



# EMSURE

Energy and Mobility for  
Sustainable REgions

**Coordenador** António Gomes Martins

**Autores** Liliana Gonçalves e João Miranda

**Fotografia de capa** Andreia Matos

**Fotografias** Andreia Matos, Carmen Freitas, Bruno Heleno, Cláudia Ferreira, Mariana Pimentel, José Cunha, João Lima, Gonçalo Araújo, Alexandre Caetano e Milton Batista, Sérgio Medina

**Edição** Imprensa da Universidade de Coimbra

Email: [imprensa@uc.pt](mailto:imprensa@uc.pt)

URL: [http://www.uc.pt/imprensa\\_uc](http://www.uc.pt/imprensa_uc)

Vendas online: <http://livrariadaimprensa.uc.pt>

**ISBN Digital** 978-989-26-1102-0

**DOI** <http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-1102-0>

**Nota editorial** Os textos presentes neste ebook baseiam-se num conjunto de entrevistas, em diferentes suportes, realizadas a vários investigadores participantes no projeto EMSURE “Energia e Mobilidade para Regiões Sustentáveis”. A investigação desenvolvida e descrita pelos investigadores mencionados doravante reflete um trabalho de equipa que contou com a colaboração de muitos mais investigadores, professores, doutorandos e estudantes de mestrado.







# ÍNDICE

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>WP1: UTILIZAÇÃO INTELIGENTE DE ENERGIA EM CIDADES</b>	<b>9</b>
<b>EDIFÍCIOS, OS GUARDIÃES DE ENERGIA</b>	<b>11</b>
<b>CONSUMO E PRODUÇÃO DE ENERGIA: DUAS FACES DA MESMA MOEDA</b>	<b>13</b>
<b>COIMBRA TEM POTENCIAL FOTOVOLTAICO?</b>	<b>14</b>
<b>ENERGIA TELECOMANDADA</b>	<b>15</b>
<b>LIGAR OU NÃO LIGAR, UMA QUESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>17</b>
<b>WP2: MOBILIDADE SUSTENTÁVEL</b>	<b>19</b>
<b>UMA CASCATA DE METODOLOGIAS PARA AVALIAR AS EMISSÕES DOS TRANSPORTES E A QUALIDADE DO AR</b>	<b>21</b>
<b>A ENERGIA NOS NOSSOS PÉS: SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PAVIMENTOS</b>	<b>23</b>
<b>CRIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS PARA CONTROLAR O TRÁFEGO E A VELOCIDADE</b>	<b>25</b>
<b>OS BENEFÍCIOS DE PARTILHAR UMA VIAGEM</b>	<b>26</b>
<b>ENCONTRAR O ESPAÇO DAS NOVAS FORMAS DE MOBILIDADE</b>	<b>27</b>
<b>WP3: EDIFÍCIOS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>29</b>
<b>CASAS FRIAS, CASAS QUENTES: COMO SE COMPORTAM OS EDIFÍCIOS?</b>	<b>30</b>
<b>OS EDIFÍCIOS ANTIGOS DE COIMBRA</b>	<b>31</b>
<b>E SE AS PAREDES FOSSEM FEITAS DE....</b>	<b>32</b>
<b>TERMOGRAFIA: O RAIOS-X DAS PAREDES</b>	<b>33</b>
<b>AMBIENTES INTERIORES CONFORTÁVEIS</b>	<b>35</b>
<b>A ARQUITETURA E A CONTA DA LUZ: UMA RELAÇÃO (DES)EQUILIBRADA?</b>	<b>36</b>
<b>COMO SE COMPORTAM OS UTILIZADORES DE ENERGIA?</b>	<b>37</b>
<b>WP4: FORNECIMENTO DE ENERGIA LIMPA</b>	<b>39</b>
<b>ENCONTRAR POTENCIAL GEOTÉRMICO NA REGIÃO CENTRO</b>	<b>40</b>
<b>UM SISTEMA DESCOMPLICADO PARA PRODUZIR ENERGIA</b>	<b>41</b>
<b>O CICLO PERPÉTUO DA PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL</b>	<b>43</b>
<b>WP5: AVALIAÇÃO SUSTENTÁVEL E PLANEAMENTO DE SUSTENTABILIDADE</b>	<b>45</b>
<b>UM PLANO PRÉVIO PARA EVITAR ERROS DO PASSADO</b>	<b>47</b>
<b>A IMPORTÂNCIA DE ROMPER O ISOLAMENTO IBÉRICO DO SECTOR ENERGÉTICO</b>	<b>49</b>
<b>POR UMA ANÁLISE ABRANGENTE DOS DIFERENTES PROJETOS</b>	<b>50</b>
<b>ANÁLISE INPUT-OUTPUT: UMA FERRAMENTA PARA A COMPREENSÃO INTEGRAL DA ECONOMIA REGIONAL E NACIONAL</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>53</b>





## INTRODUÇÃO

O projeto EMSURE – Energia e Mobilidade para Regiões Sustentáveis – desenvolvido pela Universidade de Coimbra através da iniciativa Energia para a Sustentabilidade (EfS), foi um projeto muito amplo, orientado para a investigação de temáticas que, além de abrangerem múltiplos aspetos relativos à mobilidade e aos transportes, se situaram simultaneamente do lado da procura e do lado da oferta de energia.

Com mais de um milhão de euros de financiamento, o projeto previu um reforço das equipas de investigação já existentes na Universidade de Coimbra, tendo contado com a participação de centenas de investigadores de áreas tão diversas como as engenharias eletrotécnica, civil, informática, química e mecânica ou as ciências da terra, arquitetura, economia, sociologia e psicologia. Constituindo, desta forma, a interdisciplinaridade um dos pilares da organização do EMSURE.

Em termos estruturais, o EMSURE organizou-se em quatro grandes grupos de trabalho que se subdividiam em equipas com tarefas e linhas de investigação dedicadas a temas relacionados com a energia e a mobilidade, como a produção e manutenção de recursos energéticos, planeamento urbano, gestão de transportes e mobilidade ou desenvolvimento de soluções que visem a sustentabilidade de edifícios, entre outras. Além destes, um quinto grupo de trabalho assumiu uma abordagem transversal, operando no campo das análises de impactos ambientais e financeiros dos trabalhos desenvolvidos pelos parceiros.

Grande parte dos estudos desenvolvidos no âmbito do EMSURE tiveram como objeto de estudo a Região Centro de Portugal ou, particularmente, a cidade de Coimbra. Ao longo dos dois anos e meio em que decorreu o projeto, os cientistas desenvolveram modelos, metodologias e tecnologias no âmbito da energia e da mobilidade, cujo objetivo subsequente passa por dotar esta região de instrumentos e mecanismos de apoio à decisão e à definição de estratégias por parte do sistema político e empresarial regional com vista à sustentabilidade da Região Centro.

Os resultados obtidos ao longo do projeto EMSURE ultrapassaram as perspetivas iniciais e estão agora identificados neste livro. Tal resulta de um esforço comunicacional por parte dos investigadores, que além das tarefas de investigação encetaram um conjunto de ações com vista à disseminação da investigação desenvolvida e respetivos resultados, não só interpares, com a publicação de dezenas de artigos científicos e participação em congressos e conferências nacionais e internacionais, mas também de aproximação à sociedade, através de um conjunto de peças que relataram o progresso da investigação EMSURE e que resultam neste livro eletrónico.





## **WP1: UTILIZAÇÃO INTELIGENTE DE ENERGIA EM CIDADES**

**Focado na utilização da energia, este grupo de trabalho (WP) debruçou-se essencialmente sobre modelos teóricos para o controlo de energia ao nível residencial. O objetivo geral centrou-se na otimização do uso de energia em residências, e com isso promover um consumo sustentável de energia.**

**Ao longo dos dois anos do projeto EMSURE, os investigadores integrados nesta WP, liderados por Carlos Henggeler Antunes, construíram modelos e algoritmos e desenvolveram um protótipo de hardware para tornar o funcionamento energético dos equipamentos domésticos automática e remotamente controlável. Estudaram o potencial fotovoltaico dos edifícios, para geração própria de energia elétrica e a possibilidade de armazenar cargas energéticas nos próprios edifícios residenciais, de forma a possibilitarem, autonomamente, uma gestão eficiente da energia produzida, consumida e vendida à rede. A investigação desenvolvida na WP1 não deixou de fora a vertente humana, tendo havido ainda espaço para o estudo do comportamento dos utilizadores. Tudo isto permitiu obter resultados inovadores relativamente à otimização integrada da utilização de todos os recursos energéticos disponíveis nos edifícios residenciais.**

**Os dados obtidos com a investigação encontram-se disponíveis para o desenvolvimento de planos de promoção de eficiência do consumo energético e políticas energéticas mais eficientes.**

### **Investigadores:**

**Carlos Henggeler Antunes, Álvaro Gomes, Ana Raquel Soares, Andreia Carreiro, Cidália Fonte, Gil Gonçalves, Humberto Jorge, Marta Lopes, Pedro Moura**



José Cunha

# EDIFÍCIOS, OS GUARDIÃES DE ENERGIA

*A partir de entrevistas com Pedro Moura e Carlos Henggeler Antunes*

O armazenamento de energia elétrica foi uma das questões abordadas pela WP1. O grupo de trabalho dedicado a esta temática, liderado por Pedro Moura, focou-se no contexto dos edifícios residenciais em Portugal, tendo orientado a investigação para os chamados “Edifícios de balanço energético quase nulo”, ou seja, edifícios que apresentam capacidade de produção própria de energia elétrica, geralmente através de painéis fotovoltaicos, em quantidades de energia próximas às que consomem anualmente.

Neste contexto, a problemática surge quando, mesmo tendo um nível de produção de energia semelhante ao consumido, o consumo não ocorre no momento da produção. Isto é, a produção de energia fotovoltaica ocorre durante o dia, no entanto, o consumo de energia elétrica por parte dos consumidores decorre essencialmente à noite, quando os moradores residentes num edifício estão mais tempo em casa. Nestes casos, segundo Pedro Moura, o que acontece é que a energia produzida durante o dia é enviada para a rede e à noite há necessidade de recorrer novamente à rede para suprir as necessidades dos utilizadores. E esta troca constante de energia entre o edifício e a rede acaba por ser uma fonte de ineficiência para o sistema, já que implica uma maior gestão energética por parte da rede e mais custos para os consumidores.

A solução passaria por baterias instaladas nos próprios edifícios, que armazenassem a energia produzida durante o dia para ser consumida durante a noite. Neste sentido, os investigadores

da Universidade de Coimbra desenvolveram um protótipo de bateria de iões de lítio adaptado às necessidades de um edifício residencial médio em Portugal. Atualmente o mercado conta já com vários sistemas disponíveis, no entanto estes apresentam características nem sempre apropriadas, desde as dimensões demasiado elevadas para edifícios médios, aos altos custos das baterias e às limitações que apresentam ao nível de estratégias de controlo que o utilizador pode definir.

