

Partilha e divulgação de experimentação online em cursos de engenharia, suportada por redes de sensores e atuadores sem fios e por conteúdos multimédia

Alberto Cardoso e Maria da Graça Rasteiro, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Maria Teresa Restivo, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Resumo

O projeto “Partilha e divulgação de experimentação *online* em cursos de engenharia, suportada por redes de sensores e atuadores sem fios e por conteúdos multimédia” resultou da candidatura aos Projetos de Partilha e Divulgação de Experiências com Inovação Didática, em 2014, da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). O seu objetivo principal foi a partilha e a divulgação junto de outras instituições de ensino superior, universitárias e politécnicas, de experiências letivas e recursos didáticos, suportados, fundamentalmente, por experimentação *online*, e desenvolvidos em alguns departamentos da FCTUC e da FEUP no campo da inovação didática, com base na experiência e no conhecimento resultantes de vários projetos anteriores. Do projeto resultaram algumas atividades de partilha de recursos didáticos que demonstram a relevância deste tipo de iniciativas.

Palavras chave: experiências letivas, experimentação *online*, laboratórios remotos e virtuais, recursos didáticos, redes de sensores e atuadores sem fios

Abstract

The project "Sharing and dissemination of online experimentation in engineering courses, supported by wireless sensor and actuator networks and by multimedia contents" resulted from the application for Projects of Sharing and Dissemination of Experiences of Teaching Innovation, in 2014, of the Foundation for Science and Technology (FCT). Its main objective was to share and disseminate with other higher education institutions, universities and polytechnics, teaching experiences and educational resources, supported mainly by online experimentation, and developed in some departments of FCTUC and FEUP in the field of didactic innovation, based on the experience and knowledge resulting from several previous projects. The project resulted in some sharing activities of educational resources that demonstrate the relevance of such initiatives.

1. INTRODUÇÃO

O projeto FCT 132/ID/2014 - “Partilha e divulgação de experimentação online em cursos de engenharia, suportada por redes de sensores e atuadores sem fios e por conteúdos multimédia” resulta do trabalho desenvolvido nos Departamentos de Engenharia Informática (DEI) e de Engenharia Química (DEQ) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC) no campo da inovação

didática e da experiência e do conhecimento resultantes de projetos conjuntos com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), em particular do projeto LabVirtual - Portal de Laboratórios Virtuais de Processos Químicos (<http://labvirtual.eq.uc.pt>), do projeto Laboratório Remoto e Virtual no DEI-FCTUC (<http://flock.uc.pt>) e das edições de 2010/2011 e 2012/2013 dos projetos *experiment@Portugal* (<http://www.fe.up.pt/experimentaportugal>), financiados pela Fundação Calouste Gulbenkian no âmbito de concursos de Projetos de Desenvolvimento do Ensino Superior - Projetos Inovadores no Domínio Educativo.

De salientar que os autores têm vindo a colaborar de forma regular, no âmbito de iniciativas e projetos conjuntos, para o desenvolvimento e disseminação de metodologias inovadoras no domínio educativo, suportadas por experimentação online (Restivo, & Cardoso, 2014; Cardoso et al., 2014).

As atividades realizadas neste projeto tiveram em conta a experiência dos membros da equipa no desenvolvimento e utilização de módulos didáticos em cursos de engenharia, baseados em recursos de experimentação online e suportados, nomeadamente, por redes de sensores e atuadores sem fios (RSASF) e por conteúdos multimédia.

A plataforma LabVirtual, disponível online desde 2009, abrange o apoio ao ensino sobre os processos químicos e os processos biológicos relacionados com a engenharia química, quer a nível de graduação quer de pós-graduação, sendo caracterizada pela sua transversalidade (Rasteiro et al., 2009; Granjo et al., 2012). Para cada um dos processos tratados são apresentadas abordagens complementares: bibliotecas de fundamentos, simuladores e casos de estudo, descrição de experiências laboratoriais e de experiências remotas, usando vídeo e vídeo interativo (Rasteiro, Cardoso, Gomes, & Santos, 2013).

