estar na linha da frente da investigação de topo em Engenharia e Design de Materiais Fibrosos e ser reconhecido internacionalmente pela excelência da sua Formação Avançada.

## Metas / Objetivos

Com base na sua Missão e Visão, o 2C2T identificou 4 metas/objetivos para o período 2015-2020:

### a) Excelência em investigação e formação avançada

i. Contribuição para a criação de conhecimento científico e tecnológico de ponta como resultado da investigação em engenharia e design de materiais fibrosos.

### b) Melhorar o reconhecimento e posicionamento internacional

i. Aumentar os indicadores de produtividade da investigação da Unidade em publicações científicas internacionais;  
ii. Alargar as parcerias com outras instituições de investigação através de redes científicas;  
iii. Organizar seminários e conferências para disseminar os resultados de investigação.

### c) Reforçar a ligação investigação-inovação

i. Melhorar a integração das metodologias de investigação em design com a investigação em engenharia de materiais para promover inovação de produto competitiva;  
ii. Reforçar o envolvimento das empresas e dos parceiros regionais explorando novas oportunidades no âmbito das Prioridades da Especialização Inteligente das Regiões e da estratégia do Horizonte 2020;  
iii. Expandir a transferência de conhecimento e tecnologia através do estímulo à criação de spin-offs e da parceria industrial para explorar os resultados da investigação em fase de prova de conceito e de protótipos laboratoriais.

### d) Expandir parcerias e alianças estratégicas para apoiar a investigação e formação

i. Promover a formação de clusters para aumentar ou expandir a interação entre Unidades de investigação e aumentar a massa crítica;  
ii. Desenvolver programas internacionais conjuntos de formação avançada;  
iii. Alargar as parcerias de investigação com a indústria.

## Mission

*To create and disseminate new knowledge and innovative solutions by conducting ground-breaking interdisciplinary research which help society tackling the biggest and most pressing problems and provide a knowledge base for industrial leadership in the textiles value-chain.*

## Vision

*To be at the forefront of top-quality research in Fibre-Based Materials Engineering and Design and to be internationally renowned for excellent Advanced Education.*

## Goals / Objectives

*Based on its Mission and Vision, the 2C2T identified 4 strategic goals/objectives for the period 2015-2020:*

### a) Excellence in research and advanced education

*i. Further contribution to the creation of front-edge scientific and technological knowledge resulting from fibrous materials engineering and design research.*

### b) Improve international awareness and positioning

*i. Increase the Centre's productivity indicators in international journal publications;  
ii. Enlarge partnerships with other research institutions through scientific networks;  
iii. Organize seminars and conferences to disseminate research results.*

### c) Strengthen the link research- innovation

*i. Further integration of design research methodologies with materials engineering research to promote competitive product innovation;  
ii. Reinforce the involvement of industrial and regional partners exploring new opportunities addressed in the Regional Smart Specialization Priorities and in Horizon 2020 strategy;  
iii. Expand knowledge and technology transfer through spin-off mentoring and industry partnerships, to exploit research results at a maturity stage of proof-of-concept and lab prototype.*

### d) Expand strategic partnerships and alliances to support research and training

*i. Promote cluster formation to increase and expand cross-fertilization among research Units to further increase critical mass;  
ii. Develop international joint post-graduate programmes;  
iii. Broaden research partnerships with industry.*

## ÁREAS CHAVE DE INVESTIGAÇÃO > KEY RESEARCH AREAS

A área da Engenharia e Design de Materiais Fibrosos é *per se* multidisciplinar. Foram identificadas três áreas transversais como estratégicas para a evolução do 2C2T que permitirão a criação do conhecimento e inovação requeridas para manter a liderança industrial europeia:

- Materiais Nano e Multifuncionais;
- Processos e Tecnologias Sustentáveis e Avançados;
- Design e Engenharia do Produto.

A seleção destas três áreas assenta nas seguintes razões:

- Coerência com as forças da investigação atual;
- Concordância com a estratégia Horizonte 2020 e com as Prioridades da Especialização Inteligente das Regiões do Norte de Portugal;
- Impacto na competitividade das indústrias pelo uso de novos materiais e processos que permitirão a criação de produtos inovadores ou evidenciar as propriedades multifuncionais já existentes;
- Potenciar a expansão transsetorial de produtos inovadores de alto valor acrescentado e de processos de fabricação desenvolvidos, através do envolvimento de tecnologias de ponta.

*The field of Fibre-Based Materials Engineering and Design is per se multidisciplinary. Three cross-cutting research areas were identified as strategic for the evolution of the 2C2T, which will allow generating the knowledge and innovation required to maintain European industrial leadership:*

- Nano and Multifunctional Materials;*
- Sustainable and Advanced Processes and Technologies;*
- Design and Product Engineering.*

*Underpinning the selection of these areas are the following reasons:*

- Coherence with the current research strengths;*
- Compliance with Horizon 2020 strategy and with the Portuguese Northern Region Smart Specialization Priorities;*
- Impact on industries' competitiveness by the use of new materials and processes that can allow creating novel products or enhancing functional properties of existing products;*
- Potential cross-sectorial expansion of the innovative high-added value products and manufacturing processes developed, through engagement in cutting edge technologies.*





## MATERIAIS NANO E MULTIFUNCIONAIS

O objetivo da área de investigação em Materiais Nano e Multifuncionais é o desenvolvimento de produtos fibrosos de alto valor acrescentado para o setor têxtil e outros setores não tradicionais. São desenvolvidos materiais com novas e múltiplas funcionalidades e desempenho melhorado, levando à criação de produtos mais competitivos.

Os principais tópicos de investigação são:

1. Materiais baseados em fibras para uso técnico ou industrial, de alto valor acrescentado e elevado desempenho, com segurança e funcionalidade melhoradas, considerando aspetos como a sustentabilidade e reciclagem;
2. Integração de materiais inteligentes em têxteis para desenvolver sensores baseados em fibras adaptados a diferentes aplicações, sensores químicos e bioquímicos e compósitos multi-camada ou sandwich sensorizados;
3. Novas nanocápsulas, nanomembranas e nanoacabamentos que podem ser utilizados para libertação controlada de ingredientes ativos, usando a tecnologia da encapsulamento e desenvolvimento de novos mecanismos de libertação das substâncias requeridas;
4. Micro e nano funcionalização de superfícies usando processos de acabamento sustentáveis, nomeadamente plasmático, enzimático e de nano funcionalização.

## NANO AND MULTIFUNCTIONAL MATERIALS

*The aim of the Nano and Multifunctional Materials research area is the development of high added-value fibre-based products for the textile and non-traditional sectors. Engineered materials with novel and multiple functionalities and improved performance are developed, leading to more competitive products.*

*The main research topics are:*

1. *Engineering fibre-based materials for technical and industrial use, high-value, high-performance textiles, with improved safety and functionality, taking into account issues such as sustainability and recycling;*
2. *Integration of smart materials into textiles to develop fibre based sensors tailored for different applications, chemical and biochemical sensors and sensorised multi-scale and sandwich reinforced composites;*
3. *Novel nanocapsules, nanomembranes and nanofinishings which can be applied in targeted delivery of active ingredients using encapsulation technologies and development of novel mechanisms for the release of the required substances;*
4. *Micro and nano functionalization of surfaces using sustainable finishing processes, namely plasma, enzymatic and nano functionalization.*



|                                    |                                                                         |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Nano and Multifunctional Materials | <b>Engineered fibre-based materials for non-clothing applications</b>   |
|                                    | Textile-based microfluidic systems                                      |
|                                    | Fully recyclable fibre-reinforced composites                            |
|                                    | Auxetic fibrous structures                                              |
|                                    | <b>Integration of smart materials into textiles</b>                     |
|                                    | Shape Memory textiles                                                   |
|                                    | Fully textile-embedded sensors for physiological monitoring systems     |
|                                    | Wearable solutions for user health and performance remote monitoring    |
|                                    | <b>Novel nanocapsules, nanomembranes and nanofinishings</b>             |
|                                    | Antibacterial electrospun enzymatic synthesized membranes               |
|                                    | Microencapsulation of essential oils in chitosan                        |
|                                    | <b>Micro and nano surfaces functionalization</b>                        |
|                                    | Functionalization of membranes with photo catalytic materials           |
|                                    | Functionalization of textiles by cross-linking and grafting reactions   |
|                                    | Nanoparticles deposition on plasma-activated fibrous substrates         |
|                                    | Enzymes and nanoparticles immobilization in polyelectrolyte multilayers |

Tabela 1: Tópicos e atividades chave no âmbito da área de investigação Materiais Nano e Multifuncionais

Table 1: Key topics and activities within the Nano and Multifunctional Materials research area

PROCESSOS E TECNOLOGIAS AVANÇADAS E SUSTENTÁVEIS

A indústria do futuro requererá um grande nível de flexibilidade para se adaptar às mudanças muito rápidas de produto. Esta realidade requer tecnologias de produção adaptáveis, reconfiguráveis e multifuncionais. Além disso, os processos têm que ser energeticamente eficientes e amigos do ambiente para serem sustentáveis. No âmbito desta área de investigação são desenvolvidos novos processos de produção de biomateriais, produção mais flexível e inteligente e processos mais sustentáveis, resultando em processos e tecnologias mais inovadores.

Os principais tópicos de investigação são:

1. Desenvolvimento de sistemas adaptativos para controlo de processo flexível e inteligente, nomeadamente equipamentos para controlo e monitorização em tempo real;
2. Reciclagem de compósitos e subprodutos, nomeadamente modificação de membranas para tratamento de efluentes;
3. Desenvolvimento de processos e tecnologias verdes, nomeadamente através do conhecimento da química dos corantes e adsorção e do desenvolvimento de fibras com base em polímeros biodegradáveis para reduzir o impacto ambiental;
4. Processos de produção de biomateriais, nomeadamente biopolímeros por *electrospinning*.

SUSTAINABLE AND ADVANCED PROCESSES AND TECHNOLOGIES

Manufacture of the future will require a high level of flexibility to adapt to products change very quickly. This demands adaptive, reconfigurable and multi-functional manufacturing technologies. Moreover, processes must be energy efficient and environmental friendly in order to be sustainable. In the framework of this research area, new biomaterials manufacturing processes, more flexible and intelligent manufacturing and more sustainable processes are developed, resulting in more innovative processes and technologies.

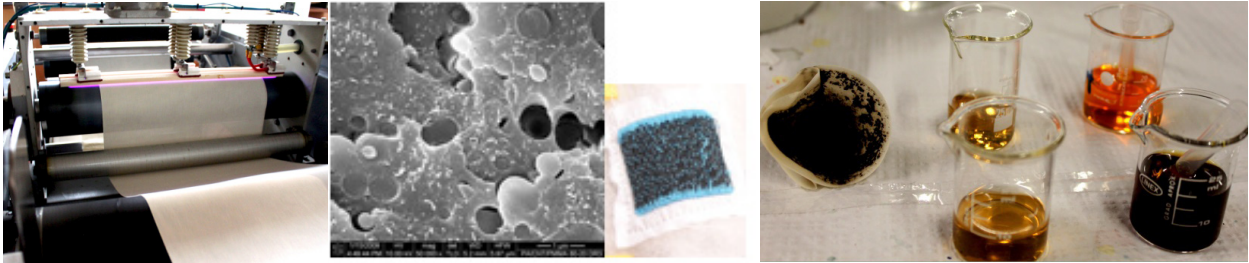
The main research topics are:

1. Development of adaptive systems for flexible and intelligent process control, namely devices for monitoring and real-time control of processes;
2. Recycling of composites and by-products, namely modification of membranes for wastewater treatments;
3. Development of green processes and technologies, namely through knowledge in dye chemistry and adsorption and development of biodegradable polymers for fibre production to reduce environmental impact;
4. Biomaterials manufacturing processes, namely biopolymers *electrospinning*.



|                                                     |                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sustainable and Advanced Processes and Technologies | <b>Adaptive Systems</b>                                                                            |
|                                                     | Design and integration of self-adjustable feeding and yarn tensioning systems in textile processes |
|                                                     | <b>Recycling of composites and by-products</b>                                                     |
|                                                     | Plasma technology for effluent recycling                                                           |
|                                                     | Membrane applications for by-product recovery and wastewater treatment                             |
|                                                     | <b>Green processes and technologies</b>                                                            |
|                                                     | Encapsulation strategies based on cyclodextrins for textile wet processes                          |
|                                                     | Coloured nanoparticles for ecological dyeing                                                       |
|                                                     | Ion Jelly on silk for solid electrolytes and thin film batteries                                   |
|                                                     | <b>Biomaterials manufacturing processes</b>                                                        |
|                                                     | Novel hydrogels based on natural polymers for selective release of active compounds                |

Tabela 2: Tópicos e atividades chave no âmbito da área de investigação Processos e Tecnologias Avançadas e Sustentáveis  
*Table 2: Key topics and activities within the Sustainable and Advanced Processes and Technologies research area*



DESIGN E ENGENHARIA DO PRODUTO

Esta área de investigação foca-se no design total de produtos inovadores baseados em fibras, orientado para a interface produto/utilizador e direcionado para o mercado. São desenvolvidos conhecimentos relacionados com tecnologias de design de produto, análise de mercado e comunicação de produtos, que conduzam a produtos inovadores de maior valor acrescentado.

Os principais tópicos de investigação são:

- 1. Desenvolvimento de soluções baseadas em desperdícios/ subprodutos de processo ou numa abordagem biomimética;
- 2. Desenvolvimento de estratégias de design total do produto, incluindo *marketing* e *branding* para potenciar valor;
- 3. Design de interfaces utilizador/produtos, nomeadamente de superfícies para estruturas bi ou tridimensionais, baseadas em fibras, através de análise sensorial, modelação e simulação;
- 4. Desenvolvimento de metodologias de design e de inovação para personalização, nomeadamente para produtos inclusivos e sustentáveis.

DESIGN AND PRODUCT ENGINEERING

*This research area is focused on the total design of innovative fibre-based product oriented to the interface product/user and targeted to market. Knowledge related to product design technologies, market analysis and product communication is developed, leading to innovative high added value products.*

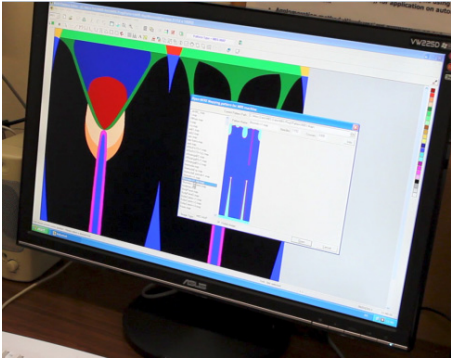
*The main research topics are:*

- 1. Development of solutions based on waste/process by-product materials or biomimetic approaches;*
- 2. Development of total product design strategies including marketing and branding to promote higher added value to the products;*
- 3. Design of end-user/product interfaces namely of surfaces for bi and three dimensional fibre based structures applying sensory analysis, modelling and simulation;*
- 4. Development of design and innovation methodologies for customization, namely for sustainable and inclusive products.*

|                                |                                                                                                                         |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Design and Product Engineering | <b>Solutions based on waste/process by-product materials and biomimetics</b>                                            |
|                                | Biodegradable braided composite structures                                                                              |
|                                | <b>Complete product design</b>                                                                                          |
|                                | Emotional Engineering for product design process                                                                        |
|                                | Modeling and predicting products' performance behaviour                                                                 |
|                                | <b>End-user product interface</b>                                                                                       |
|                                | Participatory research in industrial products design                                                                    |
|                                | <b>Design and Innovation methodologies for sustainable and inclusive products</b>                                       |
|                                | Thermophysiological and Psychophysical evaluation of sensorial and emotional perceptions as a tool for inclusive design |

Tabela 3: Tópicos e atividades chave no âmbito da área de investigação Design e Engenharia de Produto

Table 3: Key topics and activities within the Design and Product Engineering research area



## GRUPOS DE INVESTIGAÇÃO > RESEARCH GROUPS

Atualmente o Centro compreende 24 Investigadores Integrados, divididos em dois grupos, nomeadamente o grupo de Engenharia de Materiais Fibrosos e o grupo de Design de Produtos Fibrosos.

### ENGENHARIA DE MATERIAIS FIBROSOS

Este grupo integra investigadores com conhecimento e competências em engenharia têxtil e de produção, designadamente nas áreas dos processos de fabricação, desenvolvimento de materiais e processamento, química, física e farmácia.

A produção de materiais fibrosos inteligentes e multifuncionais inovadores é de grande importância para as indústrias europeias e um instrumento fundamental para que o crescimento económico e a criação de emprego sejam sustentáveis no longo prazo.

O grupo foca-se na criação e transferência de conhecimento em materiais fibrosos e processos de fabricação e sua aplicação em múltiplas áreas.

O seu principal objetivo científico é gerar conhecimento relacionado com materiais inovadores que resultem em produtos fibrosos funcionais e/ou multifuncionais de alto valor acrescentado e sustentáveis, como parte de um processo de engenharia e design de produtos que incorpora conhecimento das ciências e tecnologias têxteis orientado ao desenvolvimento de processos e produtos funcionais ecológicos.

### DESIGN DE PRODUTOS FIBROSOS

Este grupo de investigação integra investigadores com um sólido conhecimento em design e engenharia têxtil, incluindo tendências de moda, modelação, design de produto, *marketing* e *branding*.

*Creative thinking* e *creative problem solving* são fatores-chave para acrescentar mais valor e tirar partido da investigação orientada pela tecnologia, promovendo desta forma a inovação e a competitividade, em particular das indústrias têxteis orientadas para produtos de moda ou produtos de elevada qualidade.

O grupo foca-se no design total de produtos fibrosos inovadores, integrados em estratégias de *marketing* e considerando a interface produto-utilizador, visando a satisfação do utilizador.

O principal objetivo científico do grupo é desenvolver conhecimento relativo a metodologias de design de produtos, análise de mercados e comunicação de produto a diferentes níveis visuais (padrões, cor) e tácteis.

*Presently, the Centre involves 24 Integrated Researchers organized in two research groups, namely the Fibrous Materials Engineering group and the Fibre-based Product Design group.*

### FIBROUS MATERIALS ENGINEERING

*This research group includes researchers with competences in textile and production engineering, namely in manufacturing processes, materials and processes development, chemistry, physics and pharmacy.*

*Smart, multifunctional fibrous materials innovation and manufacturing are of paramount importance for European industries and instrumental in the generation of long-term economic growth and jobs.*

*The group is focused on the creation and transference of knowledge concerning fibrous materials and manufacturing processes and its application in multiple fields.*

*The general scientific objective of the group is to develop knowledge related to innovative materials resulting in fibrous products with functional and multifunctional abilities, with high added value and sustainable, as part of a global process of fibre based products design and engineering, incorporating fundamental knowledge in textile related sciences and industrial applications, working towards the development of environmentally friendly processes and functional products.*

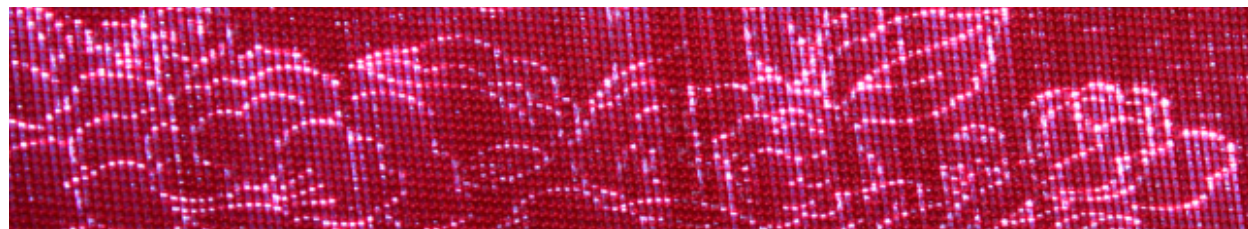
### FIBRE-BASED PRODUCT DESIGN

*This research group includes researchers with a strong knowledge of textile design and engineering, including fashion tendencies, modelling, product design, marketing and branding.*

*Creative thinking and creative problem solving are key drivers to impart more added value and take advantage of technology driven research, thus promoting innovation and industrial competitiveness, particularly for the textile industries oriented towards fashion and high-end products.*

*The group is focused on the total design of innovative fibre-based products integrated in marketing strategies and considering the interface product user, aiming at user's satisfaction.*

*The general scientific objective of the group is to develop knowledge related to material and product design methodologies, market analysis and product communication at different visual (colour, patterns) and tactile levels.*



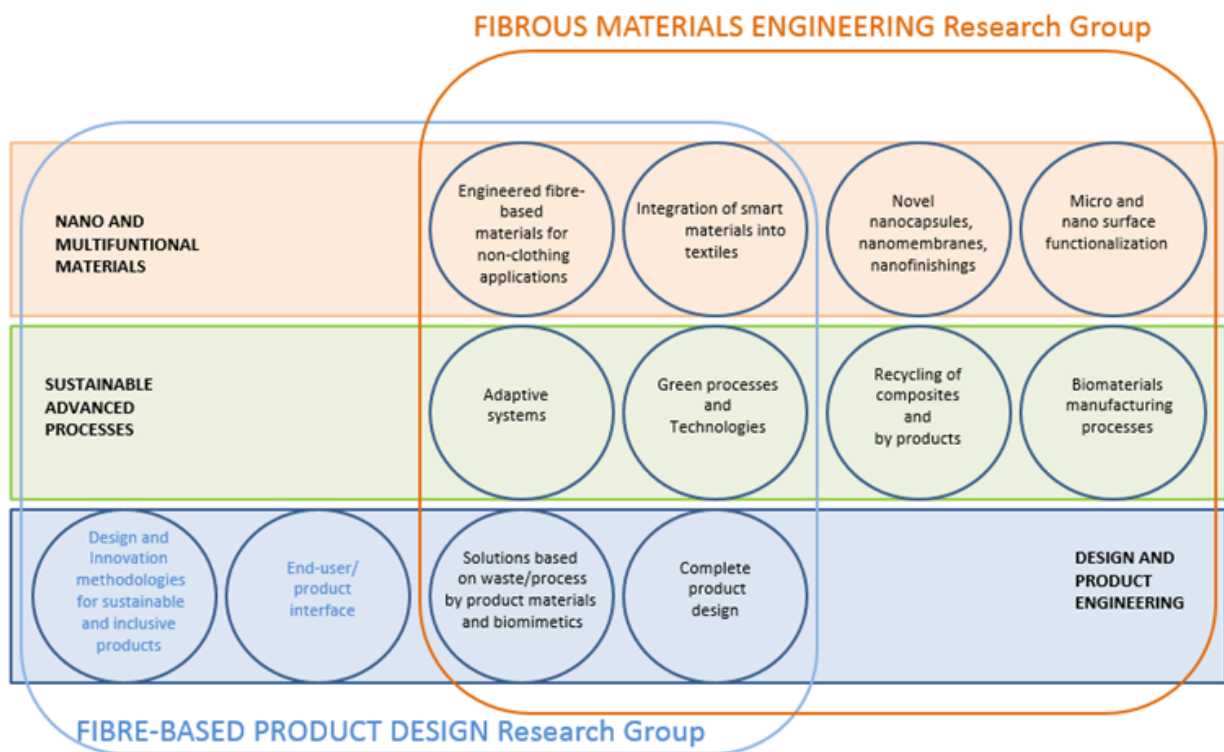


Fig. 1: Grupos de investigação do 2C2T  
 Research groups at the 2C2T



# OPORTUNIDADES PARA FORMAÇÃO AVANÇADA

## OPPORTUNITIES FOR ADVANCED EDUCATION

A liderança industrial na cadeia de valor têxtil implica uma evolução contínua para produtos inovadores, mais complexos e baseados em conhecimento, quer para aplicações tradicionais, quer não-tradicionais. A formação avançada na área da engenharia e design de materiais fibrosos, suportada em investigação de excelência orientada para as necessidades do utilizador e do mercado, é assim essencial. Neste contexto, assumem particular relevância os cursos de 2º e 3º ciclos, bem como, os cursos avançados de curta duração de carácter regular e numa abordagem de aprendizagem ao longo da vida.

O 2C2T é responsável pelo Programa Doutoral em Engenharia Têxtil, direcionado, em particular, para áreas da engenharia e tecnologia, nomeadamente materiais fibrosos e acabamentos, e pelo Programa Doutoral em Design de Moda, em associação com a Universidade da Beira Interior, onde o pensamento criativo e as competências em design são promovidos, juntamente com o conhecimento em ciência e engenharia dos materiais fibrosos. O 2C2T participa ainda no Programa Doutoral conjunto em Materiais Avançados e Processamento, financiado pela FCT e focado em particular em ciência de materiais.

No que se refere a cursos de 2º ciclo, o Centro tem na sua oferta formativa os Mestrados em Têxteis Avançados, Química Têxtil, Design e Marketing e Comunicação de Moda.

No âmbito da AUTEX - Association of Universities for Textiles, o 2C2T participa num Programa de Mestrado Europeu conjunto em Engenharia Têxtil (E-TEAM) focado na ciência e engenharia de materiais fibrosos.

Esta oferta formativa cobre a cadeia de valor têxtil e está em consonância com as necessidades de recursos humanos das indústrias nacionais e europeias. Considerando a dimensão internacional deste setor industrial, é expectável que a procura por formação avançada na área da engenharia e design de materiais fibrosos aumente significativamente.

Neste sentido o reforço de internacionalização dos cursos passará pela implementação de um sistema de *blended learning* ou pelo estabelecimento de parcerias internacionais e ainda pela promoção de programas conjuntos em áreas de investigação transversais.

Atualmente a atratividade dos cursos por estudantes estrangeiros, nomeadamente do Brasil, é significativa. A primeira edição internacional do Programa Doutoral em Engenharia Têxtil iniciou em 2014 no âmbito de um protocolo contratualizado com duas universidades brasileiras: Universidade Estadual de Maringá e Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A inevitável evolução da área têxtil em países da América do Sul, África e Ásia (designadamente os de língua oficial portuguesa) abrirá novas oportunidades e potenciará a procura por formação avançada.

*Industrial leadership in the textiles value chain implies continuous evolution to innovative, more complex and knowledge-based products, either in clothing or non-clothing applications. Advanced education in the field of fibre-based materials engineering and design, supported by excellent research oriented towards societal and market needs, is therefore of the utmost importance.*

*In this context, special emphasis is given to 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> cycle programmes, as well as to short duration advanced courses of regular basis and a long life learning approach.*

*The 2C2T is responsible for the Doctoral Programme in Textile Engineering, particularly focused on engineering and technology related topics, namely fibre-based materials and finishing processes, and for the Doctoral Programme in Fashion Design, in association with Universidade da Beira Interior (Portugal), where creative thinking and design skills are promoted together with knowledge in materials science and engineering. The Centre also participates in the joint Doctoral Programme in Advanced Materials and Processing with other Portuguese universities, which is financed by the FCT and mainly focused on materials science.*

*As far as 2<sup>nd</sup> cycle programmes are concerned, the Centre cooperates with Master Programmes in Advanced Textiles, Textile Chemistry, Design and Marketing and Fashion Communication. In the framework of AUTEX - Association of Universities for Textiles, the 2C2T participates in a joint European Masters Programme in Textile Engineering (E-TEAM) focused on textiles engineering and science.*

*These educational programmes cover the whole spectrum of the textiles supply chain and are in tune with the needs of human resources of national and international textiles industries.*

*Considering the international dimension of this industrial sector, it is expected that the demand of advanced education in the field of fibre-based materials engineering and design will significantly increase.*

*Within this context, internationalization of existing courses will be reinforced either through blended learning or international partnerships and also through the promotion of joint programmes in cross-cutting research areas.*

*The attractiveness from foreign students, namely from Brazil, is currently significant. The first international edition of the Doctoral Programme in Textile Engineering started in 2014, under a contractual agreement with two Brazilian universities: Universidade Estadual de Maringá and Universidade Tecnológica Federal do Paraná.*

*The inevitable evolution of textiles in countries from South America, Africa and Asia (namely those with Portuguese language) will open up new opportunities and potentiate the demand of advanced education.*

# CONTRIBUIÇÕES PARA A ESTRATÉGIA REGIONAL

## CONTRIBUTIONS FOR THE REGIONAL STRATEGY

A região norte de Portugal é tipificada pelo seu caráter industrial e potencial de exportação, sendo os têxteis um dos seus principais ativos, representado aproximadamente 4% do volume de negócios europeu, 10% das exportações nacionais, 18% do emprego e envolvendo cerca de 7.000 empresas.

As Prioridades da Especialização Inteligente da Região são consistentes com os recursos e capacidades da região e visam reestruturar os setores produtivos tradicionais de forma a aumentar a competitividade, reforçar as exportações e promover o crescimento de setores emergentes baseados em conhecimento e com elevada intensidade tecnológica.

De entre as prioridades que foram identificadas, Moda e Criatividade e Tecnologias de Base são certamente áreas prioritárias de intervenção do 2C2T. Neste sentido, a contribuição do 2C2T para a estratégia regional de inovação no que concerne aos têxteis pode ser traduzida a diferentes níveis, designadamente:

- Promovendo a diversificação da produção das indústrias existentes para áreas de aplicação não-tradicionais, tais como automóvel, saúde e construção (têxteis técnicos) e que envolvam o desenvolvimento de compósitos reforçados ou sensores de base têxtil;
- Apoiando a transição para áreas-nicho dos materiais fibrosos de alta tecnologia que envolvam processos de fabricação de biomateriais ou sistemas adaptativos;
- Acelerando a modernização através de atualização tecnológica relacionada com o desenvolvimento de novas nanocápsulas, nanomembranas e nanoacabamentos ou micro e nano funcionalização de superfícies;
- Promovendo a diferenciação para produtos de moda ou de alta qualidade, envolvendo metodologias de design e inovação conducentes a produtos sustentáveis e inclusivos;
- Transmitindo e desenvolvendo o conhecimento e competências requeridas ao capital humano, que possibilitem que as indústrias se posicionem na linha da frente da inovação.

*The Northern region of Portugal is typified by the industrial character and export potential and Textiles is one of its assets, representing approximately 4% of the European industry turnover, 10% of national exports, 18% of jobs and involving around 7.000 companies.*

*The Regional Smart Specialization Priorities are consistent with the assets and capabilities of the region and aim at restructuring traditional production sectors to increase competitiveness, boost exports and promote growth of emergent knowledge intensive sectors.*

*Among the identified priorities, Fashion and Creativity and Enabling Technologies are certainly areas of intervention of the 2C2T. Therefore the contribution of the 2C2T for the regional innovation strategy in what concerns Textiles can be accomplished at different levels, namely:*

- By promoting diversification of existing industries' production to non-traditional application areas such as automotive, health and construction (technical textiles), involving the development of fibre-reinforced composites or textile-based sensors;*
- By supporting the transition to niche areas of high-tech fibrous materials involving biomaterials manufacturing processes or adaptive systems;*
- By accelerating modernisation through technological upgrading, involving the development of novel nanocapsules, nanomembranes and nanofinishings or micro and nano surfaces functionalization;*
- By promoting differentiation towards high-end and fashion products involving design and innovation methodologies for sustainable and inclusive products;*
- By providing the knowledge and skills required to human capital, allowing industries to be at the forefront of innovation.*

Entendemos que a Engenharia Mecânica irá desempenhar um papel vital no desenvolvimento de soluções que beneficiem a humanidade de uma forma sustentável.

### MISSÃO / OBJETIVOS

#### A nossa Missão

Contribuir para o avanço do conhecimento científico em Engenharia Mecânica, divulgar e aplicar os resultados junto da comunidade e formar as futuras gerações.

#### A nossa Visão

O Centro de Tecnologias Mecânicas e de Materiais (CT2M) pretende ser uma instituição de pesquisa de liderança nas áreas de Sistemas Mecânicos, Energia e Tecnologias Ambientais e Materiais Funcionalizados.

#### Os nossos Valores

No desenvolvimento da sua missão, o CT2M obedecerá aos seguintes princípios:

- Valorização da liberdade individual;
- Respeito pelos padrões éticos e de integridade científica;
- Valorização dos recursos naturais e dos bens;
- Aceitar a diversidade;
- Valorizar a educação contínua e a formação pessoal.

Os corpos de gestão administrativa e de investigação de CT2M são: i) Conselho Científico; ii) Comissão Executiva; iii) Diretor. Os membros do Conselho Científico são todos membros de investigação efetivos do CT2M com o grau de Doutor.

Os investigadores do CT2M estão organizados em três grupos de investigação para a realização da missão do centro:

- Materiais Funcionalizados e Comportamento de Superfícies;
- Tecnologias Energéticas e Ambientais;
- Dinâmica de Sistemas Mecânicos.

*We understand that Mechanical Engineering will play a vital role in the development of solutions that will benefit humankind in a sustainable way.*

### MISSION / OBJECTIVES

#### *Our Mission*

*To contribute to the advance of scientific knowledge in Mechanical Engineering, to disseminate and apply the results through the community and to train future generations.*

#### *Our Vision*

*The Centre for Mechanical and Materials Technologies (CT2M) aims to be a leading research institution in the areas of Mechanical Systems, Energy and Environmental Technologies and Functionalized Materials.*

#### *Our Values*

*In developing its mission, the CT2M will obey the following principles:*

- Valorisation of individual liberty;*
- Respect of ethical standards and scientific integrity;*
- Value natural resources and goods;*
- Accept diversity;*
- Value continuous education and personal enlightenment.*

*The bodies of administrative and research management of the CT2M are: i) Scientific Council; ii) Executive Board; iii) Director. The members of the Scientific Council are all effective research members of CT2M holding a Ph.D. degree.*

*The CT2M's researchers are organized in three Research Groups in order to achieve the centre's mission:*

- i) Functionalized Materials and Surfaces Performance;*
- ii) Energetic and Environmental Technologies;*
- iii) Dynamics of Mechanical Systems.*

# LINHAS TEMÁTICAS DE INVESTIGAÇÃO

## THEMATIC RESEARCH STRANDS

### **Materiais Funcionalizados e Comportamento de Superfícies**

“Materiais Funcionalizados e Comportamento de Superfícies” é uma linha temática de investigação interdisciplinar que está focada no desenvolvimento de materiais com gradiente funcional de propriedades, em que um gradiente de composição e/ou de distribuição de fases à micro/nanoescala gera uma evolução gradual das propriedades mecânicas e/ou do comportamento químico, resultando em materiais, superfícies ou interfaces funcionalizadas de elevado desempenho em termos mecânicos e/ou químicos.

No âmbito desta linha temática a investigação foca-se nos seguintes tópicos (objetivos) específicos:

- desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a produção de materiais funcionalizados;
- processamento de juntas de ligação entre materiais dissimilares com gradiente de composição de forma a produzir interfaces inteligentes adequadas para responder a solicitações específicas;
- estudo dos mecanismos de tribocorrosão e fadiga/corrosão de materiais funcionalizados.

### **Valorização de materiais**

“Valorização de materiais” é uma linha temática dedicada à investigação e desenvolvimento na área da recuperação de materiais e de energia a partir de resíduos e de matérias-primas secundárias, bem como ao estudo da melhoria das condições de processamento de materiais a alta temperatura e a aplicação de técnicas de caracterização ao estudo de cerâmicos de origem arqueológica. Pretende-se, no que toca aos resíduos e subprodutos, desenvolver vias de gestão que sejam alternativas à deposição em aterro, conduzindo à sua valorização. No que se refere ao processamento de materiais, estudam-se alterações aos processos de fabrico de metais por redução térmica e fundição, com vista à obtenção de propriedades melhoradas e específicas. No que toca ao estudo de cerâmicos arqueológicos, estuda-se a composição química e outras características de fragmentos de artefactos, com vista a determinar a sua origem de fabrico. Nesta linha inclui-se, neste momento, a realização das seguintes atividades:

- recuperação de metais a partir de resíduos industriais;
- tratamentos de valorização energética de resíduos e de biomassa;
- incorporação de resíduos em materiais de construção;
- metalurgia do aço líquido;
- caracterização de materiais cerâmicos arqueológicos.

### **Functionalized Materials and Surfaces Performance**

*The mission of the research group on “Functionalized Materials and Surfaces Performance” is focused on the development of new technologies and processes for the production of materials in which micro or nano-structural spatial gradation of interfaces/interphases results in an evolution of the mechanical and/or chemical behaviour, to obtain functionalized bulk materials, surfaces or interfaces with superior mechanical, wear, fatigue and/or corrosion performance.*

*In the context of this thematic strand, the research is mainly focused on the following topics:*

- *development of innovative technologies for the production of functionalized materials based on casting, powder, and/or thin film/surface modification technologies;*
- *development of transition/graded joints of dissimilar materials, aimed at producing “smart” interfaces capable of fulfilling specific functions;*
- *stepping forward on the knowledge of the mechanisms involved in the tribocorrosion and fatigue-corrosion of functionalized materials.*

### **Materials valorisation**

*“Materials valorisation” is a thematic line dedicated to the research and development directed to the recovery of materials and energy from wastes as secondary raw materials, as well as to study the processing of materials at high temperatures and to apply characterization techniques to the study of archaeological ceramics. In what concern wastes and sub products, the aim of the research is to develop new management routes alternative to landfilling. In relation to materials processing, the study is focused on the elaboration of metals by thermal reduction and foundry, to obtain enhanced specific properties. Concerning archaeological ceramics, the aim is to determine fabrication origins by means of chemical analysis and other types of characterization. This research line currently considers the following activities:*

- *recovery of metals from industrial wastes;*
- *energetic valorisation of wastes and biomass;*
- *incorporation of wastes in construction materials;*
- *liquid steel metallurgy;*
- *characterization of archaeological ceramic materials.*



## Comportamento Dinâmico de Materiais

O grupo de “Dinâmica de Sistemas Mecânicos” realiza investigação de base e aplicada em materiais e suas propriedades como função da estrutura interna e variáveis de processamento. Assume especial importância o Comportamento Dinâmico de Materiais relevante para diversas aplicações: resistência ao impacto; segurança de veículos; aplicações balísticas e tecnologias de processamento de materiais.

Como exemplo do trabalho realizado refere-se o desenvolvimento de uma técnica de iniciadores de deformação em estruturas tubulares recorrendo a tratamento térmico localizado por laser. Este processo permite alterar de forma precisa, configurável e localizada as propriedades em ligas de alumínio selecionadas de modo a introduzir zonas de iniciação de deformação em aplicações de *crashworthiness*. Este controlo do processo de deformação permite reduzir cargas de pico e melhorar a estabilidade do processo de deformação e as características de absorção de energia. Esta investigação foi associada a um projeto de investigação financiado pela FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia).

As características de comportamento dinâmico de materiais têm igualmente importância no desenvolvimento de estruturas para redução de peso. A investigação nesta área está a ser realizada no desenvolvimento de espumas metálicas com introdução de gradiente de propriedades e definição precisa da sua estrutura interna. Estudos numéricos e experimentais, realizados no enquadramento de um projeto de investigação financiado pela FCT, permitiram identificar melhoramentos no comportamento estático e dinâmico de espumas metálicas através da modificação de características geométricas da sua estrutura base.

O comportamento dinâmico de materiais e estruturas tem aplicações em segurança automóvel mas também em segurança pessoal. A definição de estruturas de proteção contra eventos de impacto revela-se uma importante área de investigação e desenvolvimento. Neste domínio está a ser realizada investigação em colaboração com empresas, nomeadamente no setor do calçado de segurança, o que permitiu desenvolver biqueiras mais leves recorrendo a aços de propriedades avançadas.

## Dynamic Behaviour of Materials

*The group of “Dynamics of Mechanical Systems” conducts basic and applied research on materials and their properties as a function of the internal structure and processing variables. Special importance is given to the Dynamic Behaviour of Materials that is relevant for various applications: impact resistance; vehicle safety; ballistic applications and material processing technologies.*

*As an example of this work, the development of a technique for introducing folding initiators in tubular structures using laser heat treatment may be referred. This process allows changing properties in selected aluminum alloys in a configurable and precise manner, in order to introduce initiation of deformation zones for crashworthiness applications. This control of the deformation process reduces peak loads and improves the stability of the process of deformation and energy absorption characteristics. This research was associated with a research project funded by FCT (Portuguese Foundation for Science and Technology).*

*The characteristics of dynamic behaviour of materials are also important in the development of structures for weight reduction. Research in this area is being undertaken in the development of metal foams by introducing gradient properties and precise definition of its internal structure. Numerical and experimental studies conducted within the framework of a research project funded by FCT allowed identifying improvements in static and dynamic behaviour of metallic foams by modifying geometric characteristics of its base structure.*

*The dynamic behaviour of materials and structures has applications not only in automotive safety but also in personal safety. The definition of structures for protection against impact events proves to be an important area of research and development. This field of research is being carried on in collaboration with companies, particularly in the safety footwear sector, which allowed developing lighter toecaps for safety shoes using steel alloys with advanced properties.*

## RECURSOS > RESOURCES

### Laboratório de Análises Químicas

O Laboratório de Análises Químicas foi criado em 1994 com o objetivo de prestar serviços analíticos a empresas e investigadores, incidindo sobre os seguintes materiais: metais e ligas metálicas, argilas e solos, materiais cerâmicos, argamassas e rebocos, materiais para restauro, materiais arqueológicos, resíduos industriais e águas e efluentes industriais.