Após a identificação da tipologia de edifícios, os cientistas adequaram a arquitetura ao sistema pretendido, calcularam as dimensões dos painéis fotovoltaicos e das baterias e construíram um protótipo do sistema a uma escala reduzida. Tendo por base o consumo médio de uma residência em Portugal e dados reais da radiação solar na cidade de Coimbra, o sistema de gestão de armazenamento determina o esquema ótimo de funcionamento das baterias sob diversas circunstâncias como, por exemplo, diferentes níveis de carga, temperaturas exterior e interior, picos de consumo, etc. Os resultados obtidos foram considerados muito positivos: o sistema foi validado em diferentes situações garantindo o equilíbrio desejado. O sistema apresenta ainda outras funções agregadas, nomeadamente a capacidade de decisão autónoma sobre o armazenamento, consumo ou envio de energia para a rede. Nos casos em que é necessário recorrer à rede, o sistema fá-lo em alturas de baixo consumo. Os dados apontam para uma minimização das trocas de energia entre a rede e o edifício na ordem dos 77%, com uma redução média dos custos de energia para o consumidor de cerca de 87%.





Carmen Freitas



# CONSUMO E PRODUÇÃO DE ENERGIA: DUAS FACES DA MESMA MOEDA

*A partir de entrevistas com Humberto Jorge  
e Andreia Carreiro*

O ponto de partida desta linha de investigação reside no facto de que a procura de energia elétrica e a sua produção nem sempre estão em situação de equilíbrio. Segundo o coordenador desta investigação, Humberto Jorge, atualmente o sistema elétrico funciona como se a carga (elétrica) disponível para os consumidores fosse algo rígido, havendo sempre energia disponível quando o utilizador liga o interruptor. Num sistema “rígido” os ajustes fazem-se ao nível da produção de energia, ou seja, as centrais de energia produzem mais ou menos energia em função das necessidades dos consumidores a cada momento.

No entanto, com a introdução de energias renováveis na produção energética, como a energia eólica ou fotovoltaica, esse controlo de cargas torna-se cada vez mais difícil e menos controlável, já que é impossível controlar variáveis como o vento, por exemplo. Neste contexto, surge a necessidade de tornar o sistema e a carga mais flexíveis. É a este nível que trabalham os investigadores do projeto EMSURE. Os cientistas desenvolveram um sistema de gestão de energia elétrica agregador que funciona como intermediário entre a produção de energia (rede) e os consumidores finais. Conforme referiu Humberto Jorge, trata-se de uma espécie de central virtual que reduz as necessidades de produção em função das necessidades de consumo de energia, tornando assim as cargas mais flexíveis. A isto chama-se um serviço de sistema, que presta serviços de rede com benefícios para ambas as entidades. Para tal, o sistema agregador configura as preferências do utilizador e torna a carga “inteligente”, sendo depois possível criar cargas de armazenamento, deslocá-las para onde são necessárias no momento da procura ou usar cargas de energia já existente.

Em termos práticos, uma residência disponibiliza uma carga flexível quando, por exemplo, a família decide que a louça do jantar deve estar lavada à hora do pequeno-almoço. Então, o sistema agregador de gestão inteligente de cargas deve ser capaz de decidir ligar a máquina da louça no período da noite em que a tarifa seja mais baixa e/ou quando exista um excesso de fornecimento de energia da rede. Assim, o sistema garante que o consumidor vai ter a louça lavada de acordo as suas preferências, vai pagar menos pela eletricidade consumida e vai responder às necessidades da rede que, por exemplo numa noite ventosa, produziu mais energia eólica numa altura em que não havia tanta procura.

Em última instância, a flexibilização das cargas geridas por este sistema agregador desenvolvido pelos investigadores da Universidade de Coimbra permite que as flutuações de preços de mercado sejam mais vantajosas para o consumidor.

Para desenvolverem este sistema agregador, os investigadores recorreram a algoritmos, onde testaram centenas de pontos de consumo com diversos equipamentos domésticos, como máquinas de lavar roupa e louça, ar condicionado e até veículos elétricos. O que o algoritmo faz é otimizar o sistema, isto é, faz a gestão dos pedidos do sistema quer para produzir mais energia quando a procura é mais elevada, quer para minimizar o consumo através da gestão de equipamentos domésticos. Andreia Carreiro, investigadora envolvida no estudo, reforçou a ideia de que, desta forma existe uma troca de informação constante, gerida pelo sistema agregador, que permite alcançar um equilíbrio entre a procura e a oferta.

## COIMBRA TEM POTENCIAL FOTOVOLTAICO?

Para determinar se um telhado tem ou não potencial fotovoltaico – isto é, potencial para instalação de um painel que recolha energia solar –, são necessárias três variáveis: conhecer a geometria dos telhados, saber qual o modelo de radiação solar e apurar as condições meteorológicas médias para a zona em questão.

Partindo destas premissas, os investigadores da WP1 desenvolveram um estudo que incidia sobre o potencial fotovoltaico de Coimbra. Segundo Gil Gonçalves, coordenador desta investigação, as zonas cartografadas foram o Polo I (zona da alta universitária) e o Bairro Norton de Matos, tendo sido utilizadas metodologias de recolhas de dados, como o laser scanning que mapeou a cidade de Coimbra com base em imagens recolhidas por um drone. Além destas, foram ainda usados dados já existentes sobre a geometria da cobertura e da envolvente dos edifícios das referidas zonas. A partir daqui, e através de cálculos numéricos, é possível determinar o potencial fotovoltaico dos telhados de Coimbra.

Os resultados serão conhecidos através de uma base de dados online, de utilização livre, que inclui ainda a conversão monetária do potencial fotovoltaico das coberturas. A partir desta base de dados, os proprietários dos edifícios podem, por exemplo, ponderar a viabilidade de adquirirem e instalarem painéis fotovoltaicos para produção própria de energia solar.

Esta investigação foi complementada ainda com outro estudo, liderado pela investigadora Cidália Fonte, que se debruçou sobre a vegetação em meio urbano, tendo como caso de estudo a cidade de Coimbra. Através de imagens multiespectrais de satélite foram criados mapas de cobertura do solo. Aqui o objetivo foi identificar a vegetação urbana e dividi-la entre folha caduca e folha perene, já que, segundo Cidália Fonte, o tipo de vegetação existente nas cidades pode influenciar a eficiência energética – por exemplo, determinar as zonas onde a vegetação é de folha perene, permite identificar zonas de sombra no verão – sobretudo no que diz respeito à captação de energia solar através de painéis fotovoltaicos.



# ENERGIA TELECOMANDADA

*A partir de entrevistas com Álvaro Gomes e Ana Soares*

A gestão de cargas elétricas e o fornecimento de energia sustentável apresenta diversos desafios no contexto atual. Álvaro Gomes, responsável pela linha de investigação que se dedica à gestão de cargas residenciais, refere que os desafios se situam ao nível da geração local de energia, devido à intermitência das energias renováveis, e da automatização dos sistemas, que ganharam um novo impulso com a disseminação das novas tecnologias. Neste sentido, o papel da carga e do consumo energético pode ser cada vez mais flexível e controlável. É com base neste pressuposto que a equipa de investigadores da WP1 partiu para a criação de algoritmos que otimizam a utilização doméstica de energia. Tal faz-se através do controlo dos equipamentos domésticos como as máquinas de lavar e secar roupa, de louça, frigoríficos e arcaas, ares condicionados, termoacumuladores, e demais equipamentos conforme mencionou Ana Soares, investigadora integrada no grupo de trabalho.

Reduzir a dependência energética, melhorar a segurança no abastecimento, diminuir a emissão de gases com efeito de estufa, mas sobretudo, minimizar os gastos com a conta da eletricidade foram os principais objetivos do estudo que, segundo os investigadores, se focou sempre no consumidor final.

O resultado desta investigação traduz-se numa aplicação computacional (app) que integra o referido algoritmo. Esta aplicação e o respetivo hardware que atualmente se encontra em fase de protótipo, permite, por exemplo, diminuir ou aumentar a

temperatura dos equipamentos com termostato, (frigorífico, ar condicionado, termoacumulador) em função das necessidades da habitação e dos custos de energia no momento. Programar a máquina de lavar e secar roupa ou de lavar a louça para horários mais vantajosos para o consumidor é outra das possibilidades apresentadas por esta aplicação. No caso das residências que também incluem produção própria de energia, por exemplo, através de painéis fotovoltaicos, a aplicação também decide se a energia deve ser consumida no momento, armazenada numa bateria ou enviada para a rede.

A aplicação faz todos os procedimentos de forma autónoma e é aqui que reside a novidade face a outros dispositivos já existentes no mercado, já que não obriga o consumidor a controlar a gestão da carga. Baseando-se em parâmetros como preços do KWh, potência contratada, temperatura exterior, eletrodomésticos disponíveis numa residência, geração própria de energia elétrica, e as preferências do consumidor relativamente aos horários de funcionamento dos aparelhos elétricos e variações de temperatura no interior da habitação é criado um perfil de consumidor. A partir deste perfil, a aplicação, que pode vir a ser utilizada em telemóveis ou tablets, toma as decisões e assegura uma gestão das cargas das residências mais eficiente. Tal reflete-se na conta da eletricidade, conforme referiu a investigadora Ana Soares, sendo possível até diminuir potência contratada, o que se traduz numa redução do termo fixo da fatura da eletricidade, garantindo sempre o conforto da residência.



Bruno Heleno

# LIGAR OU NÃO LIGAR, UMA QUESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

*A partir de entrevista com Marta Lopes*

A conjugação da engenharia com as ciências sociais não é ainda uma prática disseminada na investigação científica em Portugal, no entanto, no que toca à sustentabilidade, conhecer profundamente os consumidores de energia é fundamental quando se trata de definir projetos de eficiência energética e promover práticas comportamentais mais eficientes.

Foi com base nesta premissa que os investigadores da WP1 partiram para a análise do comportamento dos consumidores na utilização doméstica de energia. Este estudo, conduzido pela investigadora Marta Lopes, utilizou grupos de pessoas reais e perguntou-lhes como se comportavam quando utilizavam a energia no seu dia-a-dia: se ligam e desligam a iluminação, se usam equipamentos eficientes, se evitam consumos stand-by ou se programam o ar condicionado na temperatura mais correta foram algumas das questões colocadas, por questionário, ao grupo de estudo.

Os resultados são surpreendentes e permitem chegar a duas grandes conclusões, conforme salientou Marta Lopes. A forma como as pessoas utilizam a energia tem um impacto muito significativo no consumo. Por exemplo, comparando duas famílias idênticas, as práticas menos eficientes de uma delas pode significar que consomem o dobro de energia da outra família cuja utilização energética é mais eficiente. Isto significa que existe uma grande margem de poupança energética e financeira (na conta da eletricidade) se os consumidores adotarem práticas de consumo mais sustentáveis. Por outro lado, o estudo permitiu concluir que

todas as pessoas são diferentes e o uso que fazem da energia é também ele diferenciado, permitindo evidenciar diferentes categorias de consumidores, sendo esta a principal ideia a retirar da investigação, segundo Marta Lopes. Ou seja, antes de definir políticas de promoção de eficiência energética é fundamental investir na caracterização e segmentação dos utilizadores de energia em função do perfil de consumo que apresentam e só depois adaptar as referidas políticas ao segmento apropriado. Marta Lopes defende que só assim é possível chegar a resultados na alteração de comportamentos para práticas energéticas mais sustentáveis. Além destas, o estudo permitiu ainda identificar novas práticas por parte dos utilizadores no que toca à adaptação às redes inteligentes de gestão de energia doméstica e à adesão ao mercado liberalizado de energia.