A plataforma flock.uc.pt engloba um conjunto de módulos didáticos que usam experimentação online, recorrendo, por exemplo, à interação remota com sistemas laboratoriais dinâmicos usando RSASF (Cardoso, & Gil, 2013) e ferramentas de processamento de dados em séries temporais (Cardoso, Gil, Lourenço, & Leitão, 2014). De referir que as plataformas têm vindo a ser usadas com regularidade noutras escolas de engenharia, nacionais e estrangeiras, registando-se, no caso do LabVirtual, uma média de 30.000 visitas por mês, com mais de 42.000 utilizações em alguns meses.

2. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto visou a partilha e a divulgação junto de outras instituições de ensino superior, universitário e politécnico, de módulos temáticos desenvolvidos para disciplinas de cursos de engenharia da Universidade de Coimbra, que incluem experimentação online, suportada por laboratórios remotos e virtuais, por conteúdos multimédia baseados em tecnologias emergentes como, por exemplo, vídeos, simuladores e vídeos interativos, e incluindo recursos de avaliação online baseados em funcionalidades existentes no Moodle, plataforma de LMS (*Learning Management System*) amplamente utilizada pelas instituições de ensino superior.

Os módulos partilhados abrangeram temáticas como a programação em Python, os algoritmos e as estruturas de dados, o processamento e a geolocalização de dados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), a identificação e modelização de sistemas dinâmicos, os sistemas de controlo, o processamento de dados em séries temporais e os processos e reatores químicos, que fazem parte do programa de diversas disciplinas de cursos de engenharia, nomeadamente de engenharia informática, eletrotécnica, biomédica, mecânica, civil ou química.

Estes módulos têm vindo a ser desenvolvidos para utilização didática em disciplinas como Análise e Transformação de Dados, da Licenciatura em Eng^a. Informática, de Modelos Computacionais de Processos Fisiológicos, do Mestrado Integrado em Eng^a. Biomédica, e Termodinâmica Química, Reatores Químicos, Fenómenos de Transferência, Dinâmica de Sistemas, Controlo de Processos e Problemas Integrados de Eng^a. Química I, do Mestrado Integrado em Eng^a. Química, da FCTUC, e partilhados com a FEUP.

Os módulos têm sido disponibilizados, preferencialmente, através da plataforma Moodle, em que a interação com as experiências remotas é efetuada, ao nível do laboratório, através de redes de sensores e atuadores sem fios e dispositivos computacionais de baixo custo e com grande flexibilidade de configuração e de aplicação, nomeadamente os existentes no Laboratório de Informática Industrial e Sistemas (LIIS) do DEI-FCTUC.

O recurso a conteúdos multimédia possibilita a introdução às temáticas abordadas nos módulos e a disponibilização de informação sobre as metodologias consideradas e as experiências acessíveis por via remota. A inclusão de testes de avaliação, baseados nos vários formatos de questões suportados pela plataforma Moodle, oferece aos estudantes a possibilidade de efetuarem a sua auto-avaliação e ao

professor ferramentas de avaliação eficazes e com feedback imediato para os estudantes.

2.1 INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS

A partilha de recursos foi concretizada com algumas instituições de ensino superior nacional, envolvendo docentes, investigadores e estudantes do Dep. de Eng.^a Informática (DEI) da FCTUC, do Dep. de Eng.^a Química (DEQ) da FCTUC, do Dep. de Eng.^a Mecânica (DEM) da FEUP, do Dep. de Eng.^a Eletrotécnica (DEE) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCTUNL), do Dep. de Matemática (DM) da Universidade dos Açores (UAc), do Dep. de Eng.^a Civil (DEC) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra do Instituto Politécnico de Coimbra (ISEC-IPC), do Dep. de Química (DQ) da Universidade de Aveiro (UA) e da Unidade Departamental de Engenharias (UDE) do Instituto Politécnico de Tomar (IPT).