Para tal dispõe de equipamentos de caracterização avançada, tais como:

- espectrómetro de fluorescência de raios X;
- espectrómetro de absorção atômica;
- analisadores elementares de carbono e enxofre, e oxigénio e azoto;
- espectrómetro de emissão óptica tipo "glow discharge";
- análise térmica diferencial;
- análise termogravimétrica;
- equipamentos de lixiviação de resíduos;
- equipamentos diversos para análise de águas e efluentes.

O Laboratório, integrado no Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da UMinho, presta ainda serviços de consultoria e de análise de casos em metalurgia, deteção de falhas e em domínios relacionados com materiais em geral.

O Laboratório tem-se especializado na análise de materiais arqueológicos, principalmente cerâmicas, e em materiais de construção civil, em contexto de restauro de monumentos, nomeadamente argamassas e rebocos. Ao longo dos anos tem tido um papel importante na caracterização de resíduos industriais inorgânicos e de ligas e artefactos metálicos.

Mais informações em: <http://www.tecminho.pt/laq/>

### Chemical Analysis Laboratory

*The Chemical Analysis Laboratory was created in 1994 with the aim of providing analytical services to companies and research activities, focusing in the following materials: metals and metal alloys, clays and soils, ceramic materials, cement mortars, materials for restoring, industrial wastes, as well as waters and industrial effluents.*

*For that purpose, the Laboratory has a series of equipment such as:*

- X-ray fluorescence spectrometer;*
- atomic absorption spectrometer;*
- element analysers for carbon, sulphur, oxygen and nitrogen;*
- optical glow discharge spectrometer;*
- thermo-gravimetry equipment;*
- equipment for leaching of wastes;*
- diverse equipment for the analysis of waters and effluents.*

*The Laboratory, integrated in the Department of Mechanical Engineering of the School of Engineering of the UMinho, also provides consulting and case studies on the field of metallurgy, failure detection and in materials' science related domains.*

*The Laboratory is also specialized in the analysis of archaeological materials, mainly ceramics, and in construction materials, under the context of the restoring of buildings, namely for mortars characterization. It has also an important role in the characterization of industrial wastes and analysis of metallic alloys and artefacts.*

*More information at: <http://www.tecminho.pt/laq/>*



### Laboratório de Investigação em Materiais

No Laboratório de Investigação em Materiais (LOM) são desenvolvidas atividades de investigação no âmbito do processamento e caracterização de materiais. Parte dos trabalhos desenvolvidos neste laboratório usam recursos dos vários laboratórios do DEM e do CT2M com particular destaque para os laboratórios de Fundição, Interdisciplinar de Materiais Funcionais, de Tribologia e de Caracterização de Materiais (SEMAT/UMinho).

Os projetos de investigação desenvolvidos no LOM focam-se nos seguintes domínios:

- Funcionalização de Superfícies;
- Materiais com gradiente funcional de propriedades;
- Ligação de materiais dissimilares;
- Corrosão e Tribocorrosão.

Os trabalhos que têm sido desenvolvidos nestes domínios enquadram-se nas seguintes modalidades:

- preparação de trabalhos de doutoramento e de mestrado;
- acolhimento temporário de investigadores de outras instituições para trabalho de pós-doutoramento ou para a realização de testes laboratoriais no âmbito dos seus trabalhos de doutoramento ou mestrado;
- desenvolvimento de projetos de investigação.

O LOM dispõe de vários equipamentos, sendo de destacar os seguintes:

- Processamento de materiais (forno de fusão centrífuga, fornos de alta temperatura (até 1600°C) equipado com vazio secundário e/ou atmosfera controlada);
- Equipamento para ensaios eletroquímicos (potenciostatos Gamry Instruments - potentiostat/galvanostat (Reference 600), Radiometer Analytical PGZ100, Radiometer Copenhagen PGP 201);
- Equipamento para ensaios de tribocorrosão.

Os investigadores têm ainda acesso a equipamentos de caracterização avançada de materiais do SEMAT/UMinho, nomeadamente Microscópio Eletrónico de Varrimento equipado com microanálise e difração de elétrons retrodifundidos, Difração de raios-X e micro/nanodurímetro.



### Materials Research Laboratory

Several research activities, essentially devoted to the Materials Processing and Characterization field, are developed at the Materials Research Laboratory (LOM). Furthermore, the researchers have access to other facilities, namely to the Foundry, Tribology, Functionally Graded Materials and Materials Characterization Labs (SEMAT/UMinho).

The research projects developed at the LOM focus on the following domains:

- Surfaces Functionalization;
- Functionally graded materials;
- Joining of dissimilar materials;
- Corrosion and tribocorrosion.

Works developed in these domains fit in the following modalities:

- MSc dissertations and PhD thesis projects;
- receiving temporary researchers from other institutions for post-doctorate work, or for accomplishment of lab tests in the scope of their MSc or PhD works;
- research projects' development.

The LOM facilities are related with:

- Materials Processing (centrifugal casting furnaces, high temperature furnaces, working in vacuum (better than 10-5 mbar) or controlled atmosphere);
- Electrochemical tests - Gamry Instruments - potentiostat/galvanostat (Reference 600), Radiometer Analytical PGZ100, Radiometer Copenhagen PGP 201;
- Tribocorrosion tests.

Furthermore the group has access to advanced materials characterization facilities (FEG-SEM, X-ray diffraction /Brucker and Micro/Nanoindenter, etc.) through the SEMAT/UMinho, a university's laboratory for Materials Characterization.





## Centro para a Valorização de Resíduos

O CVR - Centro para a Valorização de Resíduos é uma instituição privada sem fins lucrativos que, desde 2002, presta serviços de investigação, análise científica e aplicação de soluções reais na área da valorização de resíduos. Independentemente da área da atividade industrial, o CVR tem as competências necessárias para apoiar projetos e iniciativas relacionadas com uma ampla gama de resíduos industriais. As capacidades deste centro permitem-lhe intervir em diferentes aspetos dentro de um processo, nomeadamente em serviços de análises laboratoriais e prestação de serviços de consultoria especializada. O CVR está localizado em Guimarães, integrado no Campus da Universidade do Minho, possuindo instalações laboratoriais próprias, numa área de 2000m<sup>2</sup>, onde desenvolve a sua atividade. Para a execução destes trabalhos, o CVR conta com 12 colaboradores permanentes, entre técnicos e investigadores, além de colaborações externas com cerca de 20 investigadores de universidades portuguesas. Os associados constituintes do CVR são a Universidade do Minho, a AIMinho - Associação Industrial do Minho, a APF - Associação Portuguesa de Fundição e a TecMinho - Associação Universidade Empresa para o Desenvolvimento. Como associados fundadores e aderentes, o CVR conta atualmente com 80 empresas nacionais de diversos setores de atividade, nomeadamente fundições, gestores de resíduos, empresas do setor metalomecânico e cerâmico, da indústria do papel e instituições organizacionais. O CVR tem ainda um papel importante como entidade prestadora de apoio técnico e científico a projetos de I&D, possuindo o know-how necessário para desenvolver soluções para o tratamento de resíduos, sustentáveis do ponto de vista ambiental e económico. Ao nível da investigação, o CVR tem trabalhado nas seguintes áreas:

- incorporação de resíduos como materiais na construção civil;
- recuperação de metais e sais metálicos a partir de resíduos;
- processos de tratamento biológico de resíduos;
- processos de valorização energética de resíduos;
- recuperação de materiais a partir de sub-produtos animais;
- produção de biocombustíveis;
- sistemas integrados de gestão de resíduos.

## Centre for Waste Valorisation

*The CVR - Centre for Waste Valorisation is a non-profit institution that offers research, scientific analysis and actual application services in the waste valorisation area since 2002. Regardless of the industrial activity, CVR has the necessary know-how in order to support projects and initiatives related to the management of a wide variety of industrial waste streams. CVR's know-how and capabilities enable its involvement at different stages within a process, namely regarding analytical services and specialised consultancy services. CVR is located at Guimarães, integrated in the Campus of the University of Minho, having its own laboratory facilities and 2000sqm of laboratorial area where the Centre develops its activities. For those activities, CVR has 12 permanent employees, including technicians and researchers, as well as external collaborations with about 20 researchers from Portuguese universities. The founding members of CVR are the University of Minho, the AIMinho - Minho Industrial Association, the APF - Portuguese Foundry Association and the TecMinho - Association University/Corporation for Development. Presently, CVR has 80 associates from different fields of activity, namely foundries, waste managers, metalwork and ceramic industries, paper industry and institutional organizations.*

*CVR plays an important role as a technical and scientific knowledge provider for R&D projects, having the necessary know-how to develop economically and environmentally sustainable projects in the field of waste treatment solutions. In terms of research activity, CVR has been acting in the following areas:*

- wastes incorporation in construction materials;*
- recovery of metals and metallic salts from wastes;*
- biological treatment processes;*
- waste-to-energy processes;*
- material recovery from animal by-products;*
- biofuels production;*
- integrated waste management systems.*





# ALUMNI

## Depoimento/ Testimony

BRUNO HENRIQUES, Ph.D



Iniciei o meu doutoramento após conclusão da licenciatura em Engenharia Mecânica na UMinho e após uma breve mas enriquecedora passagem como estagiário na antiga Vulcano Termodomésticos S.A., agora Bosch Termotecnologia S.A. Tive o privilégio de integrar uma equipa onde a visão do líder, o meu orientador, era eminentemente prática, aplicada e sobretudo disruptiva, onde o método científico era resposta à máxima “aqui não há problemas, aqui há soluções!”. No meu percurso enquanto doutorando do CT2M tive à disposição todos os meios e recursos necessários à minha investigação, proporcionados simultaneamente pelo meu laboratório, centro, universidade e FCT. Permitiu-me estudar no estrangeiro, participar em conferências nacionais e internacionais, contactar com gente de empresas e organismos dos mais diversos setores de atividade, enfim, gerar uma rede de contatos que é hoje em dia determinante para um bom desempenho ao nível empresarial e académico/científico. No meu passado e futuro encontro o mesmo denominador, aprendizagem. O elemento diferenciador: proatividade!

*I started my PhD after completing the degree in Mechanical Engineering at the UMinho and after a brief but fruitful training at former Vucano Termodomésticos S.A., now Bosch Termotecnologia S.A. I feel privileged to have joined a team where the leader's vision, my supervisor, was eminently practical, applied and especially disruptive, where the scientific method was the answer to the maxim “there are no problems, there are only solutions.” During my journey as a PhD student at the CT2M I have been provided with all the required means and resources to develop my research by my lab, centre, university and FCT. It allowed me to study abroad, participate in national and international conferences, get in touch with people from companies and organizations from various fields of activity, thus generating a network of contacts that is crucial today for a suitable performance both at business and academic/scientific levels. In my past and my future I find the same denominator, learning. The differentiating feature: proactivity!*

HÉLDER PUGA, Ph.D.



Após uma passagem pelo ambiente industrial decidi regressar à UMinho para a realização de um doutoramento em Engenharia Mecânica, no CT2M, sobre o tema “Desenvolvimento de uma Técnica de Fundição de Ligas de Alumínio de Alta Resistência”. Este trabalho permitiu juntar a tecnologia dos Ultrassons à tecnologia da Fundição e obter uma tecnologia de Tratamento de Metal Líquido inovadora, eficiente e com reduzido impacto ambiental. Após conclusão do doutoramento, continuo como membro do CT2M, numa bolsa de pós-doutoramento, financiada pela FCT, em que o principal objetivo passa pelo uso da modelação computacional para o desenvolvimento e melhoria da aplicação da tecnologia dos Ultrassons no tratamento de metal líquido de ligas de alumínio e magnésio. Toda esta atividade de investigação, desde o início do doutoramento até ao presente, tem sido uma agradável mistura de desafios não só em relações humanas, mas também no crescente desenvolvimento da minha formação académica.

*After spending some time in an industrial environment, I decided to return to the UMinho to start a PhD in Mechanical Engineering, at the CT2M, with the theme “Development a new Casting Technique for High Strength Aluminum Alloys”. This work allowed me to combine the technologies of Ultrasonic and Foundry and obtain an innovative and efficient process of melt treatment with low environmental impact. After conclusion of the PhD, I received a post-doctoral scholarship, funded by FCT. The main goal of this project is using computer modelling in the development and improvement of Ultrasonic technology in the treatment of liquid metal aluminum and magnesium alloys. All this research activity, from the beginning of the PhD until now, has been a pleasant mix of challenges, not only in human relationships but also in the increasing development of my academic training.*

FATİH TOPTAN, Ph.D.



Após passar um ano, como parte do meu doutoramento, no CT2M, obtive o meu Ph.D. em Ciência dos Materiais na Yildiz Technical University, Istambul, em 2011. Em 2011 voltei ao CT2M como investigador de pós-doutoramento. Durante o meu período de pós-doc, a minha investigação foi focada no desenvolvimento e caracterização de biomateriais funcionalizados. Desde maio de 2013, trabalho como professor assistente convidado no Departamento de Engenharia Mecânica e continuo as minhas atividades de investigação no grupo Functionalized Materials and Surfaces Performance do CT2M. A minha linha de investigação está relacionada principalmente com o desenvolvimento de materiais com gradiente de propriedades e materiais compósitos para aplicações biomédicas. A investigação de biomateriais é uma área interdisciplinar, que requer uma colaboração entre engenheiros de materiais, biólogos, eletroquímicos, dentistas e médicos. O nosso centro de investigação dá-me a oportunidade de trabalhar num ambiente multidisciplinar composto não só pelos membros do centro mas também por colaboradores reconhecidos internacionalmente. Para além disso, o nosso grupo tem recebido sempre estudantes e investigadores de vários países e disciplinas, o que traz sinergia às atividades de investigação que estão a ser desenvolvidas no nosso centro.

*After spending one year as a part of my PhD at the CT2M, I received my Ph.D. in Materials Science from Yildiz Technical University, Istanbul, in 2011 and right after that, I returned to the CT2M in 2011 as a post-doc researcher. During my post-doc research, my focus was the development and testing of functionalized biomaterials. Since May 2013, I am working as invited assistant professor at the Department of Mechanical Engineering and I also continue my research activities at the research group of Functionalized Materials and Surfaces Performance of the CT2M. My research interests are mainly focused on development of tribocorrosion resistant composites and functionally graded materials for biomedical applications. The research of biomaterials is an interdisciplinary field, requiring close cooperation between material scientists, engineers, biologists, electrochemists, medical doctors and dentists. Our research centre gives me the opportunity to work in a multidisciplinary team composed not only by its members but also by highly recognized international collaborators. Besides, our group always hosts students and researchers from several countries and disciplines, which always brings synergy to the research activities being developed at our centre.*

## ARTIGOS > PAPERS

### ESTUDO MICROMECAÂNICO REVELA A FORTE INFLUÊNCIA DA ASSIMETRIA DO ESCOAMENTO PLÁSTICO NA EVOLUÇÃO DO DANO E NA DUCTILIDADE DE MATERIAIS POLICRISTALINOS POROSOS MICROMECHANICAL STUDY REVEALING THE STRONG INFLUENCE OF THE ASYMMETRY IN PLASTIC FLOW ON VOID EVOLUTION AND DUCTILITY OF POROUS POLYCRYSTALS

J. L. Alves \* +, O. Cazacu +

\* CT2M, Dep. of Mechanical Engineering, University of Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal, jlalves@dem.uminho.pt

+ Dep. of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Florida, REEF, 1350 N. Poquito Rd, Shalimar, FL 32579, USA, cazacu@reef.ufl.edu

#### Resumo

A influência da assimetria tensão-compressão do escoamento plástico, a qual pode ser devida aos mecanismos de deformação intrínsecos ao mono-cristal (p.e., *twinning*), na evolução da porosidade e da ductilidade de materiais isotrópicos policristalinos (CCC ou CFC) porosos, é investigada a partir da análise do comportamento micromecânico, pelo método dos elementos finitos, de células unitárias 3D.

Considera-se que o material policristalino poroso é adequadamente descrito por uma matriz periódica 3D de vazios/poros esféricos circundados por uma matriz densa elastoplástica. O escoamento plástico é descrito pela forma isotrópica do critério de plasticidade CPB06 [1], o qual é insensível à pressão hidrostática, envolve todos os valores principais do tensor desviador das tensões de Cauchy, e um parâmetro escalar  $k$ , o qual se relaciona com a assimetria tensão-compressão. Todas as simulações numéricas foram realizadas com o programa DD3IMP [2, 3], um programa de elementos finitos elastoplástico, quasi-estático e totalmente implícito.

Os principais resultados são apresentados na Fig.1. É pela primeira vez mostrado que, para o mesmo carregamento macroscópico, os campos e gradientes da deformação plástica equivalente e das tensões são muito diferentes do caso em que o escoamento plástico é governado pelo critério de cedência de von Mises, com um enorme impacto na acumulação de dano e ductilidade do material policristalino poroso. É, assim, claramente mostrado o enorme impacto da assimetria tensão-compressão do escoamento plástico (descrito pelo parâmetro  $k$ ) em todos os aspetos da resposta mecânica dos materiais policristalinos porosos.

#### Abstract

*The influence of the tension-compression asymmetry of the plastic flow, which can be due to intrinsic single-crystal deformation mechanisms (e.g. twinning), on porosity evolution and ductility of isotropic voided FCC and BCC polycrystals is investigated. A detailed micromechanical FE analysis of 3D unit cells is carried out.*

*It is assumed that the porous polycrystal is well described by a 3D periodic array of initially spherical voids surrounded by a fully-dense elastic/plastic matrix. The plastic flow is described by the isotropic form of CPB06 yield criterion [1], which is pressure-insensitive, involves all principal values of the Cauchy stress deviator, and a single scalar material parameter,  $k$ , which is intimately related to specific single-crystal plastic deformation mechanisms, and thus to tension-compression asymmetry. FE analysis is performed with DD3IMP [2, 3], an in-house quasi-static elastoplastic code with a fully-implicit time integration scheme.*

*Main results are summarized in Fig 1. For the same macroscopic loading it is shown for the first time that the local plastic strains and the local stress distribution are markedly different from the case when the plastic flow is governed by the von Mises criterion, with a huge impact on damage accumulation and ductility of porous polycrystals. It is clearly revealed that the tension-compression asymmetry in the plastic flow (described by parameter  $k$ ) has a very strong influence on all aspects of the mechanical response of porous polycrystals.*

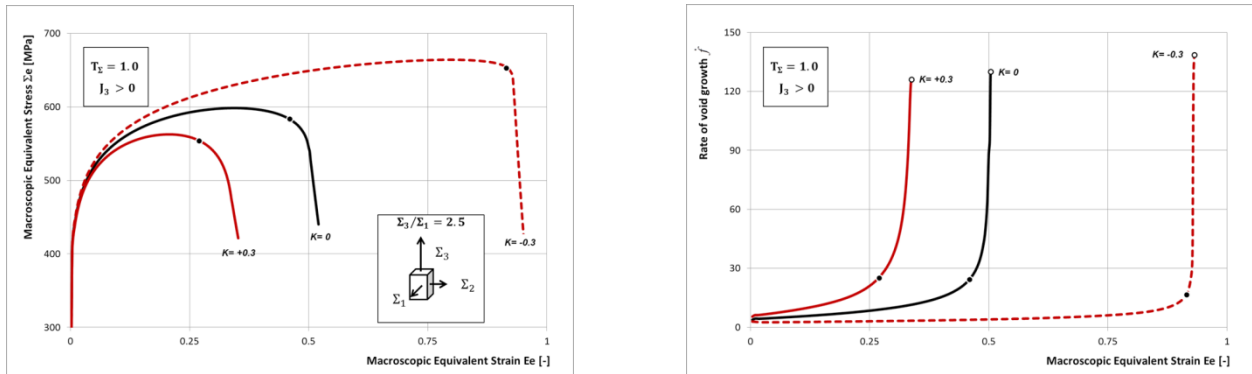


Fig. 1: Evolução da resposta macroscópica tensão-deformação e da taxa de crescimento do poro para três materiais policristalinos porosos, com a matriz caracterizada por  $k = (-0.3, 0, +0.3)$

*Evolution of the macroscopic stress-strain response and void growth rate for three porous polycrystals with matrix characterized by  $k = (-0.3, 0, +0.3)$*

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

- [1] Cazacu, O., Plunkett, B., Barlat, F., 2006. Orthotropic yield criterion for hexagonal closed packed materials. Int. J. Plasticity. 22, 1171-1194.
- [2] Alves, 2003, Simulação Numérica do Processo de Estampagem de Chapas Metálicas, PhD thesis.
- [3] Menezes, L.F., Teodosiu, C., 2000, 3D numerical simulation of the deep-drawing process using solid finite element. J. Mater Process Tech, 97, 100-106.



COMPORTAMENTO À CORROSÃO E TRIBOCORROSÃO NUMA SOLUÇÃO DE 0.05 M NaCl DE LIGAS Al-Si-Cu-Mg E DE COMPÓSITOS REFORÇADOS COM B<sub>4</sub>C  
CORROSION AND TRIBOCORROSION BEHAVIOUR OF Al-Si-Cu-Mg ALLOY AND ITS COMPOSITES REINFORCED WITH BSITOS REFORÇADOS COM B<sub>4</sub>C PARTICLES IN 0.05 M NaCl SOLUTION

F. Toptan<sup>a, b</sup>, A. C. Alves<sup>b</sup>, I. Kerti<sup>a</sup>, E. Ariza<sup>b, c</sup>, L. A. Rocha<sup>b, d</sup>

<sup>a</sup> Yildiz Technical University, Dep. of Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Chemistry & Metallurgy, Istanbul, Turkey

<sup>b</sup> Centre for Mechanics and Materials Technologies (CT2M), Universidade do Minho, Portugal

<sup>c</sup> SEMAT/UM, Universidade do Minho, Portugal

<sup>d</sup> UNESP - Univ. Estadual Paulista, Faculdade de Ciências de Bauru, Dep. Física, SP, Brazil in Wear 306 (2013) 27–35

O comportamento à corrosão de compósitos de matriz metálica (MMCs) está diretamente relacionado com a presença de heterogeneidades tais como as fases de reforço, micro-fissuras, porosidade, precipitados de segunda fase e produtos de interação. A maior parte da literatura relacionada com o comportamento à corrosão de compósitos de matriz de alumínio (AMCs) está focada nos AMCs reforçados com SiC. Por outro lado, a informação disponível na literatura referente ao comportamento à tribocorrosão de AMCs é muito limitada. Por isso, este trabalho tem como objetivo o estudo do comportamento à corrosão e à tribocorrosão de um compósito de matriz da liga Al-Si-Cu-Mg reforçado com partículas de B<sub>4</sub>C. O comportamento à corrosão do compósito de matriz de Al-Si-Cu-Mg reforçado com 15 e 19% (vol.) de B<sub>4</sub>C foi estudado em 0.05M de uma solução de NaCl. O comportamento à corrosão foi feito através de ensaios de imersão e ensaios de polarização potenciodinâmicas. O comportamento à tribocorrosão da liga de Al-Si-Cu-Mg e os seus compósitos foi também estudado numa solução de NaCl (0.05M). Os testes foram conduzidos tendo como contra-corpo uma esfera de alumina num tribómetro *ball-on-plate* num sistema de *reciprocating*. Os parâmetros eletroquímicos foram monitorizados antes, durante e após a ação mecânica juntamente com a monitorização da força tangencial.

Os resultados sugerem que a adição de partículas não afeta significativamente a tendência para a corrosão da liga Al-Si-Cu-Mg sem interações mecânicas. Durante os ensaios de tribocorrosão, o contra-corpo deslizou principalmente nas partículas de B<sub>4</sub>C, as quais protegeram a matriz de danos de desgaste. Para além disso, os produtos de desgaste foram acumulados nas superfícies desgastadas ficando presas entre as partículas de reforço. Por isso, a tendência e velocidade de corrosão diminuíram nos compósitos de matriz de Al-Si-Cu-Mg reforçados com B<sub>4</sub>C durante o deslizamento na solução de NaCl (0.05M).

*The corrosion behaviour of metal matrix composites (MMCs) is strictly linked with the presence of heterogeneities such as reinforcement phase, microcrevices, porosity, secondary phase precipitates and interaction products. Most of the literature related to corrosion behaviour of aluminium matrix composites (AMCs) is focused on SiC reinforced AMCs. On the other hand, there is very limited information available in the literature related to the tribocorrosion behaviour of AMCs. Therefore, the present work aims at investigating corrosion and tribocorrosion behaviour of Al-Si-Cu-Mg alloy matrix composites reinforced with B<sub>4</sub>C particulates. Corrosion behaviour of 15 and 19% (vol.) B<sub>4</sub>C reinforced Al-Si-Cu-Mg matrix composites and the base alloy was investigated in 0.05 M NaCl solution by performing immersion tests and potentiodynamic polarisation tests. Tribocorrosion behaviour of Al-Si-Cu-Mg alloy and its composites were also investigated in 0.05 M NaCl solution. The tests were carried out against alumina ball using a reciprocating ball-on-plate tribometer. Electrochemical measurements were performed before, during and after the sliding tests together with the recording of the tangential force.*

*Results suggest that particle addition did not significantly affect the tendency of corrosion of Al-Si-Cu-Mg alloy without mechanical interactions. During the tribocorrosion tests, the counter material was found to slide mainly on the B<sub>4</sub>C particles, which protected the matrix alloy from severe wear damage. Furthermore, the wear debris were accumulated on the worn surfaces and entrapped between the reinforcing particles. Therefore, the tendency of corrosion and the corrosion rate decreased in Al-Si-Cu-Mg matrix B<sub>4</sub>C reinforced composites during the sliding in 0.05M NaCl solution.*

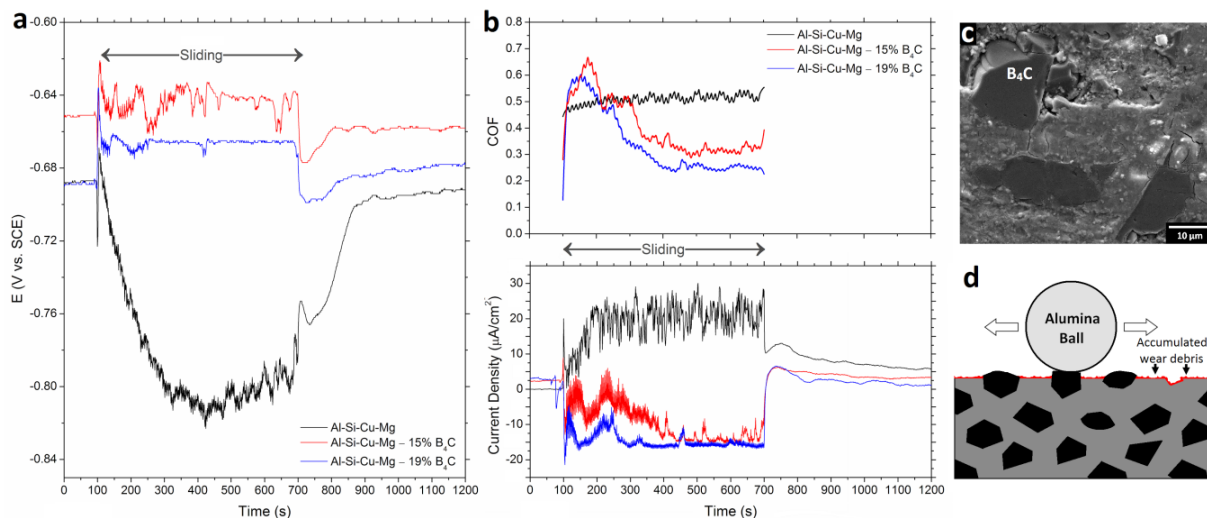


Fig. 1: Evolução a) do OCP e b) da densidade de corrente e do COF durante o deslizamento; c) micrografia, obtidas em SEM, das pistas de desgaste do compósito Al-Si-Cu-Mg – 15% B<sub>4</sub>C; d) representação esquemática do mecanismo de tribocorrosão.

*The evolution of the a) OCP and b) current density together with the evolution of the COF values during sliding; c) SEM image of a load bearing particles on the wear track of the Al-Si-Cu-Mg – 15% B<sub>4</sub>C sample; d) schematic view of the suggested tribocorrosion mechanism.*

# FORMAÇÃO > EDUCATION PROGRAMMES

## Formação Avançada em Engenharia de Materiais

O CT2M está fortemente empenhado na formação avançada de recursos humanos. No que diz respeito à área de Engenharia de Materiais, o Centro está envolvido nos Programas Doutorais em Engenharia de Materiais, em Engenharia Biomédica e no AdvaMTech.

Sendo a Engenharia de Materiais uma área fortemente interdisciplinar, o Programa Doutor em Engenharia de Materiais (PDEMAT) oferecido pela Universidade do Minho conta com a participação de vários Centros de Investigação, nomeadamente o Centro de Tecnologias Mecânicas e de Materiais (CT2M), o Instituto de Polímeros e Compósitos (IPC), o Grupo de Investigação em Biomateriais, Biodegradáveis e Biomiméticos (3B's) e o Centro de Física (CF).

O CT2M, juntamente com mais 3 centros da Universidade (IPC, 2C2T e CF), participa ainda no programa doutoral AdvaMTech - Advanced Materials and Processing. Este programa, em parceria com as Universidades de Aveiro, Beira Interior, Coimbra, Lisboa, Nova de Lisboa e Porto, é financiado pela FCT no âmbito dos Programas Doutorais da FCT.

Para além disso o CT2M promove a integração dos alunos de mestrado nos projetos de investigação em curso no Centro, oferecendo-lhes condições para o desenvolvimento dos seus projetos de investigação.

## Advanced Training in Materials Engineering

The CT2M is strongly committed to advanced training of human resources. As far as the Materials Engineering field is concerned, the Centre is involved in the Doctoral Programmes in Materials Engineering, Biomedical Engineering and AdvaMTech.

As Materials Engineering is an interdisciplinary field, the Doctoral Programme in Materials Engineering (PDEMAT), offered by the University of Minho, counts on the participation of several Research Centres, namely the Centre for Mechanical and Materials Technologies (CT2M), the Institute for Polymers and Composites (IPC), the Biomaterials, Biodegradables and Biomimetics Research Group (3B's) and the Centre of Physics (CF).

The CT2M, together with the other three centres of the University of Minho (IPC, 2C2T and CF), also participates in the Doctoral Programme AdvaMTech - Advanced Materials and Processing. This programme, with partnership with University of Aveiro, University of Beira Interior, University of Coimbra, University Nova de Lisboa, and University of Porto, is supported by the FCT on the scope of the Doctoral Programmes of the FCT.

In addition, the CT2M promotes the integration of master students in its research projects, providing them with the conditions for the development of their research projects.



## PRÉMIOS > AWARDS

### Prémio Dia Mundial dos Materiais *World Materials Day Award*



Prémio da Sociedade Portuguesa de Materiais para a melhor tese de Mestrado a nível nacional  
Sónia Cláudia Mendes da Costa, com a dissertação  
"Desenvolvimento de Ligas de Alumínio de Ultra Alta Resistência" (2010)

*Award of the Portuguese Materials Society for the best national MSc dissertation in Materials Engineering  
Sónia Cláudia Mendes da Costa, with the dissertation  
"Desenvolvimento de Ligas de Alumínio de Ultra Alta Resistência" (2010)*

### Applied Engineering Award and Honorary Ambassador on Jewellery Manufacturing Technology



Galardões atribuídos no maior simpósio mundial de joalharia/ourivesaria, Santa Fe 25<sup>th</sup> Symposium on Jewellery Manufacturing Technology"  
Filipe Samuel Silva, pelos contributos inovadores e resultados conseguidos no âmbito da indústria da joalharia (2011)

*Awards granted during the world largest Symposium in jewellery, the Santa Fe 25<sup>th</sup> Symposium on Jewellery Manufacturing Technology  
Filipe Samuel Silva, in recognition of published work demonstrating methods and benefits of engineering principles applied to jewellery industry (2011)*

### Prémio Carreira *Career Award*



Fernando Castro  
Recebeu o Prémio Carreira Prémio atribuído pela revista "Indústria e Ambiente", em homenagem pela carreira profissional nos domínios do meio ambiente, em particular no tratamento e valorização de resíduos. Na sequência deste Prémio, foi ainda distinguido com um Voto de Louvor atribuído pela Câmara Municipal de Guimarães (abril 2014)

*Received the Career Award, granted by the journal "Indústria e Ambiente", for the professional career in environmental protection domains, in particular concerning waste treatment and valorisation (April 2014)*



### 11<sup>th</sup> International Symposium on Multiscale, Multifunctional and functionally Graded Materials

Entre 26 e 29 de setembro de 2010 decorreu no Centro Cultural Vila Flor, em Guimarães, o 11<sup>th</sup> International Symposium on Multiscale, Multifunctional and Functionally Graded Materials. Este evento, organizado pelo grupo de Materiais Funcionalizados e Comportamento do Centro de Tecnologias Mecânicas e de Materiais (CT2M), teve o apoio do International Advisory Committee for FGM's e contou com a participação cerca de 180 investigadores de 19 países diferentes.

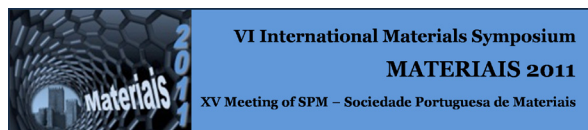
*The 11<sup>th</sup> International Symposium on Multiscale, Multifunctional and Functionally Graded Materials took place at the Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, from 26<sup>th</sup> to 29<sup>th</sup> September 2010. The event was organised by the Functionally Graded Materials and Surface Performance Group of the Centre for Mechanical and Materials Technology (CT2M). This event was supported by the International Advisory Committee for FGM's and brought together 180 researchers coming from 19 countries all over the world.*



### VI International Materials Symposium MATERIAIS 2011 and XV Meeting of SPM - Sociedade Portuguesa de Materiais

O grupo de Materiais Funcionalizados e Comportamento de Superfícies do Centro de Tecnologias Mecânicas e de Materiais (CT2M) organizou o VI International Materials Symposium MATERIAIS 2011 and XV Meeting of SPM - Sociedade Portuguesa de Materiais. A conferência teve lugar no Campus de Azurém da UMinho, entre 18 e 20 de abril de 2011. Este evento, apoiado pela Sociedade Portuguesa de Materiais, contou com a participação de mais de 400 participantes de 28 países.

*The Functionally Graded Materials and Surface Performance Group of the Centre for Mechanical and Materials Technology (CT2M) organised the VI International Materials Symposium MATERIAIS 2011 and XV Meeting of SPM - Sociedade Portuguesa de Materiais. The Conference was held at the Campus de Azurém of the UMinho from the 18th to 20th April 2011. Over 400 participants from 28 countries took part.*



### 1<sup>st</sup> International Conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities

Entre 12 e 14 de setembro de 2011 decorreu no Campus de Azurém da UMinho a 1<sup>st</sup> International Conference - WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities.

Este evento, organizado pelo CVR – Centro para a Valorização de Resíduos, contou com o apoio conjunto da Ordem dos Engenheiros, da Universidade do Minho, do Centro de Tecnologias Mecânicas e de Materiais (CT2M), da Sociedade Portuguesa de Materiais, da Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental e da Associação Portuguesa de Empresas de Tecnologias Ambientais. Esta conferência projetou-se como um fórum de debate e permuta de ideias centrado nas exigências, mudanças, desafios, soluções e oportunidades que se colocam ao setor do Ambiente, com especial enfoque na gestão sustentável de resíduos.

*Between the 12<sup>th</sup> and the 14<sup>th</sup> September 2011, the 1<sup>st</sup> International Conference - WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities took place at the Campus of Azurém of the UMinho.*

*This event was organized by CVR - Centre for Waste Valorisation with the joint support of the Portuguese Board of Engineers, the University of Minho, the Centre of Mechanical and Materials Technologies, the Portuguese Society of Materials, the Portuguese Association for Sanitary and Environmental Engineering and the Portuguese Association of Environmental Technology Companies.*

*This conference was projected to be a forum for the debate and exchange of ideas around the demands, changes, challenges, solutions and opportunities which the environmental sector faces, with a special focus on the sustainable management of wastes.*

URL: [www.wastes2011.org](http://www.wastes2011.org)



## WasteEng 2012

Congresso mundial co-organizado pela Escola de Engenharia da UMinho, o CVR e a École des Mines de Albi, dedicado à temática do tratamento de resíduos. Foi a 4ª edição deste congresso, seguindo-se às edições de Albi, Patras e Pequim, tendo tido lugar no Porto, em 2012, e contando com mais de 400 participantes de mais de 30 países diferentes. O Professor Fernando Castro, do Departamento de Engenharia Mecânica, foi co-chair do Congresso, juntamente com o Professor Ange Nzihou, da École de Mines de Albi.

*International congress co-organized by the School of Engineering of the UMinho, the CVR and the École des Mines de Albi, focused on waste treatment. This was the 4<sup>th</sup> edition of this congress following the former editions in Albi, Patras and Beijing. The WasteEng 2012 took place in Porto, in 2012, counting on more than 400 participants from more than 30 different countries. Professor Fernando Castro, from the Department of Mechanical Engineering, was co-chair of the Congress, together with Professor Ange Nzihou, from the École de Mines de Albi.*



## 2<sup>nd</sup> International Conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities

Realizou-se entre os dias 11 e 13 de setembro de 2013, na UMinho, Campus de Gualtar, a segunda edição da conferência internacional WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities.

A conferência, organizada pelo CVR - Centro para a Valorização de Resíduos, constituiu um espaço privilegiado para a apresentação, o esclarecimento e o debate de ideias sobre as soluções, as tecnologias e as oportunidades do setor ambiental, especialmente na gestão sustentável de resíduos. Na cerimónia de abertura estiveram presentes o Senhor Secretário de Estado do Ambiente, Dr. Paulo Lemos, o Vice-Reitor da UMinho, Professor José Mendes, o Vice-Presidente da Ordem dos Engenheiros, Professor José Vieira, a Vereadora do Ambiente da Câmara Municipal de Braga, Dr.ª Ilda Carneira, e a Professora Cândida Vilarinho, na qualidade de presidente da Comissão Organizadora do evento.

A conferência contou com 210 participantes de 26 distintos países, tendo sido apresentadas 3 sessões plenárias de oradores internacionais convidados, 120 comunicações orais e 57 posters.

*The second edition of the international conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities took place at the UMinho, Campus of Gualtar, between the 11<sup>th</sup> and the 13<sup>th</sup> of September.*

*This conference was organized by CVR - Centre for Wastes Valorisation and was projected to be a privileged forum for the presentation, enlightenment and debate of ideas about the solutions, technologies and opportunities of the environmental sector, especially in what concerns the sustainable management of wastes.*

*The opening ceremony was attended by the Secretary of State for the Environment, Dr. Paulo Lemos, the Vice-rector of the UMinho, Professor José Mendes, the Vice-president of the Portuguese Engineers Association, Professor José Vieira, the Councilwoman for the Environment of the City Hall of Braga, Dr. Ilda Carneira, and Professor Cândida Vilarinho, chairman of the Organizing Committee of the event.*

*The conference joined 210 participants of 26 different countries, having been presented 3 plenary sessions of invited international speakers, 120 oral presentations and 57 posters.*



### 3<sup>rd</sup> International Conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities

Depois do sucesso das duas edições anteriores da conferência, em Guimarães e Braga, que em conjunto reuniram mais de 450 participantes, provenientes de 25 países, a 3<sup>a</sup> edição da conferência internacional WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities decorrerá no Instituto Politécnico de Viana do Castelo, entre os dias 9 e 11 de setembro de 2015.

A conferência é organizada pelo CVR - Centro para a Valorização de Resíduos com o apoio da UMinho, do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, da Ordem dos Engenheiros, do Centro de Tecnologias Mecânicas e de Materiais (CT2M), da Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental (APESB) e da Câmara Municipal de Viana do Castelo.

Pretende-se que a conferência constitua uma plataforma onde os membros da academia, indústria e tomadores de decisão dos setores da gestão de resíduos e reciclagem de todo o mundo possam dar a conhecer os mais recentes desenvolvimentos científicos e tecnológicos e onde possam trocar ideias e partilhar experiências. A discussão em torno do equilíbrio entre resultados económicos, ambientais e sociais será cuidadosamente abordada. O desenvolvimento de técnicas inovadoras, ferramentas e estratégias que demonstrem como os resíduos podem ser transformados em boas ideias, contribuindo tanto para a melhoria do meio ambiente como para o entendimento do impacto da atividade industrial no ambiente, assim como a análise de possibilidades de melhoria, são objetivos chave deste evento.