Até ao momento, esta investigação focou-se no setor residencial, no entanto o projeto EMSURE abriu portas a novas abordagens previstas para um futuro próximo. Ao longo dos dois anos do projeto foram vários os investigadores estrangeiros a participar de forma direta nos estudos realizados na Universidade de Coimbra. No contexto da investigação sobre práticas comportamentais dos utilizadores de energia foram desenvolvidos contactos diretos com a Universidade de Oxford, no Reino Unido, dos quais se destaca o contributo da investigadora Kathryn Janda, com metodologias de análise diferentes e a perspetiva de desenvolvimento de projetos conjuntos, no sentido de alargar o âmbito da investigação, até agora realizada no projeto EMSURE, ao setor não residencial, com enfoque nas pequenas e médias empresas.



## **WP2: MOBILIDADE SUSTENTÁVEL**

**Sob o mote do desenvolvimento de modelos sustentáveis de transportes, o segundo grupo de trabalho articulou as suas linhas de investigação em torno de quatro temáticas principais. A primeira, focou-se essencialmente no planeamento de redes de transporte. A segunda temática apostou nos novos modos de transporte, como os veículos elétricos ou a partilha de transportes. Focada na engenharia do tráfego, a terceira área estudou os elementos rodoviários, onde se inserem o dimensionamento de interseções, o desenhar de rotundas eficientes ou mesmo a disposição de semáforos. A última temática relacionou-se essencialmente com a gestão dos pavimentos rodoviários.**

**Com mais de 20 investigadores de áreas tão distintas como a engenharia civil, a matemática ou a informática, o grupo de trabalho coordenado por António Pais Antunes conseguiu alcançar diversas soluções pragmáticas para as preocupações de partida. Soluções que passam pelo desenvolvimento de planos de turbo-rotundas, mas que incluem também modelos distintos de partilha de veículos ou até mesmo a elaboração de um dispositivo capaz de produzir energia através da travagem dos veículos.**

### **Investigadores:**

António Pais Antunes, Adelino Ferreira, Álvaro Seco, Ana Bastos, Anabela Ribeiro, Oxana Tchepel





Ciáudia Ferreira

# UMA CASCATA DE METODOLOGIAS PARA AVALIAR AS EMISSÕES DOS TRANSPORTES E A QUALIDADE DO AR

*A partir de entrevista com Oxana Tchepel*

A componente ambiental desempenha um papel central no âmbito dos estudos focados na mobilidade sustentável. Compreender os efeitos das emissões libertadas pelos diversos tipos de transporte sobre a qualidade do ar assume uma relevância essencial e transparece uma realidade de análise constituída por diferentes dimensões e instrumentos. Foi a partir desta preocupação que se estruturou o estudo desenvolvido pela investigadora Oxana Tchepel. Um estudo centrado na contribuição para o desenvolvimento de diferentes ferramentas e metodologias que permitem analisar a contribuição dos transportes para a poluição do ar e para as alterações do contexto ambiental. Focada essencialmente nas zonas urbanas, esta linha de pesquisa elegeu Coimbra como caso de estudo.

Partindo de um conjunto de ferramentas de modelação da rede de transportes – instrumento que permite avaliar previamente o fluxo de passageiros ou veículos numa determinada rede –, a análise de Oxana Tchepel interessou-se pela aplicação destes sistemas à quantificação das emissões libertadas para a atmosfera, e à avaliação da qualidade do ar e medição da poluição resultante da atividade rodoviária.

Assim, a informação utilizada, posteriormente, para caracterizar a poluição do ar num ambiente urbano dividiu-se em dois polos distintos: numa primeira fase, verificou-se relevante compreender fatores de modelização, como o número de veículos em cada troço de estrada ou a sua velocidade média; na fase subsequente, tornou-se importante perceber os fatores referentes aos veículos, como a sua idade, tecnologia, combustível utilizado e a quantificação das respetivas emissões. A este conjunto de dados, o grupo de investigação aliou um novo quadro de referências que inclui informações como a área das estradas ou os resultados dos inquéritos relacionados com a origem-destino dos percursos dos passageiros, o que permite uma caracterização complementar do

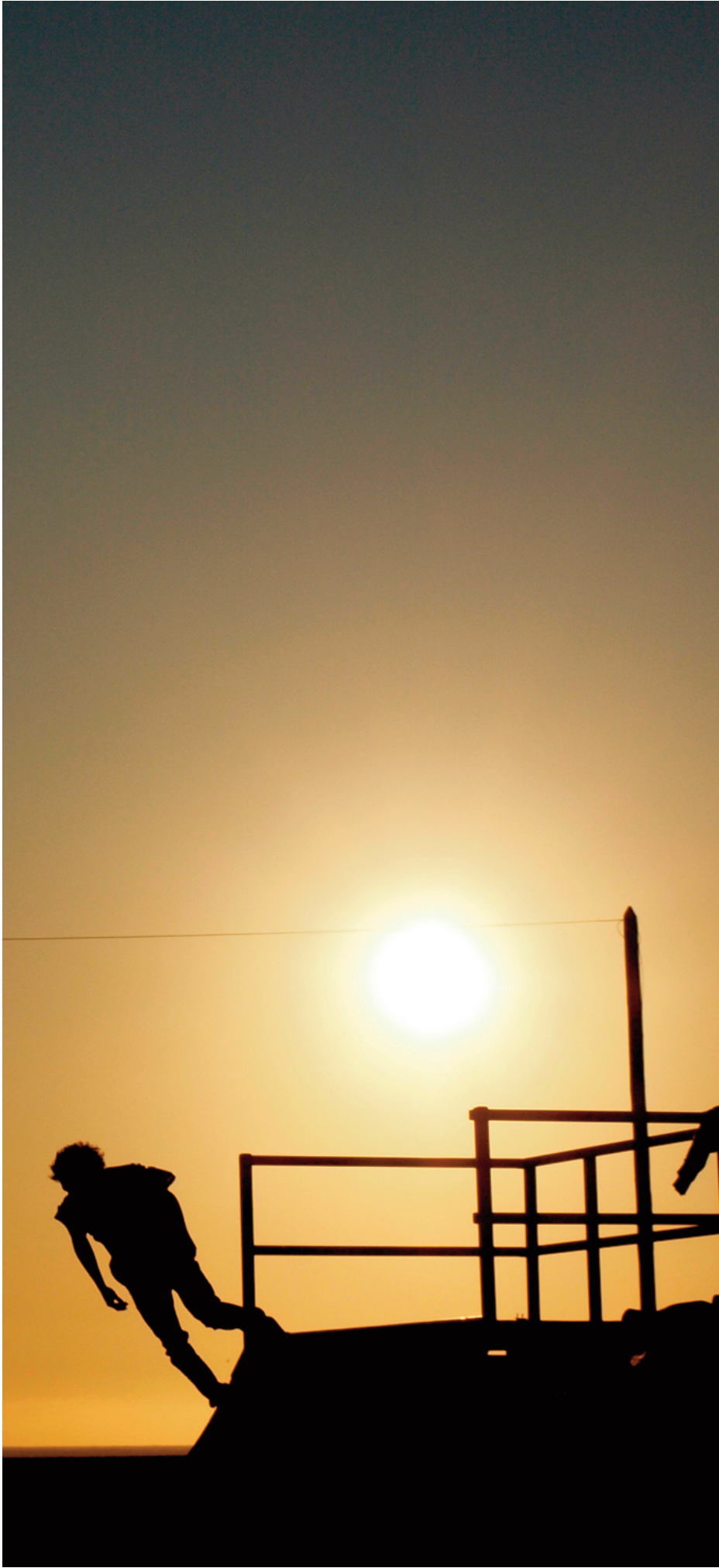
número de viagens e do número de veículos em cada troço de estrada.

No campo da modelação, a principal vantagem desta cascata de metodologias articula-se com a capacidade de testar diferentes cenários possíveis. Ou seja, este sistema torna exequível analisar previamente o reflexo de determinadas intervenções relacionadas com a rede de transportes no nível de emissões e na qualidade do ar. É com origem nesta avaliação, que surge a hipótese da implementação de uma Zona de Emissões Reduzidas (ZER), com incidência nas áreas classificadas como património. Vastamente aplicadas em diferentes cidades europeias, das quais Lisboa é um exemplo recente, estas zonas caracterizam-se pela limitação da entrada dos veículos mais poluentes em áreas protegidas ou centrais da cidade.

Contudo, Oxana Tchepel deixa o alerta: todo este exercício de restrição rodoviária deve ser inserido no âmbito de um trabalho integrado de modelação de transportes. Por si só, a proibição da entrada de veículos poluentes nas zonas protegidas apenas contribui para a geração de percursos alternativos, com maior distância percorrida até ao destino, e com maior índice de emissão. Assim, será necessário ter uma visão abrangente da solução, incorporando respostas alternativas, como os transportes públicos.

Uma segunda aplicação, com origem nos sistemas de modelação, avançada nesta linha de investigação e adaptada a Coimbra inclui o cálculo da exposição da população. Adaptando os critérios definidos para a primeira fase do estudo, verificou-se possível implementar uma metodologia capaz de fornecer informação quantitativa a exposição dos indivíduos aos diferentes níveis de emissão. Ao mesmo tempo, esta metodologia demonstrou-se ainda capaz de avaliar a ligação entre qualidade do ar e os efeitos da poluição, e o estado do património material, como monumento e edifícios.





Sérgio Medina



# A ENERGIA NOS NOSSOS PÉS: SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PAVIMENTOS

*A partir de entrevista com Adelino Ferreira*

Gestão da qualidade das redes rodoviárias foi a área central da linha de pesquisa em que participou o investigador em Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação, Adelino Ferreira. Uma área de estudo que se dividiu em duas subsecções essenciais.

A primeira debate-se com a avaliação dos requisitos técnicos para a qualidade das estradas. Isto é, todos os elementos que, diretamente relacionados com o estado das vias de trânsito, contribuam para a segurança rodoviárias – atrito, aderência, irregularidades do pavimento, desnivelamentos do saneamento ou buracos e outras marcas derivadas das condições do piso.

A segunda subárea diz respeito ao desenvolvimento de ferramentas de gestão, conservação e reabilitação das redes rodoviárias. Em suma, trata-se aqui da elaboração de programas informáticos capazes de apoiar as decisões que se prendem com intervenções nas estradas. Um destes programas é o iRoad, uma aplicação desenvolvida para tablets, que consegue realizar a inspeção das estradas, captando todas as irregularidades do pavimento, qualidade da sinalização e estado dos sistemas de drenagem. Todas estas informações são posteriormente armazenadas no Syncopad, que trata todos os dados e fornece soluções adequadas à intervenção necessária nas estradas.

Foi, porém, numa fase intermédia do projeto que surgiu a área de estudo que mais motiva os investigadores: o desenvolvimento e estudo de sistemas de geração de energia elétrica em pavimentos (mais conhecido na sua formulação britânica, como pa-

vement energy harvesting). Resumidamente, trata-se da criação de formas de produzir energia através do ato de pisar um determinado pavimento.

Como explica Adelino Ferreira, embora haja protótipos similares, o modelo desenvolvido no âmbito do projeto EMSURE é único e uma novidade ao nível da investigação mundial. Um sistema que, depois de vários artigos publicados no Reino Unido, demonstrou a sua eficiência. Eficiência, de resto, superior, quando comparada com os outros modelos. O sistema atualmente desenvolvido é eletromecânico. Ou seja, trata-se de um dispositivo rotativo que, colocado por baixo do pavimento, é acionado quando pisado por um veículo ou uma pessoa. Esse movimento rotacional é o suficiente para gerar energia elétrica. O desafio passa agora por adaptar o modelo a um sistema pneumático, isto é, um sistema idêntico, mas articulado através de gás ou ar pressurizado.