2.2 AÇÕES DO PROJETO

As atividades desenvolvidas no âmbito do projeto foram organizadas nas seguintes quatro ações principais:

- Ação 1 - Divulgação junto de instituições de ensino superior:
- Esta tarefa teve como objetivo contactar responsáveis por disciplinas e cursos de engenharia em diversas instituições nacionais de ensino superior (FCTUNL, UAc, UA, ISEC-IPC e IPT), universitárias e politécnicas, para divulgar as experiências letivas e identificar o potencial interesse na partilha de recursos didáticos em disciplinas de cursos dessas instituições;
- Ação 2 - Identificação de requisitos e do contexto de partilha dos recursos didáticos:
- Paralelamente à Ação 1, procedeu-se ao contacto com a FCTUNL, a UAc, a UA, o ISEC-IPC e o IPT para identificar os requisitos e o contexto letivo em que as experiências e os recursos seriam utilizados, tendo em vista a sua adaptação às necessidades específicas de cada instituição envolvida nesta partilha;
- Ação 3 - Adaptação dos recursos didáticos para partilha:
- Nesta atividade foram realizadas as adaptações necessárias à partilha dos recursos letivos existentes, tendo em consideração os requisitos identificados na Ação 2 para as instituições envolvidas. No caso dos recursos de

experimentação online suportados por RSASF, procedeu-se à criação de módulos específicos na plataforma Moodle - <http://flock.uc.pt>, à disponibilização de questionários sobre os assuntos abordados, para auto-avaliação dos alunos envolvidos, e à configuração e adaptação da rede baseada em nós sensores/atuadores sem fios, existente no LIIS do DEI-FCTUC, para partilha dos recursos, por acesso remoto, com as outras instituições;

- Ação 4 - Avaliação do impacto da partilha e divulgação e escrita de documentos:
- Nesta tarefa, foi realizado um balanço sobre o impacto da partilha dos recursos e da divulgação das experiências didáticas pelas instituições de ensino superior. Com base na atividade desenvolvida foi elaborado um relatório final e este artigo científico para disseminação dos resultados obtidos neste projeto.

3. RESULTADOS DO PROJETO

A concretização das tarefas da Ação 3 resultou na realização das adaptações necessárias à partilha dos recursos letivos existentes, tendo em consideração os requisitos identificados na Ação 2. De seguida são apresentados os resultados principais do projeto.

3.1 IDENTIFICAÇÃO E CONTROLO DUM SISTEMA NÃO LINEAR USANDO UM LABORATÓRIO REMOTO

Este trabalho (Cardoso, Sousa, Leitão, Graveto, & Gil, 2015) baseia-se num laboratório híbrido com aplicações computacionais interativas que permitem o acesso remoto a experiências que usam sistemas laboratoriais existentes no LIIS do DEI-FCTUC. As experiências incluem a monitorização de sistemas com observação de variáveis físicas, a identificação do modelo de sistemas, o controlo digital de sistemas dinâmicos e os sistemas de controlo distribuído, considerando controladores remotos numa rede de comunicações partilhada.

A monitorização e o controlo remoto de sistemas podem ser implementados usando RSASF numa infra-estrutura distribuída, onde os diferentes sensores e atuadores estão espacialmente distribuídos e ligados através de nós da rede sem fios a uma porta de acesso que fornece os dados à plataforma principal ou ao computador local.

O laboratório remoto baseia-se numa arquitetura cliente-servidor onde a interligação com os processos é implementada através duma RSASF (figura 1) e inclui duas aplicações principais, uma no servidor e outra no cliente. Na ligação entre os sensores e o servidor, os valores das variáveis físicas são obtidos localmente através de transdutores apropriados e enviados ao nó central da rede. A saída dos transmissores, por exemplo de temperatura, de nível ou de caudal, tem que ser convertida num sinal em tensão, numa gama de acordo com as características do nó sensor (por exemplo, 0V a 2,5V), antes de serem ligados aos canais de conversão analógico-digital (ADC) dos nós sensores.