O programa vai combinar sessões plenárias da autoria de especialistas de renome mundial com sessões técnicas organizadas mas não limitadas aos seguintes temas: resíduos como materiais de construção, resíduos como combustíveis, tecnologias de tratamento de resíduos, gestão de RSU, reciclagem de resíduos e recuperação de materiais, resíduos de novos materiais (nanomateriais, materiais eletrónicos, compostos, etc.), aspetos ambientais, económicos e sociais da gestão de resíduos.

Informação completa sobre a conferência está disponível em [www.wastes2015.org](http://www.wastes2015.org)

*After the success of the two previous editions of the conference, in Guimarães and Braga, which together joined over 450 participants, from more than 25 countries, the 3<sup>rd</sup> edition of the International Conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities, will take place at the Polytechnic Institute of Viana do Castelo, between 9<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> September, 2015.*

*The conference is organized by CVR – Centre for Wastes Valorisation with the support of the UMinho, the Polytechnic Institute of Viana do Castelo, the Portuguese Board of Engineers, the Centre of Mechanical and Materials Technologies (CT2M), the Portuguese Association for Sanitary and Environmental Engineering (APESB) and the Town Hall of Viana do Castelo.*

*This conference is expected to be a platform for the members of academia, industry and decision makers from the Waste Management and Recycling sectors from around the world, to offer the latest scientific and technical developments and to exchange new ideas and share their experience to all who attend. Discussions regarding the balance between economic, environmental and social outcomes will be carefully addressed. The development of innovative techniques, tools and strategies on how wastes can be transformed into good ideas, improving both the overall environmental performance and the understanding of the industry impact on the environment, as well as the options analysis for its improvement are key objectives of this event.*

*The programme will combine plenary lectures by world-renowned experts with technical sessions organized, but not restricted, to the following topics: Wastes as construction materials, Wastes as fuels, Waste treatment technologies, MSW management, Recycling of wastes and materials recovery, Wastes from new materials (nanomaterials, electronics, composites, etc.), environmental, economic and social aspects in waste management.*

*Complete information on the conference available at [www.wastes2015.org](http://www.wastes2015.org)*





O Centro de Território, Ambiente e Construção (CTAC) é uma unidade de I&D da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, reconhecida pela FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia, dedicada à investigação na área de Engenharia Civil, com 32 membros docentes do Departamento de Engenharia Civil, bem como membros pós-doutorados, investigadores financiados com recursos externos e estudantes de pós-graduação.

A organização científica do CTAC inclui cinco Áreas de Competência de Investigação: a) Ecomateriais; b) Construção Sustentável; c) Recursos Hídricos e Meio Ambiente; d) Sistemas e Infraestruturas de Transporte; e) Planeamento Territorial e Governança, cada uma apoiada por laboratórios específicos, contribuindo desta forma para a visão do Programa Estratégico para 2015-2020: “S4cities” – cidades sustentáveis, inteligentes, seguras e acolhedoras. A ligação entre a investigação e a sociedade irá constituir a força motriz de uma intervenção em que a cidadania irá desempenhar o papel central, de modo a contribuir para a qualidade de vida de toda a sociedade.

Em relação à implementação do Programa Estratégico para 2015-2020, o CTAC irá adotar uma estratégia baseada numa abordagem colaborativa para o desenvolvimento de projetos multidisciplinares que suportem a visão do Centro, reforçando as suas atividades no desenvolvimento de conhecimento novo e de soluções inovadoras para o ambiente construído, infraestruturas e governança para as cidades de amanhã. Este objetivo geral será formulado, construído e alcançado, ao longo deste período, em cooperação com outros centros de investigação, sobretudo os que atuam no campo das TICE e também das Ciências Sociais, em estreita interação com todos os decisores, entidades de governo, empresas e autoridades municipais.

A estrutura para cumprir os desafios apresentados pela visão do CTAC estará assente numa série de conferências relativas ao “S4Cities”, destinadas a atrair elementos influentes do universo académico, representantes do governo central, regional e local e os líderes de empresas públicas e privadas.

*The Centre for Territory, Environment and Construction (CTAC) is an R&D unit of the School of Engineering of the University of Minho, recognised by the “FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia” (Foundation for Science and Technology), dedicated to research in the field of civil engineering, integrating as members 32 faculty staff from the Department of Civil Engineering, as well as postdoctoral staff, externally funded researchers and postgraduate students.*

*The scientific organisation of the CTAC includes five Research Areas of Competence: a) Ecomaterials; b) Sustainable Construction; c) Water Resources and Environment; c) Transport Systems and Infrastructures; d) Territorial Planning and Governance, each of them supported by specific laboratories, contributing to the vision of the Strategic Programme for 2015-2020: “S4cities – sustainable, smart, safe and smiling cities”. The link between research and society will constitute the driving force of an intervention where citizenship will play the central role, in order to contribute to life quality.*

*Concerning the implementation of the Strategic Programme for 2015-2020, the CTAC will adopt a strategy based on a collaborative approach towards the development of multidisciplinary projects supporting the vision of the centre – S4cities, strengthening its activities on the development of new knowledge and innovative solutions for the built environment, infrastructures and governance for the cities of tomorrow. This general objective will be formulated, constructed and achieved over this period in cooperation with other research centres, namely acting in the field of ICT/Electronics and also of Social Sciences, in close interaction with all decision makers, government, enterprises and municipal authorities.*

*A framework to address the challenges put forward by the vision of the CTAC will be structured in a series of “S4Cities conferences”, intended to attract influencing skills from academia, representatives from central, regional and local government and leaders of public and private companies.*



## MISSÃO / OBJETIVOS

Os principais objetivos do CTAC incluem a produção de novo conhecimento em todas as áreas científicas que contribuam para a visão geral do projeto S4cities, nomeadamente para um ambiente construído sustentável, inteligente e seguro, considerando todas as infraestruturas (transportes, água e resíduos) e o território, de modo a proporcionar uma melhoria da qualidade de vida. Este objetivo geral será formulado e construído ao longo do período 2015-2020 através de uma forte colaboração com os principais decisores, as empresas e as autoridades municipais e das cidades. Além da contribuição para a formação de recursos humanos, facultando o acesso a emprego de jovens altamente qualificados, os principais resultados ao nível da investigação, na cadeia de valor de I&D&I, serão constituídos por novos produtos (materiais e tecnologias) e serviços, contribuindo para aumentar o valor industrial através do registo de novas patentes, que se traduzam numa transferência de tecnologia para o uso quotidiano da sociedade, particularmente através das empresas.

Com uma visão ampla e integrada do uso do território, ambiente construído e infraestruturas, o CTAC, alinhado com as prioridades do Horizonte 2020 – Excelência na Ciência, Liderança Industrial e Desafios Societais – contribuirá, através da sua atividade e de resultados esperados sólidos, para apoiar os decisores ao nível da sociedade, bem como as autoridades municipais e locais, de modo a melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

Em relação aos principais resultados do Programa Estratégico do CTAC, consideram-se dois grandes grupos: a) métodos/metodologias, materiais e tecnologias inovadoras, para o aumento da sustentabilidade e na utilização segura de qualquer ambiente construído (edifícios e infraestruturas), integrando a mais avançada tecnologia, tornando os novos materiais e tecnologias tão inteligentes quanto possível; b) software e serviços, que contribuam para uma utilização segura e confortável do ambiente construído e das suas infraestruturas, por parte dos gestores, principalmente a nível municipal, e em particular pelos utentes, os cidadãos em geral.

Em conclusão, no âmbito do Programa Estratégico do CTAC, pretende-se abranger e considerar todas as possíveis necessidades de inovação de hoje e, principalmente, da sociedade de amanhã, com a finalidade de influenciar os decisores, para a presente e para a próxima geração. Para apoiar esta abordagem, o centro contará, para além de investigadores da área das TICE, com a contribuição de especialistas da área das Ciências Sociais.

De modo a acompanhar o impacto da aplicação de qualquer abordagem nova e inovadora sob a visão do S4cities, será constituído um Observatório da Qualidade de Vida nas Cidades, em conjunto com as autoridades das cidades, de modo a que seja possível levar a investigação e inovação para outro nível após 2020.

## MISSION / OBJECTIVES

*The general objectives proposed will mainly include the production of new knowledge in all scientific areas contributing to the general vision of S4cities, namely a sustainable, smart and safe built environment, considering all infrastructures (transports, water and wastewater) and territory, providing a steady improvement of quality of life. This general objective will be formulated and constructed over the period 2015-2020 in close relation with all main decision makers, enterprises and municipal and city authorities. In addition to the contribution to human resources training, leading to highly qualified young employment, the main outputs at the level of research, under the value chain of R&D&I, will comprise new products (materials and technologies) and services, contributing to increase the industrial value through the registration of new patents, to be transferred to daily society use, particularly through enterprises.*

*With a wide and integrated vision of the use of territory, built environment and infrastructures, the research centre, aligned with the Horizon 2020 priorities – Excellent Science, Industrial Leadership and Societal Challenges – will contribute, through its activity and with expected sound results, to support the decision makers at society level, as well as municipal and city authorities, in order to improve the quality of life of citizens.*

*In terms of the main deliverables of the Centre's Strategic Programme, two major groups should be outlined: a) methods/methodologies, innovative materials and technologies, towards the increase in sustainability and in the safe use of any built environment (buildings and infrastructures), integrating the most advanced technology in order to make these new materials and technologies as smart as possible; b) software and other services, supporting a safe and smiling way of using the built environment and its infrastructures, by the managers, mainly at municipal level, and particularly by the users, the citizens in general.*

*In conclusion, under the framework of the CTAC's Strategic Programme, it is envisaged to look at all possible needs of innovation of today's and, particularly, of tomorrow's society, with the purpose of influencing the decision makers, both for the current and the next generation. To support this approach, in addition to ITS experts, the centre will count on the contribution of Social Sciences experts.*

*In order to follow the impact of the application of any new and innovative approach under the S4cities vision, an Observatory for the Quality of Life in Cities will be promoted, together with city authorities, so that it will be possible to push research and innovation to other frontiers in the following research period after 2020.*

## RECURSOS > RESOURCES

O Centro de Território, Ambiente e Construção conta com vários laboratórios de investigação devidamente equipados nos *Campi* de Azurém (Guimarães) e Gualtar (Braga):

- Laboratório de Materiais de Construção
- Laboratório de Física das Construções
- Laboratório de Sistemas de Informação Geográfica
- Laboratório de Hidráulica
- Laboratório de Transportes
- Laboratório de Hidroinformática

### Principais áreas de investigação

- Ecomateriais (ECM) - Os objetivos gerais desta Área de Competência de Investigação compreendem a produção de novo conhecimento no domínio dos ecomateriais, contribuindo assim para a visão geral do “S4cities” – cidades sustentáveis, inteligentes, seguras e acolhedoras. A área dos ECM realiza investigação na área dos materiais, principalmente na sua eco-eficiência. As contribuições da ECM para aumentar a qualidade de vida nas cidades, sem comprometer as gerações futuras, serão estudadas durante todas as fases do ciclo de vida dos materiais.
- Construção Sustentável (SC) - Esta Área de Competência de Investigação tem uma intervenção interdisciplinar e uma abordagem integrada no domínio da sustentabilidade associada ao ambiente construído, através da intervenção em áreas como o edifício sustentável, a eficiência energética dos edifícios, conforto dos edifícios e utilização de energia, energias renováveis, análise do ciclo de vida, avaliação de vida útil e durabilidade, reabilitação e renovação de edifícios, economia e gestão da construção.
- Planeamento do Território e Governança (TPG) - As atividades de investigação desta Área de Competência de Investigação estão focadas na avaliação de planos, políticas, processos de desenvolvimento, aspetos de sustentabilidade e qualidade de território.
- Sistemas e Infraestruturas de Transporte (TSI) - A Área de Competência de Investigação TSI tem uma intervenção abrangente no domínio das infraestruturas de transporte, principalmente estradas, e no caminho entre a utilização de matérias-primas e mobilidade em geral, com especial atenção para o serviço oferecido aos cidadãos em termos da eficiência da mobilidade, conforto, segurança e saúde.
- Recursos Hídricos e Ambiente (WRE) - As atividades a desenvolver pela Área de Competência de Investigação WRE estão centradas no reforço do conhecimento em duas grandes áreas: sistemas urbanos num ambiente em mudança, no âmbito de remodelação de sistemas que melhorem a qualidade de vida, dentro e fora do ambiente urbano e da forma social e económica da cidade; e gestão de risco e saúde pública, considerando-se questões-chave relacionadas com a avaliação das infraestruturas e da avaliação de risco de desastres, de modo a proteger melhor a saúde pública e contribuir para aumentar a resiliência às calamidades naturais.

*The Centre for Territory, Environment and Construction has several fully equipped research laboratories in the Campi of Azurém (Guimarães) and Gualtar (Braga):*

- *Construction Materials Laboratory*
- *Building Physics and Construction Technology Laboratory*
- *Regional and Urban Systems Laboratory*
- *Hydraulics Laboratory*
- *Transports Laboratory*
- *Hydroinformatics Laboratory*

### Main Research Areas

- *Ecomaterials* - *The general objectives comprise the production of new knowledge in the Research Area of Competence of “Ecomaterials” (ECM), among others, contributing to the general vision of S4cities – sustainable, smart, safe and smiling cities. ECM area performs research in the field of materials, mainly in its eco-efficiency. Its contributions to increase the quality of life in cities, without compromising the future generations, will be studied during all the phases of the life-cycle.*
- *Sustainable Construction* - *The Research Area of Competence of “Sustainable Construction” (SC) has an interdisciplinary intervention and integrated approach in the field of the sustainability associated with the built environment undertaking activity in areas as sustainable building, energy efficiency of buildings, building comfort and use of energy, renewable energy, life-cycle analysis, service life evaluation and durability, building retrofit, renovation, construction economics and construction management.*
- *Territorial Planning and Governance* - *The research activities developed by the Research Area of Competence of “Territorial Planning and Governance” (TPG) are focused on the evaluation of plans, policies, development processes, sustainability aspects and territory quality.*
- *Transport Systems and Infrastructures* - *The Research Area of Competence of “Transport and Systems Infrastructures” (TSI) has a broad intervention in the field of transport infrastructures, mainly roads, covering the path between raw materials utilisation and mobility in general, with a particular attention to the service offered to citizens in terms of mobility efficiency, comfort, safety and health.*
- *Water Resources and Environment* - *The research activities to be developed by the Research Area of Competence of “Water Resources and Environment” (WRE) are focused on increasing knowledge in two broad fields: urban systems in a changing environment with the scope of redesigning systems enhancing quality of life, both within and beyond the urban environment and the social and economic shape of the city; and risk management and public health, considering key issues related to the assessment of infrastructures and the evaluation of disaster risks in order to better protect public health and contribute to increase resilience to natural calamities.*

# ALUMNI

## Depoimento/Testimony

### ELVIRA JOANA PERALTA, Ph.D.

Tendo concluído o meu doutoramento em co-tutela entre a Universidade do Minho (UMinho) e a Iowa State University (ISU) em julho de 2013, um doutoramento duplo, tive a oportunidade de continuar envolvida com estas duas instituições em fase de pós-doutoramento, onde participei no projeto Plastiroads (na UMinho) e no desenvolvimento de uma patente internacional de um bio polímero (na ISU). Perspetivava uma carreira de investigadora e/ou docente na UMinho, mas a atual conjuntura fez com que tivesse de tomar novo rumo. Neste momento estou a iniciar um novo projeto, no departamento de I&D de uma multinacional alemã, onde todo o conhecimento que adquiri durante a minha licenciatura em Engenharia Biológica, o meu Mestrado em Engenharia Rodoviária (ambos na UMinho) e especialmente durante o doutoramento em Engenharia Civil (na UMinho e na ISU) será aplicado no desenvolvimento de novos produtos. Estou portanto extremamente agradecida à UMinho, nomeadamente ao CTAC, por terem apostado em mim e aberto novas portas para o mundo.

*Having finished my PhD in co-tutorship between the University of Minho (UMinho) and Iowa State University (ISU) in July 2013, with a dual degree, I had the opportunity to remain involved with these two institutions on my post-doctoral research. I participated in the project Plastiroads (in the UMinho) and developed an international patent on bio-polymers (in ISU). My perspective was to follow a career as a researcher / professor at the UMinho, but the current Portuguese reality made me take another path. Presently, I am starting a new project in the R&D department of a German multinational, where all the knowledge obtained during my under-graduate studies in Biological Engineering, my Masters in Highways Engineering (both at UMinho) and especially my PhD in Civil Engineering (in UMinho and ISU) will be applied on the development of new products. Therefore, I am thankful to the UMinho, namely to the CTAC, for having bet on me and open new doors to the world.*

### PEDRO SILVA, Ph.D.

Após a conclusão da minha Licenciatura em Engenharia Mecânica, decidi apostar na prossecução da minha formação académica, através do Mestrado e Doutoramento em Engenharia Civil na UMinho. Desta aposta decorreram diversas mais-valias, das quais destaco uma nova perspetiva na abordagem às problemáticas da eficiência energética dos edifícios relativamente às adquiridas na formação base. Enquadrado no centro de investigação CTAC e em conjunto com a minha orientadora, foi-me possibilitado participar em projetos internacionais da Agência Internacional de Energia, onde beneficiei do contacto com diversos especialistas e investigadores conceituados. Todas estas mais-valias foram importantes ao ingressar no mercado de trabalho, como projetista de instalações mecânicas da empresa DAJ, onde

me foi possível por em prática os conhecimentos adquiridos relativamente a soluções inovadoras e nova regulamentação com vista à sustentabilidade energética dos edifícios.

*Upon conclusion of my degree in Mechanical Engineering, I decided to invest in the continuation of my academic training through MSc and PhD in Civil Engineering at the UMinho. This represented considerable added value, from which I highlight a new perspective, in relation to my graduate training, of addressing issues related to the energy efficiency in buildings. In the framework of the research group CTAC and together with my supervisor, I was able to participate in international projects from the International Energy Agency, where I benefited from the contact with various experts and renowned researchers. All these experiences were important to enter the job market as a designer of mechanical installations in collaboration with the company DAJ, where I was able to put into practice the knowledge acquired regarding innovative solutions and new regulations to achieve the energy sustainability of buildings.*

### RUTE EIRES, Ph.D.

Conclui o doutoramento em Engenharia Civil na Universidade do Minho em 2012 numa temática que desde há muito tempo me tem cativado, a construção em terra. O trabalho da tese foi essencialmente de carácter prático e bastante interdisciplinar, envolvendo diferentes áreas da engenharia civil, como materiais de construção, geotecnia e hidráulica. Esta interdisciplinaridade foi muitíssimo gratificante para ampliar o meu conhecimento a nível profissional. Além disso, participei em vários congressos internacionais e workshops sobre o mesmo tema, o que permitiu uma troca de saberes bastante importante. Em paralelo fui docente convidada no Departamento de Engenharia Civil da UMinho e atualmente continuo a docência no mesmo departamento enquanto Professora Auxiliar. As minhas áreas de interesse continuam a ser a construção em terra e os materiais de construção sustentáveis no geral.

*I concluded my PhD in Civil Engineering at the University of Minho in 2012 on a theme that had captivated me for a long time, building with earth. The work of the thesis was essentially practical and quite interdisciplinary, involving different areas of civil engineering such as building materials, geotechnics and hydraulics. This interdisciplinarity was extremely gratifying to extend my knowledge to professional level. In addition, I participated in several international conferences and workshops on the same theme, which allowed an exchange of important knowledge. In parallel I was guest lecturer at the Department of Civil Engineering at the UMinho and I am currently teaching in the same department as Assistant Professor. My areas of interest remain earth construction and sustainable building materials in general.*

## FERNANDO FONSECA, Ph.D.

A trabalhar na área do planeamento e do ordenamento do território desde 2003, resolvi investir no aprofundamento dos conhecimentos e das minhas competências profissionais e académicas. Assim, após concluir o mestrado em Engenharia Municipal da UMinho, resolvi inscrever-me no Doutoramento em Engenharia Civil, também na UMinho, tendo concluído o mesmo em janeiro de 2014. A tese desenvolvida trata da utilização de ferramentas inovadoras nos processos do ordenamento do território, nomeadamente a utilização de modelos baseados em agentes no ordenamento de espaços empresariais, um tópico pouco explorado na literatura. Com o estudo obtiveram-se diversas ilações que serão importantes para melhorar a competitividade dos espaços empresariais e dos respetivos territórios. O objetivo é o de continuar a estudar o tema no futuro, através de um pós-doutoramento, onde se pretende desenvolver um modelo baseado em agentes que permita otimizar a gestão dos espaços empresariais à escala supramunicipal. Após a conclusão do doutoramento tive a oportunidade de ser professor convidado na UMinho, tenho feito a revisão científica de papers para conferências internacionais e revistas e estou envolvido em projetos relacionados com o ordenamento de áreas empresariais.

*Working on territorial planning since 2003, I decided to upgrade my professional and academic skills. Thus, after concluding my master degree in Municipal Engineering at the UMinho, I decided to enrol in the PhD programme in Civil Engineering also at the UMinho, concluding the degree in January 2014. The research is about the use of innovative tools in the territorial planning domain, namely the use of agent-based models in the industrial estates' planning, a topic not much exploited in the literature. The study highlights several guidelines that could be important to improve the competitiveness of industrial estates and their territories. The goal is to continue the research in the future in a postdoc programme with the intent of developing an agent-based model to optimise the management of industrial estates at a sub-regional level. After concluding my PhD programme I was assistant professor at the UMinho, I have been invited to review papers of international conferences and journals and I am involved in other projects related to industrial estates' planning.*

## ARTIGOS > PAPERS

### COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES DE CUSTO ÓTIMO E AS SOLUÇÕES DE BALANÇO ENERGÉTICO NA REABILITAÇÃO DO EDIFICADO

#### COMPARING COST OPTIMAL AND NET-ZERO ENERGY TARGETS IN BUILDING RENOVATION

Marco Ferreira, Manuela Almeida, Ana Rodrigues, Sandra Monteiro Silva  
in Building Research and Information Journal (<http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2014.975412>)

A reformulação da Diretiva Europeia sobre o desempenho energético de edifícios (EPBD) introduziu o conceito de edifícios com balanço energético quase nulo (nZEB). Esta diretiva obriga a que todos os novos edifícios, bem como todos os edifícios existentes sujeitos a grandes renovações, adotem este conceito até 2021. Os Estados Membros devem também assegurar que os seus edifícios cumpram requisitos mínimos em termos energéticos, de forma a atingir níveis de custo ótimo durante todo o seu ciclo de vida.

O conceito de edifícios de custo ótimo e o conceito de edifícios de balanço energético quase nulo são extremamente importantes nas políticas europeias relativas à eficiência energética dos edifícios. Contudo, estes conceitos estão relacionados, encontrando-se um mais focado nos custos enquanto o outro está mais direcionado para o baixo consumo energético e para a produção de energia renovável no local. Se estas abordagens resultarem em grandes diferenças no que respeita à seleção dos melhores soluções de reabilitação, então a transição entre o conceito de custo ótimo e o conceito de balanço energético quase nulo poderá ser problemática.

Para analisar as soluções mais rentáveis para atingir os nZEB, foi estudado um edifício localizado no Porto (Portugal). A análise conduziu à determinação não apenas das soluções de renovação mais rentáveis mas permitiu também fazer a comparação entre as melhores soluções em termos de nZEB e as melhores soluções em termos de custo ótimo. Por fim, concluiu-se que ambas as abordagens levaram a resultados semelhantes indicando que a transição entre edifícios de custo ótimo e edifícios de balanço energético quase nulo pode ocorrer em Portugal sem grandes dificuldades.

*The recast of the EU Energy Performance of Buildings Directive introduced the concept of nearly-zero energy buildings, requiring its adoption by all new buildings and existing ones submitted to major renovations by 2021. EU Member States must also ensure minimum energy requirements for buildings in order to achieve cost optimal levels during their life cycle.*

*Cost Optimality and nearly-zero energy buildings are important concepts in the European buildings' energy policies. These*

*concepts are related, but one is more focused on costs, while the other is more concerned with low energy consumption and on site renewable energy harvesting. If these approaches result in major differences in the selection of the best package of renovation measures, then the transition from the Cost Optimal concept to nearly-zero energy buildings might be problematic.*

*To analyse the most cost-effective solutions to achieve net-zero, a building in Porto, Portugal, was analysed. The analysis was conducted to determine not only the most cost-effective renovation solutions but also to compare these net-zero solutions with those resulting from the cost optimal calculation. In the end, both approaches lead to similar results, indicating that the transition between "cost optimality" to "nearly-zero energy buildings" can occur in Portugal without significant difficulties.*

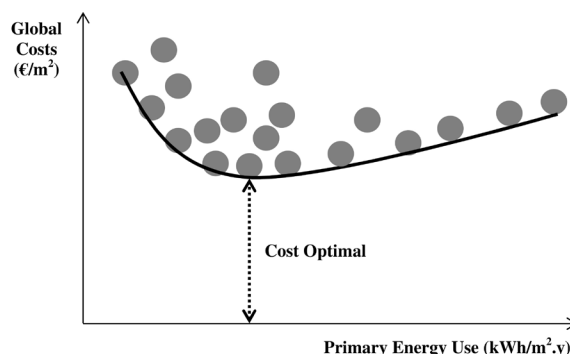


Fig. 1: Identificação da solução de custo ótimo  
Cost optimal solution identification



## DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS URBANAS MAIS ECOLÓGICAS

### DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE ASPHALT PAVING SOLUTIONS FOR GREENER URBAN ROADS

Joel R.M. Oliveira, Hugo M.R.D. Silva

A procura por uma melhor qualidade de vida levou a sociedade a explorar o planeta de uma forma descontrolada nos últimos anos. Isso resultou numa rápida redução dos recursos naturais e levou à procura de novas alternativas mais sustentáveis. No domínio da tecnologia de pavimentação, a reciclagem de pavimentos pode ser uma opção sustentável. O uso de altas percentagens de material fresado de pavimentos (RAP) em misturas betuminosas pode ser uma tecnologia eficaz, tanto a nível ambiental como energético, embora devam ser realizados estudos de análise do Ciclo de Vida (LCA) para uma avaliação completa dos benefícios destas tecnologias [1]. A tecnologia de reciclagem pode ser utilizada em larga escala e com maiores quantidades de RAP desde que sejam asseguradas as condições de produção adequadas. Alguns estudos de reciclagem de misturas betuminosas resultaram no surgimento de uma técnica inovadora, chamada de “reciclagem total”, que reutiliza 100% de RAP em misturas betuminosas recicladas a quente [2]. Esta nova tecnologia utiliza pequenas quantidades de aditivos selecionados (rejuvenescedores) para melhorar a durabilidade das misturas betuminosas recicladas [3]. Podem igualmente ser desenvolvidas misturas betuminosas mais sustentáveis usando vários processos e produtos disponíveis para a produção de misturas betuminosas temperadas (WMA). Temperaturas inferiores de mistura na central significam uma redução no consumo de combustível e emissões mais baixas (Fig. 1), o que pode contribuir para diminuir os problemas de saúde e de odor. As reduções no consumo de combustível e nas emissões também podem representar uma economia significativa para o construtor. Em estudos anteriores foram já avaliados diferentes tipos de aditivos WMA (ceras e surfactantes), incluindo a construção de um trecho experimental numa estrada [4]. A tecnologia WMA foi também aplicada em misturas betuminosas especiais ou combinando diferentes tipos de aditivos WMA na mesma mistura betuminosa [5, 6]. Nestes estudos foram obtidos vários resultados que permitiram o desenvolvimento de novos trabalhos de colaboração internacional [7] para a aplicação dessas tecnologias WMA. Esta linha de investigação está a ser desenvolvida recentemente com a aplicação de betume-espuma.

O desenvolvimento de novas soluções, tecnicamente e ambientalmente sustentáveis, também pode ser alcançado através da promoção do uso de plásticos reciclados, borracha de pneus usados e óleo de motor usado em novas misturas betuminosas multifuncionais, a fim de melhorar a durabilidade do pavimento. Na verdade, muitos destes resíduos são enviados para aterro, incinerados ou utilizados como combustível em fornos, mas poderiam ser aplicados

com maiores vantagens técnicas, económicas e ambientais na construção/reabilitação de pavimentos rodoviários. Foram também já desenvolvidas novas misturas asfálticas de alto desempenho que incorporam plástico reciclado [8] e óleo de motor usado [9], as quais contribuem para aumentar o período de vida útil do pavimento. O uso de borracha ou outros modificadores e o uso de bio-ligantes [10] podem melhorar o desempenho das misturas betuminosas, mas também aumentam a complexidade do ligante betuminoso. Assim, é essencial estudar a compatibilidade dos componentes destes novos tipos de ligante betuminoso [11], nomeadamente através da sua caracterização com técnicas químicas e físicas, utilizando ensaios de reologia, microscopia e espectroscopia (Fig. 2). O envelhecimento desses novos tipos de ligante e a avaliação das mudanças nas propriedades do betume e da borracha [12] também devem ser estudados para melhorar a sua durabilidade e desenvolver soluções mais sustentáveis para pavimentação de estradas.

*The search for a better quality of life led society to explore the planet in an uncontrolled way in the past few decades. This resulted in a current rapid reduction of natural resources, leading society to search for new sustainable alternatives. In the field of asphalt paving technology, the recycling of pavements can be seen as a sustainable option. The use of high Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) ratios in asphalt mixtures can be an effective technology both at environmental and energy levels, although Life Cycle Analysis (LCA) studies should be performed for a complete assessment of the benefits of such technologies [1]. The recycling technology can be used in larger scale and with higher contents of RAP provided that adequate production conditions are assured. Some studies of asphalt recycling have resulted in the emergence of an innovative technique, called “total recycling”, which reuses 100% RAP in hot asphalt recycled mixtures [2]. This new technology uses small quantities of selected additives, namely rejuvenators, to improve the durability of asphalt recycled mixtures [3].*

*More sustainable asphalt mixtures can also be developed using several processes and products available to produce warm mix asphalt (WMA). Lower plant mixing temperatures mean reduction in fuel consumption and lower emissions (Fig. 1), which may contribute to diminish health and odor problems. Reductions in fuel consumption and in emissions can also represent significant cost savings to the contractor. Different types of WMA additives (waxes and surfactants) were already evaluated, and a road section trial was built for research purposes [4]. The WMA technology was also applied*

in special asphalt mixtures or combining different types of WMA additives in the same asphalt mixture [5, 6]. Several interesting results were obtained in these studies, allowing the development of new international collaboration work [7] for application of these WMA technologies. This line of research is being developed recently with the application of foamed bitumen.

The development of new solutions, which are technically and environmentally sustainable, can also be reached through the promotion of the use of wasted plastics, crumb rubber and waste motor oil in multifunctional asphalt mixtures, in order to improve the durability of the pavement. In fact, many of these wastes are sent to landfill, incinerated or used as fuel in furnaces, but they could be applied with larger technical, economic and environmental advantages in the construction/rehabilitation of road pavements. New high performance asphalt mixtures incorporating wasted plastic [8] and used motor oil [9] were already developed, which contribute to increasing the period of life of the pavement. The use of rubber or other modifiers and the use of bio binders [10] can improve the performance of asphalt mixtures, but it also increases the asphalt binder complexity. Thus, it is essential to study the compatibility of the constituents of these new types of asphalt binder [11], namely through their characterization with chemical and physical techniques, by using rheology, microscopy and spectroscopy tests (Figure 2). The aging of these new types of binder and the assessment of the changes in the bitumen and rubber properties [12] should also be studied to improve their durability and develop more sustainable solutions for road paving.



Fig. 1: Fumos observados na descarga das misturas HMA (a) e WMA (b) para os camiões

*Fumes observed at the discharge of the HMA (a) and WMA (b) mixtures for the trucks*

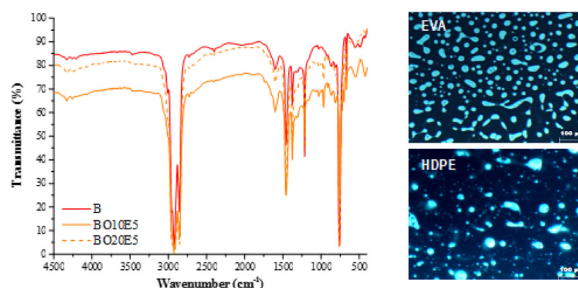


Fig. 2: Espectro FTIR (esquerda) e microscopia (direita) de ligantes betuminosos modificados

*FTIR spectra (left) and microscopy (right) of modified asphalt binders*

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

- [1] Araújo, JPC, Oliveira, JRM, Silva, HMRD, 2014. The importance of the use phase on the LCA of environmentally friendly solutions for asphalt road pavements. *Transport Res D-TR E*, 32: 97-110.
- [2] Silva HMRD, Oliveira JRM, Jesus CMG, 2012. Are totally recycled hot mix asphalts a sustainable alternative for road paving? *Resour, Conserv Recy*, 60: 38-48.
- [3] Oliveira, J.R.M., Silva, H.M.R.D., Jesus, C.M.G., Abreu, L.P.F., Fernandes, S.R.M., 2013. Pushing the Asphalt Recycling Technology to the Limit. *Int J Pavement Research & Technology*, Vol. 6 (2), pp. 109-116.
- [4] Silva, HMRD, Oliveira, JRM, Ferreira, CIG, Pereira, PAA, 2010. Assessment of the Performance of Warm Mix Asphalts in Road Pavements. *Int J Pavement Research and Technology*, 3 (3), 119-127.
- [5] Silva, HMRD, Oliveira, JRM, Peralta, J, Zoorob, ES, 2010. Optimization of warm mix asphalts using different blends of binders and synthetic paraffin wax contents. *Constr Build Mater*, 24 (9), 1621-1631.
- [6] Oliveira, JRM, Silva, HMRD, Abreu, LPF, Fernandes, SRM, 2013. Use of a warm mix asphalt additive to improve the production conditions and performance of asphalt rubber mixtures. *J Clean Prod*, 41, 15-22.
- [7] Oliveira, JRM, Silva, HMRD, Abreu, LPF, Gonzalez-Leon, JA, 2012. The role of a surfactant based additive on the production of recycled Warm Mix Asphalts – Less is more. *Constr Build Mater*, 35, 693-700.
- [8] Costa, LMB, Silva, HMRD, Oliveira, JRM, Fernandes, SRM, 2013. Incorporation of waste plastic in asphalt binders to improve their performance in the pavement. *Int J Pavement Research and Technology*, 6 (4), 457-464.
- [9] Fernandes, S, Silva, H, Oliveira, J, Costa, L, 2013. Development of a novel modified bitumen with waste materials. 2nd Int. Conf. WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities. Braga, September 11-13.
- [10] Peralta J, Williams RC, Rover M, Silva HMRD, 2012. Development of a Rubber Modified Fractionated Bio-oil for Use as a Non-Crude Petroleum Binder in Flexible Pavements, *Transportation Research Circular (E-C165)*, 23-36.
- [11] Peralta, J, Hilliou, L, Silva, HMRD, Machado, AV, Williams, RC, 2014. Rheological changes in the bitumen caused by heating and interaction with rubber during asphalt-rubber production. *Rheol Acta*, 53 (2), 143-157.
- [12] Peralta, J, Hilliou, L, Silva, HMRD, Machado, AV, Pais, JC, Oliveira, JRM, 2010. Rheological Quantification of Bitumen Aging: Definition of a New Sensitive Parameter. *Appl Rheol*, 20 (6), 63293 – 12p.

INFLUÊNCIA DO TIPO DE MICROCÁPSULAS DE MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS TÉRMICAS CAL-GESSO

INFLUENCE OF THE TYPE OF PHASE CHANGE MATERIALS MICROCAPSULES ON THE PROPERTIES OF LIME-GYPSUM THERMAL MORTARS

Sandra Cunha, José Aguiar, Victor Ferreira, António Tadeu  
in Advanced Engineering Materials. 16 (4): 433-441 (2014)

Todos os anos, uma energia de cerca de  $5 \times 10^{24}$  J é fornecida pelo sol e atinge toda a superfície terrestre. Esta quantidade é cerca de 10000 vezes superior ao consumo real de energia por ano em todo o mundo. Assim, a necessidade de encontrar uma forma de tirar proveito deste recurso natural é urgente. Atualmente, as preocupações relacionadas com o consumo energético dos edifícios são maiores do que nunca, resultando na necessidade de incorporar materiais em produtos de construção com capacidade para melhorar a eficiência energética dos edifícios.

A incorporação de Materiais de Mudança de Fase (PCM) em argamassas para revestimento interior aparece como uma possível solução para minimizar o consumo energético dos edifícios. Este material possui a capacidade de regulação da temperatura no interior de edifícios através do armazenamento de energia térmica, com recurso apenas à energia solar, reduzindo assim a necessidade de utilização de equipamentos de aquecimento e de arrefecimento. Contudo, a incorporação de PCM em argamassas modifica as suas principais características.

O principal objetivo deste estudo foi a produção e caracterização de argamassas com incorporação de dois PCM diferentes. Foram estudadas propriedades específicas dos dois materiais, tais como o tamanho de partícula, a forma e a entalpia. Foram ainda determinadas propriedades no estado fresco e endurecido das argamassas produzidas.

*Every year, about  $5 \times 10^{24}$  J of energy is powered by the sun and reaches the entire land surface. This amount is about 10 000 times higher than the actual energy consumption per year worldwide. Thus, the need to find a way to take advantage of this natural energy source is pressing. Presently, the concerns related to the energy consumption of buildings are greater than ever, resulting in the need to incorporate materials in construction products that can improve the energetic efficiency of buildings.*

*The incorporation of Phase Change Materials (PCM) in mortars for interior appears as a possible solution in an*

*attempt to solve, or at least minimize, the massive energetic consumption related with buildings. The use of this material allows the regulation of temperature inside buildings through latent heat thermal energy storage, using only solar energy as a resource, or at least reducing the need to use heating and cooling equipment. However, the incorporation of PCM in mortars modifies its characteristics.*

*The main purpose of this study was the production and characterization of mortars with incorporation of two different PCM. Specific properties of two phase change materials, such as particle size, shape and enthalpy, were determined, as well as the properties of the fresh and hardened state of the mortars.*

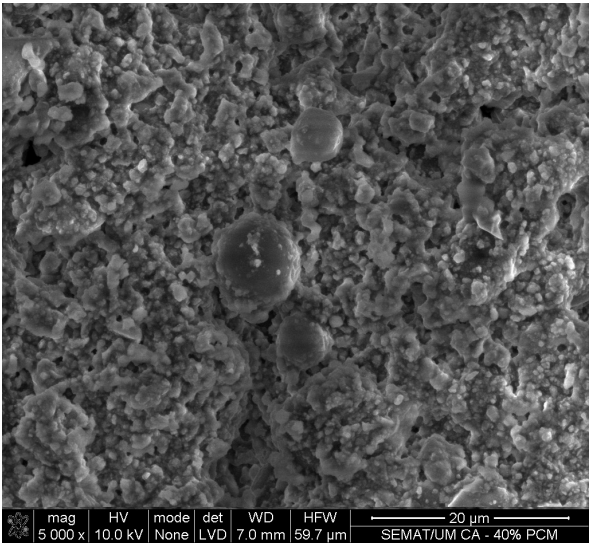


Fig. 1: Argamassa à base de cal aérea com incorporação de Materiais de Mudança de Fase (PCM)

*Mortar based on aerial lime with incorporation of Phase Change Materials (PCM)*

## RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO, MICROESTRUTURA E PRODUTOS DE HIDRATAÇÃO DE CIMENTO HÍBRIDO ALCALINO

### COMPRESSIVE STRENGTH, MICROSTRUCTURE AND HYDRATION PRODUCTS OF HYBRID ALKALINE CEMENTS

Zahra Abdollahnejad, Petr Hlavacek, S. Miraldo, Ferando Pacheco-Torgal, José Barroso de Aguiar  
in Materials Research. 17 (4): 829-837 (2014)

Com uma produção global de 3Gt/ano, o cimento Portland é o ligante predominante na indústria da construção. Por via disso, a indústria da produção de cimento é responsável por quase 7% do total das emissões de CO<sub>2</sub> a nível mundial.

As publicações na área dos ligantes obtidos por ativação alcalina, materiais também conhecidos como geopolímeros, referem que estes materiais apresentam potencialidades para poderem vir a ser uma alternativa ao cimento Portland. Contudo, investigações sobre a análise do seu ciclo de vida mostraram que o desempenho ambiental destes ligantes está muito dependente da sua composição. Além disso, outros investigadores concluíram que é possível produzir estes ligantes de forma mais eco-eficiente se estes não contiverem silicato de sódio, o que se fica a dever ao facto deste componente estar associado a uma elevada pegada carbónica. Por outro lado, os ligantes obtidos por ativação alcalina estão negativamente associados a um nível indesejado de eflorescências, originadas por componentes alcalinos e/ou silicatos solúveis não reativos.

Este artigo apresenta resultados de investigações experimentais na área de novos cimentos híbridos alcalinos. A resistência à compressão e a análise das eflorescências destes materiais mostram que as novas misturas apresentam um desempenho promissor.