Assim, fica evidente a necessidade de articular o sistema com baixas velocidades. Foi com esta problemática em mente que a primeira aplicação prática do modelo, numa via municipal da Covilhã, se associou a uma lomba de estrada, onde ficou clara esta eficiência acrescida.

Desenvolvido em parceria com uma empresa de energias renováveis, este sistema encontra-se já patenteado a nível internacional. Outra aplicação pragmática deste modelo destina-se a caminhos-de-ferro, onde poderá auxiliar na geração energética necessária à alimentação dos sistemas de segurança.



Mariana Pimentel

# CRIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS PARA CONTROLAR O TRÁFEGO E A VELOCIDADE

*A partir de entrevista com Ana Bastos*

O sistema de tráfego funciona na articulação de três grandes vértices: o veículo, o condutor e a infraestrutura. Se a investigação em torno do veículo está primordialmente ligada à engenharia mecânica, é à engenharia civil que cabe o estudo dos dois últimos componentes. E a inter-relação entre o comportamento dos condutores e as características das infraestruturas foi, de resto, o mote central da linha de investigação em que participou a investigadora Ana Bastos. Uma área de investigação com raízes no departamento da Universidade de Coimbra, que conheceu uma nova dimensão dentro do projeto EMSURE. A relação entre o comportamento dos automobilistas e estruturas rodoviárias surge com o intuito de promover a acalmia de tráfego e o evitar da sinistralidade.

Um dos pontos centrais deste tipo de estudos prende-se com a velocidade. Em Portugal não existem critérios definidos relativamente aos limites de velocidade. Definir um modelo matemático com base variáveis objetivas – número de vias, de peões, de passeios, de semáforo ou de paragens de autocarro – constituiu-se um eixo prioritário do projeto.

Decorrente desta atenção, surge a aposta em medidas físicas capazes de controlar os limites de velocidade. Medidas que incluem curvas, contracurvas, afunilamentos, alteração de pavimento ou, até mesmo, plantação de árvores – está comprovado o efeito que a cadência de objetos circundantes ao condutor produz sobre o seu comportamento e velocidade.

Uma outra vertente incide sobre o desenvolvimento de rotundas como mecanismo de normalização da velocidade e do tráfego. Os investigadores salientam o papel da turbo-rotunda. Figura essencial desta linha de pesquisa, a turbo-rotunda pretende substituir as rotundas com múltiplas vias, reduzindo os aci-

dentes de entrecruzamento dos diferentes anéis. A via circular passa a adotar um formato diferente, adequado ao número de vias e propósito a que se destina, podendo passar por uma lágrima ou uma estrela. Contudo, a maior novidade passa pela inclusão de lancis dentro do próprio anel, do início à saída, que encaminham o condutor da entrada até ao destino pretendido. Desta forma, os entrecruzamentos passam a ficar impossibilitados, tendo os condutores que optar logo na entrada pelo destino que pretendem. Se a solução confere uma menor mobilidade, acreditam os investigadores, resulta num aumento exponencial do grau de segurança.

Todas estas soluções foram estudadas num regime de microsimulação, isto é, num ambiente virtual emulador da realidade local. Neste programa, entra a componente do veículo, através das informações sobre as suas características. Mas entram também informações sobre o comportamento do condutor (qual a tipologia de condutores que compõem habitualmente a via em questão), a que acresce um conjunto de cenários de procura reais – informação obtida através de contagens ou inquéritos – ou simulados.

O comportamento do condutor foi ainda estudado num ambiente real. Com recurso a um automóvel equipado com diferentes instrumentos de medição, diversas tipologias de condutores são testadas em diversos ambientes rodoviários, com diferentes elementos e objetivos. Todos os dados, como a velocidade, a aceleração ou o campo de visão, são registados e tratados posteriormente.

Pioneiro na normalização de vários elementos infraestruturais rodoviários, o Departamento de Engenharia Civil da UC, recorre às conclusões dos seus estudos para elaborar manuais técnicos e de recomendação destinados aos projetistas.

## OS BENEFÍCIOS DE PARTILHAR UMA VIAGEM

A gestão tradicional das redes rodoviárias em ambiente urbano passa por otimizar o seu funcionamento contabilizando apenas o número de veículos servidos ao longo dos tempos. É portanto, entendido que os condutores que estão dentro dos veículos serão bem servidos se puderem circular com facilidade. A linha de investigação onde se inserem Álvaro Maia Seco e António Pais Antunes tentou inverter esta linha de pensamento, aproximando-a da lógica da sustentabilidade. Assim, procura-se otimizar o funcionamento da infraestrutura, não na base da otimização dos veículos servidos, mas das pessoas que vão dentro dos veículos.

Esta nova abordagem passa, por exemplo, pela discriminação dos veículos que transportam mais pessoas, como os veículos de transporte coletivo. Desta forma, a equipa de investigação procurou numa primeira fase compreender a premência da aplicação de vias prioritárias. Aqui inserem-se, como ilustração, os corredores BUS. Se, por um lado, se privilegia o trajeto e deslocação dos transportes coletivos, por outro, penaliza-se os restantes veículos, o que globalmente resultaria na supressão do propósito inicial.

Desta perspetiva advém a segunda área de análise, a aplicação de medidas de auto-ocupação, isto é, um conjunto de estratégias que se destina a convencer as pessoas a partilhar mais o seu automóvel. Sendo possível persuadir três pessoas com uma origem e um destino relativamente próximo a partilhar uma viatura, reduz-se o tráfego ao mesmo tempo que se mantém o número de pessoas servidas. Uma das possibilidades residiria na disponibilização dos corredores BUS para este tipo de veículos. Colocaria, contudo, novos problemas aos autocarros. Daqui resulta a conclusão, desta linha de investigação, de que qualquer solução dependerá sempre de uma avaliação integrada.

Estudar esta problemática no campo seria bastante dispendioso e humanamente impossível. Assim, a equipa recorreu a uma análise com base em dois softwares essenciais, um relativo à otimização dos sinais luminosos e à sua temporização, e um outro capaz de estudar a regulação dos semáforos através da quantidade de tráfego e da procura das vias.

Um dos grandes resultados desta linha de investigação em carsharing foi o desenvolvimento de uma aplicação capaz de demonstrar a viabilidade deste sistema de transportes na cidade de Coimbra. António Pais Antunes espera agora que os SMTUC possam e queiram tirar partido destas conclusões.



# ENCONTRAR O ESPAÇO DAS NOVAS FORMAS DE MOBILIDADE

*A partir de entrevista com Anabela Ribeiro*

Dentro de um paradigma crescente apostado na poupança no consumo energético e na necessidade de reduzir emissões poluentes, os métodos alternativos de transporte capazes de promover uma opção sustentável assumem um protagonismo cada vez mais evidente. Esta premissa é o ponto de confluência entre as duas correntes de pesquisa distintas prosseguidas pela investigadora Anabela Ribeiro no âmbito do projeto EMSURE. Em parceria com os seus dois orientandos de doutoramento, a linha de investigação focou-se exclusivamente no planeamento de modelos para a nova mobilidade urbana.

Prosseguindo o tema da tese de doutoramento de Diego Gimenez, o primeiro nível de investigação centrou-se na problemática dos veículos elétricos, particularizando-se a questão da oferta infraestrutural apta a garantir uma utilização otimizada do modelo alternativo de transporte. Não só a rede de distribuição foi alvo de uma profunda análise e reflexão, também se compreendeu o alargamento do seu raio de alcance ou, inclusivamente, mecanismos de promoção da utilização do transporte elétrico.

Já o segundo nível incidiu sobre o sistema de partilhas de bicicletas. Articulado com o plano de tese de doutoramento de Inês Frade, o grupo de investigação procurou gizar um plano integrado de localização ideal das estações de estacionamento das bicicletas, enfatizando as características específicas da procura associada ao uso deste meio.

Ambos os planos foram evidentemente estruturados dentro

de uma lógica adaptada que prevê o crescimento exponencial de novas opções de mobilidade e onde a intermodalidade é um elemento com expressão relevante. Desta forma, as linhas de pesquisa encerram em si próprias a aptidão de agir como meio promotor de informação importante para as autoridades e meios de decisão (locais, municipais ou nacionais).

A aplicação prática de ambos os sistemas resultará sempre como produto final, pelo que todo o trabalho foi desenvolvido segundo modelos teóricos de otimização. No que se refere à rede de distribuição dos veículos elétricos, foi desenhado um plano teórico, corrido para os dados reais da cidade espanhola de Alcalá de Henares (opção que deriva da dificuldade em obter dados relativos a localidades portuguesas).

Não obstante, os investigadores garantem que este modelo poderá ser aplicado a qualquer outra cidade, cujos dados necessários estejam disponíveis. O sucesso dos resultados obtidos conduziu a equipa a alargar o tema da investigação, e a incluir o estudo da otimização da substituição de autocarros convencionais por autocarros elétricos.

Relativamente ao sistema de partilha de bicicletas, foi construído um modelo teórico destinado a velocípedes elétricos, onde se procurou enfatizar a relação entre a localização das estações de estacionamento e potencial de procura associado ao serviço. Tendo sido desenvolvido em parceria com o MIT, este modelo será aplicado aos dados de Boston, assim como de outras cidades europeias.



## **WP3: EDIFÍCIOS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

**Este grupo de trabalho (WP) aborda a temática da energia do ponto de vista da sua utilização em edifícios. Na prática, o grupo de 35 investigadores liderados por António Tadeu dedica-se ao estudo de paredes, revestimentos, coberturas e pavimentos de edifícios novos e antigos. A investigação consiste em apresentar soluções construtivas que promovam a sustentabilidade e a durabilidade dos materiais e do próprio edifício. Nas várias fases da investigação multidisciplinar inclui-se a inspeção de edifícios através de técnicas avançadas como a termografia, por exemplo, o diagnóstico de patologias, a construção de modelos numéricos e protótipos em escala real para simulações, a conceção arquitetónica de edifícios sustentáveis e o estudo de rentabilidade económica das soluções apresentadas, que se querem duradouras, com baixos consumos energéticos e altos níveis de conforto.**

**António Tadeu refere que as várias linhas de investigação desenvolvidas no projeto EMSURE ultrapassam o âmbito académico e situam-se no domínio prático. Para tal, a equipa de investigadores colabora regularmente com diversas indústrias que atribuem à investigação uma perspetiva de mercado, onde as soluções de serviços e produtos desenvolvidos pelos investigadores adquirem um valor acrescentado com interesse para a sociedade e aplicação prática, não só ao nível local, mas também em termos internacionais através de exportações.**

### **Investigadores:**

António Tadeu, Ana Ramos, Carlos Fortuna, Catarina Serra, Fausto Freire, Gina Matias, Inês Santos, Inês Simões, Isabel Torres, Joana Prata, João Almeida, João Paulo Cardielos Silva, José Baranda Ribeiro, José Raimundo Silva, Julieta António, Luís Godinho, Manuel Gameiro, Mário Manaia, Nuno Simões, Paulo Amado Mendes, Paulo Peixoto, Almerindo Ferreira, António Bettencourt, António Gameiro Lopes, António Lousa, Claudino Ferreira, Jorge André, Luís Adriano Oliveira, Ricardo Mendes, Vítor Murtinho, Carla Rodrigues, Joana Bastos, Miguel Serpa Oliva, Atefeh Salehi, Eugénio Rodrigues

## OS EDIFÍCIOS ANTIGOS DE COIMBRA

O centro urbano antigo de Coimbra foi o foco de investigação da equipa liderada por Raimundo Mendes da Silva, Isabel Torres e Ana Ramos. Os investigadores realizaram levantamentos das características do edificado da área em estudo e, através de registos fotográficos, escritos e simulações computacionais, definiram o desempenho térmico dos edifícios antigos, avaliando a sustentabilidade dos mesmos. Estes passos da investigação desenvolvida centraram-se na recolha de dados por amostra. Estudaram-se 25 edifícios da Baixa de Coimbra com o objetivo de encontrar padrões de comportamento térmico de edifícios passíveis de aplicar a cerca de 2000 edifícios localizados em outras áreas da Baixa, da Alta e de zonas circundantes como a Avenida Sá da Bandeira, respeitando sempre as diferenças do edificado. A partir daqui a investigação permitiu apresentar soluções de intervenção ao nível do isolamento térmico, reabilitação de envidraçados, ventilação e exposição solar que melhorem significativamente o desempenho energético dos edifícios.