Em termos de atuação, os dados recebidos remotamente são enviados pelo servidor para o nó local através do nó central, permitindo o controlo das variáveis de entrada do sistema e ligando os sinais em tensão, obtidos à saída dos canais de conversão digital-analógica (DAC), aos transmissores associados aos atuadores.

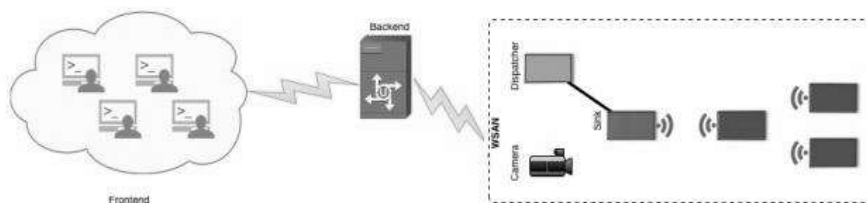


Figura 1: Arquitetura do laboratório remoto.

Neste trabalho, pretende-se demonstrar o uso dum laboratório remoto e virtual, acedendo remotamente a um sistema elétrico em representação dum processo não-linear. Usando uma plataforma Web para interagir com a experiência, os estudantes podem visualizar e obter dados em tempo real do sistema remoto. Em termos gerais, a experiência pode ser usada para a identificação do modelo do sistema não linear e para o respetivo controlo. Para o primeiro caso, é enviado um sinal para a entrada, $u(t)$, do sistema remoto e, depois, é observada e obtida a resposta resultante do sistema, $y(t)$ (figura 2). Na segunda situação, o sistema pode ser controlado remotamente, através da interação em tempo real do controlador remoto com o sistema laboratorial, desenvolvido, por exemplo, em Matlab. Em ambos os casos, os estudantes têm a possibilidade de preparar a experiência usando uma representação virtual do processo, baseada num modelo matemático.

Os estudantes têm acesso a um módulo na plataforma Moodle flock.uc.pt com informação para apoio à realização das experiências e com um questionário para auto-avaliação. A figura 3 mostra a interface do sistema laboratorial remoto usando uma câmara Web.

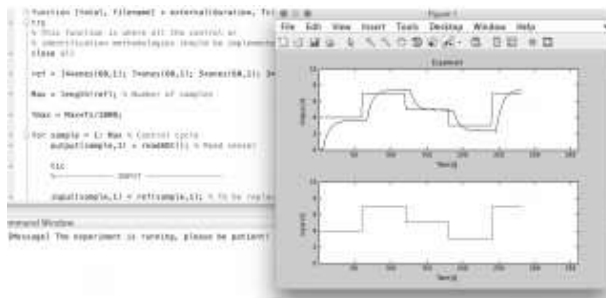


Figura 2: Interfaces da aplicação cliente.

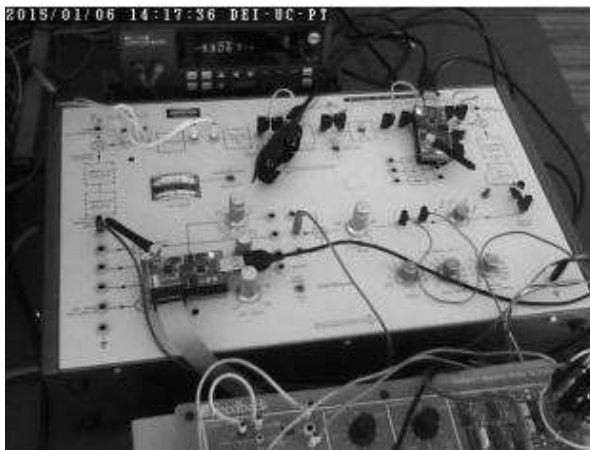


Figura 3: Interface do laboratório remoto usando um sistema elétrico não-linear para experimentação *online*.