*Ordinary Portland cement (OPC) is the dominant binder in the construction industry with a global production that currently reaches a total of 3 Gt per year. As a consequence, the cement industry's contribution to the total worldwide CO<sub>2</sub> emissions is of about 7% of the total emissions.*

*Publications on the field of alkali-activated binders (also termed geopolymers), state that this new material is likely to become an alternative to Portland cement. However, recent LCA studies show that the environmental performance of alkali-activated binders depends to great extent on their composition. Furthermore, researchers report that these*

*binders can be produced in a more eco-efficient manner if the use of sodium silicate is avoided. This is due to the fact that the referred component is associated with a high carbon footprint. Besides, most alkali-activated cements suffer from severe efflorescence, a reaction originated by the fact that the alkaline and/or soluble silicates that are added during processing cannot be totally consumed.*

*This paper presents experimental results on hybrid alkaline cements. The compressive strength results and the efflorescence observations show that some of the new mixes exhibit a promising performance.*

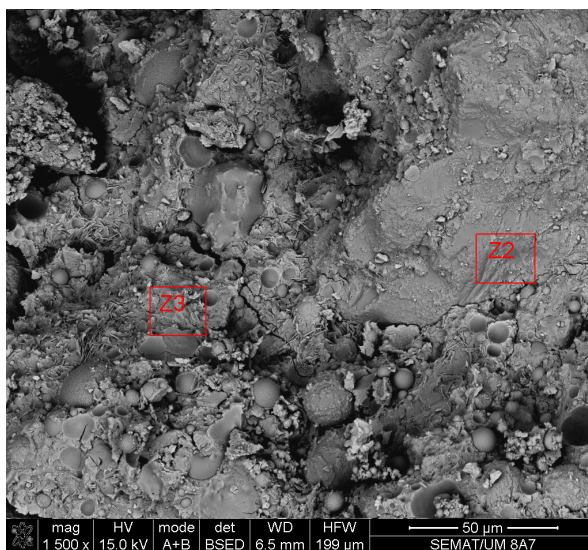


Fig. 1: Argamassa híbrida alcalina de cimento  
Hybrid alkaline cement mortar



ROTAS SAUDÁVEIS PARA MODOS ATIVOS DE TRANSPORTE EM VIAGENS ESCOLARES  
HEALTHY ROUTES FOR ACTIVE MODES IN SCHOOL JOURNEYS

Paulo Ribeiro, José F. G. Mendes  
in International Journal of Sustainable Development and Planning, WIT. 8 (4): 591-602 (2013)

Os modos ativos de transporte podem ser definidos como meios de viagem e transporte de baixa velocidade, que ocupam pouco espaço de circulação, não são poluentes atmosféricos e sonoros, e por isso podem ser considerados uma alternativa real e mais sustentável aos automóveis. Neste artigo é apresentada uma forma diferente de promover a utilização de modos ativos nas deslocações dos alunos para a escola que utiliza e integra essencialmente a informação do ruído e poluição do ar no processo de planeamento de rotas para gerar as rotas saudáveis. O conceito de geração de rotas saudáveis foi desencadeado pela necessidade de reduzir a exposição ao ruído e poluição do ar em viagens escolares, que pode afetar a saúde e a qualidade de vida das crianças. O modelo de rota saudável envolve a contaminação das distâncias da rede viária, de acordo com os níveis de ruído ambiental e da concentração de partículas - PM10, permitindo a definição da rota menos poluída, menos ruidosa e mais saudável para os modos ativos de transporte. O desempenho do modelo é avaliado através do cálculo das taxas de exposição ao ruído e poluição do ar nas rotas obtidas, em comparação com a rota mais curta. Para validar o modelo e o seu potencial para a promoção de modos ativos, é apresentado um estudo de caso no centro da cidade de Braga, onde são calculadas as rotas saudáveis de três aldeamentos para uma escola, conforme as Figuras 1 e 2 e a Tabela 1.

Active modes of transport can be defined as means of travel and transportation at low speed, which take up little space on the road, are air and noise non-pollutant, thus being regarded as more sustainable and a real alternative to cars. In this paper a different way to promote the use of active modes in school journeys is proposed and presented, which essentially uses and integrates information from noise and air pollution in the route planning process to generate healthy routes. The concept of generation of healthy routes was triggered by the need to reduce the exposure to noise and air pollution in school journeys, which can affect children's health and quality of life. The healthy route model involves the contamination of the distances of the transport network, according to the urban environmental noise levels and the concentration of particles - PM10, thus allowing the definition of the less polluted, less noisy and healthier route for active modes. The performance of the model is assessed by calculating the noise and air pollution exposure rates in the obtained routes, in comparison with the shortest route. To validate the model and its potential for the promotion of active modes, a case study is presented in a city centre located in the North of Portugal for three different school journeys (Fig. 1, Fig. 2 and Table 1).

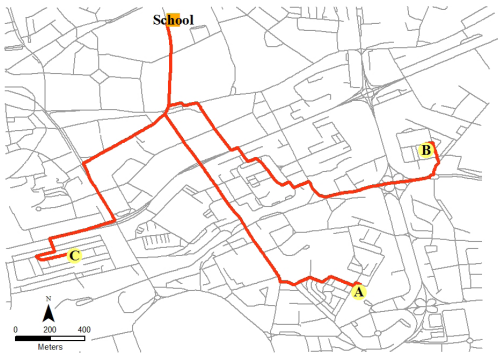


Fig. 1: Rotas mais curtas  
Shortest routes

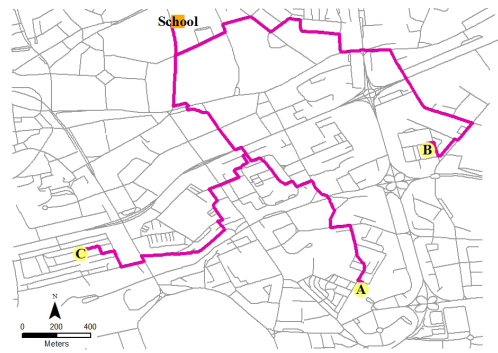


Fig. 2: Rotas saudáveis  
Healthy routes

Tabela 1: Rotas (Bairro A para a escola)  
Table 1: Routes (A to School)

| Routes           | Length<br>(m) | Exposure indices |                                      |
|------------------|---------------|------------------|--------------------------------------|
|                  |               | Noise<br>(dBA)   | PM10<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
| Shortest         | 2119.3        | 71.4             | 26.8                                 |
| Less noisy       | 2291.8        | 67.6             | -                                    |
| Less<br>polluted | 2291.8        | -                | 23.3                                 |
| Healthy          | 2291.8        | 67.6             | 23.3                                 |



# PROJETOS > PROJECTS

## MORE-CONNECT

A urgência social e ambiental de um processo de reabilitação integrado de grande escala do parque imobiliário europeu é amplamente reconhecida e apoiada pelos Estados Membros. Contudo, o setor da construção europeu ainda não foi capaz de conceber um processo de reabilitação estruturado e em larga escala através de uma abordagem sistemática.

As principais razões para este impasse são:

- o setor da construção europeu encontra-se fragmentado e não é capaz de oferecer soluções holísticas e integrais ao nível da reabilitação profunda que permitam desenvolver edifícios de balanço energético quase nulo (nZEB) de boa qualidade e a custos razoáveis;
- o processo de construção europeu é tipicamente estruturado em atividades sequenciais, com muitas atividades a serem desenvolvidas no local de construção e com o envolvimento de muitas subáreas, o que leva a custos adicionais e a um maior risco de ocorrência de falhas;
- o mercado da construção europeu é tipicamente um mercado “top down” e orientado pela oferta, havendo um desencontro entre os produtos oferecidos, as necessidades dos utilizadores finais e o poder de compra do utilizador final;
- devido à morosidade do processo de reabilitação e às falhas que lhe estão associadas, os clientes hesitam frequentemente em reabilitar as suas propriedades; por vezes, operações com maiores custos de operação são mais facilmente aceitáveis pelos proprietários de edifícios residenciais do que reabilitações profundas com baixos custos de operação; é, por isso, necessário encontrar uma solução de reabilitação que seja simultaneamente rápida e de elevada qualidade.

Contudo, grande parte destes obstáculos podem ser ultrapassados através da aplicação de elementos de reabilitação prefabricados multifuncionais, que têm o potencial de reduzir custos, reduzir o tempo da reabilitação e o distúrbio causado aos ocupantes, bem como melhorar a qualidade e o desempenho dos edifícios (quer em termos de eficiência energética quer em termos de qualidade do ambiente interior). O desafio do projeto MORE-CONNECT passa por combinar um produto inovador, um processo inovador e uma abordagem de mercado inovadora, num processo de otimização de custos e de qualidade, impulsionado por pequenas e médias empresas (PME) motivadas e direcionadas para a inovação.

Desta forma, os principais objetivos do projeto MORE-CONNECT são:

1. O desenvolvimento de soluções de reabilitação de custo ótimo para atingir o conceito nZEB com redução de pelo menos 80% do consumo de energia primária, quando comparada com o consumo original;

2. O desenvolvimento e aplicação de elementos prefabricados, modulares e multifuncionais com recurso a novas linhas de produção, totalmente automatizadas, com otimização da relação custos/produção levando a uma melhoria superior a 35% quando comparada com o processo de construção tradicional;
3. Redução da carga de trabalhos no local para menos de 10% da carga de trabalhos total associada a uma reabilitação tradicional;
4. Redução do tempo total de instalação da solução prefabricada para 2 dias (ou menos), com um máximo de 5 dias, em situações de extrema dificuldade;
5. Redução do tempo de retorno do investimento para menos de 8 anos;
6. Redução dos custos associados a falhas na construção para menos de 5% quando comparados com os 15% a 20% tradicionais.

O âmbito de aplicação específico do projeto MORE-CONNECT são os edifícios residenciais espalhados por toda a Europa, em clusters geográficos diferentes, com diferentes condições climáticas e diferentes tradições construtivas.

O projeto iniciou-se em novembro de 2014 e terá a duração de 48 meses. Este projeto é financiado pelo Programa Europeu Horizonte 2020, com o número de referência 633477, e tem um financiamento de aproximadamente 4.5M€. Para além do CTAC, o consórcio inclui as seguintes instituições: Huygen Installatie Adviseurs (coordenador – NL), Zuyd University (NL), BJW (NL), WEBO (NL), Riga Technical University (LV), Latvia Wood Construction Cluster (LV), Technological Centre of Zemgale (LV), Tallinn University of Technology (EE), AS Matek (EE), REF Ehitustööd (EE), Darkglobe (PT), Cenergia (DK), Innogie ApS (DK), Invela ApS (DK), Czech Technical University in Prague (CZ), RD Rýmařov (CZ), Econcept (CH).

*The social and environmental urgency of large-scale integrated retrofitting of the European building stock is widely acknowledged and supported by Member States. However, the European building sector has not yet been able to devise a structural, large-scale retrofitting process and systematic approach.*

*The main reasons for this deadlock are:*

- *the European building sector is fragmented and not able to offer holistic, integral solutions for nZEB deep renovation toward nearly Zero Energy Building (nZEB) for reasonable costs and good quality;*
- *the European building process is typically based on a 'layered' structure, with many labour actions on the buildings site, with many sub disciplines involved, leading to extra costs and failure risks;*
- *the European building market is typically top down and supply driven, with a mismatch between the offered*

products and the end-users needs and the end-user's affordability;

- due to long-lasting renovation process and failures in it, customers hesitate to renovate their property; sometimes larger running cost are more acceptable to owners-residences than deep renovation with small running costs; a faster and high quality renovation solution is needed.

Yet there is a challenge to overcome these barriers by applying prefabricated multifunctional renovation elements which have the potential to reduce costs, reduce the renovation time and disturbance for occupants and, at the same time, enhance quality and performances (both in terms of energy efficiency and indoor climate).

The challenge of the MORE-CONNECT project is to combine product innovation, process innovation and innovative market approach, in a process of cost and quality optimization, driven by motivated and innovation-driven SME's.

This leads to the following main objectives for MORE-CONNECT project:

1. The development of cost optimal deep renovation solutions towards nZEB concepts with a basic reduction of the primary energy consumption by at least 80% when compared to the original consumption;
2. The development and demonstration of prefabricated multifunctional modular renovation elements with fully automated production lines with a cost/output optimization

leading to >35% improvement compared to the traditional construction realization process;

3. The reduction of the construction site workload to less than 10% of the total workload of a traditional retrofit process;
4. The reduction of the total installing time on site to 2 days (or less), with a maximum of 5 days in extremely difficult situations;
5. The reduction of the payback time, for the end-user, to less than 8 years;
6. The reduction of the construction failure costs to less than 5% when compared to the traditional 15% to 20%.

The specific scope of MORE-CONNECT is residential buildings within different geo-clusters with distinctive climate zones and building traditions across Europe.

The project started in November 2014 and will last 48 months. This project is funded by Horizon 2020 Programme, Grant Agreement number 633477 with ~4.5M€. Apart from the CTAC, the consortium includes the following institutions: Huygen Installatie Adviseurs (coordinator – NL), Zuyd University (NL), BJW (NL), WEBO (NL), Riga Technical University (LV), Latvia Wood Construction Cluster (LV), Technological Centre of Zemgale (LV), Tallinn University of Technology (EE), AS Matek (EE), REF Ehitustööd (EE), Darklobe (PT), Cenergia (DK), Innogie ApS (DK), Invela ApS (DK), Czech Technical University in Prague (CZ), RD Rýmařov (CZ), Econcept (CH).



## PLASTIROADS

Os principais objetivos das administrações rodoviárias europeias são desenvolver pavimentos betuminosos de longa duração e garantir a preservação ambiental. Estes objetivos compreendem o desenvolvimento de novas soluções técnicas e ambientalmente sustentáveis, que podem ser alcançadas simultaneamente através da promoção da utilização de plásticos reciclados em misturas betuminosas multifuncionais, para melhorar o seu desempenho estrutural e funcional e a durabilidade do pavimento.

Este projeto pretende contribuir para a melhoria da qualidade de vida ao integrar plásticos reciclados em misturas betuminosas, principalmente quando for difícil ou não for tão viável a sua reutilização noutras indústrias. De facto, muitos plásticos reciclados são enviados para aterro, incinerados ou usados como agentes redutores em altos-fornos, podendo ser aplicados com maiores vantagens técnicas, económicas e ambientais na construção de pavimentos rodoviários. Estes resíduos plásticos podem funcionar como modificadores de ligantes (polietileno, PE) ou como agregados em misturas (PE reticulado, PEX), de modo a melhorar determinadas propriedades de desempenho (durabilidade) e características funcionais (redução do ruído e aderência) dos pavimentos. Os polímeros aplicados como agregados poderão interligar-se entre si de forma a criar uma estrutura interna que irá reforçar a mistura impedindo o fendilhamento. Assim, os principais resíduos plásticos a estudar neste projeto serão o PE, o PEX e misturas de vários polímeros cujo custo de separação impede a sua reutilização. Uma das principais fontes de plásticos a utilizar é a resultante da indústria de cabos elétricos, os quais não são valorizados atualmente no país, sendo enviados para aterro numa quantidade que excede as 1500 toneladas por mês.

Este projeto também vai ser inovador ao avaliar a multifuncionalidade das misturas com resíduos plásticos, porque se espera que a substituição parcial dos agregados por plástico vá melhorar as características de superfície da estrada e reduzir o ruído rodoviário (pois o plástico não é tão duro como os agregados naturais).

O projeto conduzirá ao desenvolvimento de novas misturas de elevado desempenho com resíduos plásticos de difícil reutilização, contribuindo para a sua maior durabilidade e, dessa forma, para um aumento do período de vida do pavimento e para a redução do impacto negativo associado à reabilitação da rede rodoviária. Além disso, será possível obter um material multifuncional, que além de ser durável vai reduzir o ruído rodoviário e melhorar a aderência da estrada. Ao mesmo tempo, será possível garantir uma utilização útil de resíduos que seriam depositados em aterros sanitários para materiais especiais, e diminui-se a utilização de materiais novos em pavimentação, o que contribui para a sustentabilidade na construção rodoviária. No final deste

projeto pretende-se obter e patentear um novo ligante/mistura multifuncional com resíduos plásticos.

O projeto iniciou-se em março de 2012 e tem a duração de 36 meses. Este projeto é financiado por fundos FEDER através do Programa Operacional para a Competitividade – COMPETE e por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e Tecnologia no âmbito do projeto PTCD/ECM/119179/2010, e tem um financiamento de aproximadamente 135.000€. Para além do CTAC, o consórcio inclui as seguintes instituições: Instituto de Polímeros e Compósitos (IPC/UMinho), Centro de Física (CF/UMinho), Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

*The main objectives of the European road administrations are to develop long-term asphalt pavements and guarantee the environmental preservation. These objectives include the development of new solutions, technically and environmentally sustainable, which can be reached simultaneously through the promotion of the use of wasted plastics in multifunctional asphalt mixtures, in order to improve its structural and functional performance and the durability of the pavement.*

*Thus, this project will contribute to the improvement of life quality through the integration of wasted plastic in asphalt mixtures, mainly when its use is more difficult or not so viable in other industries. In fact, many wasted plastic are sent to landfill, incinerated or used as reducing agents in furnaces. They could be applied with larger technical, economic and environmental advantages in the construction of road pavements. These plastic residues can work as asphalt binder modifiers (polyethylene, PE) or as aggregates in asphalt mixes (crosslinked PE, XLPE), so as to improve certain performance properties (durability) or functional characteristics (noise reduction and surface adherence) of road paving mixtures. The polymers used as aggregates can interconnect in order to build an internal structure that will strengthen the asphalt plastic mixture preventing cracking. Thus, the wasted plastic that will be studied in this project will be PE, PEX and mixtures of several polymers for which the separation/reutilization involves high costs. The main source of these plastics will be the electrical cable industry, which nowadays do not have any commercial value in Portugal, with circa 1500 tons per month being sent to landfill.*

*This project will also be innovative by evaluating the multifunctional nature of mixes with wasted plastic, namely because it is expected that the partial substitution of aggregates by wasted plastic will improve the surface characteristics and reduce the road noise (since plastic is not as stiff as natural aggregates).*

*The project will lead to the development of new high performance mixtures incorporating wasted plastic of difficult*

reuse and will contribute to a larger durability of those mixtures, thus increasing the period of life of the pavement and reducing the negative impact associated with the rehabilitation of the road network. Moreover, it should be possible to obtain a multifunctional material, which besides being durable will reduce the road noise and will enhance the road surface adherence characteristics. At the same time, a useful reuse of residues will be possible, which would be probably deposited in sanitary embankments for special materials, thus diminishing the deposit of wastes and the use of new resources in road paving (which contributes to the sustainability in the road construction). By the end of this project, a new multifunctional

mixture incorporating wasted plastic should be obtained and patented.

The project started in March 2012 and will last 36 months. This project is funded by FEDER funds through the Operational Competitiveness Programme – COMPETE and by National funds by FCT – Portuguese Foundation for Science and Technology in the scope of Project PTDC/ECM/119179/2010 with nearly 135 000€. Apart from the CTAC, the consortium includes the following institutions: Institute for Polymers and Composites (IPC/UMinho), Physics Centre (CF/UMinho), National Laboratory for Civil Engineering (LNEC).



Fig. 1: Diferentes polímeros (em pó e granulado) utilizados no estudo

*Different polymers (powder and granules) used in the study*



## CONTRIBUIÇÃO DE ARGAMASSAS TÉRMICAS ATIVAS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS CONTRIBUTION OF ACTIVE THERMAL MORTARS FOR THE ENERGETIC EFFICIENCY OF BUILDINGS

Atualmente grande parte do consumo de energia elétrica no setor residencial está associada ao aquecimento e arrefecimento dos edifícios. O armazenamento de energia através da incorporação de materiais de mudança de fase (PCM) proporciona uma uniformização na solicitação de energia à rede, diminuição dos gastos com a fatura elétrica e contribuição para o aumento do conforto térmico no interior dos edifícios.

O principal objetivo deste projeto é o desenvolvimento de sistemas construtivos energeticamente mais eficientes, averiguando a viabilidade técnica e económica da aplicação de materiais de mudança de fase (PCM) microencapsulados em revestimentos interiores à base de cimento, gesso ou cal aérea. Estes novos sistemas construtivos devem respeitar todas as exigências europeias, a fim de ser possível a sua marcação CE. Outro objetivo é a quantificação da redução do consumo de energia nos edifícios, obtida pela utilização destes novos sistemas construtivos. Este tipo de armazenamento de energia reduz as variações de temperatura interior, contribuindo para o aumento do conforto térmico. Pretende-se ainda efetuar o estudo do comportamento térmico das argamassas desenvolvidas em células de teste, de forma a avaliar o potencial de poupança energética introduzido por esta tecnologia, comparando-a com as técnicas atuais de construção. A simulação numérica do comportamento térmico dos edifícios com os novos revestimentos interiores será efetuada com vista a avaliar a sua contribuição para a eficiência energética.

O desenvolvimento deste projeto de investigação foi baseado no planeamento detalhado de várias tarefas, sendo estas:

- Seleção e caracterização do PCM;
- Seleção e caracterização das argamassas;
- Caracterização das argamassas de PCM;
- Simulações numéricas;
- Desempenho térmico nas células de teste.

No âmbito deste projeto foram publicados vários artigos em revistas internacionais e conferências nacionais e internacionais. Foram também concluídas várias dissertações de mestrado. O projeto teve a duração de 36 meses.

*Currently, a large part of the energetic consumption in the residential sector is associated with the heating and cooling of buildings. The energy storage by incorporating phase change materials (PCM) in constructions systems provides uniformity in the application of power to the grid, decreases costs with the electric consumption and contributes to the increase in thermal comfort inside the buildings.*

*The main objective of this project is the development of more efficient energy building systems, verifying the technical and economic viability of the application of phase change materials (PCM) microencapsulated in interior coatings based on cement, gypsum or lime. These new building systems should respect all European requirements in order to be able to receive the CE marking. Another objective is to quantify the reduction of energy consumption in buildings, obtained by the use of this new construction system. This type of energy storage reduces the indoor temperature variations, contributing to the increase of thermal comfort. Another objective is to perform studies of thermal behaviour of mortars into test cells developed in order to evaluate the energy saving potential introduced by this technology, comparing it with the current construction techniques. The numerical simulation of the thermal performance of buildings with new coatings will be carried out in order to evaluate their contribution to energy efficiency.*

*The development of this research project was based on the detailed planning of several tasks:*

- Study and characterization of different PCM microcapsules;
- Development and characterization of the reference mortars;
- Development and characterization of the mortars with incorporation of PCM;
- Development of numerical thermal simulations;
- Thermal performance in test cells.

*Under this project several papers were published in international journals and national and international conferences. Several master dissertations were also completed. This project had the duration of 36 months.*



## PATENTES > PATENTS

### ARGAMASSAS INCORPORANDO MICROCÁPSULAS DE MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE (PCM) - SEU PROCESSO DE OBTENÇÃO E SUA UTILIZAÇÃO NO REVESTIMENTO INTERIOR DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS

### MORTARS CONTAINING PHASE CHANGE MATERIALS MICROCAPSULES (PCM) – THEIR PREPARATION PROCESS AND USE AS INTERNAL COATINGS OF CONSTRUCTIVE SYSTEMS

Barroso Aguiar, J. R. Gomes, L. M. Bragança e J. M. Monteiro

Patente nº *Patent nr:* 103336

Início de vigência *Validity starts:* 2005/08/02

Data da concessão *Granting date:* 2007/09/13

O consumo energético nos edifícios tem vindo a intensificar-se devido às necessidades de conforto dos utentes serem cada vez maiores. Atualmente, existem problemas de carência de energia, associados às emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera e à poluição. Assim, soluções de conservação de energia são bem-vindas, ao contribuírem para a diminuição do consumo atual energético e da dependência energética do país.

A presente invenção refere-se a argamassas de construção com incorporação de materiais de mudança de fase (PCM). Estas argamassas apresentam propriedades térmicas melhoradas devido à presença do PCM. No revestimento das paredes e tetos de um edifício utilizam-se várias camadas de argamassas de diferentes composições. A invenção diz respeito à utilização de PCM apenas na camada de acabamento. Trata-se da argamassa que fica em contacto direto com o interior do edifício. Assim, o custo do sistema de revestimento interior não sobe tanto como aconteceria se o PCM fosse incorporado em todas as camadas de argamassa. Por outro lado, é na camada de acabamento que o PCM pode ser termicamente mais eficaz. O recurso a um PCM com mudanças de fases sólido/líquido (amolecimento) e líquido/sólido (cristalização) próximo dos 20°C, permite a manutenção de uma temperatura interior próxima deste valor, com um consumo de energia inferior ao

que se verifica com os sistemas de revestimento interior atuais.

*The energy consumption in buildings has been intensifying due to growing comfort needs of users. Nowadays, there are problems of lack of energy, associated with CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere and pollution. Therefore, solutions for energy conservation are welcome to contribute to the reduction of current consumption and the energy dependence of the country.*

*The present invention relates to mortars for construction with incorporation of phase change materials (PCM). These mortars can improve the thermal properties related to the presence of the PCM. For coating of walls and ceilings, these mortars are used in layers with different compositions. The invention relates to the use of PCM, only in the topcoat. It is the mortar that is in direct contact with the interior of the building. Thus, the cost of the constructive system does not rise as much as it would if the PCM was incorporated into all layers of mortar. Moreover, the presence of the PCM in the topcoat layer is more efficient of a thermal behaviour point of view. The use of a PCM with changes in solid/liquid (softening) and liquid/solid (crystallization) phases around 20°C, allows the maintenance of core temperature around this value, with an energetic consumption lower than the observed with the current coating solutions.*

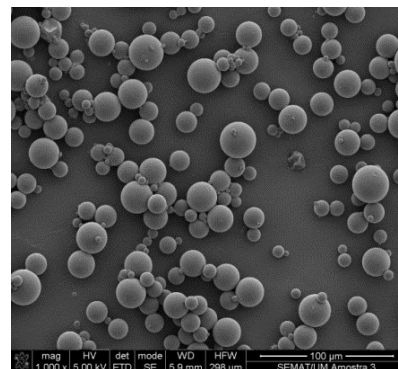


Fig. 1: Microcápsulas de PCM  
PCM microcapsules

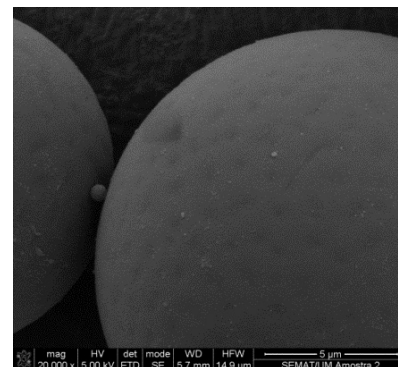


Fig. 2: Superfície das microcápsulas de PCM  
PCM microcapsules surface

SISTEMA E MÉTODO DE CÁLCULO DE ROTAS  
SYSTEM AND METHOD OF CALCULATION OF ROUTES

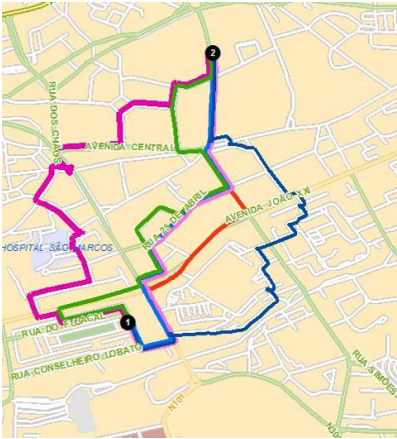
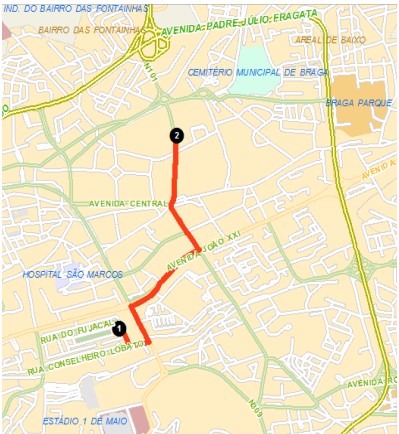
Paulo Ribeiro, José F.G. Mendes

Patente nº *Patent nr:* 105929  
Início de vigência *Validity starts:* 2011/10/12

Foi desenvolvido um sistema e um método para calcular rotas que compreende os passos de obter polígonos com atributos de poluição atmosférica e sonora a partir de mapas horários (mapa de poluição), em que cada polígono corresponde a uma classe de poluição atmosférica e sonora a partir de um número predefinido de classes de poluição atmosférica e sonora; segmentar cada um dos segmentos da rede viária pela intersecção com os referidos polígonos em subsegmentos (modelo de contaminação das distâncias); determinar distância corrigida dos subsegmentos, pela aplicação à distância real de cada subsegmento, de fatores de multiplicação de poluição sonora (K) e de poluição atmosférica (W) obtidos através do conhecimento do valor médio da classe de poluição respetiva (mapa das distâncias contaminadas); calcular a rota com os subsegmentos e suas distâncias corrigidas que minimiza a distância corrigida total (navegação) de forma a obter as rotas pretendidas (rota saudável, rota menos ruidosa, rota menos poluída).

*A system and method was developed to calculate routes comprising the steps of obtaining polygons with attributes of air and noise pollution from hourly maps (pollution map), wherein each polygon corresponds to a class of air and noise pollution from a predefined number of classes of air and noise pollution; split each segment of the road network in sub-*

*segments by the intersection with those polygons (distance contamination model); determine the corrected distance of the sub-segments, by applying to the actual distance of each sub-segment noise (K) and air pollution (W) multipliers obtained through the known average value of the respective class of pollution (contaminated distances map); calculate the route, considering the sub-segments with the corrected distances, which minimizes the total corrected distance (navigation) to obtain the desired routes (healthy route, less noisy route, less air polluted route).*



Legenda *Caption*

Rotas *Routes*

- Mais curta  
*Shortest*
- Mais saudável (KWH)  
*Healthier (KWH)*
- Saudável (KWL)  
*Healthy (KWL)*
- Menos ruidosa (KH)  
*Less Noisy (KH)*
- Moderadamente ruidosa (KL)  
*Moderately Noisy (KL)*
- Menos poluída - PM10 (WH)  
*Less air polluted - PM10 (WH)*
- Moderadamente poluída - PM10 (WL)  
*Moderately air polluted - PM10 (WL)*

## PRÉMIOS > AWARDS

### **Prémio Professora Rosário Oliveira** *Professor Rosário Oliveira Award*

Prémio para o melhor artigo apresentado na segunda conferência internacional “WASTES: solutions, treatments and opportunities” em Braga, Portugal.

Hugo Silva, Ana Nóbrega, Joana Peralta e R.C. Williams, com o artigo “Combining asphalt-rubber (AR) and fast-pyrolysis bio-oil to create a binder for flexible pavements” (2013)

*Best Paper Award presented at the second international conference “WASTES: solutions, treatments and opportunities” in Braga, Portugal.*

*Hugo Silva, Ana Nóbrega, Joana Peralta and R.C. Williams, with the paper “Combining asphalt-rubber (AR) and fast-pyrolysis bio-oil to create a binder for flexible pavements” (2013)*



### **Best Paper Award ICPT2013**

Joana Peralta, Hugo Silva, R. Williams, Marjorie Rover e Ana Nóbrega, com o artigo “Development of an Innovative Bio-Binder Using asphalt-Rubber Technology” (2013)

*Joana Peralta, Hugo Silva, R. Williams, Marjorie Rover and Ana Nóbrega, with the paper “Development of an Innovative Bio-Binder Using asphalt-Rubber Technology” (2013)*

### **Best Paper Award**

Melhor artigo no domínio da Energia, Eficiência e Sustentabilidade apresentado na conferência internacional “Vernacular Heritage & Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development”

*Best Paper Award in the field of Energy Efficiency & Sustainability presented in the international conference Vernacular Heritage & Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development.*

Jorge Fernandes, Ricardo Mateus e Luís Bragança (2013)

### **Melhor Obra Escrita Original**

Prémio promovido pela Sociedade Ponto Verde, em conjunto com a editora Principia, e instituído no âmbito dos Green Project Awards 2013

*Best Original Writings*

*Award sponsored by Sociedade Ponto Verde, together with the publisher Principia, and established under the Green Project Awards 2013*

Dinis Leitão, com o trabalho intitulado “Taxas e Procedimentos Sustentáveis em Operações Urbanísticas” (sobre a promoção de novas formas de urbanizar e de construir, abordando novas formas de gestão urbana que tenham em conta os procedimentos sustentáveis em operações urbanísticas) (2013)

*Dinis Leitão, with the work entitled “Fees and Sustainable Procedures in Urbanistic Operations” (focused on the promotion of new ways to urbanize and build, addressing new forms of urban management that take into account the sustainable procedures in urbanistic operations) (2013)*

### **Menção Honrosa do Prémio Ramos Catarino Inovação edição 2011-12**

*Honorable Mention of Ramos Catarino Innovation Award 2011-12 edition*

Sandra Lucas, Victor Ferreira e José Barroso Aguiar, com o trabalho intitulado “Argamassas funcionais para armazenamento de calor latente”

*Sandra Lucas, Victor Ferreira and José Barroso Aguiar, with the work entitled “Functional mortars for latent heat storage”*



## NOTÍCIAS > NEWS

### ARGAMASSAS TÉRMICAS APARECEM NA COMUNICAÇÃO SOCIAL THERMAL MORTARS IN MEDIA

As argamassas térmicas têm vindo a atrair a atenção da comunicação social devido ao seu enorme contributo para as três dimensões do desenvolvimento sustentável, uma vez que estas possuem impactos positivos na dimensão social, económica e ambiental.

As argamassas térmicas foram alvo de publicação pela comunicação social nas seguintes situações:

- Entrevista concedida ao Programa "Portugal em Direto", Antena 1 em março de 2011.
- Entrevista concedida ao Programa "Porto Alive", Porto Canal em dezembro de 2011.
- Entrevista concedida ao Jornal "O Povo de Guimarães" em fevereiro de 2012.
- Entrevista concedida ao Jornal "Diário do Minho" em fevereiro de 2012.
- Entrevista concedida à Revista "INGENIUM – A Engenharia Portuguesa em Revista", para a publicação de março/abril 2012.

- Entrevista concedida ao Programa "Mentes que Brilham", Porto Canal em março de 2012.

- Entrevista concedida ao Programa "Mundo Novo", TSF em junho de 2012.

*The thermal mortars have been attracting the attention of the media due to their huge contribution to the three dimensions of sustainable development, as these have positive impacts on social, economic and environmental dimension.*

*The thermal mortars were targeted for publication by the media in the following situations:*

- Interview to the Programme "Portugal em Direto", Antena 1 in March 2011.
- Interview to the Programme "Porto Alive" Porto Canal in December 2011.
- Interview given to the newspaper "O Povo de Guimarães" in February 2012.
- Interview given to the newspaper "Diário do Minho" in February 2012.
- Interview given to Journal "INGENIUM -

*A Engenharia Portuguesa em Revista", for publication in the volume of March/April 2012.*

- Interview to the Programme "Mentes que Brilham", Porto Canal in March 2012.

- Interview to the Programme "Mundo Novo", TSF in June 2012.



### MISTURAS BETUMINOSAS RECICLADAS E TEMPERADAS NA COMUNICAÇÃO SOCIAL RECYCLED ASPHALT MIXTURES IN MEDIA

O projeto "Eficiência Energética e Ambiental das Misturas Betuminosas e Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa" do CTAC, em conjunto com a empresa Monteadriano, do Grupo Elevo, procura desenvolver misturas betuminosas recicladas com uma elevada taxa (até 50%) de material fresado. O uso de rejuvenescedores e de tecnologias temperadas nestas misturas recicladas permite melhorar o envolvimento dos agregados, e reduzir o envelhecimento do betume, bem como o consumo de energia e a produção de gases com efeitos de estufa. Este projeto responde na íntegra aos principais pilares da sustentabilidade do setor de pavimentação e da sociedade em geral, sendo por isso alvo de publicação pela comunicação social:

- Entrevista concedida ao Programa "Mentes que Brilham", Porto Canal em abril de 2013.

- A mistura Reciphalt-50/ECO-R®, desenvolvida neste projeto, ganhou o 1.º lugar

nos Prémios Inovação na Construção 2014 na Categoria Vias de Comunicação e Obras Hidráulicas.

*The project "Energy and environmental efficiency of bituminous mixtures and reduction of greenhouse gases emissions" of the CTAC, together with the company Monteadriano, of Elevo Group, aims at developing recycled asphalt mixtures with high contents (up to 50%) of reclaimed asphalt. The use of rejuvenators or warm technologies in these recycled asphalt mixtures allows improving the involvement of aggregates and to reduce the bitumen aging, as well as the energy consumption and the production of greenhouse gases. This project fully answers the main pillars of sustainability of the paving industry and the society in general, and thus it was targeted for publication by the media:*

- Interview to the Programme "Mentes que Brilham", Porto Canal in April 2013.

- The mixture Reciphalt-50/ECO-R®, developed in this project, was granted the 1st place in the Innovation in Construction Awards 2014 in the Category of Highways and Hydraulic works.





## EVENTOS > EVENTS

### Euro-ELECS 2015

A Euro-ELECS 2015 é a primeira conferência Latino-americana e Europeia sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Será realizada em Guimarães, Portugal, de 21 a 23 de julho de 2015.

Este evento é a evolução de várias conferências anteriores ELECS (Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis) que tiveram início em 1997 e que se realizaram bianualmente desde 2001.

A Euro-ELECS 2015 é um evento científico inovador que tem como objetivo estabelecer a ponte entre o ambiente académico, a sociedade, a teoria e a prática, conectando os países Europeus com os países da América Latina.

Por esta razão, além do conteúdo científico organizado e oferecido por cientistas de renome internacional, o programa irá incluir atividades como workshops, visitas técnicas e a apresentação de experiências práticas, que serão conduzidas em associação com parceiros industriais.

São esperados cerca de 500 participantes, expositores e visitantes de todo o mundo. Os grupos alvo são Arquitetos, Engenheiros, Investigadores, representantes da Indústria e Políticos.

URL: <http://civil.uminho.pt/EURO-ELECS-2015/en>

*Euro-ELECS 2015 is the first Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities. It will be held in Guimarães, Portugal, from the 21<sup>st</sup> to the 23<sup>rd</sup> of July 2015.*

*This event is the evolution of the several previous ELECS (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis) held in 1997, 2001, 2003, 2007, 2009, 2011 and 2013.*

*Euro-ELECS 2015 is an innovative scientific event that aims at bridging the gap between the academic environment, society, theory and practice connecting European countries and the countries of Latin America.*

*For this reason, in addition to the scientific content organized by prominent world researchers, the programme will include activities like workshops, technical visits and the presentation of practical experiences, which will be conducted in association with industrial partners.*

*About 500 participants, exhibitors and visitors are expected from all over the world. The target groups are: Architects, Engineers, Researchers, Construction Industry Representatives and Policy Makers.*

URL: <http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/en/>

### CLB-MCS 2014 “Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis”

O Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção teve como principal objetivo reunir especialistas para apresentar resultados de investigações desenvolvidas e discutir perspectivas de futuros trabalhos relacionados com materiais sustentáveis e a sua importância para a obtenção de uma construção com maior valor de sustentabilidade.

Durante a sua duração, a realização deste evento permitiu tornar a cidade de Guimarães, mais propriamente a Universidade do Minho, num lugar privilegiado para o intercâmbio de ideias e experiências entre os especialistas de Portugal e do Brasil, promovendo o aprofundamento da investigação neste domínio e incrementar a importância da utilização de materiais sustentáveis.

As atas do congresso incluem cerca de 250 artigos em áreas tais como: Materiais e Energia; Materiais e Nanotecnologia; Materiais e Resíduos; Materiais Naturais; Toxicidade dos Materiais de Construção; Materiais e Reabilitação; Betões Eco-eficientes; Materiais e Eficiência Energética; Construção em Terra; Fibras na Construção Sustentável.

URL: <http://civil.uminho.pt/clbmcs2014/index.html>

*The Luso-Brazilian Congress of Construction Materials aimed at bringing together experts to present results of investigations carried out and discuss prospects for future work related to sustainable materials and their importance for obtaining a construction with the highest sustainability.*

*During its duration, the realization of this event allowed turning the city of Guimarães, more specifically the University of Minho, into a privileged place for the exchange of ideas and experiences between experts from Portugal and Brazil, promoting further research in this field and increase the importance of using sustainable materials.*

*Congress proceedings include the publication of about 250 papers in areas such as: Materials and Energy; Materials and Nanotechnology; Materials and Wastes; Natural Materials; Toxicity of Construction Materials; Materials and Rehabilitation; Eco-efficient Concrete; Materials and Energy Efficiency; Earth Construction; Fibres in Sustainable Construction.*

URL: <http://civil.uminho.pt/clbmcs2014/index.html>

## PLURIS 2014

O PLURIS decorreu em Lisboa, de 24 a 26 de setembro de 2014.