A qualidade de vida dos ocupantes de edifícios antigos dos centros urbanos é geralmente bastante baixa, os edifícios apresentam poucas condições de conforto térmico e mesmo que houvesse disponibilidade financeira para o aquecimento ou arrefecimento, os próprios edifícios não estão preparados para tal, o que representaria elevados custos e baixa eficiência. Esta foi a principal motivação dos investigadores para encontrar soluções que os transformem em edifícios mais sustentáveis longo prazo.

Esta linha de investigação teve lugar numa altura em que as diretrizes europeias se voltam para a recuperação/reabilitação de edificado por detrimento de novas construções. Raimundo Mendes da Silva defende que também Coimbra deve rejuvenescer e responder com efetividade aos desafios da melhoria da qualidade de vida nos centros urbanos, da preservação histórica, arquitetónica e cultural destas áreas e de utilização dos fundos comunitários que possam financiar parte da recuperação do edificado da cidade.



# CASAS FRIAS, CASAS QUENTES: COMO SE COMPORTAM OS EDIFÍCIOS?

*A partir de entrevistas com Nuno Simões,  
Inês Simões e Joana Prata*

A envolvente do edifício é uma das áreas de estudo da WP3. Os investigadores, coordenados por António Tadeu e Nuno Simões, abordaram os vários elementos que compõem a “pele” do edifício: as paredes, a cobertura e os envidraçados. Segundo o investigador, os estudos têm sido desenvolvidos com base em modelos numéricos para simulações experimentais que analisam o comportamento da envolvente do edifício. Tipicamente, os estudos desenvolvidos abordam o tema partindo de pressupostos de simplificação no que toca às propriedades dos materiais e das temperaturas interiores e exteriores. Um dos principais contributos da investigação levada a cabo pela equipa da WP3 reside no facto de se incorporarem nas simulações as variações de temperatura que se fazem sentir ao longo do dia no interior e exterior dos edifícios, conseguindo assim resultados mais fiáveis.

Um dos objetivos principais durante a investigação foi estabelecer abordagens metodológicas para se obterem soluções construtivas otimizadas em função da tipologia, localização, exposição do edifício. Outro dos objetivos foi estabelecer metodologias avançadas de avaliação in-situ do comportamento térmico da envolvente.

A título de exemplo, o atraso térmico das soluções construtivas foi outro dos conceitos-chave em estudo. Este diz respeito ao intervalo de tempo entre o instante em que ocorre o pico de calor no exterior e o instante em que se atinge a máxima temperatura no interior dos edifícios. Inês Simões, investigadora que se dedica a esta temática, desenvolveu, em colaboração com outros investigadores, modelos numéricos para realizar simulações sobre a transferência de calor que permitam determinar, por

exemplo, que isolamento térmico confere maior atraso térmico à parede, ou se a parede deve incorporar outro tipo de materiais com outras características térmicas. As soluções construtivas são sempre estudadas no sentido de minimizar a utilização de energia para climatização dos espaços e, conseqüentemente, diminuir a emissão de gases com efeito de estufa.

Por último, as pontes térmicas são outro conceito a considerar no estudo sobre a envolvente dos edifícios. As pontes térmicas lineares, tratam-se de zonas de ligação entre elementos construtivos, por exemplo, os cantos originados pelo encontro de duas paredes, a ligação entre a parede e a cobertura, ou com as caixilharias das janelas e caixas de estore, entre outros. As pontes térmicas planas, são áreas caracterizadas por apresentarem uma resistência térmica inferior à da parede adjacente, como são exemplos, os pilares e vigas. A importância deste conceito é relevante para todos, já que estas são zonas que apresentam geralmente patologias, como a condensação que leva ao aparecimento de manchas, bolores e à degradação dos materiais. Joana Prata, investigadora do projeto, realça que as pontes térmicas são fundamentais na envolvente do edifício, já que podem ser responsáveis por perdas energéticas importantes ainda que os restantes elementos construtivos apresentem características positivas quanto ao desempenho térmico. Os resultados das simulações deste estudo estão concentrados num catálogo online que apresenta as diferentes tipologias de pontes térmicas e respetiva informação de desempenho. Esta base de dados serve a estudantes e projetistas sendo uma importante ferramenta no momento de optar pelas soluções de construção mais adequadas aos edifícios.

## TERMOGRAFIA: O RAIOS-X DAS PAREDES

É uma técnica de diagnóstico bastante utilizada em áreas científicas tão diversas como a medicina ou as ciências aeronáuticas. No âmbito do projeto EMSURE, os investigadores desenvolveram uma área de estudo que visa aplicar a termografia à engenharia civil, mais propriamente aos edifícios.

Em termos práticos, a técnica de termografia consiste na utilização de uma câmara de medição de radiação infravermelha que permite estimar a temperatura superficial de qualquer objeto. Aplicada à engenharia civil, esta técnica permite obter informação diversa. Entre as capacidades desta técnica destaca-se a possibilidade de se efetuar: a caracterização dos elementos de construção do edifício, por exemplo, localizar a estrutura resistente de betão, o tipo de laje, a tipologia das paredes de alvenaria, posicionamento de elementos metálicos de suporte de revestimentos; a aferição sobre a presença e localização de isolamento térmico etc.; a delimitação das zonas da envolvente dos edifícios a partir das quais se perde mais calor; a identificação de anomalias construtivas; ou a localização de defeitos, identificando, por exemplo, descolamento de material cerâmico, ou colagem defeituosa, ou até a presença de água.

A termografia foi explorada pelos investigadores da WP3 através da criação de modelos numéricos de transferência de calor em laboratório, com condições controladas, aplicada a soluções construtivas. Com estes conhecimentos, a técnica pode ser aplicada em contextos práticos reais de detção de defeitos e de caracterização da envolvente térmica dos edifícios. Catarina Serra refere que esta técnica apresenta grandes vantagens para a engenharia civil, e sobretudo no que toca à reabilitação (térmica e estrutural) de edifícios uma vez que se trata de uma técnica não invasiva. Ou seja, para se obter informações sobre as paredes de um edifício não é necessário danificar (partir, furar, derrubar) o edificado, possibilitando desta forma uma intervenção/reparação com custos mais reduzidos e menos incómodos para os ocupantes. Apesar de não ser uma técnica de uso comum pelo público em geral, pode vir a ser utilizada em contextos profissionais relacionados como a engenharia civil com elevado potencial na conservação do património histórico, em inspeções da envolvente dos edifícios, na avaliação de sistemas de climatização e de sistemas elétricos ou na inspeção de obras de arte.

# E SE AS PAREDES FOSSEM FEITAS DE....

*A partir de entrevistas com Gina Matias, Inês Santos, João Almeida e Julieta António*

António Tadeu, Julieta António, João Almeida e Inês Santos têm focado o seu trabalho na incorporação de materiais reciclados em paredes de edifícios. A casca e palha de arroz e o granulado de cortiça foram os resíduos experimentados ao longo da investigação do projeto EMSURE. Segundo os investigadores, estes resíduos foram testados enquanto materiais de isolamento térmico e acústico. Para determinar o impacto ambiental destes materiais, a metodologia utilizada foi a Avaliação do Ciclo de Vida. Inês Santos explica que se trata de uma metodologia que analisa todas as etapas pelas quais um determinado produto passa, desde a extração de matérias-primas da natureza até à sua aplicação e tratamento em fim e vida. Ou seja, a utilização de produtos mais eficientes e menos poluentes em todo o ciclo de vida acaba por contribuir para um ambiente mais sustentável.

Por exemplo, a casca e palha de arroz utilizadas na investigação são resultantes da atividade agrícola da região do Baixo Mondego. Tratam-se de resíduos que, caso não fossem reaproveitados para materiais de construção, não teriam qualquer outra utilidade, o que por si só revela o potencial de sustentabilidade da investigação para a Região Centro, apontam os investigadores. João Almeida refere que são cerca de vinte mil toneladas por ano de resíduos que podem vir a ser utilizados na produção de paredes mais sustentáveis. Além da valorização dos resíduos, Inês Santos garante que os resultados têm sido positivos no que toca à eficiência energética destes materiais no isolamento das paredes. João Almeida aponta que a principal dificuldade desta investigação foi conseguir provar que estes novos materiais desenvolvidos são tão bons ou melhores que os clássicos, a vários níveis, nomeadamente de durabili-

dade, comportamento térmico e economicamente. Para isso, o investigador indica que foi feito um conjunto de testes laboratoriais onde se utilizaram exatamente o mesmo tipo de ensaios usados para testar materiais convencionais utilizados em paredes, pavimentos e coberturas. Os resultados positivos apontados pelos investigadores estão já a ter recetividade por parte do mercado, sobretudo empresas que lidam com clientes exigentes em termos de soluções sustentáveis para as suas habitações, acabando por resultar no apoio por parte das empresas em práticas laboratoriais que os novos materiais exigem.

Além da cortiça e do arroz, os resíduos resultantes da atividade da indústria cerâmica podem também ser bastante úteis no desenvolvimento de argamassas apropriadas para a reabilitação de edifícios antigos. Gina Matias, a investigadora que desenvolve trabalho nesta temática, aponta como inovação a utilização de materiais pouco comuns, que de outra forma teriam como destino o depósito em aterros. Simultaneamente, estes materiais apresentam-se como soluções bastante adequadas à recuperação de edifícios antigos, já que eram bastante utilizados no passado. Atualmente, nesta investigação científica e tecnológica, os resíduos de cerâmica são incorporados em argamassas de cal, em substituição das areias comuns extraídas de leitos de rios e jazidas naturais de pedra. A incorporação deste subproduto tem revelado uma contribuição positiva no desempenho mecânico e higratérmico das argamassas. Tem-se verificado também o cumprimento da maioria dos requisitos essenciais para a contabilização destas soluções com as existentes nos edifícios antigos, um ponto fundamental para a reabilitação urbana sustentada.





João Lima

# AMBIENTES INTERIORES CONFORTÁVEIS

*A partir de entrevistas com Manuel Gameiro e Paulo Amado Mendes*

A qualidade do ar no interior dos edifícios é outra linha de investigação desenvolvida pela WP3. Coordenada por Manuel Gameiro, a investigação teve por base a monitorização do ambiente e energia em edifícios, no que se refere ao conforto térmico e acústico (ruído e vibrações), à qualidade do ar interior e à iluminação.