3.2 PROGRAMAÇÃO EM PYTHON USANDO UM LABORATÓRIO REMOTO COM RASPBERRY PI

O objetivo deste trabalho (Guerra et al., 2015) é usar um laboratório remoto para motivar e melhorar a aprendizagem dos estudantes sobre programação, por exemplo em Python, usando os dados recolhidos remotamente a partir duma rede de sensores sem fios (RSSF). O sistema laboratorial pode ser representativo duma estufa, onde os dados são adquiridos a partir de sensores em diferentes localizações.

Usando uma plataforma experimental com a arquitetura apresentada na figura 1, as experiências envolvem a execução remota de um programa em Python, usando um Raspberry Pi, e a observação dos resultados através duma câmara (figura 4). Considerando uma solução para a comunicação na RSSF baseada no standard industrial IEEE 802.15.4, as variáveis físicas são adquiridas localmente e transmitidas através da rede.

Para realizar este trabalho, os estudantes registam-se na plataforma Moodle, onde existe um módulo com informação básica sobre programação em Python, indicações sobre a realização das experiências, o código dum programa exemplificativo e um questionário para auto-avaliação. O trabalho inclui a programação para a aquisição

remota de dados a partir da RSSF, para o armazenamento e processamento dos dados e para a sua análise e representação gráfica.



Figura 4: Interface da experiência remota para visualização de resultados no Raspberry Pi.

3.3 WEB-SIG PARA EXPERIMENTAÇÃO SUPOSTADA POR GEOSSENSORES NUMA RSSF

O objetivo deste trabalho (Ribeiro, Vieira, Sousa, & Cardoso, 2015) é disponibilizar um laboratório remoto para aquisição, processamento e geolocalização de dados num Sistema de Informação Geográfica (SIG). O trabalho inclui a aquisição de dados relativos a algumas variáveis, como a temperatura, a humidade e a luminosidade, através do acesso remoto a uma RSSF, e o seu processamento e geolocalização em ambiente SIG. Para isso, foi desenvolvido um programa em Python usando o ambiente computacional interativo IPython Notebook.

Como resultado do trabalho, foi possível visualizar as medições obtidas pelos sensores, a sua geolocalização (figura 5) e o processamento dos dados com representação dos resultados no mapa (figura 6).

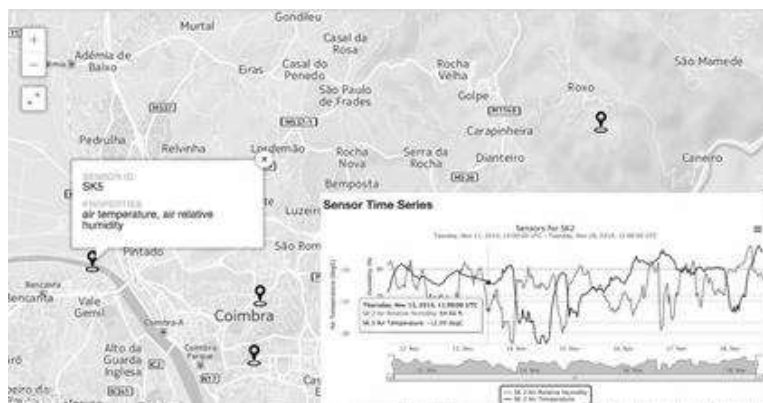


Figura 5: Geolocalização dos sensores com visualização da série temporal.

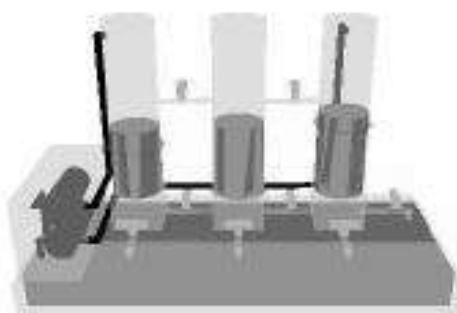


Figura 6: Mapa com o resultado do geoprocessoamento de dados usando uma superfície de temperaturas.