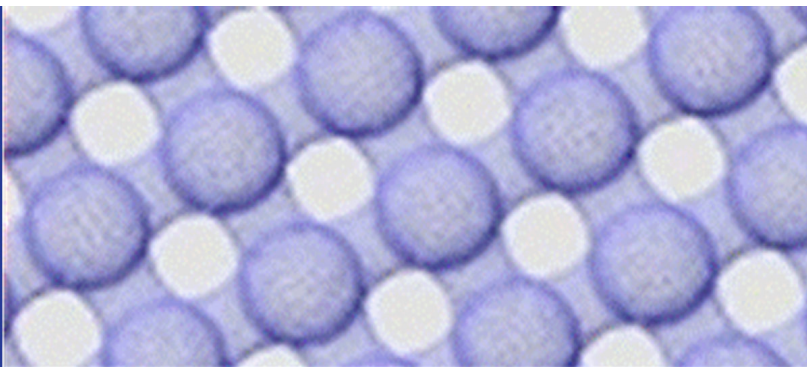
O século XXI oferece aos atores (técnicos, promotores, população e políticos) desafios únicos que se prendem essencialmente com duas condições: as dinâmicas demográficas e o dever da sustentabilidade. O modelo do urbanismo liberal que tem regulado a maioria das intervenções urbanas nos últimos 40 anos encontra-se desgastado, inoperante e incapaz de se auto-regular ou regenerar, tendo posto a descoberto uma crise de valores que dificulta em muito a evolução das sociedades para um novo paradigma que responda eficazmente aos desafios atrás apontados. Avizinha-se o término de um ciclo, e invariavelmente, a mudança faz-se a diferentes velocidades e de múltiplas maneiras. Perceber e refletir sobre esta mudança que se anuncia, mas que tarda em se materializar, foi o objetivo deste congresso.

URL: [http://pluris2014.fa.ulisboa.pt/en/congresso\\_apresentacao.html](http://pluris2014.fa.ulisboa.pt/en/congresso_apresentacao.html)

*Pluris took place in Lisbon, from the 24<sup>th</sup> to the 26<sup>th</sup> September 2014.*

*21<sup>st</sup> century offers urban actors (experts, promoters, population and politicians) unique challenges, mostly related with demographic dynamics and sustainability. The liberal urbanism model, which has ruled over the majority of urban interventions during the last 40 years, is outdated, inoperative and incapable of self-regulation and regeneration. By uncovering a crisis of values, it hampers societies' evolution towards a new paradigm which can efficiently respond to the referred challenges. The end of a cycle is near and, invariably, change happens at different speeds and ways. To understand and discuss about this change, which has already been announced, but hasn't yet occurred, was the goal of this congress.*

URL: [http://pluris2014.fa.ulisboa.pt/en/congresso\\_apresentacao.html](http://pluris2014.fa.ulisboa.pt/en/congresso_apresentacao.html)



## Institute for Polymers and Composites

[www.ipc.uminho.pt](http://www.ipc.uminho.pt)  
[www.i3n.org](http://www.i3n.org)

### QUEM SOMOS, O QUE FAZEMOS

O Instituto de Polímeros e Compósitos (IPC) é uma unidade de investigação (UI) financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, sediada na Universidade do Minho e associada ao Departamento de Engenharia de Polímeros. O IPC tem como objetivo desenvolver atividades de Investigação Desenvolvimento Tecnológico (I&DT) no domínio da Ciência e Engenharia de Polímeros. Desde 2006, o IPC é membro do Laboratório Associado i3N - Instituto de Nanoestruturas, Nanomodelação e Nanofabricação, UI multidisciplinar classificada como Excelente, que integra também o CENIMAT (Universidade Nova de Lisboa) e o FSCOSD (Universidade de Aveiro).

A atividade de investigação do IPC desenvolve-se e integra duas vertentes principais: uma ligada à Ciência e Engenharia de Polímeros e Compósitos e a outra às Nanociências e Nanotecnologias com estes materiais. A estratégia de investigação desenvolve-se ao longo de toda a cadeia de conhecimento em polímeros e compósitos (Fig. 1), desde a síntese e modificação (novos e melhorados sistemas poliméricos), à manufatura e ao processamento (de elevado valor e com incorporação de conhecimento), à caracterização avançada de sistemas e produtos poliméricos e ao desenvolvimento de produtos poliméricos inovadores e sustentáveis, sendo suportada por ferramentas transversais, tais como: a modelação e a simulação, as metodologias (design, manufatura, caracterização), as tecnologias de manufatura e as técnicas de caracterização.

O IPC desenvolve a sua atividade em múltiplos projetos de I&DT com financiamento competitivo (nacional e europeu), na formação avançada de recursos humanos (dissertações de mestrado e de doutoramento), no estabelecimento de parcerias nacionais e internacionais com instituições de renome, na realização de projetos com financiamento industrial e na divulgação e consciencialização do papel dos materiais poliméricos na sociedade.

### WHO ARE WE, WHAT WE DO

*The Institute for Polymers and Composites (IPC) is a research unit (RU) sponsored by the Portuguese Foundation for Science and Technology, based at the University of Minho and associated with the Department of Polymer Engineering. The IPC aims at developing Research and Development (R&D) activities in the field of Polymer Science and Engineering. Since 2006, the IPC is a member of the Associate Laboratory I3N – Institute for Nanostructures, Nanomodelling and Nanofabrication, a multidisciplinary RU classified as Excellent, which also integrates the CENIMAT (Universidade Nova de Lisboa) and the FSCOSD (University of Aveiro).*

*The research activity of the IPC develops and integrates two components: one related to Polymers and Composites Science and Engineering and the other to Nanoscience and Nanotechnology with these materials. The research strategy is developed along the entire chain of knowledge in polymers and composites (Fig. 1), from the synthesis and modification (new and improved polymer systems), the manufacturing and processing (high value and incorporating knowledge), the advanced characterization of polymeric systems and products and the development of innovative and sustainable polymeric products, being supported by transversal tools, such as: modelling and simulation, methodologies (design, manufacture, characterization), manufacturing technologies and characterization techniques.*

*The IPC develops its activity in multiple R&D projects with competitive funding (national and European) in the advanced training of human resources (Masters and PhDs), in establishing of national and international partnerships with renowned institutions, in developing industrial projects with direct funding and in the dissemination and awareness of the role of polymeric materials in society.*

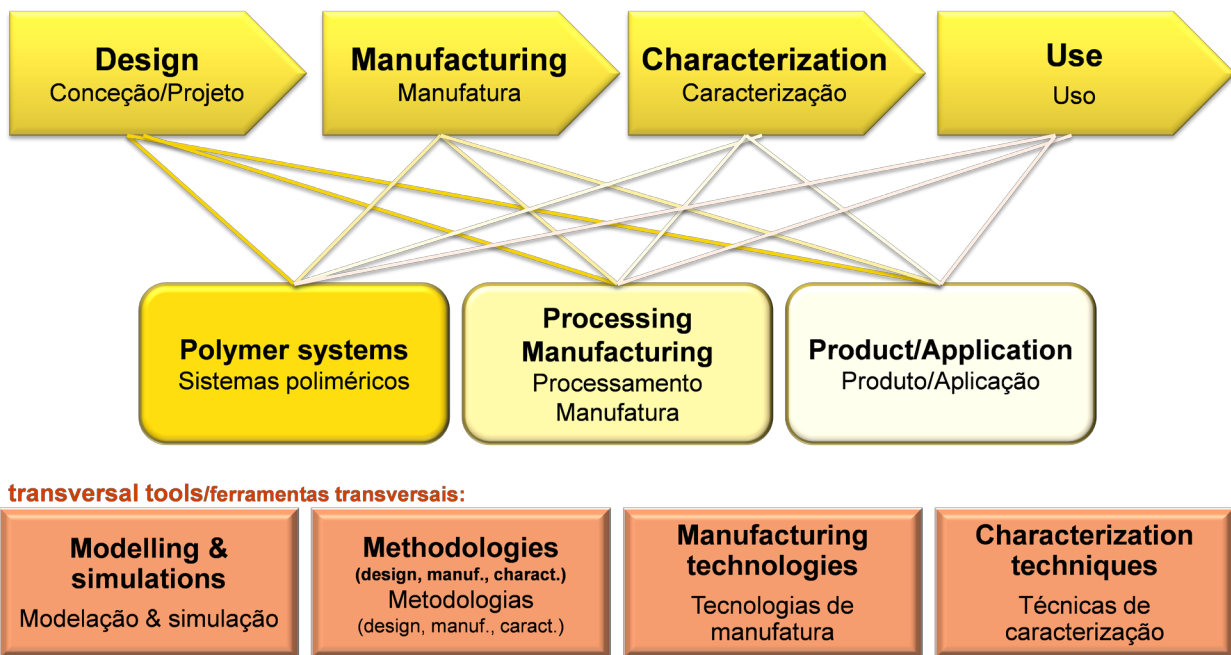


Fig. 1: Cadeia de conhecimento do IPC  
*Knowledge chain of the IPC*



## MISSÃO / OBJETIVOS

A missão do IPC é contribuir para o avanço da ciência e tecnologia de polímeros e compósitos, ajudando a criar valor acrescentado na indústria portuguesa, através da aplicação dos resultados de I&D e da sua transferência para o setor económico, bem como a formação de recursos humanos altamente qualificados, e a promoção da consciência do papel e da importância dos materiais poliméricos na sociedade. Acresce também a missão de promover a excelência em nanociência, nanomateriais e nanotecnologias com materiais poliméricos.

O IPC ambiciona desenvolver atividades de I&DT de vanguarda com excelência e ser um instituto de referência aos níveis nacional e internacional na sua área do conhecimento. Como valores, o IPC cultiva o pensamento crítico e aberto, a integridade e a excelência e a cooperação com outros investigadores e UIs de referência internacional. O IPC pretende continuar a ser um ator ativo no desenvolvimento socioeconómico nacional, com preocupações ambientais e de sustentabilidade.

## RECURSOS

Os investigadores do IPC possuem formação em áreas das ciências básicas (Química, Física, Matemática) e das engenharias (Polímeros, Química, Mecânica, Produção e Gestão Industrial) facilitando abordagens multidisciplinares na resolução de problemas complexos aplicados. O IPC desenvolve também colaborações com UIs de referência. No final de 2013, o IPC integrava 32 membros com grau de Doutor e 56 investigadores e estudantes de pós-graduação.

O IPC está dotado de vários laboratórios: Química, Composição e Mistura, Processamento, Preparação de Amostras, Ciência de Polímeros, Microscopia, Propriedades Físicas, Reologia, Propriedades Mecânicas, CAE e Prototipagem Rápida, Integração de Sistemas Inteligentes. Os principais equipamentos estão listados na Tabela 1.

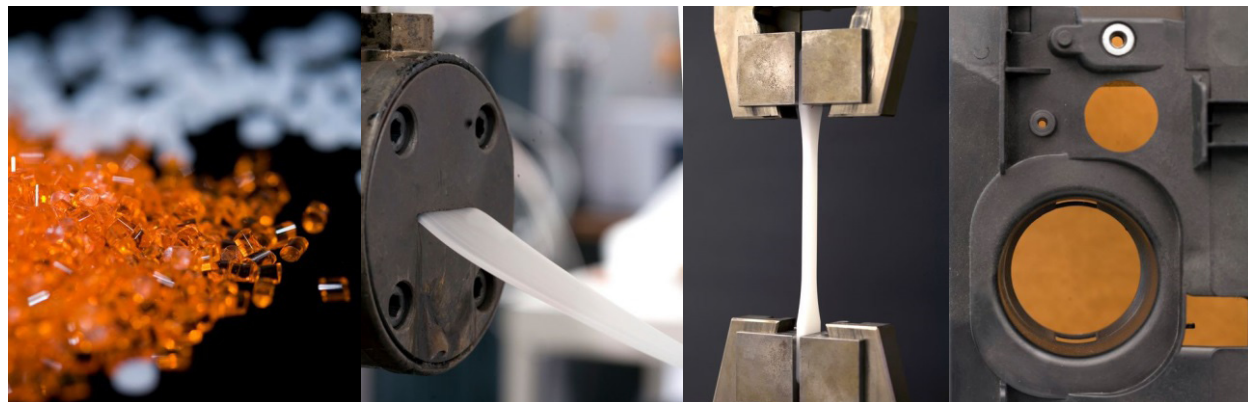
## MISSION / OBJECTIVES

*The mission of the IPC is to contribute to the advancement of science and technology of polymers and composites, helping to create added value in Portuguese industry through the application of R&D results and its transfer to the economic sector as well as the training of highly qualified human resources, and promoting the awareness of the role and importance of polymeric materials in society. In addition, the mission of the IPC is to promote excellence in nanoscience, nanotechnologies and nanomaterials with polymeric materials. The IPC aims at developing leading edge R&D activities with excellence and at being a flagship R&D institute at national and international levels in its knowledge area. As values, the IPC cultivates the critical and open minded thinking, the integrity and excellence, and the cooperation with other researchers and RU of international reference. The IPC aims at being an active player in the national socio-economic development with environmental and sustainability concerns.*

## RESOURCES

*The IPC's researchers come from backgrounds in areas of basic sciences (Chemistry, Physics, Mathematics) and engineering (Polymers, Chemical, Mechanical, Production and Industrial Management) enabling multidisciplinary approaches to solve applied complex problems. The IPC also develops collaborations with UIs of reference. In late 2013, the IPC had 32 members with PhD degree and 56 researchers and graduate students.*

*The IPC is equipped with several laboratories: Chemistry, Compounding and Mixing, Processing, Preparation of Samples, Polymer Science, Microscopy, Physical Properties, Rheology, Mechanical Properties, CAE and Rapid Prototyping, Integration of Intelligent Systems. Main equipment is listed in Table 1.*



## QUÍMICA

### CHEMISTRY

Fume Hoods and Enclosures, Magnetic stirrers, Laboratorial glassware, Vacuum pumps

## PROCESSAMENTO

### PROCESSING

Extrusion: Extrusion/compounding line, Co-extrusion line, Monofilament extrusion line, Blown film and bi-oriented film line (prototype), Mini and micro extruders; Injection moulding: Non-conventional injection moulding, Microinjection, Special moulding tools, NyRIM moulding system (prototype); Thermoforming, Rotational moulding (prototype), Towpregger (prototype), Compression hydraulic presses, Ancillary (heating tanks, pressure, pumps, granulators, feeders, dehumidifiers), Rapid prototyping (FMD, 3D printing)

## PREPARAÇÃO DE MATERIAIS

### MATERIAL PREPARATION

Haake Reomixer, Digital Mechanical Mixer, Cryogenic mill, Three roll mixer, Ultrasonic probes

## CARACTERIZAÇÃO

### CHARACTERIZATION

**Rheological:** Rheometers (capillary, rotational, extensional), MFI, Microfluidic lab, PIV/LDA, MFI

**Mechanical:** Universal testing machines, Servo-hydraulic high speed tensile machine, Miniaturised tensile machine (prototypes), Pendular impact, DMA, Micro-hardness

**Structural:** Chromatography, GPC, FTIR, FTIR with microscope, Spectrophotometers UV-VIS & IR, NIR & on-line NIR, TGA, DSC, SALS, Optical microscopy (with Image analyser), Contact angle/Surface tension, Haze, Gloss, Sample preparation (microtomes, polishing machines, diamond saw)

## OUTRA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

### OTHER PHYSICAL CHARACTERIZATION

HDT/VICAT, Permeabilimeters, Electrical characterization, Density column

## OUTROS EQUIPAMENTOS

### OTHER EQUIPMENT

High resolution inkjet printer, Tubular oven, CVD for CNT growth (prototype), Spin coater, Machining centre (CAD/CAM), Convection ovens, Vacuum ovens, Muffles, 3D Laser digitalizer, Coordinate measurement machine, Thermographic camera, High speed videography

## PARTILHADOS COM OUTROS

### DEPARTAMENTOS

### SHARED WITH OTHER DEPARTMENTS

PC cluster  
Hydraulic fatigue machines  
CAE/Abaqus, Ansys, SolidWorks, CATIA  
Matlab

## SERVIÇOS DE CARACTERIZAÇÃO DE

### MATERIAIS DISPONÍVEIS SEMAT-UM

### AVAILABLE MATERIALS CHARACTERIZATION

### SERVICES SEMAT-UM

FEG-SEM; EDS/EBSD  
X-Ray diffraction , XRD  
Small Angle X-ray Scattering, SAXS  
Wide-Angle X-ray Scattering, WAXS  
Nano/micro indentation  
Scratch tester

Tabela 1. Principais equipamentos do IPC

*Table 1. Main equipment at the IPC*

# PRINCIPAIS ÁREAS DE ATIVIDADE > MAIN ACTIVITY AREAS

O IPC está organizado em grupos de investigação onde as atividades se desenvolvem segundo linhas de investigação (RL) principais, enquadradas por áreas aplicacionais relevantes (Fig. 2):

## 1. Nanomateriais e novos sistemas poliméricos (NNPS)

RL1.1. Desenvolvimento de novos sistemas funcionais e ativos baseados em polímeros

RL1.2. Funcionalização e compatibilização de sistemas poliméricos multicomponentes

RL1.3. Síntese de novos polímeros e copolímeros com arquitetura controlada

RL1.4. Caracterização avançada de sistemas poliméricos multicomponentes

## 2. Polímeros e Compósitos: Engenharia de Conceção e Tecnologias (EDTPC)

RL2.1. Processamento: modelação, monitorização e otimização

RL2.2. Desenvolvimento de processos de fabricação avançados, de ferramentas e de produtos

RL2.3. Relações entre o processamento, a estrutura e as propriedades

RL2.4. Engenharia de conceção e estudos de sustentabilidade

*The IPC is organized in research groups where the activities are developed following main research lines (RL) framed by relevant application areas (Fig. 2):*

## *1. Nanomaterials and Novel Polymer Systems (NNPS)*

*RL1.1. Development of new polymer-based functional and active systems*

*RL1.2. Functionalization and compatibilization in multicomponent polymer systems*

*RL1.3. Synthesis of new polymer and copolymer systems with controlled architecture*

*RL1.4. Advanced characterization of multicomponent polymer systems*

## *2. Engineering Design and Technologies with Polymers and Composites (EDTPC)*

*RL2.1. Processing: modelling, monitoring and optimization*

*RL2.2. Development of advanced manufacturing processes, forming tools and products*

*RL2.3. Relationships between the processing, the structure and the properties*

*RL2.4. Engineering design and sustainability studies*



Fig. 2. Principais áreas aplicacionais no IPC

*Applicational areas of the IPC*

# ALUMNI

## Depoimento/Testimony

### CARLA LEER, Applied Sciences, Inc., USA

Em 2008, mesmo antes de terminar o doutoramento no IPC, aceitei uma proposta de trabalho na Applied Sciences Inc, nos Estados Unidos da América. Foi aí que continuei o meu trabalho na área dos nanomateriais de carbono. Atualmente sou líder do grupo de engenharia, no qual sou responsável pelo planeamento e gestão de projetos para as Forças Armadas dos EUA e parceiros comerciais. No meu trabalho, foco essencialmente o desenvolvimento de novos materiais para aplicações de defesa, industriais e aeroespaciais. O grupo de pessoas do IPC/Departamento de Engenharia de Polímeros, e os meus orientadores em especial, proporcionou-me um conjunto incrível de ferramentas e capacidades que me permitiu trabalhar num setor de vanguarda, para além de me inculir uma base forte de empreendedorismo e desenvolvimento, o que me permitiu encontrar sucesso e felicidade no meu trabalho.

*Before I completed my PhD at the IPC in 2008 I was offered a job at Applied Sciences Inc. (ASI), in the United States of America. There I continued my work on carbon nanomaterials. Since 2012, I'm the Lead Technical Engineer at ASI where I'm responsible for preparing and managing several projects for a variety of government agencies (including Air Force, Army, Navy, NASA, National Science Foundation, and Department of Energy), as well as industrial partners. My work focuses mainly on developing new materials and products for aerospace, defense, and industrial applications. The people at the IPC/Department of Polymer Engineering, and my mentors in particular, provided me with an incredible set of tools and skills that allowed me to work in such an exciting and cutting edge field, and cultivated a strong foundation in hands on development which has enabled me to find success and happiness in my work.*

### EVA BARROSO, Endutex, PT

Concluída a minha licenciatura em Engenharia de Polímeros, sempre tive vontade de continuar a minha formação, mas sentia-me mais motivada pela indústria. O aparecimento das Bolsas de Doutoramento em Empresa (BDE) da Fundação para a Ciência e a Tecnologia em 2004 foi decisivo, uma vez que me permitiu dar continuidade à minha formação mas em ambiente industrial. Tive então a oportunidade de realizar o meu Doutoramento numa parceria entre a empresa de revestimentos têxteis ENDUTEX S.A. e o IPC. O vasto conjunto de equipamentos realistas (alguns à escala industrial) do IPC, bem como a experiência e formação do seu vasto conjunto de investigadores e docentes foram determinantes

(juntamente com a orientação e apoio da ENDUTEX) para os bons resultados do meu trabalho.

Face a esses resultados, tive a oportunidade de continuar o meu trabalho na ENDUTEX, onde permaneço até hoje na Direção Técnica. Entre outras funções, sou responsável pelo laboratório de Desenvolvimento, onde diariamente coloco em prática e partilho com a minha equipa muito do conhecimento e experiência que adquiri no IPC, quer em termos técnico/científicos, quer em termos de organização e gestão de um laboratório. Acima de tudo, a minha passagem pelo IPC preparou-me para a gestão de projetos de desenvolvimento bem como para a orientação e liderança de uma equipa, fatores que têm sido essenciais e determinantes na minha carreira profissional.

*After I have concluded my degree in Polymer Engineering, I always wanted to continue my education, but I was more motivated by the industry. The creation of the PhD Scholarships in Enterprises of the Foundation for Science and Technology in 2004 was crucial, since it allowed me to continue my education in an industrial environment. So, I had the opportunity to develop my PhD project in a partnership between a textile coating company, ENDUTEX SA, and the IPC. The wide range of realistic equipment (some of them at industrial scale) at the IPC, and the experience and training of its researchers and teachers were essential (added to the guidance and support of ENDUTEX) for the good results of my work. As an outcome, I had the opportunity to continue my work at ENDUTEX, where I remain untill now, in the Technical Direction. Among other tasks, I am responsible for the R&D laboratory, where I daily use and share some of the knowledge and experience I have acquired in the IPC, either in technical/scientific terms or organizing and managing a lab, with my team. Above all, my time at the IPC prepared me for the management of R&D projects as well as for the guidance and leadership of a team, which have been key factors in my professional career.*

### SACHA MOULD, UMinho, PT

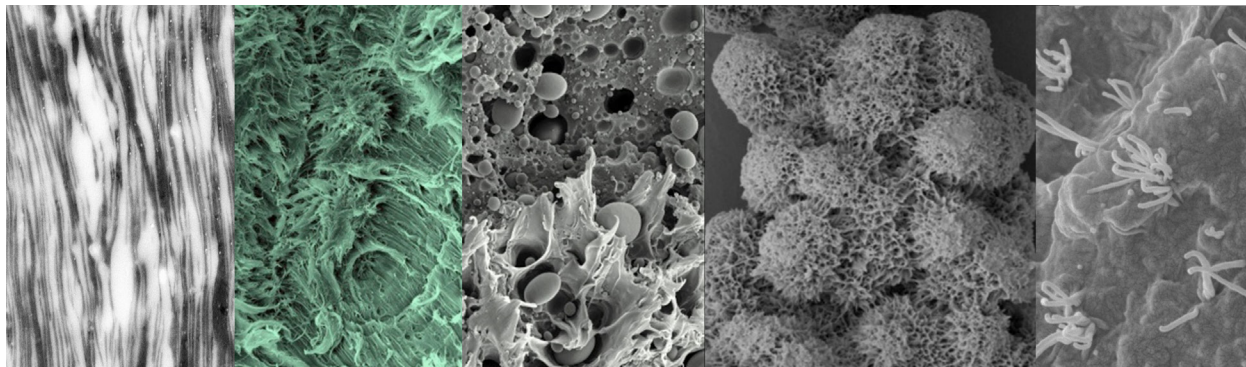
O meu percurso pelo IPC iniciou-se quando era aluno de mestrado e me foi proposta uma bolsa de investigação financiada por um projeto europeu. Do trabalho desenvolvido surgiu a curiosidade e a vontade de fazer investigação, permitindo-me aprofundar o conhecimento em áreas relacionadas com materiais nanocompósitos. Através da bolsa de doutoramento que me fora atribuída pela Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT), pude dar o meu contributo para o desenvolvimento de ferramentas computacionais em estudos atomísticos e mesoscópicos com aplicação em nanocompósitos à base de materiais poliméricos. Neste



âmbito, surgiu também a possibilidade de estabelecer uma colaboração entre o IPC e outras instituições, nomeadamente a Universidade de Trieste (Itália), onde foram dados os primeiros passos na modelação multi-escala. Após a conclusão do doutoramento em fevereiro de 2014, tive a oportunidade de dar continuidade a esta linha de investigação como bolseiro de pós-doutoramento no IPC. Durante todo o percurso, o IPC disponibilizou os meios necessários para a exploração de novas áreas que, à partida, estão fora do seu domínio de investigação. Indubitavelmente a experiência adquirida neste Instituto tornou-me um investigador mais qualificado e motivado para a resolução de desafios futuros.

*My journey at the Institute for Polymers and Composites (IPC) began when I was a master's student and I received a proposal for a research grant funded by a European project. As my work developed there a curiosity and indeed a desire emerged to become involved in investigation and thus allowing*

*me to further my knowledge in nanocomposite material related areas. Through the PhD grant that had been assigned to me by the Foundation for Science and Technology (FCT), I was able to contribute to the development of computational tools directed to atomistic and mesoscopic studies with application in polymer nanocomposite materials. In this context, the possibility of establishing collaboration between the IPC and other institutions was also discussed, such as the University of Trieste (Italy), where my first steps in multiscale modelling were taken. After the completion of my PhD in February 2014, I had the opportunity to continue the same research line as a postdoctoral fellow at the IPC. Throughout the course, the IPC has provided all the resources necessary to explore new areas that in the past were outside of its scope of research. Undoubtedly, the experience that I gained working at this Institute provided me the qualification and motivation necessary to fulfil future challenges.*



## ARTIGOS > PAPERS

### EVOLUÇÃO DA DISPERSÃO AO LONGO DA EXTRUSORA DURANTE A MANUFATURA DE NANOCOMPÓSITOS DE POLÍMERO-ORGANOARGILAS

### EVOLUTION OF DISPERSION ALONG THE EXTRUDER DURING THE MANUFACTURE OF POLYMER-ORGANOCLAY NANOCOMPOSITES

JM Barbas, AV Machado, JA Covas

Parcialmente baseado no artigo *Partially based on article* in CHEMICAL ENGINEERING SCIENCE, 98, 2013, pp. 77-87

Um compósito de matriz polimérica contém tipicamente um polímero e uma carga inorgânica. Num nanocompósito, pelo menos uma dimensão de um dos componentes tem escala nanométrica ( $< 100$  nm). Combinando adequadamente o tipo de carga e a sua configuração nanométrica (em particular a razão de aspeto) podem conseguir-se melhorias significativas nas propriedades do polímero mesmo com baixos teores de carga. Os silicatos em camadas são minerais naturais ou sintéticos de baixo custo, que consistem em pilhas de placas de aluminosilicatos que têm elevada razão de aspeto e grande área superficial. Os nanocompósitos de polímero/argila intercalados e/ou parcialmente exfoliados têm grande relevância prática, representando mais de 50% do mercado global de nanocompósitos. Forma-se um nanocompósito intercalado quando as cadeias de polímero se difundem no espaço entre placas adjacentes das pilhas, aumentando esse espaço. Obtém-se uma estrutura exfoliada quando as pilhas de argila se dispersam em placas individuais bem distribuídas na matriz. Quando se consegue dispersão suficiente da argila, obtêm-se aumentos importantes nas propriedades mecânicas e térmicas, na resistência à chama e nas propriedades de barreira. Por exemplo, no caso das propriedades de barreira (fundamentais em aplicações na área da embalagem), a presença das placas de argila cria um percurso tortuoso que dificulta a difusão das moléculas de gás na matriz polimérica. Os nanocompósitos polímero/argila são geralmente produzidos por mistura em fundido em extrusoras de duplos fusos (corrotativos), porque este tipo de equipamento tem excelentes capacidades de misturação, uma construção modular adaptável às características de diferentes sistemas poliméricos e elevada capacidade de produção. Surpreendentemente sabe-se ainda relativamente pouco sobre a evolução do processo ao longo da extrusora, nomeadamente em termos do tipo e intensidade da mistura desenvolvida e a eventual degradação térmica de componentes da formulação. O presente trabalho utilizou as competências únicas em monitorização do processo que têm vindo a ser desenvolvidas no DEP/IPC. A Reometria Rotacional em linha e a Espectroscopia de Infravermelho Próximo em linha (NIR) foram usadas para avaliar, em tempo real, a evolução da mistura ao longo do eixo de uma extrusora instrumentada para um sistema polipropileno /compatibilizador /organoargila. Foram obtidos dados complementares por Microscopia Eletrónica de Varrimento em Transmissão (STEM), Difração de raios-X (XRD) e Espectroscopia de Infravermelhos com Transformada de Fourier (mid-FT-IR), realizadas em amostras de material recolhidas nas mesmas localizações onde foram realizadas as medições em linha. Independentemente do perfil de parafuso utilizado, mas dependendo das condições operatórias,

observou-se que a dispersão evoluiu rapidamente na primeira parte da extrusora, atingindo então um patamar, ou mesmo diminuindo, apesar dos extrudidos apresentarem sempre níveis de dispersão elevados. Os resultados confirmaram especulações anteriores de que a degradação térmica do surfactante da argila, ou mesmo da matriz polimérica, possam contribuir para a reversão de dispersão observada (e que tem sido interpretada como evidência do colapso das galerias da argila). Assim sendo, a manufatura otimizada de nanocompósitos polímero/argila requer uma seleção cuidadosa do tipo de argila e das condições operatórias.

*A polymer composite typically combines a polymer and inorganic filler. In a nanocomposite, at least one dimension of one of the components is in the nanometer size scale ( $< 100$  nm). Properly combining the type of filler and its nanoscale dimensions (particularly its aspect ratio) may lead to significant improvements in the polymer properties at very low filler contents. Layered silicates are low cost natural or synthetic minerals consisting of stacks of aluminosilicate layers with a high aspect ratio and high surface area. Intercalated and/or partially exfoliated polymer/clay nanocomposites have great practical relevance, representing more than 50% of the global market for nanocomposites. An intercalated nanocomposite is created when polymer chains diffuse into the inter-layer space of the clay stacks, causing an increase of that space. An exfoliated structure is obtained when the clay stacks are dispersed into individual platelets well distributed in the matrix. If sufficient clay dispersion is achieved, significant improvements in mechanical and thermal properties, flame resistance and barrier properties are achieved. For example, in the case of barrier properties (which are paramount for packaging applications) the presence of clay platelets creates a tortuous path that hinders the diffusion of gas molecules through the polymer matrix.*

*Polymer/clay nanocomposites are generally prepared by melt mixing in (co-rotating) twin screw extruders, given the excellent mixing capabilities, modular construction adaptable to the characteristics of different polymer-based systems and high yield of these machines. Surprisingly, relatively little is known about the axial evolution of the process along the screw, namely in terms of the type and intensity of dispersion and eventual thermal degradation of formulation components. This work used the unique process monitoring competences that have been gathered at DEP/IPC along the years. Real time (i.e. in-process) on-line rotational rheometry and in-line near-infrared spectroscopy (NIR) were utilized to assess the evolution of dispersion along the axis of an instrumented twin screw extruder of a polypropylene /compatibilizer /organoclay*

system. Complementary data was obtained by Scanning Transmitted Electron Microscopy (STEM), X-ray diffraction (XRD) and mid-FT-IR analyses that were carried out on samples collected from the same locations where the on-line/in-line measurements were performed. Regardless of the screw profile utilised, but depending on operating conditions, it was found that dispersion developed quickly in the first part of the machine, and then it levelled-off or decreased, even if

the extrudates exhibited high dispersion levels. The results confirmed previous speculations that thermal degradation of the clay surfactant and of the polymer matrix could contribute to the observed reversal dispersion (which was interpreted as evidence of the collapse of the clay galleries). Therefore, optimized manufacture of polymer/clay nanocomposites requires a careful selection of clay grade and processing conditions.

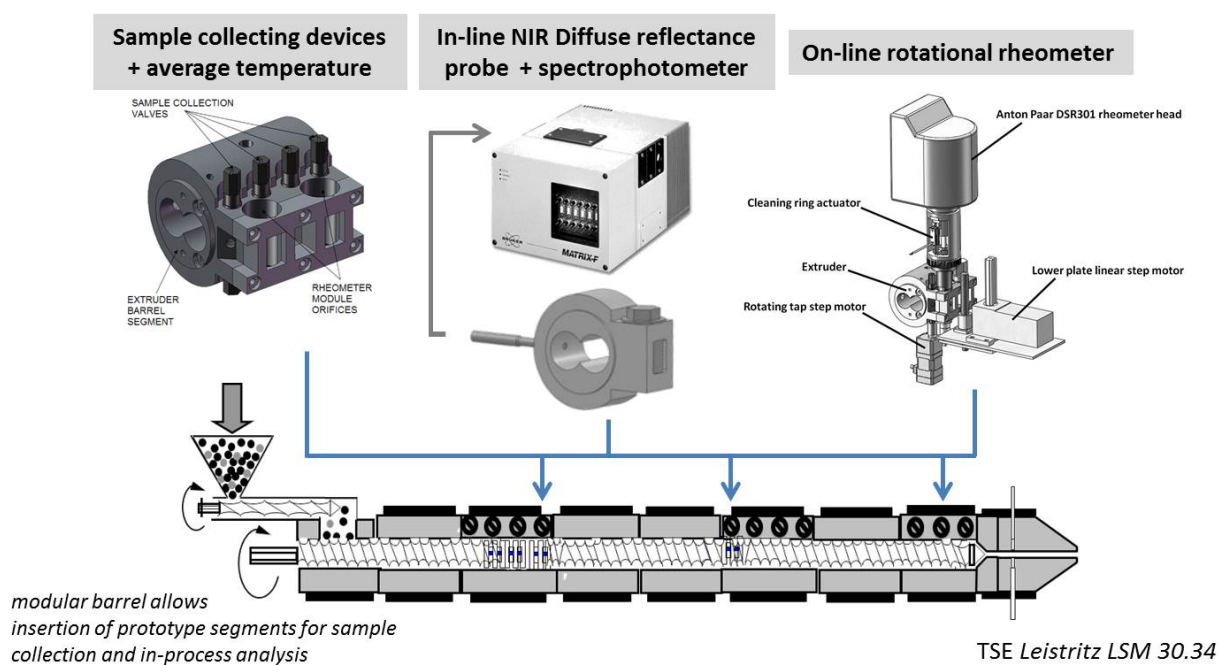


Fig. 1: Abordagem à monitorização do processo de extrusão desenvolvida no DEP/IPC  
Approach to extrusion process monitoring developed at DEP/IPC

## RELAÇÃO CONSTITUTIVA ELÁSTICA DE NANOCOMPÓSITOS FLEXÍVEIS DE PDMS/CNT ALINHADOS NÃO ISOTRÓPICOS

### FULL ELASTIC CONSTITUTIVE RELATION OF NON-ISOTROPIC ALIGNED-CNT/PDMS FLEXIBLE NANOCOMPOSITES

AT Sepulveda, RG de Villoria, JC Viana, AJ Pontes, BL Wardle, LA Rocha

Parcialmente baseado no artigo *Partially based on article* in NANOSCALE, 5(11), 2013, pp. 4847-54

A resposta linear elástica de nanocompósitos de nanotubos de carbono alinhados verticalmente/ polidimetilsiloxano (A-CNT/ PDMS) foi investigada. Devido à sua morfologia específica, o nanocompósito mostra um comportamento elástico anisotrópico. Os A-CNT multiparedes foram incorporados num teor de 1 wt.% num substrato flexível de PDMS para criar um nanocompósito de polímero flexível, o PNC. Os PNC foram produzidos por vazamento do PDMS sobre uma floresta de A-CNT, adotando uma sequência de passos no processo de fabricação específico. Os PNC foram caracterizados por microscopia eletrónica de varrimento, SEM, calorimetria diferencial de varrimento, DSC, análise dinâmico-mecânica, DMA e ensaios mecânicos de tração (a baixas deformações no regime elástico). A equação constitutiva do comportamento linear elástico completo foi assim estabelecida para este PNC flexível.

Os resultados mostram que os A-CNT retêm o seu alinhamento inicial depois da molhagem e processo de cura do PDMS. Como esperado, as propriedades mecânicas do PDMS são significativamente modificadas pela presença de A-CNT alinhados, evidenciando uma melhoria significativa no módulo de Young e um elevado comportamento anisotrópico. O módulo de Young do PDMS puro (0,8 MPa) aumentou mais de 900% e 100%, nos respetivos sentidos longitudinal e transversal ao CNT, para o caso do PNC. O rácio de anisotropia é de 4,8. A caracterização mecânica deste PNC permite modelar o seu comportamento para uma ampla gama de aplicações potenciais. Com relevância particular, estes PNC nanoestruturados podem ser usados em dispositivos ativos para aplicações biomédicas, tais como transdutores de pressão e de energia.

*The linear elastic response of vertically aligned-carbon nanotube / polydimethylsiloxane (A-CNT/PDMS) nanocomposites was investigated. Due to its specific morphology, the nanocomposite shows an anisotropic elastic behaviour. The multiwalled A-CNT at 1 wt.% are embedded in a flexible substrate of PDMS to create a flexible polymer nanocomposite, PNC. This was done by pouring PDMS over a forest of A-CNT, following a specific manufacturing process. The PNC were then characterised by scanning electron microscopy, SEM, differential scanning calorimetry, DSC, dynamic mechanical analysis, DMA and tensile mechanical tests (at low strains in the elastic regime). A full linearly elastic constitutive relation is established for such a PNC.*

*The results suggest that the A-CNTs retain their alignment after wetting and curing of PDMS. As expected, PDMS is significantly modified by the reinforcing aligned-CNT fibres, demonstrating a high improvement on the Young's modulus and a high anisotropic behaviour. The Young's modulus of neat PDMS (of 0.8 MPa) increased more than 900% and 100%, in the CNT longitudinal and transverse directions, respectively, for the case of the PNC. The anisotropy ratio is of 4.8. The mechanical characterization of this PNC allows modelling its behaviour in a wide range of applications. With particular relevance, these nano-engineered PNC can be used in active devices for biomedical applications, such as pressure transducer and energy harvesters.*

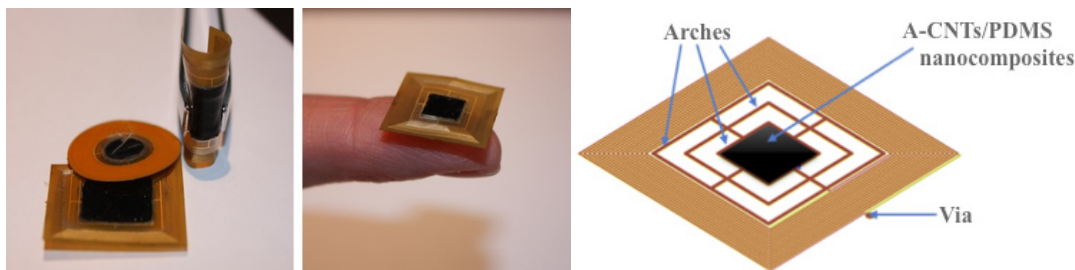


Fig. 1: Sensor de pressão baseado em nanocompósitos flexíveis de A-CNT/PDMS

*Pressure sensor based on A-CNT/PDMS flexible nanocomposites*



## AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÓMICA DE UM PRODUTO DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA PRODUZIDO COM HDPE VIRGEM E RECICLADO: UM ESTUDO COMPARATIVO

### ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF A ROAD SAFETY PRODUCT MADE WITH VIRGIN AND RECYCLED HDPE: A COMPARATIVE STUDY

CL Simoes, LM Costa Pinto, CA Bernardo

Parcialmente baseado no artigo *Partially based on article* in Journal of environmental management, 114, 2012, pp. 209-15

Este trabalho descreve a aplicação do modelo integrado de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) /Custo do Ciclo de Vida (LCC), com inclusão de externalidades (custos ambientais e sociais) a dois sistemas de segurança rodoviária, Lamelas Anti-Encadeamento (AGL) feitas em Polietileno de Alta Densidade (PEAD). Compara-se uma AGL atualmente feita a partir de PEAD virgem (referida a seguir como AGL atual) com outra feita com HDPE reciclado (AGL opcional). Os resultados normalizados da LCA mostraram que o maior impacto ambiental corresponde à categoria Combustíveis fósseis, seguida pela categoria Inorgânicos Respiratórios. A primeira é mais relevante e maior no sistema AGL atual e a segunda no sistema opcional. Isto deve-se à utilização de polímero reciclado, o que evita o consumo de petróleo para produzir matérias-primas. Inversamente, a produção de reciclados implica maior consumo de energia elétrica, o que aumenta as emissões gasosas. Portanto, existindo “trade-offs” entre as diferentes categorias de impacto, é necessário introduzir um processo de ponderação para identificar a melhor alternativa. Para isso, aplicando o método EI99 hierárquico (um conjunto pré-determinado de fatores de ponderação), obtém-se para o Indicador único (expresso em Pontos de Eco-indicador, Pt) 0.812 e 0.599 Pt, respetivamente para a AGL atual e opcional. Assim, neste cenário, a AGL opcional tem globalmente um melhor comportamento ambiental, essencialmente devido à redução de 82% na categoria de impacto Combustíveis fósseis que compensa o aumento das outras categorias.