O objetivo da investigação foi chegar a um ponto de equilíbrio onde seja possível proporcionar condições de bem-estar nos edifícios de forma mais sustentável. Manuel Gameiro refere que este equilíbrio nem sempre é estável, já que, por um lado, o enfoque demasiado aprofundado na eficiência energética pode comprometer as condições de conforto necessárias, mas por outro lado, se a tónica estiver no conforto ambiental dos edifícios, tal pode implicar custos muito elevados ou comprometer a eficiência energética.

Em termos metodológicos, a equipa de investigadores inovou na forma de avaliação da renovação de ar nos edifícios, essencial para garantir a sua qualidade. Até agora, as metodologias utilizadas têm passado por técnicas como a porta ventilada, uma porta que insere e retira ar dos edifícios, ou a libertação de gás no interior para monitorização da concentração. Aqui a metodologia adotada passou por usar só o acompanhamento da evolução do poluente simultaneamente no interior e no exterior dos edifícios. Os dados obtidos pelas simulações mostram a evolução temporal dos testes, o que simplifica a minimização de perdas, permite um melhor isolamento dos edifícios e, conseqüentemente, um comportamento energético mais sustentável.

Já no âmbito do conforto acústico, a investigação passou pelo estudo das condições acústicas do exterior e da forma como os edifícios permitem a passagem de ruído para o interior. Levada a cabo pelo investigador Paulo Amado Mendes, a investigação teve como objetivo alcançar as condições acústicas desejáveis no interior dos edifícios, sendo para tal necessário conhecer e melhorar o ambiente acústico exterior para poder apontar soluções e sistemas mais sustentáveis que respondam a determinados requisitos de conforto acústico no interior dos edifícios. A equipa de investigadores conseguiu já resultados inovadores. Paulo Amado Mendes apontou a aplicação de soluções tecnológicas, tais como barreiras inspiradas em soluções acústicas atualmente usadas em salas de espetáculos. Estas soluções visam dispersar, de forma mais eficiente, o som refletido na superfície das barreiras, podendo ser desenhadas para uma melhor eficácia na gama de frequências de interesse para o ruído de tráfego rodoviário urbano. Pretende-se que estas soluções sejam pensadas de forma a simplificar a sua produção industrial, não só devido ao tamanho elevado que geralmente apresentam, mas também à extensão significativa em que usualmente são adotadas.

Segundo Manuel Gameiro, a equipa de investigação chegou a resultados profícuos no que toca também a metodologias desenvolvidas para o estudo de infiltrações de ar. Os investigadores desenvolveram, ainda, planos de eficiência energética para condições de conforto no interior dos edifícios e modelos de apoio à decisão para a requalificação energética de edifícios.



## COMO SE COMPORTAM OS UTILIZADORES DE ENERGIA?

Além da investigação sobre soluções construtivas mais eficientes, a WP3 estudou também a utilização de energia por parte dos consumidores. O estudo foi feito por sociólogos, liderados por Carlos Fortuna, Claudino Ferreira e Paulo Peixoto, que caracterizaram estatisticamente os edifícios de Coimbra, utilizando dados sobre a tipologia de utilização dos edifícios e, finalmente, aplicando inquéritos em diversas zonas da cidade.

As principais conclusões salientam uma grande iliteracia por parte dos consumidores, que muitas vezes desconhecem o tipo de contrato de energia que detêm ou mesmo a potência contratada. Porém, os consumidores manifestam uma grande vontade em mudar comportamentos no que toca à eficiência energética, embora geralmente desconheçam o que deve ser feito para assumirem uma atitude energeticamente mais sustentável. Por outro lado, os investigadores apontam, ainda, uma conclusão no que toca aos edifícios, referindo que os edifícios mais antigos, localizados em zonas históricas da cidade não apresentam boas condições de eficiência energética devido às características construtivas dos edifícios, dos elementos de cobertura, revestimento e janelas.

A equipa de sociólogos defende que o combate a esta iliteracia sobre eficiência energética deve começar na infância, com mais formação e informação acerca da utilização sustentável dos recursos energéticos. Por outro lado, a utilização das novas tecnologias para uma gestão inteligente da energia ou a concentração do gasto de energia em determinadas horas do dia cujo consumo seja mais barato são alguns dos comportamentos que os consumidores mais escolarizados podem passar a utilizar de forma a assumirem práticas energéticas mais eficientes.

O estudo pretende ser uma ferramenta útil aquando da conceção e remodelação de edifícios, para que as soluções apresentadas por arquitetos e engenheiros possam ter em consideração as características e as opções dos consumidores no que toca às prioridades de equipamentos e ao nível de preocupação com a eficiência energética.

# A ARQUITETURA E A CONTA DA LUZ: UMA RELAÇÃO (DES)EQUILIBRADA?

*A partir de entrevistas com João Paulo Cardielos  
e Mário Manaia*

Desde há muito que a arquitetura tem vindo a utilizar a geometria solar como melhoria de eficiência energética e de conforto lumínico nos edifícios, porém, nem sempre de uma forma sistematizada.

Em termos práticos, João Paulo Cardielos, coordenador da investigação, aponta como exemplo o facto de muitos edifícios não apresentarem altos índices de eficiência mas que se compensam com melhores janelas, bons isolamentos térmicos e sistemas de controlo de temperatura como sistemas de ar condicionados, ou seja, existem melhores tecnologias que compensam algumas deficiências dos edifícios em termos de eficiência energética. Perante este quadro, a equipa de investigadores dedicados a esta temática pretende inverter este ciclo, contribuindo para a otimização da utilização da geometria solar do edifício e de forma, através de estudos sobre implantação, localização e organização dos edifícios em função de ganhos solares, para obter melhores desempenhos bioclimáticos ou passivos nos edifícios, reduzindo assim a dependência tecnológica e os consumos energéticos. Algo que, nos novos edifícios apresenta maior liberdade, mas é mais difícil de aplicar no que toca ao edificado antigo, aquando da sua reabilitação.

A investigação teve como objeto de estudo a cidade de Coimbra, particularmente no polo I onde já tem aplicação prática. E se nos edifícios já construídos as técnicas de geometria solar e de forma têm que adaptar-se às circunstâncias, em Coimbra soma-se outra dificuldade, a legislação, que nem sempre se adequa à otimização da arquitetura para ganhos energéticos, sobretudo após a classificação de algumas zonas como Património Mundial da Humanidade.

Segundo João Paulo Cardielos, as restrições legislativas diminuem a flexibilidade de um melhor desempenho global do edi-

fício, colocando em causa uma das principais inovações aportada pela investigação: o desempenho global do edifício, onde por um lado se deve ter em conta tudo o que diz respeito à eficiência, desde a utilização da água, a ventilação, a qualidade do ar interior, a iluminação ou o desempenho térmico e, por outro a incorporação de tecnologias inovadoras.

Uma das técnicas estudadas no âmbito da arquitetura ao serviço da eficiência energética é a Parede de Trombe. O sistema é constituído por um vidro exterior, uma caixa-de-ar e uma parede de armazenamento com elevada massa térmica, como por exemplo uma parede de betão, pedra ou tijolo maciço, e as grelhas de ventilação no topo e na base da parede e do envidraçado. O funcionamento é simples. No Inverno, os raios solares incidem sobre o vidro e provocam efeito de estufa e aquecem a parede. O calor armazenado na caixa-de-ar é transferido para o ambiente interior do edifício através da parede e da ventilação das grelhas, aquecendo gradualmente a habitação de forma gratuita. No Verão, serão aconselháveis dispositivos de sombreamento do vão envidraçado (palas, persianas, estores). Adicionalmente, ao abrirem-se as grelhas de ventilação existentes no vidro, promove-se o arrefecimento do edifício por ventilação natural.

Mário Manaia, investigador envolvido neste estudo, refere que esta solução construtiva pode apresentar-se como uma mais-valia para a climatização passiva de edifícios, reduzindo o seu recurso a equipamentos, e, portanto, reduzir o consumo de energia. De acordo com os estudos realizados, o contributo da Parede de Trombe para o aquecimento pode ultrapassar os 50% da energia necessária para esse efeito. Este sistema associado a uma correta gestão dos dispositivos de sombreamento e de ventilação, para além dos benefícios no Inverno, pode contribuir para a redução das necessidades de arrefecimento do edifício em 30%.



## **WP4: FORNECIMENTO DE ENERGIA LIMPA**

**Coordenado pelo investigador José Costa, o quarto grupo teve como missão fundamental oferecer um contributo académico para desenvolver a produção de energia a partir de fontes renováveis. Foram duas as vertentes gerais em que subdividiu a WP4: aproveitamento da energia geotérmica e aproveitamento de resíduos de biomassa para a produção de biocombustíveis avançados.**

**A primeira vertente teve como principal objetivo avaliar o potencial de energia geotérmica na Região Centro, com possibilidade de aproveitamento para a produção de energia elétrica. Esta componente envolveu três tarefas: avaliar o potencial de energia geotérmica produzido e acumulado em altas profundidades, caracterizar o contexto termofísico das rochas, através da realização de análise químicas, e avaliar a taxa de produção de energia desses elementos, através de modelos geofísicos e térmicos.**

**A investigação sobre a produção de biocombustíveis a partir de biomassa pretendeu prosseguir e avançar o caminho de pesquisa que veio sendo desenvolvido nas últimas décadas na UC, concretizando para isto exemplos bem pragmáticos, seja no aproveitamento e tratamento das lamas de pasta de papel, seja na produção de novas formas de combustível. Foram também desenvolvidos diversos estudos de avaliação de ciclo de vida na produção de biocombustíveis de diversas origens.**

### **Investigadores:**

**José Costa, Alcides Pereira, Luís Neves, Miguel Panão, Nelson Rodrigues, Rita Lamas, Jonathan Willis-Richard, Abel Ferreira, António Portugal, Graça Carvalho, Jorge Rocha, Cátia Mendes, Talavera-Prieto, Rui Moreira, Fausto Freire, Érica Castanheira, João Malça, Carla Caldeira, João Queirós, Roland Clift, Norberto Ramos, Mafalda Miranda, Diana Reis, Tânia Marques, Ângelo Feliciano e Filipe Afonso**

## **UM SISTEMA DESCOMPLICADO PARA PRODUZIR ENERGIA**

**Tendo cingido a sua ação exclusivamente à zona centro, o grupo em que participou o investigador Alcides Pereira contribuiu largamente na avaliação da capacidade de transformar a energia térmica das rochas em energia elétrica, contrariando inclusivamente o que se sabia até então. Isto é, rompendo com a ideia de que o potencial da energia geotérmica se estabelecia em níveis diminutos, o grupo comprovou a capacidade do sistema energético e a possibilidade de replicar estas experiências pelo país.**

**A região centro é uma zona bastante variada em termos da sua composição rochosa e nem todas as rochas possuem a capacidade de produzir altas temperaturas. Coube portanto à equipa compreender onde encontrar esse potencial, que acabaram por descobrir na região da Beira Interior, zona caracterizada por bastantes rochas graníticas.**

**Sendo uma tecnologia ainda em evolução, a aposta passou também por dar um contributo para o progresso e documentação de um sistema bastante descomplicado: após a realização de dois furos, com uma profundidade máxima de 6 km, é injetada água por um dos orifícios. O calor das rochas transformará essa água em vapor, que será expelida pelo segundo furo. Esse vapor é então aproveitado para a produção de energia elétrica.**



# ENCONTRAR POTENCIAL GEOTÉRMICO NA REGIÃO CENTRO

*A partir de entrevista com Miguel Panão*

Colocar Portugal e, em especial, a zona Centro no mapa do potencial da energia geotérmica foi o desafio da linha de pesquisa em que participou o investigador Miguel Panão. Em conjunto com uma equipa de seis pessoas, onde se incluem docentes, investigadores de doutoramento e pós-doutoramento, e um investigador convidado, a maior e mais inovadora aposta passou por mostrar à comunidade científica e ao público o vasto potencial geotérmico existente no nosso país.