3.4 MODELIZAÇÃO E SIMULAÇÃO DE UM PROCESSO FISIOLÓGICO USANDO UM PROCESSO REMOTO

Complementarmente às partilhas de recursos referidas, preparou-se uma experiência remota para utilização numa disciplina de engenharia biomédica. Este trabalho (Cardoso et al., 2015) considera a modelização e a simulação de um sistema de ingestão e excreção de um medicamento que é tomado oralmente ou por via intravenosa. O processo fisiológico, envolvendo o intestino, a corrente sanguínea e os rins, é representado por um sistema fluídico de três tanques cujo modelo matemático equivalente traduz, no fundamental, o comportamento dinâmico do processo original.

Para a realização da experiência, os utilizadores podem utilizar a versão virtual ou remota do processo laboratorial (figura 7), considerando a comunicação com o sistema através duma RSASF ou duma placa de aquisição/envio de dados e recorrendo à programação em Python, e observar a evolução do sistema através duma câmara Web.



(a)



(b)

Figura 7: Interface do laboratório virtual (a) e remoto (b) usando um sistema de três tanques para a experiência *online*.

3.5 OUTROS RESULTADOS

Alguns módulos do Portal de Laboratórios Virtuais de Processos Químicos (LabVirtual) do DEQ-FCTUC têm vindo a ser utilizados em diversas disciplinas da área de engenharia química de várias instituições, como ferramenta para apoio ao ensino e à aprendizagem dos estudantes.

No âmbito deste projeto e da cooperação já existente entre o DEI- FCTUC e o DEM-FEUP, de que é exemplo o trabalho referido em Restivo, Quintas, Rodrigues, e Cardoso (2015), deu-se início à especificação e desenvolvimento de um serviço de *broker* que possa ser usado na intermediação entre os utilizadores e as plataformas de suporte aos laboratórios remotos e virtuais.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na sequência da divulgação das experiências letivas e da partilha de recursos didáticos em instituições de ensino superior, pode afirmar-se que o impacto do projeto é positivo, tendo por base o feedback recolhido dos docentes e dos estudantes envolvidos, bem como pelo registo da realização de algumas centenas de acessos remotos às experiências disponibilizadas online.

Da parte dos docentes, foram reconhecidas e salientadas as vantagens da partilha de experiências didáticas e de recursos de experimentação online para apoio ao ensino e, acima de tudo, para apoiar a aprendizagem e promover a motivação e a participação dos alunos.

Duma forma geral, os estudantes apreciaram a possibilidade de interagirem remotamente com experiências laboratoriais e relevaram o facto da experimentação online permitir o acesso a laboratórios existentes noutras instituições, em horário e num número de vezes ajustados às suas necessidades e à sua disponibilidade.

De salientar a relevância dada, por docentes e por estudantes, ao apoio que deve ser disponibilizado para ultrapassar as dificuldades pontuais e para o esclarecimento de dúvidas sobre a interação remota com os equipamentos e sobre o software a que tiverem acesso para realizar os vários trabalhos suportados por experimentação online.

No caso dos recursos referidos na subsecção 3.1, foi realizado um trabalho sobre controlo difuso por 44 alunos da disciplina de Controlo Inteligente do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, do DEE da FCTUNL. Como resultado desta partilha, verificou-se uma melhoria da aprendizagem dos assuntos

abordados neste trabalho pela maioria dos alunos. Estes salientaram a importância do trabalho envolver o acesso remoto a um recurso laboratorial e o facto de poderem aceder online ao recurso de acordo com as suas disponibilidades temporais.