Adicionalmente, o estudo de LCC mostrou que os Custos totais (custos internos e externos) de todo o ciclo de vida da AGL atual são maiores do que os da AGL opcional. Os dois sistemas têm custos internos potenciais muito diferentes, devido ao menor custo do PEAD reciclado relativamente ao virgem. Inversamente, apresentam custos externos potenciais muito semelhantes. Através de uma análise de sensibilidade foi possível mostrar que, dada a pequena dimensão relativa dos custos externos, a sua incerteza não altera as conclusões globais, mantendo-se sempre a AGL atual com maior custo total.

Os resultados ambientais e económicos podem então ser combinados para as fases de vida relevantes dos dois sistemas. Possivelmente a conclusão mais relevante do presente trabalho é que se podem obter produtos de alto valor acrescentado a partir de PEAD reciclado. O objetivo de um estudo integrado LCA/LCC é identificar situações ambiental e economicamente “win-win” e “trade-off” no ciclo de vida total de produtos alternativos. É incontroverso que a incorporação dos custos de externalidade traz incertezas aos resultados de LCC. Contudo, estes resultados podem ainda servir como diretrizes no desenvolvimento de produtos, nomeadamente na seleção de materiais e da tecnologia de produção, bem como no planeamento do Fim-de-Vida.

*The present work describes the application of the Life Cycle Assessment (LCA)/Life Cycle Costing (LCC) integrated model, with inclusion of externalities (environmental and social costs), to two road safety products, Anti-Glare Lamellae (AGL) made with High Density Polyethylene (HDPE). It compares an AGL currently manufactured from virgin HDPE (hereinafter referred to as current AGL) with an alternative one made with recycled HDPE (optional AGL). The LCA normalized results showed that the highest environmental impact corresponds to the Fossil fuels category, followed by Respiratory inorganics. The first category is more relevant and larger in the current AGL system, and the second in the optional AGL system. This is due to the use of recycled HDPE in the latter, thus avoiding consumption of oil to produce raw materials. Conversely, more electric energy is used in the production of recyclates, thus enhancing gaseous emissions. In order to identify the best alternative, due to trade-offs between these environmental impact categories, it is necessary to introduce a weighting step that will allow ranking of the two systems. Using the EI99 hierarchist (average weighting set) method, the single score results (expressed in Eco-Indicator points, Pt) are 0.812 Pt and 0.599 Pt, for the current and optional AGL, respectively. Therefore, in this scenario, the optional AGL has a more advantageous environmental performance globally, mainly due to the 82% reduction in the Fossil fuels impact category that compensates the increase of the other impact categories. Further, the LCC study showed that the total costs (internal plus external costs) of the full life cycle (LC) of the current AGL system are higher than those of the optional one. The two systems show very different potential internal costs due to the lower cost of the recycled HDPE compared to the virgin HDPE. Conversely, they depict very similar potential external costs. A sensitivity analysis established that the uncertainty in the external costs doesn't change the global conclusions, the current AGL still having the higher total LC cost. This result is due to external costs being only a small fraction of the total costs.*

*Possibly the most relevant overall conclusion of the present study is that it is possible to find new value-added products made from post-consumer recyclates, such as HDPE. The overall goal of a LCA/LCC integrated model study is to identify environmental and economic win-win and trade-off situations related to the full LC of a given product system. It is an uncontroversial fact that the incorporation of external costs brings uncertainties into the LCC results. However, they can still be used as guidelines in product development, namely in material selection, processing technology selection, End-of-Life management and in strategic planning. The environmental and economic results can then be combined for the relevant life cycle stages of the two systems.*

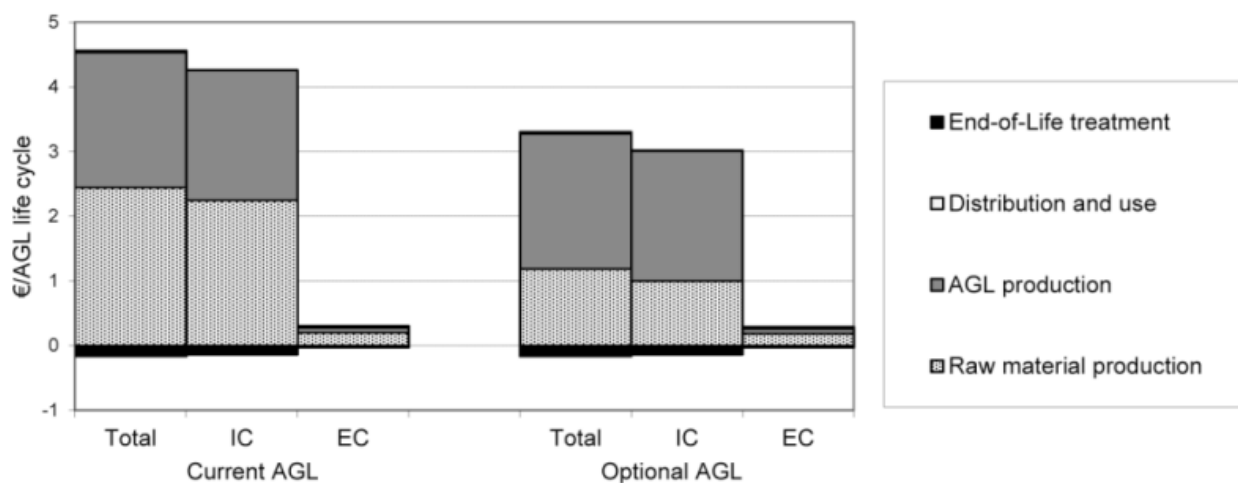


Fig. 1: Custos internos (IC), externos (EC) e totais dos dois sistemas AGL

*Internal (IC), external (EC) and total costs of the two AGL systems*

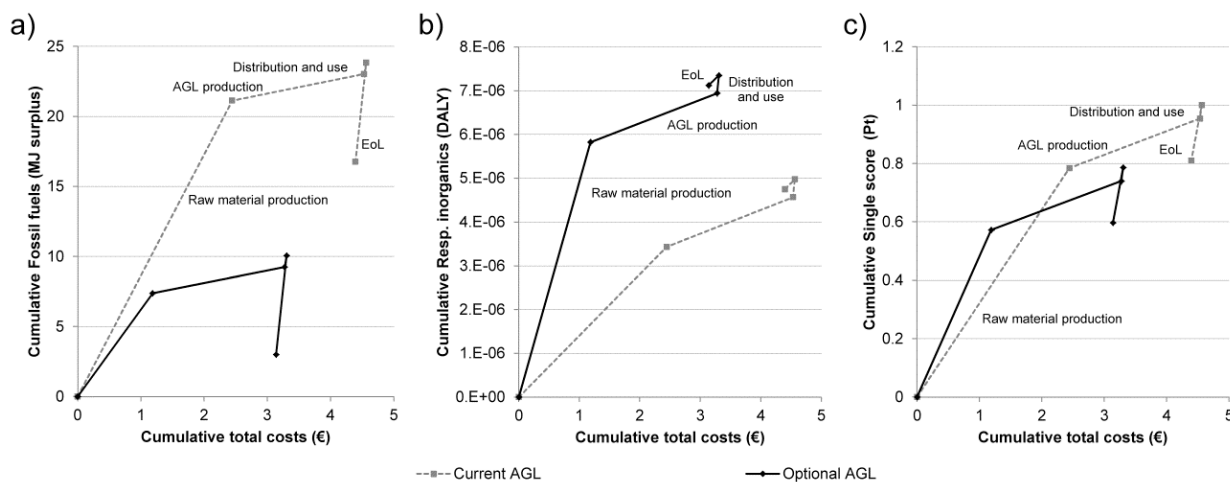


Fig. 2: Custos cumulativos totais em função das categorias de impacto (da esquerda para a direita): Combustíveis fósseis, Inorgânicos respiratórios e Indicador único

*Cumulative total costs versus selected impact categories (from left to right) Fossil fuels, Respiratory inorganics, Cumulative Single Score for the two systems*

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

- Simões CL, Xará SM, Bernardo, CA, Life cycle assessment of a road safety product made with virgin and recycled HDPE. Waste Management & Research, 29, 2010, 414 - 422.
- Simões CL, Costa Pinto LM, Bernardo CA, Environmental and economic analysis of end of life management options for an HDPE product using a life cycle thinking approach. Waste Management & Research, 32(5) 2014, 414 - 422.

## PREPARAÇÃO DE NANOFITAS DE GRAFENO POR ABERTURA DE NANOTUBOS DE CARBONO PREPARATION OF GRAPHENE NANORIBBONS BY UNZIPPING OF CARBON NANOTUBES

M. C. Paiva, W. Xu, M. F. Proença, R. Novais, E. Lægsgaard, F. Besenbacher

Parcialmente baseado no artigo *Partially based on article* in Nano Lett. 2010, 10, 1764–1768

O grafeno é uma folha de átomos de carbono com hibridação  $sp^2$ , com espessura de um átomo, com propriedades extraordinárias e uma variedade de aplicações [1]. Tipicamente, a produção de uma quantidade considerável de grafeno é conseguida por oxidação extensiva da grafite, formando óxido de grafeno, seguida da sua esfoliação química e redução ou tratamento térmico. No entanto, a condutividade elétrica do óxido de grafeno é inferior em várias ordens de grandeza à do grafeno puro. A formação de grafeno por exfoliação oxidativa de nanotubos de carbono (CNT) foi também reportada, sendo as nanofitas produzidas ainda isoladoras [2].

Aqui, está em estudo um novo método para a formação de grafeno, baseado na modificação química da superfície de CNT, de forma a conseguir a abertura da camada externa dos CNT. A nossa abordagem é baseada na funcionalização de CNT por reações de cicloadição aos eletrões  $\pi$ . A funcionalização perturba o sistema conjugado C-C  $sp^2$ , e se se fornecer energia suficiente, a camada exterior dos CNT abre formando nanofitas de grafeno. A ocorrência de abertura de CNT com a funcionalização indicada foi demonstrada por microscopia de varrimento por efeito de túnel (STM) [3] (Fig. 1). Esta abordagem leva à formação de nanofitas de grafeno não oxidadas. Estudos recentes mostraram a formação quantitativa das nanofitas em solução de etanol, a sua deposição em superfícies diferentes, assim como a sua tendência para se alinhar e empacotar em conjuntos de 2-4 fitas. O objetivo é a preparação de superfícies condutoras por deposição de grafeno sobre substratos de polímero transparente, ou outros, para possíveis aplicações em eletrónica transparente.

Graphene is a two-dimensional sheet of  $sp^2$ -hybridized carbon atoms with outstanding properties and a variety of possible applications [1]. The production of a considerable amount of graphene requires extensive oxidation of graphite to form graphene oxide followed by exfoliation and chemical reduction or thermal treatment. The electrical conductivity of the graphene produced is several orders of magnitude lower than that of pure graphene. Graphene formation by carbon nanotube (CNT) oxidative exfoliation was reported, originating electrically insulating graphene ribbons. [2].

Here, a new approach for the formation of graphene is under study, based on the chemical modification of CNT surface, ultimately leading to the unzipping of its external graphene layer. Our approach is based on the functionalization of CNT by cycloaddition reactions to the  $\pi$  electrons. The functionalization disturbs the  $sp^2$  C-C conjugation, and if enough energy is provided the unzipping of the outer graphene layer is observed. The occurrence of CNT unzipping was demonstrated by scanning tunneling microscopy (STM) [3] (Fig. 1). This route leads to clean, non-oxidized graphene nanoribbons. Recent studies showed the quantitative formation of the nanoribbons in ethanol solution, their deposition on different surfaces, and the tendency to lay in stacks of 2-4 ribbons. The aim is the preparation of conductive surfaces by graphene deposition on transparent polymer films or other substrates for transparent electronics.

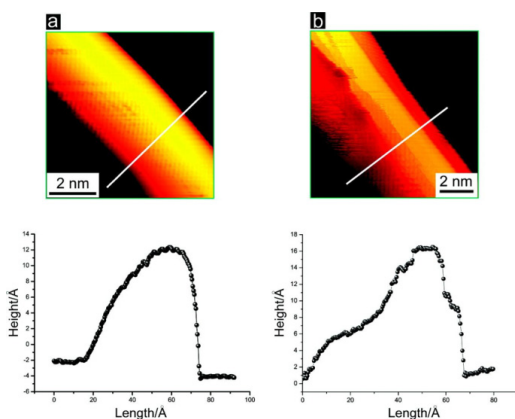


Fig. 1: a) Imagem STM de região de CNT não funcionalizada; b) Abertura da camada de grafeno exterior de um CNT funcionalizado; em baixo das imagens a) e b) apresentam o perfil das dimensões dos nanotubos ao longo da linha branca (condições de varrimento: a)  $I_t = -2.2$  nA,  $V_t = -7$  mV, b)  $I_t = -2.2$  nA,  $V_t = -29$  mV)

a) STM image of a non-functionalized region of a CNT; b) the “unzipping” of the outer graphene layer of a functionalized CNT; below the images a) and b) the dimensions of the nanotube profile along the white line in are provided (scanning conditions: a)  $I_t = -2.2$  nA,  $V_t = -7$  mV, b)  $I_t = -2.2$  nA,  $V_t = -29$  mV).two systems

### REFERÊNCIAS / REFERENCES

- [1] Geim AK, Novoselov KS, Nature Materials 6, 183-191 (2007).
- [2] Kosynkin DV, Higginbotham AL, et al., Nature 458, 872-877 (2009).
- [3] Paiva MC, Xu W, Proença MF, Novais RM, Lægsgaard E, Besenbacher F, Nano Letters 10, 1764-1768 (2010).

## MODELAÇÃO NUMÉRICA APLICADA AO PROJETO DE CABEÇAS DE EXTRUSÃO DE PERFIS COMPLEXOS DESIGN OF COMPLEX PROFILE EXTRUSION DIES THROUGH NUMERICAL MODELLING

Nelson Daniel Gonçalves, Olga Sousa Carneiro e João Miguel Nóbrega

Parcialmente baseado no artigo *Partially based on article in J Non-Newton Fluid Mech Vol. 200 (2013), p. 103-110. (doi: 10.1016/j.jnnfm.2013.02.007)*

Na última década, dois dos autores deste artigo (O.S. Carneiro e J.M. Nóbrega) têm vindo a desenvolver trabalho de investigação na área do projeto de ferramentas produtivas de extrusão, isto é, cabeças de extrusão e sistemas de calibração, empregues na produção de perfis termoplásticos. O principal objetivo desta linha de investigação tem-se mantido: propor metodologias e desenvolver códigos numéricos de suporte ao projeto e à otimização de ferramentas produtivas de extrusão, de modo a poupar recursos (humanos, materiais e tempo) e, simultaneamente, obter perfis extrudidos com melhor desempenho. Para este fim, têm sido desenvolvidas metodologias gerais a adotar no projeto dos dois tipos de ferramentas, projetados e usados protótipos para estudar aspetos específicos do desempenho das mesmas, e criadas rotinas numéricas para simular o escoamento na cabeça de extrusão, a transferência de calor no sistema de calibração e a otimização automática destas ferramentas, com potencialidades e abrangências crescentes. O trabalho continuado nesta área resultou já em mais de 80 publicações de âmbito internacional, 2 patentes e a edição de um livro, publicado pela Smithers Rapra Technology, em 2012.

O artigo recente aqui ilustrado foca-se no projeto de cabeças de extrusão, visando o balanceamento do escoamento, que é uma das principais tarefas inerentes ao processo de conceção. Até agora, o código numérico para apoio ao projeto de cabeças de extrusão procurava a geometria do canal de escoamento usando uma rotina de otimização associada a geradores de geometria e de malha e um código 3D de reologia computacional. Este código permitia modelar o escoamento de polímeros fundidos em canais confinados, mas era inadequado para tratar geometrias complexas, uma vez que estava limitado ao uso de malhas estruturadas. Este trabalho descreve um esforço recente, realizado com o objetivo de alargar o âmbito de aplicação dos procedimentos de projeto, através do desenvolvimento de um código numérico capaz de lidar com malhas não estruturadas. O artigo descreve o novo código e ilustra a sua aplicação no projeto de uma cabeça de extrusão para a produção de um cateter médico.

*Two of the authors of this paper (O.S. Carneiro, J.M. Nóbrega) have been working on the design of extrusion forming tools for the production of thermoplastic profiles, i.e., extrusion dies and calibration systems, during the last decade. The main objective was always maintained: devise methodologies and develop numerical codes to support the design and the optimization of extrusion forming tools, aiming to save resources (human, material and time) and, at the same time, obtain enhanced performance plastic profiles. For this purpose, general design methodologies have been proposed for both production tools, prototype systems devoted to study specific aspects were designed and tested, and numerical routines for the flow simulation in the extrusion die, the heat transfer in the calibration system and the automatic optimization of the design of these tools have been implemented, with progressively higher potentialities and broader scope. The continued work developed in this field resulted in more than 80 international publications, 2 patents and the edition of a book published by Smithers Rapra Technology in 2012.*

*The recent paper illustrated here focuses on the design of complex profile extrusion dies, aiming at the achievement of a balanced flow distribution, which is one of the major tasks encompassed in the design process. The code developed before carried out the automatic search of the flow channel geometry via an optimization routine coupled with geometry and mesh generators and a 3D computational rheology code. This numerical code was able to model the flow of polymer melts in confined channels, but it was inadequate to deal with complex geometries, since it was limited to structured meshes. This work describes the recent efforts made to enlarge the scope of the previous design procedures, by developing a modelling code able to deal with unstructured meshes. The paper describes the numerical modelling code and illustrates its use in the design of an extrusion die for the production of a medical catheter.*

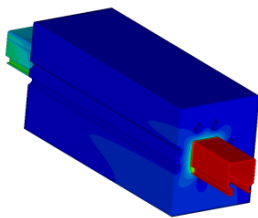


Fig. 1: Sistema de calibração – distribuição de temperaturas

*Calibration system - temperature distribution*

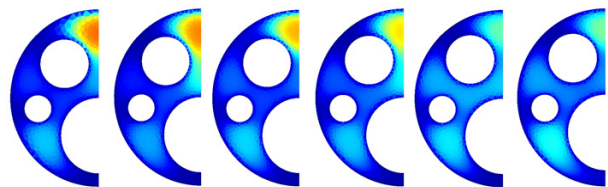


Fig. 2: Fieira de extrusão – distribuição de velocidades

*Extrusion die - velocity distribution*



## ESTUDOS DA MICROESTRUTURA DE COMPÓSITOS IN-SITU BASEADOS EM MISTURAS DE POLIETILENO/POLIAMIDA 12

### MICROSTRUCTURE STUDIES OF IN SITU COMPOSITES BASED ON POLYETHYLENE/POLYAMIDE 12 BLENDS

N Dencheva, Z Denchev, MJ Oliveira, SS Funari

Parcialmente baseado no artigo *Partially based on article in Macromolecules* 2010, 43, 4715-4726

A investigação de compósitos termoplásticos versáteis com propriedades customizadas levou ao desenvolvimento de compósitos microfibrilares (CMF). Estes são produzidos por uma sequência de tratamentos térmicos e mecânicos em três fases de processamento: (i) fusão, misturação e extrusão de misturas de dois polímeros termoplásticos; (ii) estiramento a frio das misturas; (iii) isotropização seletiva da mistura orientada a  $T_1 < T < T_2$ , onde  $T_1$  é a temperatura da fusão do componente dominante que forma a matriz, e  $T_2$  é do componente que forma os microfibrilos de reforço [1]. Assim, o conceito de CMF não usa material nanoestruturado que fica disperso na matriz polimérica. Isso permite evitar os problemas gerais dos nanocompósitos, nomeadamente a falta da boa dispersão das entidades de reforço e a frequente agregação durante o processamento [2].

Este artigo apresenta uma combinação de SEM e ensaios da difusão de raios-X em sincrotrão usada pela primeira vez para estudar a micro- e nanoestrutura de uma série de CMF baseados em HDPE e PA12. A Figura 1 sumariza os resultados estruturais. Os microfibrilos de PA12 têm uma razão L/D entre 75 e 100 dependente da composição da amostra. Os fibrilos são cobertos por uma camada transcrystalina orientada de HDPE com uma espessura de 45-95 nm cujas lamelas são alinhadas ao longo dos fibrilos de reforço e possuem alguma correlação lateral. Para além do polimorfo usual de  $\gamma$ -PA12, são identificadas nos fibrilos quantidades consideráveis da forma cristalina  $\alpha$ -PA12. Em todos os casos, a direção da orientação das cadeias de HDPE orientado e PA12 que formam os fibrilos coincidem, enquanto a matriz fica completamente isotrópica. [3] Estes resultados são utilizados na preparação de CMF baseados em HDPE e PA12 reciclados que fazem uma parte significativa dos resíduos termoplásticos.

*The search for versatile fibre reinforced thermoplastic polymer materials with tailored properties led to the development of in situ microfibrillar composites (MFC). They were obtained by means of appropriate mechanical and thermal treatments in three processing stages, namely: (i) melt-blending of the starting neat polymers and extrusion; (ii) cold drawing of the blend; (iii) selective isotropization of the oriented blend at  $T_1 < T < T_2$ , where  $T_1$  is the melting temperature of the lower-melting, matrix-forming component and  $T_2$  is that of the higher melting one from which the reinforcing fibrils originate [1]. The MFC concept does not employ a starting nanomaterial to be blended with the matrix polymer, thus avoiding the general problems in nanocomposites technology, namely achieving proper dispersion of the reinforcing entities and not allowing their aggregation during processing [2].*

*In the present article a combination of SEM and synchrotron X-ray scattering is employed for the first time to study the development of micro- and nanostructure in a series of MFC based on high-density polyethylene/polyamide 12. Figure 1 summarizes the structural results obtained. It is found that the reinforcing PA12 microfibrils have real aspect ratio between 75 and 100, depending on the sample composition. The fibrils are covered by a transcrystalline layer of oriented HDPE material with a thickness of 45-95 nm, whose lamellae are aligned along the PA12 fibers with some lateral correlation. Along with the usual PA12  $\gamma$ -polymorph, considerable amounts of the  $\alpha$ -polymorph are detected in the reinforcing fibrils. In all cases the chain directions of the oriented HDPE and PA12 coincided. At the same time, the HDPE matrix is fully isotropic [3]. All these findings are used for the preparation of MFC from recycled polyethylene and polyamides which make a significant part of the thermoplastic polymer wastes.*

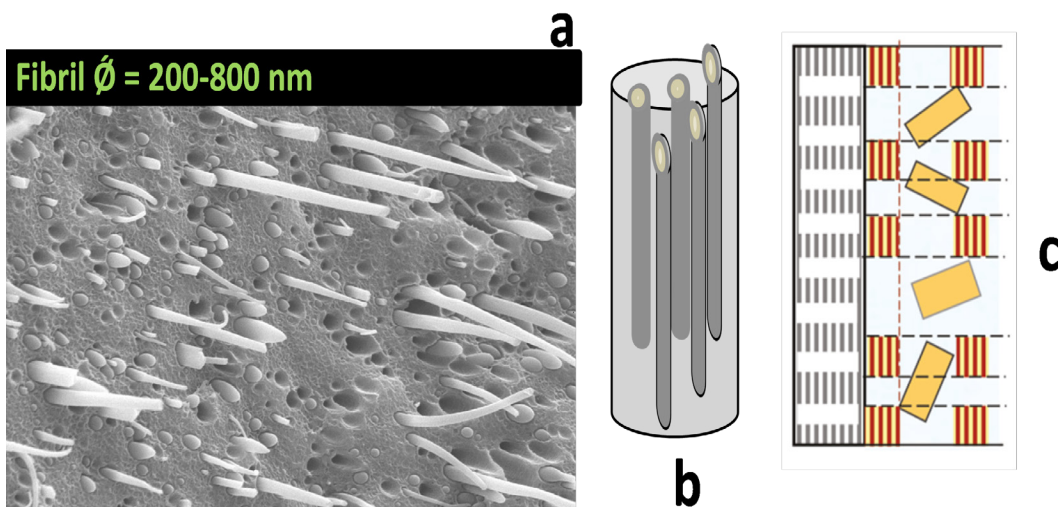


Fig. 1: a) imagem SEM da superfície de fratura de MFC; b) esquema de fibrilos de PA12 (amarelo) recobertos por uma camada transcrystalina de HDPE (cinza); c) Nano estrutura dos MFCs preparados: Cinza – fibrilos de PA12, Amarelo – cristalites HDPE. As linhas sólidas curtas verticais indicam o sentido das cadeias nas lamelas. As linhas tracejadas esboçam a presença de correlação de lamelas paralelas e perpendiculares às fibras PA12

a) SEM image of cryofractured MFC; b) Schematic presentation of the PA12 fibrils (yellow) covered by HDPE transcrystalline layer (gray); c) Nanostructure of the as-prepared MFCs: Gray – PA12 fibrils, yellow – HDPE crystallites. The vertical short solid lines indicate the chain direction in the lamellae. The dashed lines sketch out the presence of correlation of lamellae parallel and perpendicular to the PA12 fibres

#### REFERÊNCIAS / REFERENCES

- [1] Evstatiev M, Fakirov S. Polymer 33, 877-880 (1992)
- [2] Schaefer DW, Justice RS. Macromolecules 40, 8501-9517 (2007).
- [3] Dencheva N, Denchev Z, Oliveira MJ, Funari SS. Macromolecules 43, 4715-4728 (2010)

## PROJETOS > PROJECTS

O IPC desenvolve vários tipos de projetos desde Investigação & Desenvolvimento (I&D) mais fundamental até a I&D mais aplicada, com forte ligação à indústria nacional e internacional. Estes projetos são financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), pelos quadros de apoio à I&D da Comissão Europeia, em ambos os casos em candidaturas competitivas, ou através de financiamento industrial direto. Em 2013, o montante de financiamento dos projetos desenvolvidos no IPC ascendeu a 1.9 M€, 78% dos quais em parceria com a indústria.

### Projetos FCT

#### Efeitos de mistura e cristalização induzidos por pressão em materiais para células fotovoltaicas poliméricas

FCT-PTDC/CTM-POL/120843/2010-n.º FCOMP-01-0124-FEDER-020133, PI: Gabriel Bernardo. Parceiros: FCT/UNL, GeorgiaTech (USA)

**PACK4COMPOST** - Novos bioplásticos, cargas, fórmulas e vias de processamento de filme para embalagens compostáveis de alto valor acrescentado para alimentos  
FCT-PTDC/AGR-ALI/122741/2010-n.º FCOMP-01-0124-FEDER-019448, PI: Loïc Hilliou; Parceiros: FFCT/FCT/UNL, IBB, REQUIMTE

#### NanoCarboMEMS - Nanoestruturas híbridas de carbono em MEMS

PTDC/CTM-NAN/117284/2010 - n.º FCOM-01-0124-FEDER-020025 NAN/117284/2010-FCOM-01-0124-FEDER-020025, Parceiros: UA, INESC MN/ INESC/IST/UTL

### Projetos Europeus

**CONTACT** - Rede de Formação Inicial Marie Curie para o desenvolvimento da cadeia de fornecimento sob medida das propriedades mecânicas e elétricas de compósitos reforçados com CNT

PITN – GA – 2009 - 238363 (2009-2013)

**TECNA** - Integração cooperativa de centros tecnológicos e de Investigação da SUDOE para promover a transferência tecnológica de novos materiais baseados em nanocompósitos de matriz termoplástica para sistemas mecânicos e máquinas Interreg Sudoe IV B SOE1/P1/E184 (2009-2011)

**RotoFlex** - Desenvolvimentos inovadores em moldação rotacional para melhoria dos tempos de ciclo e eficiência do processo, facilitando uma maior flexibilidade no design e integridade dos produtos para as PME do setor  
FP7-SME-2007- 217727 (2009-2011)

*The IPC develops various types of projects, from more fundamental Research & Development (R&D) to more applied R&D, with strong links to national and international industry. These projects are funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT), by framework programmes for R&D of the European Commission, both in competitive bids, or via direct industrial funding. In 2013 the amount of funding of the IPC projects corresponded to 1.9 M€, 78% of which in partnership with the industry.*

### FCT Projects

#### *Mixing and pressure induced crystallization effects on polymeric materials for photovoltaic cells*

*FCT-PTDC/CTM-POL/120843/2010-n.º FCOMP-01-0124-FEDER-020133, PI: Gabriel Bernardo. Partners: FCT/UNL, GeorgiaTech (USA)*

**PACK4COMPOST** - Exploring new bioplastics, fillers, formulations and film processing routes to produce high added value compostable food packaging  
*FCT-PTDC/AGR-ALI/122741/2010-n.º FCOMP-01-0124-FEDER-019448, PI: Loïc Hilliou; Partners: FFCT/FCT/UNL, IBB, REQUIMTE*

#### *NanoCarboMEMS - Hybrid carbon nanostructures for MEMS*

*PTDC/CTM-NAN/117284/2010 - n.º FCOM-01-0124-FEDER-020025 NAN/117284/2010-FCOM-01-0124-FEDER-020025, Partners: UA, INESC MN/ INESC/IST/UTL*

### European Projects

**CONTACT** - Marie Curie Initial Training Network for the tailored supply-chain development of the mechanical and electrical properties of CNT-filled composites

PITN – GA – 2009 - 238363 (2009-2013)

**TECNA** - Cooperative integration of research and technological centres of SUDOE to promote technology transfer of new materials based on thermoplastic matrix nanocomposites for mechanical systems and machines  
*Interreg Sudoe IV B SOE1/P1/E184 (2009-2011)*

**RotoFlex** - Innovative rotomoulding development to improve cycle times and process efficiency whilst facilitating greater flexibility in product design and integrity for the SME – rotomoulding sector  
*FP7-SME-2007- 217727 (2009-2011)*

## Projetos industriais

O IPC é um dos dois principais centros de investigação da Universidade do Minho no âmbito do projeto HMIEXCEL - I&D crítica em torno do ciclo de desenvolvimento e produção de soluções multimédia avançadas para automóvel, em parceria com a BOSCH Car Multimédia SA (Braga). Este projeto é financiado através do Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico do QREN, sendo considerado pelo Governo português como de interesse estratégico nacional.

Os investigadores do IPC têm também participado em projetos mobilizadores financiados pelo QREN, como por exemplo: AAL4ALL - Padrão de Cuidados Primários para serviços de AAL (2011-2014), TICE. Healthy - Sistemas de Saúde e Qualidade de Vida (2011-2013), e Tooling EDGE - Produção Sustentável de Elevado Desempenho (2010-2013).

O IPC tem vindo a desenvolver projetos de R&D com financiamento direto industrial. Como exemplos, refiram-se as colaborações de longa data com:

- FORD Research Centre (Aachen, D) através dos projetos "FISCO – Adaptação da microestrutura de polímeros moldados para um melhor comportamento ao impacto de componentes de segurança automóvel", projeto FORD-URP (2006-2009), e mais recentemente com o projeto "Integração de engenharia, fabricação e aspetos económicos no design contra impacto de componentes poliméricos para o automóvel", no âmbito do programa MIT|Portugal (2012-2015)
- BASF Research através dos projetos "Set-up experimental para a monitorização detalhada da extrusão reativa" (2012-2013) e "Monitorização in-Line da manufatura de nanocompósitos" (2013-2015)

## Industrial Projects

*The IPC is one of the major research centres at the University of Minho performing HMIEXCEL project – Critical R&D around the development and production of advanced multimedia solutions for automotive, in partnership with BOSCH Car Multimedia SA (Braga). This project is funded through the "Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico" from QREN, being considered by the Portuguese Government as a national strategic interest project.*

*The IPC's researchers have also participated in national projects "Mobilizadores" financed by QREN, e.g.: AAL4ALL - Standard Primary Care for AAL (2011-2014), TICE. Healthy - Health Systems and Quality of Life (2011-2013) and Tooling EDGE - Sustainable Production of High Performance (2010-2013).*

*The IPC has been developing R&D projects with industrial direct funding. As examples, some longstanding collaborations are referred with:*

- FORD Research Centre (Aachen, D) through the projects, "FISCO - Tailoring molded plastic structures For improved behaviour in automotive Impact Safety Components", FORD-URP project (2006-2009), and more recently with "Integration of Engineering, Manufacturing project and economic issues against impact in design of polymer automotive components" under the MIT | Portugal programme (2012-2015).
- BASF Research through projects "Experimental set-up for detailed monitoring of the reactive-extrusion" (2012-2013) and "In-line monitoring of the manufacture of the nanocomposite" (2013-2015)





# VALORIZAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DO CONHECIMENTO > KNOWLEDGE VALORISATION AND TRANSFER

Os investigadores do IPC têm vindo a desenvolver uma intensa atividade de extensão universitária através de ações de valorização e transferência de conhecimento. A propriedade intelectual tem vindo a ser protegida através de patentes, muitas em colaboração estreita com a indústria. Adicionalmente, os investigadores do IPC têm participado na criação de várias *spin-off* de base tecnológica, tais como a Critical Materials SA, a Possible Answers Lda., e a Arumis Lda. A ligação à indústria tem sido privilegiada através do Pólo de Inovação em Engenharia de Polímeros, PIEP ([www.piep.pt](http://www.piep.pt)), unidade de interface universidade-indústria da UMinho, onde se desenvolvem muitos dos projetos aplicados de R&D.

## Patentes

Carneiro, O. S., Nóbrega, J. M., Silva, C., Ribau, A. M., Mota, A. R., Sistema de caracterização do coeficiente de transferência de calor na interface polímero-calibrador para aplicação em extrusão e respetivo método, Patente Nacional nº 106368, 2014

Rocha, L.R., Ribeiro, C.S., Viana, J.C., Pontes, A.J., Acelerómetro polimérico de 3-eixos e método de produção, Patente Internacional nº WO 2012172528 A1, 2012

Carvalho, J. M., Marques, P. M., Ribeiro, I. A., Pontes, A. J., Compósito de granulado de borracha de pneus reciclados e uma matriz polimérica, Patente Internacional nº WO 2014003589 A1, 2014

Carvalho, H., Nóbrega, J.M., Lanceros-Méndez, S., Processo de Produção de Filamentos Poliméricos Piezoelétricos, Patente Invenção Nacional nº 105150, 2012

Nóbrega, J.M., Pessoa, E., Covas, J.A., Método para a preparação de unidades adesivos revestidos e dispositivo para sua utilização, Patente Internacional nº WO/2011/067354, 2011

Denchev Z., Tomanova M., Cunha A. M., Processo para a produção de alquilo- e alcóxiálquilo  $\alpha$ -cianoacrilatos pela depolimerização de poli(alquilo) e poli(alcóxiálquilo) cianoacrilatos, Patente Internacional nº WO 2006120628 A2, 2011

Alípio, C. A., Maia, J. M., Duarte, F. M., Azevedo, A. G., Artigo absorvente biodegradável para higiene pessoal, Pedido de patente nacional nº PT 105141, setembro 2011

Ferreira, J. C, Nunes, J. P, Silva, J. F., Marques, A. T., Poste em compósito de matriz termoplástica, Patente Internacional nº WO/2010/071466, Junho 2010

Azenha, J., Alexandre, S., Viana, J.C., Ribeiro, C., Teixeira, D., Um dispositivo de moldação por injeção para a fabricação de artigos a partir de dois componentes moldados e método para seu fabrico, EP2347879 A1, 2011

*The IPC's researchers have been developing an intense activity of university extension through valorization and knowledge transfer actions. The intellectual property has been protected through the issue of patents, many in close collaboration with industry. Additionally, researchers from the IPC have participated in the creation of several technological base spin-off companies, such as Critical Materials SA, Possible Answers Lda and Arumis Lda. The connection to the industry has been prioritized through PIEP - Pole of Innovation in Polymer Engineering ([www.piep.pt](http://www.piep.pt)), a University-Industry Interface unit from UMinho where many of the applied R&D projects are developed.*

## Patentes

Carneiro, O. S., Nóbrega, J. M., Silva, C.; Ribau, A. M., Mota, A. R., System for the characterization of the polymer-calibrator interface heat transfer coefficient and corresponding method, National Patent nr 106368, 2014

Rocha, L.R., Ribeiro, C.S. Viana, J.C., Pontes, A.J. 3 axis polymeric accelerometer and method of production, International Patent nr WO 2012172528 A1, 2012

Martins Carvalho, J. M., Pereira Marques, P. M., Vieira Ribeiro, I. A., Pontes, A. J., Composite of granulated recycled tire rubber and a polymeric matrix, International Patent nº WO 2014003589 A1, 2012

Carvalho, H., Nóbrega, J.M., Lanceros-Méndez, S., Process for the production of piezoelectric polymeric filaments, National Patent nr 105150, 2012

Nóbrega, J.M., Pessoa, E., Covas, J.A., Method for preparing coated binder units and device for use there in, International Patent nr WO/2011/067354, 2011

Denchev, Z., Tomanova, M., Cunha, A. M., Process for preparation of alkyl- and alkoxyalkyl  $\alpha$ -cyanoacrylates by depolymerization of poly(alkyl) and poly(alkoxyalkyl) cyanoacrylates, International Patent nr WO 2006120628 A2, 2011

Alípio, C. A., Maia, J. M., Duarte, F. M., Azevedo, A. G., Biodegradable absorbent article for personal care, patent request nr PT 105141, September 2011

Ferreira, J. C, Nunes, J. P, Silva, J. F., Marques, A. T., Pole in Thermoplastic Matrix Composite, International Patent nr WO/2010/071466, Junho 2010

Azenha, J., Alexandre, S., Viana, J.C., Ribeiro, C., Teixeira, D., An injection moulding device for making articles from two injection moulded parts and method for making such articles, EP2347879 A1, 2011



## PRÉMIOS > AWARDS

### Prémio inovação COTEC 2013 *Innovation Award COTEC 2013*

Entregue à Universidade do Minho que, em conjunto com a Iberomoldes, tem inovado no setor dos moldes para plástico e que deu origem ao Mestrado Integrado em Engenharia de Polímeros

*Granted to the University of Minho which, jointly with Iberomoldes, has been innovating in the plastics mouldmaking sector and was at the origin of the Integrated Master Programme in Polymer Engineering*

### Prémio de Carreira *Career Award*

Conferido ao Prof. António Pouzada durante a 6<sup>th</sup> International Conference on Advanced Research and Rapid Prototyping (VRAP 2013), outubro 2013, Leiria, Portugal

*Granted to Prof. António Pouzada during 6<sup>th</sup> International Conference on Advanced Research and Rapid Prototyping (VRAP 2013), October 2013, Leiria, Portugal*

### Prémio Melhor Tese de Doutoramento 2012 em Mecânica Aplicada e computacional

*Award Best PhD thesis in Applied and computational Mechanics*

Menção Honrosa atribuída a Luis Ferrás, Junho 2013

*Honorable Mention granted to Luis Ferrás, Junho 2013*

### 1<sup>a</sup> Menção Honrosa Ordem dos Engenheiros

*1<sup>st</sup> Honorable Mention of Ordem dos Engenheiros*

Atribuída no Dia Mundial dos Materiais e Encontro Nacional do Colégio 2011, a Dídia Guimarães, do Mestrado Integrado em Engenharia de Polímeros, com o trabalho de dissertação “Efeito das condições de injeção nas propriedades de PLA reforçado com fibras celulósicas”.