Para uma compreensão mais aprofundada do potencial geotérmico e sobretudo da relação deste com as características e elementos das rochas, a cooperação com investigadores do Departamento de Ciências da Terra da FCTUC revelou-se indispensável. Através dos modelos desenvolvidos pelos geólogos, verificou-se possível determinar, numa primeira análise, o grau de condutibilidade térmica das rochas. Isto é, o nível da capacidade que as rochas possuem para transmitir e conduzir calor através da massa que detêm. Posteriormente, desta cooperação, resultou exequível determinar a taxa de produção de calor radiogénico das rochas em análise. Significa isto o grau de capacidade que as rochas possuem para produzir altas temperaturas. Altas temperaturas essas que encontram a sua origem no calor transmitido diretamente pelo manto terrestre, e que as rochas foram acumulando ao longo de milhares de anos.

Desta forma, a análise decorreu em duas fases distintas. Numa primeira fase, procedeu-se a uma modelação numérica das tem-

peraturas e dos fluxos térmicos encontrados até uma profundidade considerável da crosta terrestre. Uma metodologia sempre apoiada pela caracterização realizada previamente. A segunda fase caracterizou-se pela exploração de um software de simulação numérica, que permitiu simular e comparar diferentes cenários sobre a exploração de energia geotérmica, sempre com a perspetiva de otimizar o aproveitamento.

A aplicação da simulação age também como gerador de conhecimento base, aplicável na captação de fundos. Conhecer do ponto de vista prático o potencial geotérmico das rochas implica a realização de grandes furos, que permitam verificar como varia a temperatura e como agem os fluxos. Uma prática que é bastante dispendiosa. Assim, o trabalho de simulação torna-se fundamental para justificar o financiamento necessário. Duas tarefas acessórias levadas a cabo por este grupo de investigação resultaram no melhoramento do modelo de simulação usado atualmente, no sentido de aperfeiçoar a forma de transmissão de calor nas zonas de malha irregular, e no estudo da evolução temporal do potencial geotérmico.

Todas estas linhas de ação resultaram na justificação de novas etapas de medição dos fluxos térmicos da malha rochosa da zona centro, o que potenciará a possibilidade da construção de centrais de base geotérmica. O que, segundo Miguel Panão, além de gerar emprego e toda uma base infraestrutural, resulta num investimento substancial em energias renováveis e no tecido energético do país.



Gonçalo Araújo

# O CICLO PERPÉTUO DA PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL

*A partir de entrevista com António Portugal*

Integrado numa equipa de quatro investigadores, dedicados à produção avançada de biocombustíveis, António Portugal participou ativamente na linha de pesquisa orientada para a procura de modelos limpos e sustentáveis de combustível. Uma tarefa que se orientou em dois eixos principais. O primeiro recorre à biomassa para a produção de energia. À parte dos combustíveis fósseis – como o carvão ou o petróleo –, a biomassa compreende os derivados de organismos vivos, que são aproveitados para a produção energética, onde se incluem recursos vegetais ou resíduos animais. A partir dos constituintes dos resíduos florestais, a equipa procurou compreender a vantagem da aplicação de dois processos térmicos distintos na produção de energia: a pirólise e a gasificação. Caracterizada como a decomposição de uma matéria através de altas temperaturas, a pirólise resume-se a um processo que transforma os resíduos de biomassa em bio-óleo, um combustível utilizado sobretudo no aquecimento e produção de eletricidade. Este bio-óleo foi posteriormente tratado e modificado para ter uma constituição semelhante à do petróleo fóssil. O segundo processo térmico passa pela gasificação. Através da maximização da componente gasosa da biomassa, torna-se possível extrair gás síntese, um gás composto por monóxido de carbono e hidrogénio. Este gás síntese está na base de um conjunto de reações químicas que possibilita a obtenção de um combustível gasoso e de muito boa qualidade. Pode ainda ser sintetizado para produzir compostos químicos como hidrocarboneto ou metanol, fontes de combustível.

Os testes em laboratório resultaram na capacidade para, atra-

vés destes processos, produzir bio-óleo, um combustível que pode ser diretamente aplicado na alimentação de caldeiras ou de aparelhagens pesadas, como motores de barcos. Mais desafiante verificou-se o processo químico de realizar a refinação deste bio-óleo, o que significa a possibilidade de se obter cadeias de hidrocarbonetos. Isto é, a capacidade de se tratar diretamente esta fonte de combustível em refinarias convencionais de petróleo fóssil.

A segunda vertente principal da linha de investigação apoia-se na geração de biocombustível tendo como base os resíduos resultantes da produção de biodiesel. Obtido normalmente através da reação química de gorduras e óleos, a produção de biodiesel resulta em diferentes resíduos, 10 por cento dos quais são glicerina. A partir de estudos de simulação, mas sobretudo da componente experimental da análise, a equipa de investigação conseguiu libertar componentes de hidrogénio da glicerina resultante da produção de biodiesel. Novamente, este hidrogénio poderá ser usado por si como combustível, contribuindo desta forma para um ciclo de geração de combustível.

Para lá da sustentabilidade ambiental e ecológica gerada por este novo paradigma de produção de combustível, António Portugal realça a viabilidade económica que estes modelos representam, ao mesmo tempo que assinala a redução da dependência de combustíveis fósseis introduzida. Uma valência significativa para Portugal, um país com escassos recursos energéticos.





## **WP5: AVALIAÇÃO SUSTENTÁVEL E PLANEAMENTO DE SUSTENTABILIDADE**

**Focado na vertente económica da sustentabilidade, o quinto grupo do projeto EMSURE atuou essencialmente como potencial unidade de suporte às restantes linhas de trabalho, desenvolvendo metodologias aptas à sua avaliação plural nos critérios e fatores. Coordenada pelo investigador Pedro Ramos, a WP5 visou pois a elaboração de diversas metodologias a adotar para a avaliação económica, social, ambiental e técnica dos projetos desenvolvidos no âmbito do EMSURE.**

**As metodologias propostas concretizaram-se em seis áreas de atuação: os modelos de análise de decisão multicritério, a avaliação do ciclo de vida, a otimização por multiobjectivo, os modelos de análise custo-benefício, os modelos de análise input-output, e os de avaliação de impacto integrada.**

**Estas metodologias foram já aplicadas em diversos problemas do domínio da energia e dos transportes, continuando a estar disponíveis para, no seguimento do projeto, continuarem a ser aplicadas a algumas das propostas sugeridas no âmbito das outras linhas de trabalho do EMSURE.**

### **Investigadores:**

Luís Miguel Cândido Dias, Ana Lucia Marto Sargento, António Manuel de Oliveira Gomes Martins, Bruno Filipe Lopes dos Santos, Carla Margarida Saraiva de Oliveira Henriques, Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes, Eduardo Jorge Gonçalves Barata, Fausto Miguel Cereja Seixas Freire, Joana Maria Pina Cabral Matos Dias, João Paulo Faria de Oliveira e Costa, João Pedro da Rocha Ferreira, Luis Miguel Guilherme da Cruz, Maria João Teixeira Gomes Alves, Maria Rita Vieira Martins, Patrícia Pereira da Silva, Pedro Manuel Cortesão Godinho, Pedro Miguel Girão Nogueira Ramos, André da Cruz Parreiral, Sandrine Filipe, Marta Marques, Lauro André Ribeiro, Ana Filipa Amorim, Rita Garcia, João Malça, Érica Castanheira, Diana Leal





Alexandre Caetano

# UM PLANO PRÉVIO PARA EVITAR PROBLEMAS DO PASSADO

*A partir de entrevista com Pedro Godinho*

A avaliação de projetos empresariais é comumente perspectivada como uma avaliação financeira, isto é, uma análise da relação entre entrada e saída de dinheiro. O grupo de trabalho onde se insere o investigador Pedro Godinho, pretendeu distanciar-se deste arquétipo, abraçando uma visão mais abrangente de análise da relação custo-benefício.

Determinada por uma conceção mais ampla do estudo da viabilidade dos projetos, a análise da relação custo-benefício procura incorporar múltiplos fatores na sua observação, como a poluição ao longo termo do projeto, o impacto que repercute na paisagem, os efeitos que produz no mercado de trabalho ou mesmo uma ponderação do tempo das pessoas. Na explicação exemplificativa de Pedro Godinho, que desenvolve bastante trabalho sobre infraestruturas rodoviárias, uma estrada não se faz para se conseguir um lucro direto com a estrada. Faz-se para que as pessoas se consigam deslocar mais depressa e para facilitar o desenvolvimento económico do país ou da região. A análise custo-benefício foca-se na decisão da concretização, ou não, imediata ou faseada, desse mesmo projeto, e, ao mesmo tempo, permite comparar alternativas para melhor aplicar recursos limitados.

Desta análise resulta um indicador de síntese, isto é, um sinal que permite comparar benefícios e custos, percebendo que alternativas favorecem o primeiro. Aqui entra também uma das partes mais desafiantes deste modelo de estudo, o da inclusão do elemento de incerteza. O elemento que ajudará a determinar a ação do gestor do projeto, perante situações de incerteza, a promover a maximização dos benefícios ou a minimização dos custos.

No âmbito do projeto EMSURE, o grupo de pesquisa, que in-

cluiu mais dois investigadores, procurou numa primeira abordagem caracterizar à luz do modelo de relação benefício-custo a construção de infraestruturas rodoviárias desenvolvida no final da década de 2000, uma empreitada geralmente criticada. Tomando esse percurso como objeto de estudo, a investigação pretendeu essencialmente compreender se se pode concluir que existiram erros subjacentes ao processo, técnicos e envolventes, ou se existem outras justificações para a aparente divergência entre as expectativas prévias e a realidade da utilização da infraestrutura. Os resultados obtidos apontam para a ideia de um grande desfasamento entre as projeções de instituições como o FMI ou a OCDE, e a realidade que resultou da alteração da conjuntura. O que justifica as variações determinantes na avaliação dos mesmos projetos. Conclusões centrais no gizar de planos futuros que promovam linhas de ação capazes de evitar a repetição de situações análogas.

Foi ainda deste estudo inicial que os investigadores partiram para uma nova linha de pesquisa, a da determinação do contexto ideal – de tempo e de profundidade – para a intervenção a longo prazo nas infraestruturas rodoviárias, a qual concluiu a necessidade de se considerar explicitamente opções reais. Ou seja, a aptidão para alterar projetos durante a sua execução, ou até, considerar o seu adiamento. Isto implicaria uma visão integral desses mesmos projetos, com a faculdade, determinada à partida, de se readequarem. No exemplo das estruturas rodoviárias, significaria gizar desde logo regras para o alargamento de vias. No que concerne às estruturas de energia, representaria o fracionamento temporal dos projetos. Esta foi, de resto, a principal conclusão obtida relativamente ao processo de construção de estradas da década passada: a possibilidade de adiamento da construção teria representado um valor social maior relativamente à realidade verificada.