Relativamente à partilha referida na subsecção 3.2, foram realizados dois projetos sobre algoritmos e estruturas de dados usando programação em Python por 76 alunos das disciplinas de Algoritmos e Estruturas de Dados e de Estruturas e Algoritmos da Licenciatura em Informática, Redes e Multimédia, do DM da UAc. Daqui resultou um claro aumento (cerca de 30%) do número de alunos que se mantiveram a frequentar a disciplina ao longo do semestre e uma melhoria da sua aprendizagem e do seu desempenho global.

Quanto aos recursos referidos na subsecção 3.3, foi realizado um trabalho sobre a aquisição, processamento e geolocalização de dados num Sistema de Informação Geográfica (SIG) por 54 alunos da disciplina de Sistemas de Informação Geográfica da Licenciatura em Engenharia Civil, do DEC do ISEC-IPC. Com esta partilha foi possível sensibilizar os alunos para a programação em ambiente SIG, tendo resultado na melhoria da sua motivação e do seu desempenho na disciplina.

Com base nos resultados obtidos e na divulgação realizada no projeto, prevê-se que a partilha de recursos e a utilização de metodologias de ensino-aprendizagem suportadas por experimentação online continue a concretizar-se em várias disciplinas de cursos de engenharia das instituições de ensino superior envolvidas. Pretende-se, deste modo, promover a utilização de recursos de experimentação online de uma forma mais universal, esperando-se que isso possa contribuir para a melhoria do processo de aprendizagem dos alunos, bem como para a diminuição da taxa de desistência da frequência das disciplinas e para o aumento da participação ativa dos alunos nas atividades letivas.

5. CONCLUSÃO

No âmbito do projeto da FCT, procedeu-se à divulgação de experiências letivas e foi promovida e concretizada a partilha de recursos didáticos em cursos de engenharia ou afins, baseados em experimentação online e suportados por redes de sensores e atuadores sem fios e por conteúdos multimédia (Cardoso, Rasteiro, & Restivo, 2015). Para tal, foram especificados e adaptados alguns recursos para utilização efetiva em disciplinas de cursos de licenciatura e de mestrado do ensino superior nacional, universitário e politécnico.

Para além disso, o projeto alavancou a cooperação entre as instituições envolvidas, promovendo a continuidade da partilha de recursos em próximas edições de algumas disciplinas e a parceria em projetos como é o caso do projeto “U-Academy / Academia Universal”, a realizar no âmbito dos Projetos de Desenvolvimento do Ensino Superior - Projetos Inovadores no Domínio Educativo da Fundação Calouste Gulbenkian (FCG), de 2015, envolvendo a FCTUC (entidade responsável), a FEUP, a FCTUNL e a UAc.

De referir que o projeto U-Academy pretende organizar, estruturar, integrar e avaliar a eficácia de um conjunto de módulos educacionais (alguns deles bilingues, em Português e em Inglês) especificados para a melhoria do ensino e do processo de aprendizagem, suportados por recursos, nomeadamente, de experimentação online, consideravelmente enriquecida nos projetos experiment@Portugal (2010 e 2012), que, abrangendo vários tópicos de áreas multidisciplinares dos cursos de engenharia, possam contribuir para uma Academia universal e aberta, que promova a partilha e a colaboração entre instituições do Ensino Superior e entidades associadas à educação e à divulgação da Engenharia e da Ciência, nacionais e estrangeiras.

Em conclusão, os resultados alcançados, as partilhas de recursos concretizadas, a divulgação de experiências letivas efetuada e as partilhas, iniciativas e projetos previstos para o futuro são indicadores que permitem afirmar que o projeto correspondeu aos objetivos estabelecidos e ao espírito do concurso da FCT, bem como antever a aplicabilidade da abordagem considerada a outros domínios científicos e noutros contextos formativos.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores manifestam o seu agradecimento à FCT pelo suporte a este trabalho através do projeto FCT 132/ID/2014 - “Partilha e divulgação de experimentação online em cursos de engenharia, suportada por redes de sensores e atuadores sem fios e por conteúdos multimédia” que decorreu durante um período de 6 meses, de 30/09/2014 a 29/03/2015, no âmbito do concurso de 2014 para Projetos de Partilha e Divulgação de Experiências com Inovação Didática.

7. REFERÊNCIAS

Cardoso, A., & Gil, P. (2013). Online Learning in Engineering Courses Using Wireless Sensor and Actuator Networks. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 3, 76-80. doi: <http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v3iS1.2457>.

- Cardoso, A., Gil, P., Lourenço J., & Leitão, J. (2014). Demonstration of an application for remote outlier detection and accommodation. *Proc. Int. Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation - REV'2014*, 409-410. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/REV.2014.6784205>.
- Cardoso, A., Osório, D., Leitão, J., Sousa, V., Graveto, V., & Teixeira, C. (2015). Demonstration of modeling and simulation of physiological processes using a remote lab. *Proc. 3rd Experiment@ International Conference - exp.at'15*, 103-104.
- Cardoso, A., Rasteiro, M. G., & Restivo, M. T. (2015). Partilha de experimentação online em cursos de engenharia, suportada por redes de sensores e atuadores sem fios. *Congresso Nacional de Práticas Pedagógicas no Ensino Superior - CNaPPES. 15*.
- Cardoso, A., Restivo, M. T., Quintas, M. R., Chouzal, F., Rasteiro, M. G., Marques, J. C., & Menezes, P. (2014). Online Experimentation: Experiment@Portugal-2012. *Proc. Int. Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation - REV'2014*, 303-308. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/REV.2014.6784175>.
- Cardoso, A., Sousa, V., Leitão, J., Graveto, V., & Gil, P. (2015). Demonstration of identification and control of nonlinear systems using a remote lab. *Proc. 3rd Experiment@ International Conference - exp.at'15*, 97-98.
- Granho, J. F., Rasteiro, M. G., Ferreira, L. M. G., Bernardo, F. P., Carvalho, M. G., & Ferreira, A. G. (2012). A Virtual Platform to Teach Separation Processes. *Computer Applications in Engineering Education*, 20(1), 175-186. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/cae.20383>.
- Guerra, H., Cardoso, A., Sousa, V., Leitão, J., Graveto, V., & Gomes, L. M. (2015). Demonstration of Programming in Python using a remote lab with Raspberry Pi. *Proc. 3rd Experiment@ International Conference - exp.at'15*, 101-102.
- Rasteiro, M. G., Cardoso, A., Gomes, R., & Santos, T. (2013). Multimedia Tools to Learn About Nanoparticles Characterization. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 9, 77-79. doi: <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v9iS8.3401>.
- Rasteiro, M. G., Ferreira, L., Teixeira, J., Bernardo, F. P., Carvalho, M. G., Ferreira, A., Ferreira, R. Q., Garcia, F. A. P., Baptista, C. M. S. G., Oliveira, N., Quina, M., Santos, L., Saraiva, P. A., Mendes, A., Magalhães, F., Almeida, A. S., Granjo,

J., Ascenso, M., Bastos, R. M., & Borges, R. (2009). LABVIRTUAL - a Virtual Platform to Teach Chemical Processes. *ICHEME Transactions D - Education for Chemical Engineers*, 4, e9-e19. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ece.2009.02.001>.

Restivo, M. T., & Cardoso, A. (2014). Online Experimentation in Education and Training. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 4(2), 52-56. doi: <http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v4i2.3481>.

Restivo, M. T., Quintas, M. R., Rodrigues, J., & Cardoso, A. (2015). Next-Generation Experimental Lab #1. *Proc. 3rd Experiment@ International Conference - exp.at'15*, 99-100.

Ribeiro, A., Vieira, J., Sousa, A., & Cardoso, A. (2015). Demonstration of GIS web-based platform for experimentation supported by geosensors in a WSN. *Proc. 3rd Experiment@ International Conference - exp.at'15*, 137-138.