*Materials World Day and National Meeting of the College 2011 assigned to Dídia Guimarães, MSc in Polymer Engineering, with the dissertation “The effect of injection conditions on the properties of PLA reinforced with cellulosic fibres”*

### Prémio BES 2011, 7<sup>a</sup> edição *BES 2011 Award, 7<sup>th</sup> edition*

Manuel Gonçalves de Oliveira, pelo projeto “Plástico amigo do ambiente para regeneração de meios aquáticos e recuperação do fósforo”

*Manuel Gonçalves de Oliveira, for the project “Environment friendly plastic for regeneration of aquatic environments and recovery of phosphorus”*



### Prémios Melhores Artigos *Best Paper Awards*

#### Prémio “Professor Rosário Oliveira” *Professor Rosário Oliveira Award*

Atribuído ao melhor artigo na 2<sup>a</sup> Conferência Internacional WASTES, H. Silva, A. Nóbrega, J. Peralta, R.C. Williams, for the paper “Combining asphalt-rubber (AR) and fast-pyrolysis bio-oil to create a binder for flexible pavements”, setembro 2013

*Granted to the best paper at the 2<sup>nd</sup> International Conference WASTES: solutions, treatments and opportunities H. Silva, A. Nóbrega, J. Peralta, R.C. Williams, with the paper “Combining asphalt-rubber (AR) and fast-pyrolysis bio-oil to create a binder for flexible pavements”, September 2013*

#### Melhor artigo na Conferência ICPT2013 *Best Paper Award of ICPT2013*

J. Peralta, H. Silva, R. Williams, M. Rover, A. Nóbrega, com o artigo “Development of an Innovative Bio-Binder Using asphalt-Rubber Technology”, julho 2013

*J. Peralta, H. Silva, R. Williams, M. Rover, A. Nóbrega, with the paper “Development of an Innovative Bio-Binder Using asphalt-Rubber Technology”, July 2013*

#### Melhor artigo na Conferência I2MTC 2013 *Best Paper Award of I2MTC 2013*

C. Silva, AJ Pontes, JC Viana, LA Rocha, J. Gaspar, com o artigo “A fully integrated three-axis thermal accelerometer”, maio 2013

*C. Silva, AJ Pontes, JC Viana, LA Rocha, J. Gaspar, with the paper “A fully integrated three-axis thermal accelerometer”, May 2013*

## NOTÍCIAS E EVENTOS > NEWS AND EVENTS

### Conferências e cursos avançados

Os investigadores do IPC têm vindo a organizar várias conferências e simpósios científicos e cursos avançados:

**PMI 2014**, International Conference on Polymers and Moulds Innovations, Guimarães, Portugal, setembro 2014  
(organização: A.J. Pontes)  
<http://www.dep.uminho.pt/pmi2014/organisation.html>

**EMO 2015**, 8<sup>th</sup> International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization, Guimarães, Portugal, 29 março a 1 abril 2015  
(organização: António Gaspar-Cunha)  
<http://www.dep.uminho.pt/EMO2015/>

**Summer course 2011** on “Nanocomposites: from nanostructures to applications”, no âmbito do projeto EU Marie-Curie CONTACT, Caminha, Portugal, 28 de junho a 1 de julho 2011  
(organização: F. van Hattum)

### Notícias

**“Polímeros é no Minho”** (Jornal Sol, suplemento País Positivo, nº 64, set. 2013)  
São dadas a conhecer as atividades do Departamento de Engenharia de Polímeros, do IPC e do PIEP.

**Investigadores desenvolvem a Rail Bike Adaptor para promover o turismo no Tua** (Diário do Minho, 13.07.2014; Jornal das 8, TVI, 21.07.2014; Porto Canal 22.07.2014; SIC Notícias, 23.07.2014)  
Equipa de alunos do programa MIT-Portugal desenvolveu estrutura leve e ergonómica que permite aos ciclistas passearem nas linhas de caminho-de-ferro que não estão em uso.

**Equipa IPC/PIEP desenvolve travessas de caminho-de-ferro com resíduos de plásticos mistos** (Ciência Hoje, 09.09.2014; SIC 1º jornal, 29.09.2014)  
O projeto pretende desenvolver travessas das linhas de caminho-de-ferro (habitualmente de madeira ou cimento) em plástico reciclado, permitindo reduzir significativamente os milhões de toneladas de resíduos de plástico indiferenciado.

**UM desenvolve polímero para produzir embalagens plásticas ecológicas amigas do ambiente** (Porto Canal, Porto Alive, 28.12.2011; RUM 03.11.2011; Expresso do Ave quarta-feira, 02.11.2011)  
O projeto Biopack desenvolveu um polímero biodegradável para a produção de embalagens mais ecológicas.

**Novo método permite produzir adesivos médicos mais eficazes** (Diário do Minho, quarta-feira, 05.01.2011)  
IPC (UMinho) patenteou numa nova técnica de produção que permite obter adesivos médicos mais eficazes para cicatrização de feridas pós-operatórias.

### Conferences and advanced courses

The IPC's researchers have been organizing various scientific conferences and symposia and advanced courses:

**PMI 2014**, International Conference on Polymers and Moulds Innovations, Guimarães, Portugal, September 2014  
(organization: A.J. Pontes)  
<http://www.dep.uminho.pt/pmi2014/organisation.html>

**EMO 2015**, 8<sup>th</sup> International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization, Guimarães, Portugal, 29<sup>th</sup> March to 1<sup>st</sup> April 2015  
(organization: António Gaspar-Cunha)  
<http://www.dep.uminho.pt/EMO2015/>

**Summer course 2011** on “Nanocomposites: from nanostructures to applications” under the EU Marie-Curie project CONTACT, Caminha, Portugal, 28<sup>th</sup> June to 1<sup>st</sup> July 2011  
(organization: F. van Hattum)

### News

**“Polymers is in Minho”** (Jornal Sol, supplement “País Positivo”, nr 64, Sept. 2013).  
The activities of the Department of Polymer Engineering, IPC and PIEP are divulged.

**Researchers developed a Rail Bike Adaptor to promote the tourism in Tua** (Diário do Minho, 13.07.2014; Jornal das 8, TVI, 21.07.2014; Porto Canal 22.07.2014; SIC Notícias, 23.07.2014)  
A team of students from the MIT-Portugal programme has developed a lightweight and ergonomic structure that allows cyclists riding railways which are no longer in use.

**IPC/PIEP team develops railway sleepers made from mixed plastics waste** (Ciência Hoje, 09.09.2014; SIC 1º jornal, 29.09.2014)  
The project aims at developing railway sleepers (usually made of wood or cement) in recycled plastic allowing the significant reduction of millions of tonnes of undifferentiated waste plastic.

**UM develops a polymer to produce a green environmentally friendly plastic packaging** (Porto Canal, Porto Alive, 28.12.2011; RUM 3.11.2011; Expresso do Ave, 02.11.2011)  
Biopack project developed a biodegradable polymer to produce environmentally friendly packaging.

**New method allows producing more effective medical adhesives** (Diário do Minho, 05.01.2011)  
IPC (UMinho) patented a new production technique that enables production of more effective medical adhesives for healing post-operation wounds.







# Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering

[www.isise.net](http://www.isise.net)

O Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Estruturas de Engenharia (ISISE) foi criado em 2007, envolvendo os grupos de Estruturas dos Departamentos de Engenharia Civil das Universidades de Coimbra e do Minho. Na sua génese está enraizada a ambição de alcançar a excelência na investigação e criar um cluster líder em Engenharia de Estruturas, com capacidade para desenvolver I&D+T de elevada qualidade e atração de investigadores de forte impacto. A Unidade é baseada em lideranças fortes, com uma atitude de passado histórico comprovado de internacionalização, investigação financiada, cooperação com a indústria, disseminação de elevado nível na arena internacional, estudantes de doutoramento e colaboradores de pós-doutoramento. Investigação fundamental e aplicada de excelência é a força motriz do instituto, desenvolvida por cerca de 30 membros do corpo docente de instituições do ensino superior público, 10 colaboradores de pós-doutoramento e 100 doutorandos. O financiamento atual é de cerca de 11 M€ (20 M€ quando são incluídas as duas novas instalações e dois mestrados Erasmus Mundus).

O ISISE aborda a engenharia estrutural de uma forma atual, incluindo verificação da segurança, funcionalidade, eficiência e meio ambiente. Esta abordagem holística, que inclui a superestrutura e infraestrutura, permite desenvolver sistemas estruturais mais eficientes e competitivos. Esta abordagem envolve também, entre outros campos da ciência, ciência dos materiais, tecnologia da construção e análise do ciclo de vida. As principais conquistas recentes do Instituto foram o reconhecimento internacional da unidade e dos seus principais membros em matéria de investigação, desenvolvimento, inovação e ensino, o sucesso na captação de financiamento competitivo a nível nacional e internacional, o aumento do número de alunos de doutoramento e o sucesso na atração de pessoal pós-doutorado que reflete a excelência da investigação.

Para alcançar a excelência na investigação, um dos vetores fundamentais tem sido o investimento contínuo na educação de alto nível materializado através da criação e manutenção de

*The Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE) was created in 2007 involving the Structural Divisions of the Civil Engineering Departments from Universities of Coimbra and Minho. The creation was rooted in the ambition to achieve excellence in research and to create a leading cluster in Structural Engineering, with capacity for top quality R&D+I and attraction of highly active researchers. The Unit is based on strong leaderships, with a past attitude of proven record of internationalization, contracted research, cooperation with industry, top level dissemination in the international arena, PhD students and post-doc collaborators. Therefore, outstanding fundamental and applied research is the driving force of the institute, enforced by about 30 faculty members, 10 postdoctoral collaborators and 100 PhD students. The current funding is about 11 M€ (20 M€ when including two new facilities and two Erasmus Mundus MSc Programmes).*

*The ISISE addresses modern integral structural engineering, including safety, functionality, efficiency and the environment. This holistic approach, which includes the superstructure and substructure, allows attaining more efficient and competitive structural systems. This approach also involves, among other fields of science, material science, building technology and life cycle analysis. The main recent achievements of the Institute were the international recognition of the unit and of their leading members concerning research, development, innovation and teaching, the success in attracting competitive funding at national and international level, the increasing number of PhD students and the success in the attraction of post-doctoral staff reflecting excellence in research.*

*To achieve excellence in research one of the most important vectors has been the permanent investment in education at highest level materialized through the creation and maintenance of several national and two international PhD Programmes. This was achieved with the collaboration of internationally top universities allowing for the effective interchange of highly skilled postgraduate students. Besides the involvement in a 5-year Integrated Master Programme in Civil Engineering, the ISISE coordinates the Advanced MSc in Structural Analysis of*

vários programas nacionais e dois programas internacionais de doutoramento. Tal foi conseguido com a colaboração de universidades de topo a nível internacional, permitindo a troca efetiva dos alunos de pós-graduação altamente qualificados. Além do envolvimento no Mestrado Integrado em Engenharia Civil, o ISISE coordena o Mestrado Avançado em Análise Estrutural de Monumentos e Construções Históricas, com alunos de mais de 50 países. Está previsto arrancar em 2015 um novo Programa Internacional de Mestrado em Engenharia de Estruturas. Além da participação no Programa Doutoral em Engenharia Civil, o ISISE também está envolvido em 3 programas de doutoramento financiados a nível nacional em áreas como risco, eco-construção e reabilitação e engenharia ferroviária.

A Integração e o desenvolvimento de sinergias são alcançados através de atividades como o "ISISE Day-Out e PhD Workshop", enquanto que a disseminação é promovida através de uma Newsletter, de edição semestral, e um relatório trienal publicado a cada dois anos.

*Monuments and Historical Constructions, with students from more than 50 countries. A new MSc International Programme in Structural Engineering is expected to start in 2015. Besides the involvement in the Civil Engineering Doctoral Programme, the ISISE is also involved in 3 nationally funded PhD programmes in areas such as risk, eco-construction and rehabilitation and railway engineering.*



## MISSÃO / OBJETIVOS

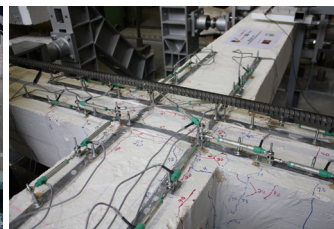
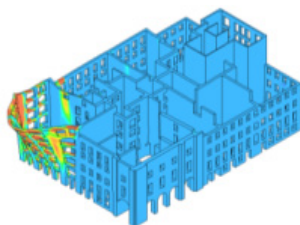
O principal objetivo do ISISE é aumentar o desempenho estrutural na Engenharia Civil, a partir de uma perspectiva de tecnologia avançada, inovação e um lema: desde os materiais até ao desempenho ao nível do ciclo de vida. A abordagem inclui aspetos tais como avanços nas técnicas experimentais e numéricas, desenvolvimento de produtos e de transferência de tecnologia para a indústria, durabilidade e fiabilidade, reciclar, reutilizar, conservação e reforço, e inspeção, diagnóstico e a avaliação. Estes objetivos estão alinhados com as tendências internacionais, nomeadamente com a Plataforma Tecnológica Europeia da Construção e as Prioridades do Horizonte 2020. Em suma, o ISISE visa promover a inovação e sustentabilidade, com ligação à indústria do setor de construção.

Os objetivos mais relevantes são: a) caracterização de materiais de construção tais como o betão, FRP, madeira, aço e alvenaria, através de experimentação, usando técnicas avançadas de monitorização; b) modelação material e estrutural, associada ao desenvolvimento e utilização de modelos constitutivos não-lineares, e sua validação através de ensaios experimentais; c) caracterização do comportamento estrutural, através de ensaios em estruturas e elementos estruturais e melhoramento de técnicas experimentais existentes; d) inspeção, avaliação e monitorização de estruturas, motivadas por novos processos e materiais de construção, bem como a necessidade de manter as estruturas existentes em uso; e) avaliação da segurança de estruturas no que respeita ao projeto de reforço de estruturas existentes, a segurança durante a fase de construção, a avaliação do comportamento em serviço e no caso de eventos extremos; f) o desenvolvimento de uma abordagem integrada que inclui o ciclo de vida das estruturas de modo a atender todos os requisitos essenciais da CPR (Construction Products Regulation), contribuindo para a adoção de EPDs (Environmental Product Declaration) fiáveis para a avaliação do impacto das obras de construção.

## MISSION / OBJECTIVES

*The ISISE's main objective is to increase the structural performance of Civil Engineering Works, from a perspective of advanced technology, innovation and a motto: from Materials to Life Cycle Performance. The approach includes aspects such as advances in experimental and numerical techniques, product development and technology transfer to the industry, durability and reliability, recycle, reuse, conservation and strengthening, and condition assessment. These objectives are aligned with international trends, namely with the European Construction Technology Platform and the Priorities in Horizon 2020. In short, the ISISE aims at promoting innovation and sustainability, with a link to the construction sector industry.*

*The most relevant objectives include: a) characterization of building materials, using advanced contactless and deformation controlled experimental techniques in concrete, FRP, timber, steel and masonry; b) constitutive and structural modelling, associated with the development and use of nonlinear constitutive models, and their validation via experimental tests; c) characterization of structural behaviour, via testing of structures and structural elements and improvement of experimental and assessment techniques; d) inspection, assessment and monitoring of structures, motivated by new construction processes and materials, and the need to keep existing structures in use; e) safety evaluation of structures, concerning design of strengthened structures, safety during the building phase, evaluation of behaviour in service and extreme events; f) development of an integrated life-time structural approach to meet all Essential Requirements of the CPR (Construction Products Regulation), contributing to the adoption of reliable EPDs (Environmental Product Declaration) for the assessment of the impact of construction works.*





## RECURSOS > RESOURCES

O ISISE tem cerca de 1000 m<sup>2</sup> de laboratórios em Guimarães, com uma laje e parede de reação. Um novo laboratório dentro do novo Instituto de Ciência e Inovação para a Bio-Sustentabilidade (I-BS), coliderado pelo ISISE, irá ampliar ainda mais este tipo de recursos com uma grande nave com 650 m<sup>2</sup>. Os principais equipamentos de ensaio incluem uma máquina universal de ensaios com 1000 kN de capacidade máxima de carga de tração, compressão e fadiga; vários pórticos de reação, pista de pré-esforçado, mufla, torre para ações de impacto, 5 câmaras climáticas, NDTs (ex. identificação dinâmica, GPR ou ultrassons) e equipamentos triaxiais. O ISISE tem ainda diversos equipamentos servo-controlados com atuadores para a realização de ensaios sob controlo de força ou deslocamento. Existe ampla cooperação com o LNEC, em Lisboa, para a utilização de uma mesa sísmica triaxial.

### Principais projetos

Os principais projetos realizados desde 2008 incluem financiamento europeu relativo ao Mestrado em Estruturas Históricas Erasmus Mundus – SAHC – (cerca de 4 M€ de financiamento), o novo Instituto de Bio-Sustentabilidade (I-BS), coliderado pelo ISISE (7 M€ investimento em dois edifícios, um em Braga e outro em Guimarães), fundindo a engenharia e as ciências biológicas, e cerca de 40 projetos I&D financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Fundos Estruturais e Comissão Europeia. O ISISE também tem estado envolvido em trabalhos de consultoria com os empreiteiros de liderança em Portugal (Mota-Engil, Teixeira Duarte, Soares da Costa ou Casais) e empresas internacionais como a Bekaert (Bélgica), Eletrobras (Brasil) ou Stora Enso (Finlândia), bem como em casos de estudos emblemáticos, como a Catedral do Porto, Câmaras Municipais Antigas, Christchurch (Nova Zelândia), a Catedral de Canterbury (Reino Unido), Mazagan Fort (Marrocos) ou a Igreja Famagusta (Chipre).

### Principais áreas de atividade

O ISISE é composto por três grupos: Estruturas Históricas e de Alvenaria (HMS), Betão Estrutural (SC) e Tecnologias da Construção em Aço e Mista (SMCT). As metas individuais específicas incluem: a) a conservação integrada dos edifícios do património cultural existente; b) o aumento da reutilização de estruturas de madeira e alvenaria; c) novos desenvolvimentos no betão (reforçado com fibras, auto-compactável, leve e auto-reparação); d) aumento do uso de aço e tecnologias de construção mistas; e) desenvolvimento de sistemas estruturais inovadores e técnicas de reforço; f) melhor aproveitamento do solo.

*The ISISE has about 1000 sqm of laboratories in Guimarães, with a strong floor and a reaction wall. A new Laboratory within the new Institute on Bio-Sustainability, co-led by the ISISE, will further extend this with a large nave with 650 sqm. The main testing equipment includes a universal testing machine with 1000 kN of maximum load capacity for tensile, compression and fatigue; reaction frames, pre-stressed line, oven, drop-weight tower, five climatic chambers, NDTs (e.g. dynamic identification, GPR or sonic testing) and triaxial apparatuses up to 300 mm. The ISISE has also available several servo-controlled equipment with actuators for testing under force or controlled displacement. Extensive cooperation with the LNEC, Lisbon, and their large shaking table has been occurring in the last decade.*

### Main projects

*The main projects carried out since 2008 include an European funded Erasmus Mundus Master Programme (about 4 M€ funding) in historical structures, the new Institute on Bio-Sustainability, co-led by the ISISE (7 M€ investment in two buildings in Braga and Guimarães), merging engineering and biological sciences, and about 40 R&D projects funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology, Structural Funds and European Commission. The ISISE has also been involved in consultancy with leading contractors in Portugal (Mota-Engil, Teixeira Duarte, Soares da Costa or Casais) and international companies such as Bekaert (Belgium), Eletrobras (Brazil) or Stora Enso (Finland), as well as emblematic cases studies such as Cathedral of Porto, Old Municipal Chambers, Christchurch (NZ), Canterbury Cathedral (UK), Mazagan Fort (Morocco) or Famagusta Churches (Cyprus).*

### Main research areas

*The three Groups that compose the ISISE are related to Historical and Masonry Structures (HMS), to Structural Concrete (SC) and to Steel and Mixed Construction Technologies (SMCT). Specific individual aims include: a) integrated conservation of Cultural Heritage Buildings; b) increasing re-use of structural timber and masonry; c) novel developments in concrete (fibre reinforced, self-compacting and lightweight, self-repairing); d) increasing use of steel and mixed construction technologies; e) development of innovative structural systems and strengthening techniques; f) better use of the ground.*



## ALUMNI

### Depoimento/Testimony

**KONRAD J.KRAKOWIAK, Ph.D., Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA**

O programa de doutoramento no Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho proporcionou-me a oportunidade de integrar um processo de aprendizagem intensivo e colaborações frutíferas. Permitiu o meu desenvolvimento científico, num ambiente amigável, estimulando continuamente o meu crescimento como investigador e como pessoa. Gostei igualmente de trabalhar no laboratório, em ambiente “sujo”, bem como em gabinete para desenvolvimentos teóricos, em ambiente “limpo”. Estou grato pelo apoio contínuo de excelentes professores, que me orientaram no terreno científico, bem como todos os colegas do departamento e a Fundação para a Ciência e Tecnologia. Acredito que orientarem-me não tenha sido tarefa fácil, mas estou grato por todo o trabalho maravilhoso que fizeram por mim.

*The PhD programme at the Department of Civil Engineering, University of Minho, provided me with the opportunity of intensive learning and fruitful collaborations. I had a chance to pursue my scientific development in a user friendly environment, continuously stimulating my growth as a researcher and a person. I truly enjoyed 'dirty' laboratory works as well as rather 'clean' theoretical developments. After all, they all found their place in the doctoral thesis, luckily for me. I am grateful for the continuous support of excellent teachers, who guided me on the scientific ground and beyond, all colleagues from the department, as well as Portuguese Foundation for Science and Technology. I believe guiding and working with me was not the easiest task, but they all did a wonderful job and I am thankful for that.*

**DAWID WISNIEWSKI, Ph.D., Principal Engineer at Flint & Neill, London, UK**

A realização da minha tese de doutoramento na Universidade do Minho começou por ser um mero acaso: fui para Guimarães por cinco meses como estudante de intercâmbio de Wrocław, na Polónia, e acabei por ficar lá cinco anos. A motivação para a realização do doutoramento foi bastante simples: após terminar os meus estudos conducentes ao grau de mestre, apercebi-me que os meus conhecimentos ainda não eram suficientes para projetar pontes de grande dimensão. Depois de concluir o doutoramento fui para Copenhaga trabalhar na empresa de consultoria em engenharia dinamarquesa COWI. Quatro anos mais tarde mudei-me para a Buckland & Taylor em Vancouver e, dois anos depois, para a Flint & Neill em Londres, onde continuo a trabalhar. O tempo que passei na Universidade do Minho foi realmente emocionante, abrindo-me as portas para a minha carreira profissional como projetista de pontes. Estou certo de que não estaria onde estou agora se não tivesse tido a formação que tive em Portugal, aprendendo o que aprendi e conhecendo as pessoas que conheci.

*Starting a PhD at the UMinho was a bit of a coincidence. I came to Guimarães for five months as an exchange student from Wrocław in Poland and, making the story short, I end up staying there for five years. The decision about undertaking PhD was quite straightforward. When I was finishing my master studies I realized that my knowledge was not yet sufficient to design major bridges, and this was what I wanted to do. After completing the PhD I went to Copenhagen to work for the Danish engineering consultancy COWI. After four years there I moved to work for Buckland and Taylor in Vancouver and I am working for Flint and Neill in London for two years now. The time I spent studying at the UMinho was really exciting and opened doors to my professional career as a bridge designer. I am sure I wouldn't be where I am now without spending these few years in Portugal, learning what I have learned and meeting people I met.*

**PAULO CANDEIAS, Ph.D., Investigador Auxiliar Convidado do LNEC, Invited Assistant Researcher at LNEC**

Cada história de vida é diferente, a minha não é exceção. Depois da licenciatura, trabalhei como engenheiro projetista durante cerca de dez anos. Lentamente, fui-me desviando dessa profissão e dediquei-me ao ensino universitário e à investigação em engenharia sísmica no LNEC. Por essa altura, o meu rumo estava traçado: eu iria fazer o meu doutoramento na área da vulnerabilidade sísmica e reabilitação de edifícios antigos em alvenaria. Naturalmente, o local certo para o fazer seria na Escola de Engenharia da Universidade do Minho e no seu grupo de renome mundial de Monumentos e Construções Históricas. Aqui beneficiei grandemente da sua experiência e conhecimento, complementando a minha formação e melhorando as minhas capacidades, trabalhando ao mesmo tempo num ambiente de investigação de primeira qualidade. O tempo demonstrou que foi a escolha certa.

*Every life story is different, mine is no exception. After graduating from university, I worked for nearly ten years as a structural engineer. Slowly, I drifted away from that profession and embraced teaching in universities and doing research in earthquake engineering at LNEC. By then, my course was set: I would take my PhD in the field of seismic vulnerability and retrofitting of old masonry buildings. Naturally, the right place to do it would be at the University of Minho, in the School of Engineering and its world-renowned Masonry and Historical Constructions Group. There, I benefited strongly from their expertise and knowledge, complementing my own training and improving my skills, while working at the same time in a first class research environment. Time proved it was the right choice.*

## TOM MORRISON, Ph.D., Principal Engineer, Heritage Standing

Eu participei no ano inaugural do programa Erasmus Mundus: Mestrado Avançado em Análise Estrutural de Monumentos e Construções Históricas (SAHC) e, sete anos mais tarde, continuo a beneficiar das oportunidades que o programa SAHC me abriu. Durante o programa tive a oportunidade de aprender e trabalhar com um grupo diversificado, que forneceu tanto uma grande base de experiência bem como contactos para futuros trabalhos. Agora trabalho numa empresa de consultoria pequena, mas em crescimento, especializada em edifícios históricos. Neste trabalho lido com problemas de engenharia únicos que me mantêm constantemente interessado pelo que faço. O programa SAHC tornou possível atingir este objetivo.

*I was involved in the inaugural year of the Erasmus Mundus Masters programme: Advanced Masters in Structural Analysis of Monuments and Historic Constructions (SAHC) and 7 years later I continue to benefit from the opportunities the SAHC programme opened for me. During the programme I had the opportunity to learn from and work with a diverse group of faculty, which provided both a large base of experience and contacts for future work. Now, I run a small but growing consulting firm that specializes in historic buildings. My work brings me unique engineering problems that keep me interested and my firm busy. The SAHC programme has made it possible for me to have achieved this.*

## MARIA FRANCISCA NOBRE MENESES, M.Sc.

Em setembro de 2012, quando cheguei a Barcelona, não sabia exatamente o que iria alcançar com este mestrado. Mais de um ano depois, posso afirmar que esta experiência foi muito mais enriquecedora do que eu alguma vez esperei: dois países para explorar, excelentes professores de quatro países diferentes e colegas e amigos simplesmente incríveis de todo o mundo. Academicamente falando, este programa de mestrado é ambicioso, exigente e consegue abranger um grande conjunto de tópicos nesta vasta área de especialização, enquanto encoraja simultaneamente o trabalho em equipa e a troca de pontos de vista entre colegas. Atualmente estou a colaborar com um escritório de engenharia português e trabalho principalmente no dimensionamento de estruturas novas mas também tenho a oportunidade de usar o conhecimento adquirido no mestrado na reabilitação de estruturas existentes. Encorajo totalmente qualquer interessado em reabilitação estrutural a candidatar-se a este mestrado. A única desvantagem é que o SAHC só dura 11 meses. Acredite, no final vai desejar que durasse muito mais tempo.

*In September 2012, when I arrived in Barcelona, I didn't know exactly what to expect from this master programme. A little bit more than one year later I can say that this experience was more fulfilling than I could ever anticipate: two countries to explore, excellent professors from four different countries, and simply awesome colleagues and friends from all over the world. Academically speaking, the master programme is ambitious, demanding and reaches a lot of topics in this vast expertise area while enhancing team work and the exchange of views on subjects among classmates. Currently I'm working in a Portuguese engineering company dealing mainly with the design of new structures but I also have the opportunity to use the knowledge I got from the master on the rehabilitation of existing structures. I totally encourage you to join this master. The only downside is that it only lasts 11 months. Believe me, by the end of it you will wish it would last much longer.*

## ANA TEIXEIRA, Ph.D., Consultora e investigadora em "Segurança de Diques", Deltares, Consultant and Researcher in "Safety of Dikes", Deltares

Quando escolhi seguir investigação nunca pensei que pudesse chegar onde estou hoje. Após esta experiência veio o início do programa doutoral, que me levou a expandir conhecimento na área de 'Fiabilidade em Geotecnia', em Portugal e no Japão! Tive claro uma grande ajuda dos orientadores Professores António Gomes Correia (UMinho) e Abel Henriques (FEUP). Esta escolha levou a que hoje pertença a uma das mais conceituadas empresas na área de hidráulica, Deltares, com funções no desenvolvimento e calibração de modelos, avaliação de segurança de diques e workshops. Tenho a oportunidade de aplicar todo o conhecimento adquirido durante os últimos anos, mantendo ainda relações com a UMinho, sendo coorientadora de mestrado e discutindo novas ideias e colaborações.

*When I chose to go for research I never thought I could get where I am today. After this experience came the doctoral programme, which allowed me to develop my knowledge in 'Reliability in Geotechnics', in Portugal and Japan! Of course with great help from my supervisors, Professor António Gomes Correia (UMinho) and Abel Henriques (FEUP). This choice allowed me to today be part of one of the most respectable companies in the area of hydraulics, Deltares, with activities in the development and calibration of models, safety assessment of dikes and workshops. I have the opportunity to apply all the knowledge acquired during the last years, still maintaining good relations with UMinho, as a co-supervisor of a masters and discussing new ideas and collaboration opportunities.*

# ARTIGOS > PAPERS

## OS MATERIAIS COMPÓSITOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO THE COMPOSITE MATERIALS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

José Sena-Cruz, Daniel Oliveira

Os materiais compósitos surgiram na indústria da construção como forma de reparar ou reforçar as estruturas do património edificado. Contudo, hoje em dia, estes materiais foram estendidos à construção nova por intermédio de soluções inovadoras. Este artigo sintetiza alguns dos principais contributos da Universidade do Minho na utilização destes materiais.

### 1. FRP's para o reforço do património existente

A Universidade do Minho tem vindo a dar diversos contributos para o uso de FRP's (*fibre reinforced polymers*) no reforço de estruturas existentes. Em particular, destacam-se os contributos no estudo da eficácia do reforço à flexão e/ou corte de estruturas de betão armado (BA) com recurso à técnica NSM (*near surface mounted*) com laminados de fibra de carbono (CFRP) inseridos no betão de recobrimento. Tem também sido feito um forte investimento no estudo da durabilidade e comportamento a longo prazo das estruturas de BA com materiais do tipo FRP's. Estes estudos têm focado o efeito de ações ambientais, como sejam os ciclos térmicos, ciclos gelo/degelo, a humidade, bem como os efeitos da fadiga e carregamentos, para além das sinergias entre algumas destas ações (Fig. 1). Os resultados obtidos têm permitido concluir que a técnica NSM apresenta elevados níveis de eficácia a curto e longo prazo. Muitos destes resultados encontram-se sintetizados num documento produzido pelo comité técnico (DUC-234) da RILEM [1]. Um outro contributo importante, ímpar a nível nacional, está relacionado com o estudo da aplicação de FRP's na reabilitação e reforço de estruturas antigas de alvenaria, através de campanhas experimentais e numéricas. Também aqui a durabilidade tem sido objeto de estudo, em particular os efeitos da exposição a ciclos de temperatura e à água. Cabe ainda realçar a utilização de técnicas não destrutivas avançadas (correlação digital de imagem, termografia e emissão acústica) para a identificação de defeitos e dano ao nível da ligação. Finalmente, o envolvimento em diversos comités técnicos da RILEM, ao nível da direção, tem permitido aumentar a visibilidade da Universidade do Minho no domínio dos FRP's [2].

*Composite materials have emerged in the construction industry as a way of repairing or strengthening the built heritage structures. However, nowadays, these materials have been extended to new construction by means of innovative solutions. This article summarizes some of the main contributions of the University of Minho in using these materials.*

### 1. FRP's for strengthening the existing heritage

*The University of Minho has been giving different contributions for the use of FRP's (fibre reinforced polymers) in the strengthening of the existing structures. In particular, relevant contributions in the study of the effectiveness of the NSM (near surface mounted) strengthening technique for upgrading reinforced concrete (RC) structures in flexure and/or shear have been made. A strong investment in the assessment of the durability and long-term behaviour of RC structures strengthened with FRP materials has also been made. These studies have focused on the effect of environmental actions, such as thermal cycles, freezing / thawing cycles, moisture, the effects of fatigue cycles, as well as synergy between these actions (see Fig. 1). The results have led to the conclusion that the NSM technique shows a high level of effectiveness in the short and long-term. Many of these results are summarized in a document produced by the Technical Committee of RILEM 234-DUC [1].*

*Another important contribution is related to the study of FRP's applied in repair and strengthening of ancient masonry structures, through experimental and numerical campaigns. The durability has also been studied here, in particular the effects from exposure to temperature cycles and to water. The use of advanced non-destructive techniques (digital image correlation, thermography and acoustic emission) for the identification of defects and damage at the bond level should also be highlighted.*

*Finally, involvement in different RILEM technical committees, at the managing level, has allowed increasing the visibility of University of Minho within the FRPs field [2].*



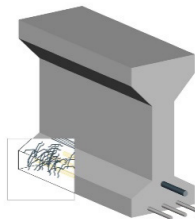
Fig. 1: Ensaios de durabilidade

*Durability tests*





(a)



(b)



(c)

Fig. 2: (a) Ponte pedonal em BAFRA/GFRP; (b) Vigas pré-fabricadas de elevado desempenho; (c) Painéis desenvolvidos para a reabilitação estrutural  
(a) Pedestrian bridge in SFRSCC/GFRP; (b) Prefabricated beams of high-performance at structural and durability levels; (c) Precast panels for structural rehabilitation

## 2. FRP's em produtos de inovadores

Os FRP's têm também mostrado ser igualmente eficazes em construção nova. Exemplos disso são o caso da solução inovadora de uma ponte pedonal híbrida constituída por um tabuleiro de muito reduzida espessura em betão auto-compactável reforçado com fibras de aço (BARFA) ligado a duas longarinas em perfis pultrudidos em forma de "I" em fibras de vidro (GFRP), como se ilustra na Fig. 2a [3]. Foi também desenvolvida uma proposta de novos sistemas estruturais pré-fabricados de alto desempenho ao nível estrutural e de durabilidade, combinando o uso de armaduras convencionais em aço e varões de GFRP com uma matriz de BARFA com elevada resistência à flexão e ao corte, ver Fig. 2b [4]. Finalmente, refere-se ainda o desenvolvimento de finos painéis pré-fabricados com elevada capacidade para resistir a esforços de flexão e corte, bem como absorção de energia, a serem aplicados na indústria da reabilitação estrutural. Estes painéis em Engineered Cementitious Composite (ECC) são reforçados com FRP's, ver Fig. 2c [5].

## 3. Compósitos

Os materiais compósitos com matriz de argamassa não cimentícia têm vindo a ser cada vez mais usados na reabilitação e reforço de estruturas de alvenaria de elevado valor patrimonial. Neste domínio, salienta-se a contribuição da Universidade do Minho para a caracterização do comportamento de materiais compósitos baseados em fibras naturais, em particular fibras de cânhamo e linho [6]. Estas fibras apresentam um elevado potencial de compatibilidade mecânica com o substrato, para além de constituírem um recurso renovável. Outro contributo inovador no domínio da utilização de materiais compósitos com matriz de argamassa no reforço de estruturas é a utilização de matrizes baseadas em argamassas geopoliméricas. Estas matrizes, ainda pouco conhecidas, apresentam inegáveis vantagens ao nível mecânico e de durabilidade, para além do elevado potencial ambiental associado.

## 2. FRP's in innovative products

The FRP's have also shown great potential in new construction. Examples of this statement are the innovative hybrid pedestrian bridge composed by a very thin steel fibre reinforced self-compacting concrete (SFRSCC) deck supported by two GFRP pultruded I-shaped girders, as illustrated in Fig. 2a [3]. New prefabricated structural systems of high-performance at structural and durability levels have also been proposed and developed, combining the use of conventional steel reinforcement with GFRP rods in SCSFRC medium with high load carrying capacity in bending and shear, see Fig. 2b [4]. Finally, the development of thin precast panels with high ability to withstand bending and shear forces, and energy absorption to be used in the structural retrofitting, must also be referred. These engineered cementitious composite (ECC) panels are reinforced with FRP's, see Fig. 2c [5].

## 3. Composites

Mortar-based composite materials have been increasingly used in repair and strengthening of cultural heritage masonry structures. In this field, University of Minho has contributed for the characterization of the behaviour of composite materials based on natural fibres, particularly hemp and flax fibres [6]. These fibres present a high potential for mechanical compatibility with the substrate, and at the same time constitute a renewable resource.

Another innovative contribution related to the use of mortar-based composite materials for the strengthening of structures is the use of geopolymetric mortar-based matrices. These matrices, almost unknown, have undeniable advantages at the mechanical level and in terms of durability, in addition to a high environmental potential.

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

- [1] Sena-Cruz, J., Bilotta, A., Ceroni, F., Nigro, E., Kotynia, R., Boumas, D., Barros, J., Bianco, V., Triantafillou, T., Monti, G., Dalfré, G. (2012) NSM Systems - State of the art book of the RILEM TC DUC-234: Design procedures for the use of composites in strengthening of reinforced concrete structures, 24 pp.
- [2] Valluzzi, M.R., Oliveira, D.V., Caratelli, A., Castori, G., Corradi, M., de Felice, G., Garbin, E., Garcia, D., Garmendia, L., Grande, E., Ianniruberto, U., Kwiecień, A., Leone, M., Lignola, G.P., Lourenço, P.B., Malena, M., Micelli, F., Panizza, M., Papanicolaou, C.G., Prota, A., Sacco, E., Triantafillou, T.C., Viskovic, A., Zajac, B., Zuccarino, G. (2012) Round Robin test for composite-to-brick shear bond characterization, Materials and Structures, 45(12), 1761-1791.
- [3] Gonilha, J.A.; Barros, J.A.O.; Correia, J.R.; Sena-Cruz, J.; Branco, F.; Ramos, L.F.; Gonçalves, D. (2014) Static, dynamic and creep behaviour of a full-scale GFRP-SFRSCC hybrid footbridge, Composites Structures, 118, 496-509.
- [4] Soltanzadeh, F.; Mazaheripour, H.; Barros, J.; Taheri, M.; Sena-Cruz, J. (2014) "Experimental study on shear behavior of HPFRC beams reinforced by hybrid pre-stressed GFRP and steel bars", The 7th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering – CICE2014, 20 a 22 de agosto, Vancouver, Canadá, 6 pp.
- [5] Esmaeeli, E.; Barros, J.A.O.; Sena-Cruz, J.; Varum, H.; Melo, J. (2014) "Assessment of the efficiency of prefabricated hybrid composite plates (HCPs) for retrofitting of damaged interior RC beam-column joints." Composites Structures. [Accepted for publication]
- [6] Codispoti, R., Oliveira, D.V., Figueiro, R., Lourenço, P.B., Olivito, R. (2013) Experimental behavior of natural fiber-based composites used for strengthening masonry structures, Conference Papers in Materials Science, ID 539856.



## NOVOS GEOMATERIAIS NA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NEW MATERIALS IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION

António Gomes Correia, Tiago Miranda

A utilização de materiais não tradicionais (reutilizados, reciclados e recuperados) pode constituir um contributo para uma abordagem mais sustentável da construção. No grupo de geotecnia, esta prática tem sido aplicada a vários materiais envolvendo colaborações a nível nacional e internacional.

Os fardos de pneus ("Tyre bales") são auto-drenáveis e leves e têm sido utilizados em fundações e aterros rodoviários sobre solos moles, assim como em reparações de taludes [1].

As escórias de aciaria de origem portuguesa têm sido utilizadas em aterros rodoviários e camadas de base de pavimentos, bem como em ferrovia [2]. Este material é produzido em duas siderurgias nacionais (SN), que operam com fornos elétricos de arco. Com base em dados fornecidos pelas SN, estima-se que sejam produzidas anualmente cerca de 400.000 t de escórias negras. A gestão de volumes desta dimensão representa uma preocupação significativa para as siderurgias e para o país em geral. A reutilização e reciclagem destes materiais são vantajosas para produtores, utilizadores e para o país. Neste âmbito, foi levado a cabo um projeto de I&D em Portugal para estudar a reutilização destas escórias. Após a investigação, estas escórias tornaram-se num agregado comercial intitulado "Agregado Siderúrgico Inerte para a Construção" (ASIC) [2]. Outra investigação realizada em colaboração com o CRR (Bélgica) confirmou as propriedades mecânicas superiores das escórias de aciaria belgas em condições de humidade controladas quando comparadas com agregados naturais (calcário) e britados de betão [3].

O melhoramento de solos pode ser conseguido através da adição de um ligante cimentício. Contudo, questões como a durabilidade e comportamento ambiental associadas à produção de cimento e à sua aplicação em camadas de solo contribuem para a tentativa de desenvolvimento de novos ligantes. A crescente utilização de resíduos na indústria da construção está a tornar-se numa interessante estratégia para redução do consumo de cimento. A utilização da técnica da ativação alcalina (AA) de cinzas volantes tem vindo a revelar-se muito eficaz na criação de novos materiais de construção, a nível mecânico, ambiental e de durabilidade.