Milton Batista

# A IMPORTÂNCIA DE ROMPER O ISOLAMENTO IBÉRICO DO SECTOR ENERGÉTICO

*A partir de entrevista com Patrícia Pereira Silva*

O momento de crise económica que se alastrou por Portugal e outros países da Europa veio colocar em causa o impacto de diversas medidas económicas e políticas dirigidas para o sector energético e, mais concretamente, para o campo das energias renováveis. Foi deste princípio que partiu o grupo de investigação onde participou a investigadora Patrícia Pereira Silva, uma linha de pesquisa apostada em resolver os problemas energéticos do ponto de vista económico e em desenvolver modelos que apoiem os decisores de medidas políticas públicas na área da energia.

Composta por cinco investigadores, a equipa responsável por esta tarefa estendeu a sua análise a uma miríade de casos reais. O primeiro destes cenários relaciona-se com o processo de liberalização do sistema energético português, onde se procurou perceber se o modelo de funcionamento e os resultados atuais corroboram as expectativas iniciais. Paralelamente, o decurso de descarbonização do setor energético, que tem como meta final o ano de 2050, também esteve em cima da mesa. Um terceiro cenário envolveu a viabilização económica do recurso a microalgas para a produção de energia. Num campo distinto, também o impacto da liberalização dos preços para os consumidores finais, em vários países europeus, e os efeitos da proliferação das energias renováveis sobre as interligações dos países vizinhos e sobre o mercado interno de eletricidade foram objetos de análise.

Embora a equipa relacionada diretamente com o projeto seja composta por cinco membros, todos os artigos e restante produção científica contaram com a participação de muitos outros elementos, fruto de parcerias desenvolvidas no âmbito do EM-

SURE, com investigadores do Brasil, Espanha Reino Unido ou EUA.

A par da multiplicidade de cenários de análise, foram também várias as metodologias empregues nesta tarefa, como a aplicação de inquérito segundo o método DELPHI. Dentro deste processo, é escolhida uma amostra de peritos e especialistas a quem são aplicados questionários com o intuito de recolher e sintetizar conhecimento. Outra das metodologias utilizadas foi a da abordagem bottom up (onde se pretende ter uma visão integral de toda a estrutura da organização) da otimização energética. Também as relações entre as diferentes variáveis económicas foi objeto de estudo, através da utilização de modelos econométricos, conjuntos de ferramentas estatísticas que permitem entender a correspondência entre diversos vetores. Por último, efetuou-se a um levantamento de cenários precedentes.

Portugal aumentou exponencialmente o consumo de energia elétrica de fonte solar e eólica. Falta, contudo, articular as interligações deste sistema com o resto da Europa, resultado de um isolamento ibérico com origem, nomeadamente, na barreira física dos Pirenéus. As conclusões desta linha de investigação servem desta forma como alerta: apesar de a evidência empírica demonstrar que, a nível europeu, as políticas públicas para a energia estão a demonstrar frutos, este percurso está a desenvolver-se a um ritmo mais lento do que o esperado. E aqui converge o papel público desta linha de investigação, o de fornecer apoio aos decisores políticos para que os objetivos intermédios e as metas sejam traçados de forma mais consentânea com a realidade.

## **POR UMA ANÁLISE ABRANGENTE DOS DIFERENTES PROJETOS**

**No campo das decisões de políticas públicas, vários fatores concorrem na elaboração de uma resolução ou na escolha de uma alternativa entre várias possíveis. Com origem nos anos 60, os modelos de avaliação multicritério visam facilitar a consideração da multiplicidade de elementos que normalmente se apresentam na construção de uma decisão, realizando uma síntese dos vários critérios e determinando as vantagens das diferentes alternativas. Em suma, trata-se de ir além de uma observação meramente económica, importando para a análise critérios de natureza social, ambiental ou técnica. Estruturados os critérios e medidos os desempenhos das alternativas, a decisão recomendada resulta ainda de uma agregação posterior, onde a importância de cada elemento é devidamente modelada no contexto da aplicação a que se destina.**

**Tendo já operado na estruturação de análises multicritério sobre a localização de centrais de energias renováveis em Portugal e na Europa, e sobre diversos contextos relacionados com veículos de combustíveis alternativos, o grupo onde se insere o investigador Luís Dias assegurou a análise de sistemas propostos pelos restantes grupos do projeto. Aqui destaca-se a análise de compromissos entre custos e emissões na requalificação de edifícios ou na produção de biocombustíveis, bem como a avaliação da aptidão do solo para acolher diferentes infraestruturas ou a avaliação de veículos com diferentes tipos de motorização.**



# ANÁLISE INPUT-OUTPUT: UMA FERRAMENTA PARA A COMPREENSÃO INTEGRAL DA ECONOMIA REGIONAL E NACIONAL

*A partir de entrevista com Pedro Ramos*

Com raiz no trabalho desenvolvido pelo Nobel da Economia, Wassily Leontief, o modelo de análise input-output veio assumindo, desde a década de 1930, um papel cada vez mais preponderante entre as aplicações económicas. Método destinado a estudar o impacto sobre as economias de determinados eventos ou de determinados projetos, o modelo input-output encerra a possibilidade de obter uma perspetiva global sobre as interdependências dos diversos ramos das economias locais e nacionais. Desta forma, o impacto de cada evento é calculado sobre a economia no seu conjunto, sendo também passível de ser desagregado por setores de atividade, relevando os efeitos sobre diversas variáveis, como o PIB, o emprego, a coleta de impostos ou as importações.

Membro do grupo de trabalho com a tarefa de conduzir este método de análise no plano de trabalhos do projeto EMSURE, Pedro Ramos recorre a um exemplo prático para ilustrar como a complexidade do modelo permite que ultrapasse, na sua análise, o simples espectro das consequências diretas. Ao construir uma estrutura num espaço da cidade de Coimbra, esse processo produzirá uma série de efeitos sobre a economia da região e uma outra série de efeitos sobre a economia do país. Estas consequências podem-se referir à própria construção da estrutura, ou visar o impacto do equipamento sobre a economia, quando entra em funcionamento já finalizada a sua construção.

O modelo input-output consegue ir mais longe nesta análise e não se resumir aos impactos diretos. Assim, e retomando o exemplo, no que respeita à fase de construção da estrutura, seriam

analisados os aumentos da procura de materiais de construção, os serviços contabilísticos ou de gestão associados, ou até mesmo a procura por bens de consumo resultante do aumento de rendimentos e da geração de emprego causada pela construção.

Neste sentido, o principal objetivo para o grupo de cinco investigadores dedicados à tarefa passou pela construção da primeira matriz input-output destinada à Região Centro e ao resto do país, com a perspetiva de compreender a interdependência entre as duas escalas. Baseados em dados estatísticos nacionais – mais detalhados dos que são comumente divulgados –, o grupo utilizou a informação relativa à produção e procura de 431 produtos. Por exemplo, num cenário caracterizado pelo aumento generalizado da eficiência energética – pautado por um consumo cada vez menor por parte das empresas e consumidores –, a matriz resultou capaz de mostrar os efeitos globais dessa tendência na economia. Mas este tipo de aplicação pode ser replicado para múltiplos outros cenários.

Relacionado de uma forma mais direta com o plano de trabalhos e estrutura do projeto EMSURE, este modelo assume-se como uma ferramenta fundamental de avaliação do impacto de projetos de inovação, apresentados pelos restantes grupos de trabalho, sobre a economia regional e nacional. Prestando ainda um contributo relevante na avaliação de futuros eventos e projetos destinados à região Centro, configurando-se assim como um instrumento pertinente para os meios de decisão de políticas públicas.



## CONCLUSÃO

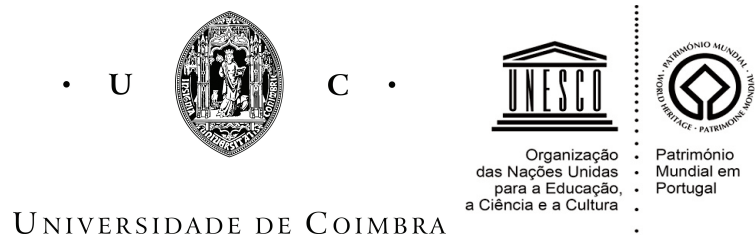
**Volvidos dois anos e meio do início do projeto EMSURE, os responsáveis das diferentes linhas de investigação concordam no êxito da iniciativa que reuniu um vasto número de investigadores, com diversos saberes e experiências, na reflexão, promoção e desenvolvimento de soluções sustentáveis para as cidades e regiões.**

**O método mais evidente e indiscutível de avaliar o sucesso de um projeto de investigação, como o EMSURE, passa manifestamente por avaliar o cumprimento dos indicadores previamente propostos. Aqui verifica-se ser claro o sucesso das diferentes linhas de investigação do projeto. Se no que concerne à relação entre o número de teses de mestrado e doutoramento, de protótipos, de livros e de capítulos de livro inicialmente previstos e concretizados os indicadores demonstram uma conformidade com o esperado, é nos restantes indicadores que fica patente o êxito do projeto. Relativamente às 67 comunicações em conferências científicas inicialmente propostas, o projeto ultrapassou a meta com mais 79 apresentações. No mesmo sentido, em vez dos 64 artigos em revistas científicas inicialmente propostos, os investigadores publicaram 74 (72 dos quais em revistas internacionais). Ligado à dinâmica de um projeto que pretende apresentar soluções e discuti-las, ressalva-se ainda a organização de nove encontros científicos (mais três dos que os originalmente previstos) e a dinamização de sete eventos de exploração (ultrapassando os quatro propostos inicialmente).**

**Contudo, a mais-valia do projeto EMSURE supera largamente a simples demonstração do cumprimento de indicadores. Encontra-se impressa, desde logo, no objetivo principal da iniciativa, o de promover e desenvolver soluções para as cidades e as pessoas que nelas habitam, soluções integradas e refletidas que possuam uma relação intrínseca com a sua sustentabilidade económica, ambiental e social. Um trabalho sempre desenvolvido num real ambiente de interdisciplinaridade, onde diferentes linhas de pensamento e pesquisa, mais do que concorrerem, foram capazes de cooperar no sentido de apresentar e construir resultados completos. Uma mais-valia que se encontra também impressa na possibilidade de criar pontes de contacto e trabalho com investigadores estrangeiros, possibilitando importar novos saberes, mas também exportar conhecimento. Um proveito que se encontra ainda patente na possibilidade de criar novas estações de trabalho, com as condições humanas e materiais adequadas a um trabalho de investigação de ponta. Finalmente, um ganho que se manifesta na formação de novos investigadores e na geração de redes de investigação que permitem continuar o trabalho desenvolvido no EMSURE.**



## PROJETO EMSURE



## FINANCIAMENTO



Este trabalho foi enquadrado na Iniciativa Energia para a Sustentabilidade (EfS) da Universidade de Coimbra e desenvolvido no âmbito do projeto EMSURE - Energy and Mobility for Sustainable Regions (CENTRO-07-0224-FEDER-002004), cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do Programa Operacional Regional do Centro 2007 - 2013 (PORC), no âmbito do «Sistema de Apoio a Entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional», e pela Fundação para a Ciência e Tecnologia

## EDIÇÃO