Existe um vasto campo para melhoramento desta técnica, incluindo a possível utilização de outros resíduos (lamas de estações de tratamento de água e escórias da indústria do aço). O estudo da AA começou há algumas décadas, embora o estudo da sua aplicação ao melhoramento de solos só tenha sido iniciado recentemente. Os resultados obtidos até agora relativos à comparação do desempenho de ligantes à base de cimento e de AA têm provado a viabilidade técnica e económica desta solução. Neste momento está a decorrer um estudo relacionado com o desenvolvimento de blocos de construção fabricados com solo (85%), cinzas e ativador. Atualmente estão a decorrer ensaios de larga escala em

*The use of non-traditional (reused, recycled and recovered) materials can make a significant contribution to a more sustainable approach to construction. In the geotechnical group this has been applied to several materials involving national and international cooperation.*

*Tyre bales are free-draining and lightweight and have been used in road foundations and embankments over soft ground as well as in slope failure repair [1].*

*Processed Portuguese steel slag has been used as a direct replacement for a road embankment and a base course layer, as well in rail track [2]. This material is produced in two iron steel companies (ISC) which currently operate with electric arc furnaces. Based on data provided by the Portuguese ISCs, in the medium term about 400,000 tons of black steel slag are expected to be produced annually. The management of such large volume represents a significant concern for the ISCs and for the country as a whole. The beneficial reuse and recycling of such materials is beneficial to the producers, the end users and the nation. In this context, an R&D project was undertaken in Portugal. Following this research, these materials became a commercial aggregate known as Inert Steel Aggregate for Construction (ISAC) [2]. Another research carried out in cooperation with CRR (Belgium) confirms the superior mechanical properties of Belgium steel slags under controlled moisture conditions when compared with a natural aggregate (limestone) and a crushed concrete aggregate [3].*

*Another field of research concerns soil improvement. This can be achieved by mixing the soil with a cementitious binder which traditionally is cement or lime. However, environmental and durability issues related to cement production and its application in a soil layer constitutes a significant motivation to develop new binders. The increasing use of waste materials in the construction industry is becoming an interesting strategy to reduce cement consumption. The particular use of the alkali activation (AA) technique on fly ash has been proven to be effective in the development of better performing construction materials, at mechanical, environmental and durability levels.*

*There is large room for improving this technology, including the possible use of several types of waste residue (for instance, water treatment plant mud and different slags from the steel industry). The study of the AA started a few decades ago, but the study of its application to soil improvement is very recent. Thus far, results comparing AA and cement-based binders have proved the technical and economic viability of this solution. A significant contribution is being made by a study regarding the development of building blocks made by soil (85%), ash and activator. Presently, large scale tests are*

paredes, relacionados com o comportamento térmico e acústico. Os dados resultados obtidos até à data são muito animadores.

Os trabalhos de investigação aplicada referidos estão dentro do enquadramento definido pelo recentemente aprovado Commitment (EIP ON RAW MATERIALS) “Rose - Recycling Of Secondary raw materials for a sustainable optimization of construction processes in civil Engineering”, do qual faz parte a Universidade do Minho.

*under development using full walls to address their acoustic and thermic behaviour. So far, the obtained results are very promising.*

*All these applied research studies are in the framework of the recent approved Commitment (EIP ON RAW MATERIALS) “Rose - Recycling Of Secondary raw materials for a sustainable optimization of construction processes in civil Engineering”, in which University of Minho participates.*



Fig. 1: Parede constituída por blocos de solos e cinzas volantes para ensaios acústicos e térmicos

*Wall built with blocks made from soil and fly ash for acoustic and thermic tests*

#### REFERÊNCIAS / REFERENCES

- [1] Winter, M.; Gomes Correia, A.; (2014). The use and application of two contrasting non-traditional embankment and pavement foundation materials. ASCE, GSP (accepted for publication).
- [2] Gomes Correia, A.; Roque, A.J.; Ferreira, S.M.; Fortunato, E. (2012). Case Study to Promote the Use of industrial byproducts: The relevance of performance tests. Journal of ASTM International 9 (2), 1-18.
- [3] Grégoire, C., Gomes Correia, A., De Bel, R., & Bernard, D. (2011). Mechanical behavior of natural and recycled granular materials for roads. Journal of Testing and Evaluation 39 (5), 11.

## À REDESCOBERTA DA CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA E MADEIRA REDISCOVERING MASONRY AND TIMBER CONSTRUCTION

Paulo Barbosa Lourenço, Jorge Branco

As limitações de normas e regulamentos de alvenaria e madeira, e a ausência de motivações tecnológicas e arquitetônicas, têm sido importantes razões para a redução de mercado dos materiais tradicionais enquanto soluções estruturais. No entanto, a maioria do património construído é em alvenaria e madeira sendo que é um importante desafio deixar esse património em boas condições à próxima geração, prolongando a sua vida útil. Apesar da ausência de normas para o efeito, está disponível uma metodologia científica. Contrariamente, existem diversas normas para o projeto de novas estruturas em alvenaria e madeira.

*The lack of masonry and timber codes and norms, on top of technological and architectural motivations, has been an important reason for the loss of market as structural materials from these traditional materials. Still, most of the current built heritage is made of masonry and timber and an important challenge is to leave this heritage in good conditions to the next generations, extending their life span. A scientific methodology has been developed for this purpose even if standards are not usually available. Quite diversely, modern standards are widely available for the design of new masonry and timber structures.*

### 1. Como lidar com edifícios do património cultural?

Os edifícios do património cultural apresentam uma série de desafios na conservação, diagnóstico, análise, monitorização e reforço, que limitam a aplicação das leis e regulamentos modernos de construção. As recomendações são preferíveis e necessárias para assegurar métodos racionais de análise e métodos de reparação adequados ao contexto cultural. Assim, um comité internacional (ICOMOS) preparou recomendações com vista a auxiliar todos os envolvidos em ações de conservação [1]. Em geral, o processo de definição da solução de intervenção deve incluir os seguintes passos: (a) Aquisição de dados: informação e investigação; (b) Historial, análise da arquitetura e da estrutura; (c) Levantamento da estrutura; (d) Investigações de campo e ensaios em laboratório; (e) Monitorização (ver Fig. 1).

### 1. How to handle existing cultural heritage buildings?

*Structures in cultural heritage buildings present a number of challenges in conservation, diagnosis, analysis, monitoring and strengthening that limit the application of modern legal codes and building standards. Recommendations are desirable and necessary to ensure rational methods of analysis and repair methods appropriate to the cultural context. Therefore, an international committee has prepared recommendations, intended to be useful to those involved in conservation problems [1].*

*In general, the process towards the definition of remedial measures should include the following steps: (a) Acquisition of data: Information and investigation; (b) Historical, structural and architectural investigations; (c) Survey of the structure; (d) Field research and laboratory testing; (e) Monitoring (see Fig. 1).*

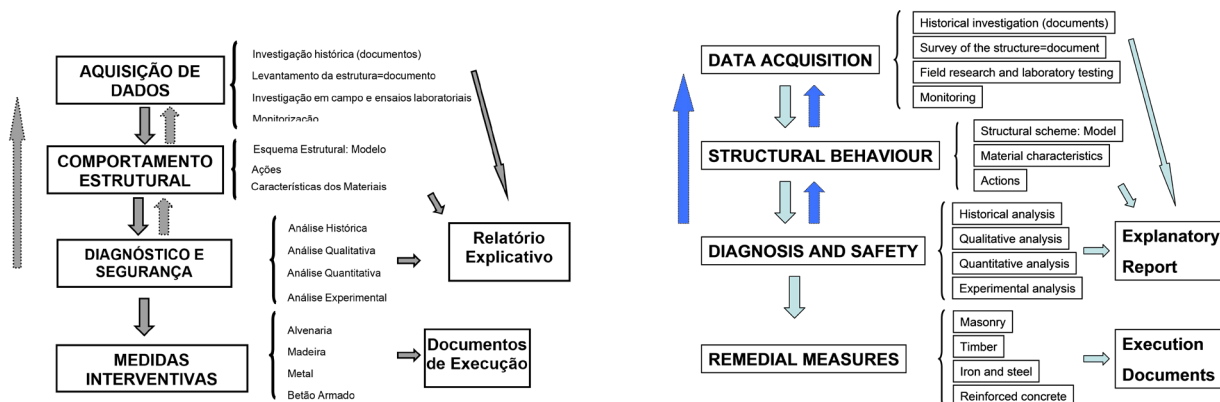


Fig.1: Fluxograma com a metodologia da ICOMOS

ICOMOS methodology

## 2. Produtos de alvenaria inovadores

Vários sistemas em alvenaria têm sido desenvolvidos pela Universidade do Minho nos últimos anos em colaboração com diferentes indústrias [2-3]. Um primeiro exemplo é um sistema de paredes que preenche os requisitos de resistência a ações horizontais e que não exige alterações significativas no processo construtivo tradicional (ver Fig. 2). O bloco de betão é desenhado para acomodar uma armadura em treliça metálica, uniformemente espaçada na vertical, e que também serve para a ligação horizontal ao nível da junta argamassada. Este sistema permite a fácil aplicação de blocos inteiros ou metades após a aplicação da armadura vertical, seguindo as técnicas tradicionais de construção de paredes de alvenaria não reforçada.

Um segundo exemplo é uma solução inovadora de paredes divisórias utilizando tijolos feitos a partir de um compósito eco-eficiente (ver Fig. 3). O compósito utilizado resulta da combinação de três resíduos industriais, nomeadamente: gesso de dessulfurização de gases de combustão; granulado de cortiça e fibras têxteis, resultantes de três processos de reciclagem. O desenho do tijolo permite ainda a fácil passagem de todas as infraestruturas durante a fase de construção das paredes divisórias.

## 3. Soluções inovadoras tecnológicas em madeira

As novas tecnologias de madeira maciça baseadas na construção por painéis (ex.: madeira lamelada cruzada colada, MLCC) são pontos-chave no desenvolvimento de soluções inovadoras consideradas, há poucos anos, como impossíveis. Em oposição aos sistemas de construção leves, os sistemas maciços apresentam vantagens consideráveis: desempenho acústico, resistência ao fogo, comportamento estrutural, vibrações, possibilidade de construir em altura, estabilidade e eficiência construtiva.

Este renascimento da madeira enquanto material de construção cresce com a possibilidade de construir em altura com madeira [4]. Um sistema inovador para a construção de edifícios altos em madeira está a ser desenvolvido pela Universidade do Minho (ver Fig. 4). Este sistema pretende potenciar o uso da MLCC ao procurar uma solução que satisfaça qualitativamente e quantitativamente os atuais requisitos, mantendo as vantagens ecológicas e proporcionando uma maior versatilidade e liberdade no espaço arquitetónico.

## 2. Innovative masonry products

Several different masonry systems have been developed by the University of Minho in the recent years, in cooperation with different industries, e.g. [2-3]. A first example is a wall system that fits the requirements of strength to horizontal loads and does not require major changes in the traditional workmanship (see Fig. 2). The concrete block is designed to accommodate uniformly spaced vertical prefabricated truss type reinforcement, also used for the horizontal mortar joints. This system enables easy placing of full and half units on the wall after the positioning of the continuous vertical reinforcement, in agreement with the traditional techniques commonly used for the construction of unreinforced masonry walls. A second example is an innovative solution for partition walls based on a masonry block made of an eco-efficient new composite material (see Fig. 3). The composite material used in the production of the blocks results from the combination of three industrial by-products, namely: fuel-gas desulfurization gypsum, granulated cork and textile fibres resulting from the three recycling processes. The new design of the block also enables the positioning of the infrastructures during the indoor wall assembly.

## 3. Innovative timber technologies

New mass timber technologies, based on solid panels of wood (e.g. Cross Laminated Timber, CLT) are a key point on the development of innovative solutions regarded as impossible until recently. Differently from light timber technologies, mass timber offers some relevant advantages: fire and acoustic performances; structural behaviour; vibrations, possibility to construct in height; material stability; and construction efficiency. This rebirth of wood as building material comes reinforced with the possibility of building in height with timber [4]. An innovative system for tall timber buildings is under development at the University of Minho (see Fig. 4). The new system makes the CLT use more attractive to construction market looking for a solution able to answer adequately, both quantitatively and qualitatively, to the actual requests, maintaining the ecological advantages and reaching a higher level of versatility and freedom in the architectural design.



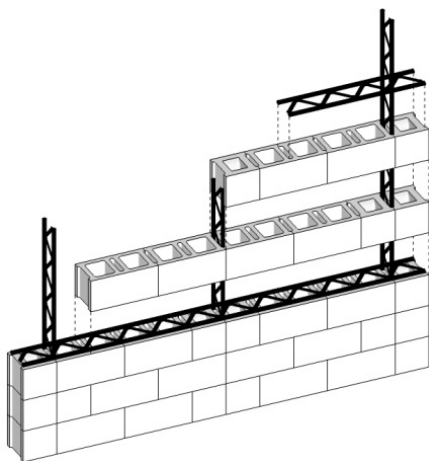


Fig. 2: Parede com blocos de betão e a armadura treliçada  
*Wall with concrete blocks and truss reinforcement*



Fig. 3: Uma parede divisória eco-eficiente  
*An eco-efficient infill wall.*

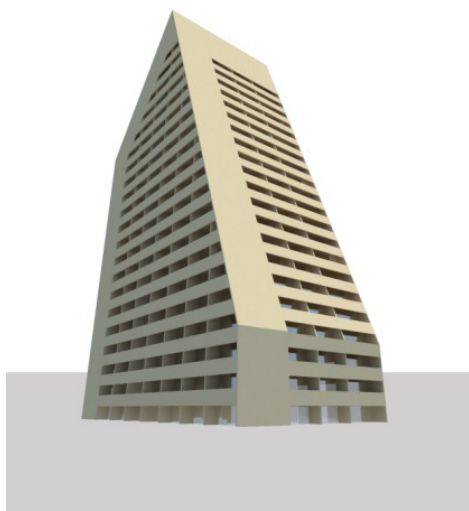


Fig. 4: Modelo tridimensional de um edifício usando o novo sistema  
*3D model of a proposed building based on the new system [4]*



## REFERÊNCIAS / REFERENCES

- [1] ICOMOS. Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage (2003)
- [2] Lourenço, P.B., Avila, L., Vasconcelos, G., Alves, J.D., Mendes, N., Costa, A.C., Experimental investigation on the seismic performance of masonry buildings using shaking table testing, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 11(4), p. 1157-1190, (2013).
- [3] Lourenço, P.B., Vasconcelos, G., Gouveia, J.P., Medeiros, P., Marques, R., cBloco: Manual de dimensionamento estrutural, ISBN 978-989-20-1404-3, Cerâmica Vale da Gândara, S.A., 91 pp (2008).
- [4] Silva, C.V, Branco, J.M., Lourenço, P.B. (2013), A project contribution to the development of sustainable multi-storey timber buildings. Portugal SB13 - Contribution of Sustainable Building to Meet EU 20-20-20 Targets. Bragança, L., Pinheiro, M., Mateus, R. (Eds.), Guimarães, Portugal: IISBE Portugal, University of Minho, Instituto Superior Técnico, pp. 379-386. URL: <http://hdl.handle.net/1822/26947>

## PROJETOS > PROJECTS

No período de 2008-2013 o ISISE teve 76 projetos I&D+T nacionais e internacionais aprovados, como resultado do esforço contínuo que a unidade investe na procura de financiamento competitivo. Apresentam-se, de forma sumária, os projetos recentemente aprovados, desenvolvidos por membros da UMinho.

**Título do Projeto *Project Title*:** ENDURE: European Network for Durable Reinforcement and Rehabilitation Solutions

**Investigador Principal do ISISE *ISISE's Leading Researcher*:** Joaquim Barros

**Objetivos *Objectives*:** O presente projeto, envolvendo uma rede europeia, tem como objetivo a preparação de investigadores no uso de materiais compósitos avançados na construção de novos sistemas construtivos e na reabilitação. *The present project aims at creating a network for training researchers in the use of advanced composites for new constructions and rehabilitation.*

**Orçamento *Budget*:** Global: 3.870.520,94€ / ISISE-UMinho: 257.078,25 €

**Referência *ID*:** 607851

**Entidade Financiadora *Funding Entity*:** EC (FP7-PEOPLE-2013-ITN-Suport for training and career development of researchers - Marie Curie)

**Instituição Principal *Main Contractor*:** The University of Sheffield (UK)

**Outras Instituições *Participating Institutions*:** Universiteit Gent (BE), University of Patras (GRC), University of Bath (UK), Lulea Tekniska Universitet (SWE), Budapest University of Technology and Economics (HU), Universitat de Girona (SP), Università degli studi di Padova (IT), Politecnico di Milano (IT), Technische Universitaet Kaiserslautern (DE), Eidgenoessische Materialpruefungs (CH), Universidade do Minho (PT), Latvijas Universitates Polimeru Mehanikas Instituts (LV), Netcomposites Limited (UK)

**Título do Projeto *Project Title*:** INSYSME- Innovative systems for earthquake resistant masonry enclosures in RC buildings

**Investigador Principal do ISISE *ISISE's Leading Researcher*:** Paulo Lourenço

**Objetivos *Objectives*:** Os principais objetivos consistem no desenvolvimento de materiais (unidades de alvenaria, argamassa, reforço e ligadores), tecnologias inovadoras e processos para paredes de alvenaria de enchimento e paredes de fachada de acordo com o nível de risco sísmico e tradição de construir. *The main aims are the development of advanced materials (masonry units, mortar, reinforcement, connectors/ fasteners etc.), innovative technologies and building processes for infill and veneer masonry walls, diversified according to seismic risk level and regional construction traditions.*

**Orçamento *Budget*:** Global: 2.697.131,61 € / ISISE- UMinho: 54.609,82 €

**Referência *ID*:** 606229

**Entidade Financiadora *Funding Entity*:** EC (BSG-SME-AG –Research for SME associations/groupings)

**Instituição Principal *Main Contractor*:** Università degli Studi di Padova

*In the period 2008-2013, the ISISE had 76 national and international R&D+T projects approved, as a result of the continuous effort that the unit invests in seeking competitive funding. A summary of the most recently approved projects developed by members of the UMinho is presented.*

**Outras Instituições *Participating Institutions*:** Tiles and Bricks Europe AISBL (BE), ANDIL Associazione nazionale degli industriali dei laterizi (IT), Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel (DE), Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica (PT), Tugla Ve Kremit Sanayicileri Dernegi (TR), Universidade do Minho (PT), Università Degli Studi di Pavia (IT), National Technical University of Athens (EL), Universitaet Kassel (DE), CTCV - Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (PT), Middle East Technical University (TR), Ruredil Spa (IT), SDA-engineering GmbH (DE), Vavouliotis-Gounaris-Mitakis Abee Eidon Keramopoiias (EL), H.I. Struct S.R.L. (RO).

**Título do Projeto *Project Title*:** FRPreDur - Short and Long-term Structural Behaviour of Concrete Elements flexuRally Strengthened with Prestressed CFRP Laminates

**Investigador Principal do ISISE *ISISE's Leading Researcher*:** José Sena-Cruz

**Objetivos *Objectives*:** O principal objetivo do projeto é contribuir para o conhecimento a curto e longo prazo do comportamento de lajes de betão armado reforçadas com laminados de CFRP pré-esforçados sob o efeito de ações ambientais, cargas e degradação química. *The main objective of the research project is to contribute to the knowledge on short and long-term structural behaviour of RC elements flexurally strengthened with pre-stressed CFRP laminates under various specific application environments, load conditions and chemical degradation.*

**Orçamento *Budget*:** Global: 169.406,00 € / ISISE- UMinho: 169.406,00 €

**Referência *ID*:** PTDC/ECM-EST/2424/2012

**Entidade Financiadora *Funding Entity*:** FCT

**Instituição Principal *Main Contractor*:** Universidade do Minho

**Título do Projeto *Project Title*:** BE-EARTH - BEhaviour characterization and rehabilitation of EARTHen construction

**Investigador Principal do ISISE *ISISE's Main Researcher*:** Daniel Oliveira

**Objetivos *Objectives*:** O objetivo principal do projeto é desenvolver conhecimento científico para a preservação das construções patrimoniais de terra através de uma caracterização material e estrutural abrangente, desenvolvimento de soluções de reparação e reforço compatíveis e calibração de modelos numéricos fidedignos.

*The main objective of the project is to develop scientific knowledge aiming at the preservation of the earthen heritage constructions through a comprehensive material and structural characterization, development of compatible repair and strengthening solutions and calibration of reliable numerical models.*

**Orçamento Budget:** Global: 116.376,00 € / ISISE- UMinho: 46.248,00 €

**Referência ID:** PTDC/ECM-EST/2396/2012)

**Entidade Financiadora Funding Entity:** FCT

**Instituição Principal Main Contractor:** Universidade de Aveiro

**Outras Instituições Participating Institutions:** Instituto Superior Técnico, Universidade do Minho

**Título do Projeto Project Title:** InoTec - Innovative Material with Ultra-High Ductility for the Rehabilitation of the Built Heritage

**Investigador Principal do ISISE ISISE's Main Researcher:** Joaquim Barros

**Objetivos Objectives:** Com o presente projeto pretende-se desenvolver um material inovador de ultra elevada ductilidade para a reabilitação do património construído. *The main objective of the project is to develop an Innovative material of ultra-high ductility for the rehabilitation of the built patrimony.*

**Orçamento Budget:** Global: 672.519,76 € / ISISE- UMinho: 457.589,68 €

**Referência ID:** 23024

**Entidade Financiadora Funding Entity:** ADI

**Instituição Principal Main Contractor:** Civitest – Pesquisa de novos materiais para a engenharia civil

**Outras Instituições Participating Institutions:** Universidade de Minho

**Título do Projeto Project Title:** UrbanCrete - Fibre Reinforced Concrete of Enhanced Properties of Durability for Urban Furniture and Infra-Structures

**Investigador Principal do ISISE Main Researcher:** Joaquim Barros

**Objetivos Objectives:** Com o este projeto pretende-se usar betão reforçado com fibras não metálicas de características melhoradas de durabilidade para aplicações em mobiliário urbano e infraestruturas. *The main objective of the project is to develop a fibre reinforced concrete of enhanced properties of durability for urban furniture and infra-structures.*

**Orçamento Budget:** Global: 595.928,84 € / ISISE- UMinho: 278.710,47 €

**Referência ID:** 30367

**Entidade Financiadora Funding Entity:** ADI

**Instituição Principal Main Contractor:** Francisco Pereira Marinho & Irmãos, S.A.

**Outras Instituições Participating Institutions:** Universidade do Minho

**Título do Projeto/Project Title:** SEISMIC-V - Vernacular Seismic Culture in Portugal

**Investigador Principal do ISISE ISISE's Main Researcher:** Graça Vasconcelos

**Objetivos Objectives:** Os principais objetivos consistem na identificação da cultura sismo-resistente em Portugal e na proposta de materiais e técnicas de reparação e reforço sísmico de construções vernáculas. *The main aims are the identification of local seismic culture and architectural seismic resistant features in different Portuguese regions and purpose materials and techniques to the seismic repair of damaged in-use vernacular buildings.*

**Orçamento Budget:** Global: 116.376,00 € / ISISE- UMinho: 47.088,00 €

**Referência ID:** PTDC/ATP-AQI/3934/2012

**Entidade Financiadora Funding Entity:** FCT

**Instituição Principal Main Contractor:** FCO - Fundação Convento da Orada

**Outras Instituições Participating Institutions:** Universidade do Minho, Universidade de Aveiro

## PATENTES > PATENTS

Apesar das dificuldades intrínsecas a um setor onde é difícil patentear produtos e sistemas, nos últimos anos os membros do ISISE têm proposto soluções inovadoras que têm vindo a ser patenteadas.

### 2008

Ensaio de alvenaria irregular por intermédio de tubos de pressão. Patente Nacional no. 105321 (Pendente)

Inventor principal: Luís Ramos. Outros inventores: Paulo M. Mendes, Francisco Fernandes, Leandro Marques.

*Tube-jacks testing for irregular masonry walls. National Patent no. 105321 (Pending).*

*Main Inventor: Luís Ramos. Other inventors: Paulo M. Mendes, Francisco Fernandes, Leandro Marques.*

### 2008

Sistema construtivo de blocos para paredes divisórias. Patente Nacional no. 105014.

Inventor principal: Graça Vasconcelos. Outros inventores: Paulo B. Lourenço, Paulo Mendonça.

*Building system blocks for partition walls. National Patent no. 105014.*

*Main Inventor: Graça Vasconcelos. Other inventors: Paulo B. Lourenço, Paulo Mendonça.*

### 2008

Partition Building block and Use. Patente Internacional WO 2011/114301.

Inventor principal: Graça Vasconcelos. Outros inventores: Paulo B. Lourenço, Paulo Mendonça.

*Partition Building block and Use. International Patent WO 2011/114301.*

*Main Inventor: Graça Vasconcelos. Other inventors: Paulo B. Lourenço, Paulo Mendonça .*

### 2009

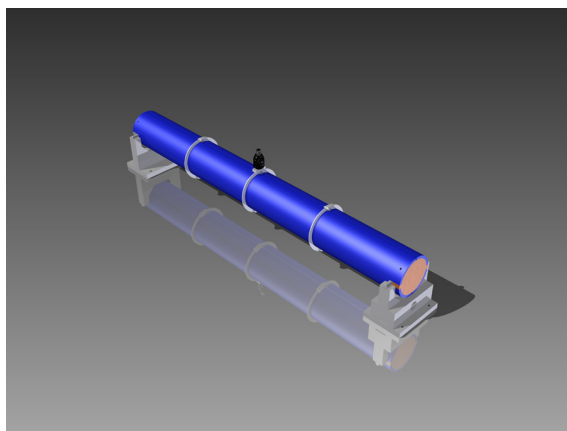
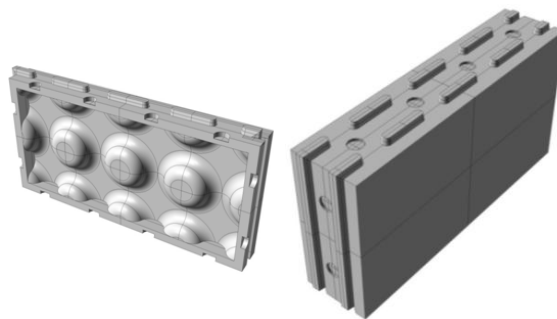
Método baseado em vibrações ambientais para quantificar a evolução do módulo de elasticidade de materiais em processo de solidificação. Patente Nacional no. 104413.

Inventor principal: Miguel Azenha. Outros inventores: Filipe Magalhães, Leonel Ramos.

*Method based in ambient vibrations for quantifying the evolution of E-modulus of hardening materials. National Patent no. 104413.*

*Main Inventor: Miguel Azenha. Other inventors: Filipe Magalhães, Leonel Ramos.*

*Despite the inherent difficulties of the construction sector to patent products and systems, in the last few years, members of the ISISE have proposed innovative solutions that have been patented.*





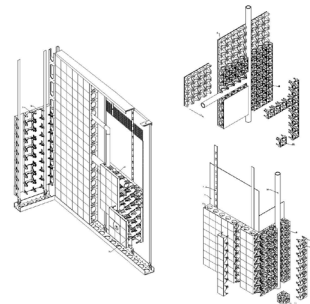
## 2012

Sistema de divisórias em painéis adaptáveis e respetivo método de construção. Patente Nacional no. 106412 (Pendente).

Inventor principal: Paulo Mendonça. Outros inventores: Mónica Macieira, Nuno Cruz, Luís F. Ramos.

*Partition system with adaptive panels and its construction method. National Patent no. 106412 (Pending).*

*Main Inventor: Paulo Mendonça. Other inventors: Mónica Macieira, Nuno Cruz, Luís F. Ramos.*

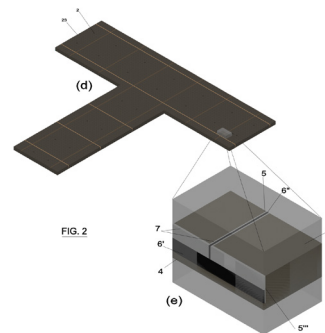


## 2013

Painel compósito híbrido para o reforço de estruturas de betão existentes e respetivo método de produção e de aplicação. Patente Nacional no. 107111 (Pendente).

Inventor principal: Joaquim Barros. Outros inventores: Esmaeel Esmaeeli, José Sena-Cruz.

*Hybrid composite plates for strengthening of existing reinforced concrete structures, method of production and method of application. National Patent no. 107111 (Pending). Main Inventor: Joaquim Barros. Other inventors: Esmaeel Esmaeeli, José Sena-Cruz.*



## PRÉMIOS > AWARDS

Nos últimos anos, os membros do ISISE têm sido premiados por diferentes instituições/organizações, fruto das contribuições feitas em diferentes áreas do conhecimento. Os mais importantes prémios recebidos pelos membros do ISISE são aqui destacados.

*In the last few years, the ISISE's members have been awarded by different institutions/organizations for the outstanding contributions made in several fields of knowledge. This section presents the most important awards granted to the ISISE's members.*

Professor Honorário da Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (fundação em 1692), Peru  
*Honorary Professor of the Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (founded in 1692), Peru*  
Paulo B. Lourenço (2009)

*John B. Scalzi Research Award by the "The Masonry Society", in recognition of a person who has made an exceptional contribution and a life dedicated to research in masonry. This award is the most important in this field of knowledge.*  
Paulo B. Lourenço (2010)

Prémio para melhor tese de Doutoramento atribuído pela "The Masonry Society"  
*Award for best PhD thesis awarded by "The Masonry Society"*  
Vladimir G. Haach, com a tese "Development of a Design Method for Reinforced Masonry Subjected to In-Plane Loading Based on Experimental and Numerical Analysis" (2009)  
*Vladimir G. Haach, with the thesis "Development of a Design Method for Reinforced Masonry Subjected to In-Plane Loading Based on Experimental and Numerical Analysis" (2009)*

Prémio para a melhor tese de Mestrado atribuído pela "Czech Conservation Organization, WTA CZ"  
*Award for the best Master's thesis awarded by the "Czech Conservation Organization, WTA CZ"*  
Justin Hettinga, com a tese "Structural analysis of the roof of St. Anne's Church" (2009)  
*Justin Hettinga, with the thesis "Structural analysis of the roof of St. Anne's Church" (2009)*

Prémio John B. Scalzi Research Award da "The Masonry Society", como reconhecimento de um indivíduo que tenha feito uma contribuição excecional e uma vida dedicada à investigação em alvenaria. O Prémio é o mais importante nesta área do conhecimento.



Paulo B. Lourenço recebe o Prémio John B. Scalzi  
*Paulo B. Lourenço receiving the John B. Scalzi Research Award*

Prémio para o melhor artigo da revista "Proceedings of the ICE - Engineering and Computational Mechanics"  
*Award for the best paper of the "Proceedings of the ICE - Engineering and Computational Mechanics"*  
Gabriele Milani e Paulo B. Lourenço, com o artigo "FE homogenised limit analysis model for masonry structures" (2012)

Gabriele Milani and Paulo B. Lourenço, with the paper "FE homogenised limit analysis model for masonry structures" (2012)

Best Paper Award no Congresso Vernacular Heritage and Earthen Architecture  
*Best Paper Award of the Conference Vernacular Heritage and Earthen Architecture*

Rui Silva, Daniel V. Oliveira, Luc Schueremans, Paulo B. Lourenço e Tiago Miranda, com o artigo "Experimental investigation on the repair of rammed earth by means of injection of mud grouts" (2013)

*Rui Silva, Daniel V. Oliveira, Luc Schueremans, Paulo B. Lourenço and Tiago Miranda, with the paper "Experimental investigation on the repair of rammed earth by means of injection of mud grouts" (2013)*

Segundo lugar na categoria "Trabajo de excelencia técnica-científica en gestión y control de calidad en las construcciones" no XII Congreso Latinoamericano de la Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de la Calidad en la Construcción CONPAT-2013

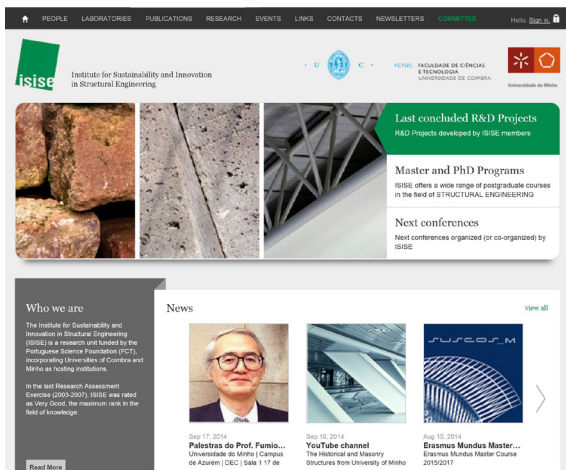
*Second place in the category "Trabajo de excelencia técnica-científica en gestión y control de calidad en las construcciones" in the conference XII Congreso Latinoamericano de la Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de la Calidad en la Construcción CONPAT-2013*

Gláucia Dalfré and Joaquim Barros (2013)

## NOTÍCIAS > NEWS

As principais notícias/novidades do ISISE são apresentadas através dos seguintes principais vetores: (i) Página web da unidade (www.isise.net); (ii) Publicação da Newsletter (biannual); (iii) Página do ISISE no Facebook; (iv) Apresentação e publicitação dos resultados produzidos pela unidade, em conferências internacionais e nacionais organizadas por membros do ISISE ou como oradores convidados; (v) Publicação de artigos nas mais prestigiadas revistas e congressos internacionais e nacionais; (vi) Publicação do relatório trienal publicado a cada dois anos; (vii) Participação em Grupos de Trabalho e Comitês de Organizações Científicas Internacionais e Nacionais; (viii) Participação na organização de Congressos Internacionais e Nacionais.

*The main news/outcomes from the ISISE are presented through the following major communication channels: (i) webpage of the unit (www.isise.net); (ii) Publication of the Newsletter (biannual); (iii) the ISISE page on Facebook; (iv) Submission and publication of the results produced by the unit in international and national conferences organized by members of the ISISE or as invited speakers; (v) Publication of articles in the most prestigious journals and international and national conferences; (vi) Publication of the triennial report issued every two years; (vii) Participation in working groups and committees of national and international scientific organizations; (viii) Participation in the organization of international and national conferences.*



ISISE website



ISISE on Facebook

# ISISE NEWS LETTER

06. BIENNIAL  
JUNE, 2014



## INDEX

**01**  
ISISE HIGHLIGHTS

**02**  
R&D COMPLETED  
PROJECTS

**04**  
R&D STARTED  
PROJECTS

**05**  
COMPLETED PhD  
THESES

**10**  
AWARDS & PRIZES

**10**  
EVENTS

**14**  
UPCOMING EVENTS

**DIRECTOR**  
Luís Simões da Silva

**VICE - DIRECTOR**  
Paulo B. Lourenço

**ASSISTANT DIRECTORS**  
José Sena-Cruz  
Carlos Rebelo

**GROUPS**  
Historical and Masonry  
Structures  
Paulo B. Lourenço

**Steel and Mixed Construction  
Technologies**  
Luís Simões da Silva

**Structural Concrete**  
Joaquim Barros

**Advisory Committee**  
Gian Michele Calvi  
Nem Kumar Banthia  
Reidar Bjorhovde

## ISISE HIGHLIGHTS

The sixth issue of the ISISE Newsletter covers the main activities developed from December 2013 to April 2014. In this period 2 new national R&D projects were initiated, 3 R&D projects were concluded and 9 PhD theses were also concluded. ISISE has been involved in the organization of 7 events and a new award was attributed to ISISE members.



Graduation ceremony - SUSCOS

The University of Minho and ISISE participated in the Commitment on Raw Materials RMC, "ROSE - Recycling of secondary raw materials for a sustainable optimization of construction processes in civil engineering works" (<https://ec.europa.eu/eip/raw-materials/en/commitment-detail/344>) approved by the High Level Steering Group of the European Innovation Partnerships (EIPs). This is a consortia of Academic and Research Partners from 7 countries (Italy - Leader, Belgium, France, Poland, Portugal (FEUP, LNEC, UIM), United Kingdom and Sweden) in cooperation with the following non-academic partners:

- > 7 large companies (KGHM POLSKA MIEDZ SA, ENEL, Greenbet Polska SA, Mota Engil, Katowicki holding, Teixeira Duarte, Keltbray);
- > 6 SME (AGS, RC Vedelago, Technital, I.P.S, FORMIT, LOTUS);
- > 6 stakeholders (Campania Region, Veneto Region, Legambiente, CCDR-N, APA, Katowicki holding).

The main innovation outcomes of this Commitment to be implemented from March 2014 to December 2020 are: new products to the market, new processes, new technologies, new ideas to the market.



Railway  
2014-S06

Univ. of Coimbra - Fac. of Sciences and Technology - Civil Engineering Dep. - Luís Reis Santos st. - Pólo II - Coimbra, Portugal - [isise@dec.ucp.pt](mailto:isise@dec.ucp.pt)  
Univ. of Minho - School of Engineering - Civil Engineering Dep. - Campus of Azurém - Guimarães, Portugal - [isise@ciivil.minho.pt](mailto:isise@ciivil.minho.pt)



PAGE 1



## EVENTOS > EVENTS

Entre 2008 e 2014, os membros do ISISE foram coorganizadores de mais de 25 conferências, workshops e seminários, nacionais e internacionais, não só como meio de divulgação e promoção da investigação desenvolvida, mas também como resultado do reconhecimento da notoriedade adquirida. Os principais eventos que decorreram em Guimarães são aqui destacados.

### 1<sup>st</sup> ISISE PhD Workshop on Sustainability and Innovation in Structural Engineering

Guimarães, 2 de outubro, 2008

*Guimarães, 2<sup>nd</sup> October, 2008*

### Encontro Nacional Betão Estrutural

*National Conference on Structural Concrete*

Guimarães, 5 a 7 de novembro, 2008

*Guimarães, 5<sup>th</sup> to 7<sup>th</sup> November, 2008*

### 8º Congresso de Mecânica Experimental

*8<sup>th</sup> Conference on Experimental Mechanics*

Guimarães, 21 a 23 de abril, 2010

*Guimarães, 21<sup>st</sup> to 23<sup>rd</sup> April, 2010*

### Seminário “Estruturas de madeira”

*Seminar on “Timber Structures”*

Universidade do Minho, Guimarães, 21 de setembro, 2010

*University of Minho, Guimarães, 21<sup>st</sup> September, 2010*

### 2º Congresso Ibérico sobre Betão Auto-Compactável (BAC)

*2<sup>nd</sup> Iberian Conference on Self-Compacting Concrete (BAC)*

Guimarães, 1 e 2 de julho, 2010

*Guimarães, 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> July, 2010*

### Seminário “Coberturas de Madeira”

*Seminar on wood roofs*

Guimarães, 19 de abril, 2012

*Guimarães, 19<sup>th</sup> April, 2012*

*Between 2008 and 2013, the members of the ISISE were co-organizers of over 25 national and international conferences, workshops and seminars, not only as a means of dissemination and promotion of the performed research, but also as the result of the recognition of national/international impact. The main events that took place in Guimarães are highlighted.*

### Workshop Construção e Reabilitação Sustentáveis, Soluções Eficientes para um Mercado em Crise

*Workshop on Sustainable construction and rehabilitation, efficient solutions for an industry in crisis*

Guimarães, 21 de setembro, 2012

*Guimarães, 21<sup>st</sup> September 2012*

### 8<sup>th</sup> RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete: challenges and opportunities (BEFIB 2012)

Guimarães, 19 a 21 de setembro, 2012

*Guimarães, 19<sup>th</sup> to 21<sup>st</sup> September, 2012*

### 11<sup>th</sup> International Symposium on Fiber-Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures (FRPRCS-11)

Guimarães, 26 a 28 de junho, 2013

*Guimarães, 26<sup>th</sup> to 28<sup>th</sup> June, 2013*

### International Workshop “Concrete Properties and structural behaviour since early ages”

Guimarães, 30 de outubro, 2013

*Guimarães, 30<sup>th</sup> October, 2013*

### 5<sup>th</sup> International Operational Modal Analysis Conference (IOMAC 2013)

Guimarães, 13 a 15 de maio 2013

*Guimarães, 13<sup>th</sup> to 15<sup>th</sup> May, 2013*

## ENGIUM nº 4

2014 – ENGENHARIA DE MATERIAIS E DE PROCESSOS

### Propriedade e Edição

Escola de Engenharia da Universidade do Minho  
Campus de Azurém  
4800-058 Guimarães  
Portugal  
Tel.: +351 253 510 170  
Email: [info@eng.uminho.pt](mailto:info@eng.uminho.pt)  
<http://engium.eng.uminho.pt>

### Conselho Editorial

João L. Monteiro, Diretor  
António Gomes Correia, Diretor Adjunto  
Guilherme Pereira, Sub-Diretor  
Fernando Ferreira, 2C2T  
José Teixeira, CT2M  
Paulo Pereira, CTAC  
Júlio Viana, IPC  
Paulo Lourenço, ISISE

### Coordenação de Produção e Marketing

Diana Oliveira  
Tel.: +351 253 510 172  
Email: [divulgacao@eng.uminho.pt](mailto:divulgacao@eng.uminho.pt)

### Conceção Gráfica e Paginação

Manuel Cunha – Artes Gráficas

### ISSN

1646-8740

### Sede de redação

Escola de Engenharia da Universidade do Minho  
Campus de Azurém  
4800-058 Guimarães  
Portugal

### Periodicidade

Anual

### Anotada na ERC



