

# Avaliação em Duas Fases do Laboratório Remoto em Engenharia, VISIR, na Universidade Al-Quds da Palestina

Salaheddin Odeh, Joaquim Alves, Gustavo Ribeiro Alves, Mahasen Anabtawi, Ingvar Gustavsson, Labib Arafeh, Mahran Jazi and Mahmoud Arekat

*Título*—A Two-Stage Assessment of the Remote Engineering Lab VISIR at Al-Quds University in Palestine.

*Abstract*—Os laboratórios de ciência e engenharia desempenham um papel fundamental na demonstração de conceitos e princípios, bem como na melhoria das competências técnicas. Com a introdução de laboratórios remotos foi possível partilhar dispositivos, equipamento e instrumentação entre universidades. Mais, eles evitam restrições de tempo e espaço, sendo capazes de se adaptar ao ritmo próprio de cada estudante, no caso do tempo passado no laboratório não ter sido suficiente. Neste artigo é descrito um estudo empírico, dividido em duas fases de avaliação. Na primeira fase foi avaliada a flexibilidade de aplicação do laboratório remoto em engenharia VISIR na faculdade de engenharia na Universidade de Al-Quds em Jerusalém, Palestina. Durante esta fase foi ainda avaliada a aceitação desta tecnologia, pelos estudantes, quando em interação com os laboratórios tradicionais. Na segunda fase deste estudo, que decorrerá em 2014/15, será realizada uma aprofundada análise comparativa de forma a caracterizar o VISIR perante as restantes modalidades de laboratórios de engenharia, os práticos/presenciais e os de simulação. Estas três formas de laboratório são comparadas através de testes experimentais, tendo em atenção os critérios de avaliação definidos para os laboratórios de ensino de engenharia e de acordo com os objetivos fundamentais dos cursos, nomeadamente, as taxas de retenção e de satisfação dos estudantes, bem como do seu desempenho

*Palavras-chave*—Avaliação comparativa, critérios de projeto, instrumentos de inspeção, laboratório-remoto, VISIR.

## I. INTRODUÇÃO

A ENGENHARIA distingue-se de outros ramos da ciência principalmente pelo facto de ter uma perspetiva aplicada. Os engenheiros transformam o simples conhecimento em tecnologias úteis e reais, dedicadas ao bem-estar da espécie humana. A engenharia aproveita os

Salaheddin Odeh, Mahasen Anabtawi, Labib Arafeh, Mahran Jazi e Mahmoud Arekat são professores do Departamento de Engenharia de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade de Al-Quds, Abu Dies, Jerusalém, Palestina (e-mails: sodeh@eng.alquds.edu, manabtawi@eng.alquds.edu, larafeh@eng.alquds.edu, eng.mahranjazi@gmail.com e arekat.mahmoud@gmail.com).

Joaquim Alves e Gustavo Ribeiro Alves são professores dos Departamentos de Física e Engenharia Eletrotécnica, respetivamente, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto, Portugal (e-mails: jaa@isep.ipp.pt e gca@isep.ipp.pt).

Ingvar Gustavsson é professor do Instituto de Tecnologia de Blekinge, Blekinge, Suécia (e-mail: ingvar.gustavsson@bth.se).

recursos naturais, fundamentais e disponíveis para a criação de milhares de novos produtos, serviços e máquinas. Por um lado, os cursos são responsáveis pela preparação dos estudantes com a informação adequada para criar, melhorar, avaliar, desenvolver e criar; por outro lado, os laboratórios dão-lhes a oportunidade de praticar, implementar e aprender coisas que é assumido que os engenheiros já sabem. Os laboratórios fornecem aos estudantes uma melhor compreensão das teorias, e há uma ligação de muitos deles a um futuro emprego.

É evidente, através dos objetivos educacionais propostos pela ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), que os laboratórios desempenham um papel central na demonstração de conceitos e princípios, potenciando as capacidades técnicas e de investigação, além de promoverem as competências sociais. A ABET é uma organização não lucrativa e não-governamental que faz acreditação de mais de 3300 programas disciplinares em ciências aplicadas, computação, engenharia e tecnologia, em cerca de 680 escolas e universidades, distribuídas por 24 países [1]. Aos estudantes de engenharia é requerida uma boa apreensão da teoria ensinada, pelo que a maioria dos cursos em educação de engenharia precisam de laboratórios [2][3].

As experiências laboratoriais fazem a ciência ganhar vida, representando o núcleo da aprendizagem de engenharia na forma como permitem aos estudantes uma melhor compreensão das teorias científicas. Os laboratórios podem ser divididos em três categorias: práticos (presenciais), virtuais e remotos. Os laboratórios presenciais, tradicionais, têm elevados custos associados, carecendo de espaço, de apoio técnico e de infraestruturas. Os laboratórios virtuais reproduzem com baixa precisão as experiências reais, devido às funções matemáticas de aproximação, aplicadas através de software de simulação, inviabilizando a sua utilização em sistemas que necessitem de grande exatidão.

Os laboratórios remotos permitem a partilha do mesmo equipamento com várias universidades, diminuindo as restrições temporais de utilização, adaptando-se melhor ao ritmo individual de cada estudante se o tempo no laboratório não for suficiente. Há ainda vantagens adicionais com a introdução de laboratórios remotos como complemento aos tradicionais laboratórios práticos [4]. Por exemplo: diminuem as restrições da localização geográfica, tornando-se independentes da localidade do estudante, permitem a partilha dos elevados custos de utilização de edifícios tradicionais; melhoram a qualidade da experiência ao

permitirem todas as repetições necessárias para eliminar dúvidas nas medições; melhoram a eficácia através do treino; melhoram a segurança, na medida em que não existe o risco de falha catastrófica. Por outro lado, os laboratórios remotos não têm ninguém presente para ajudar o estudante na resolução de problemas com as experiências e também não permitem o treino com a instalação de equipamento. As fronteiras entre estas categorias estão de certa forma sobrepostas no sentido em que em praticamente todos os laboratórios são utilizados computadores e que a psicologia associada à presença física pode ser tão importante como a própria tecnologia [5].

Neste trabalho, o sistema de laboratório remoto VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality) [6] foi aplicado na Faculdade de Engenharia da Universidade de Al-Quds, na Palestina. VISIR é um laboratório remoto para projetar, conectar e fazer medições em circuitos eletrônicos. Com ele, o utilizador tem a possibilidade de aceder ao laboratório remotamente através da internet e de uma interface web, utilizando um qualquer web browser. O projeto foi lançado em final de 2006 pelo Departamento de Processamento de Sinal ASB do Instituto de Tecnologia de Blekinge (BTH), na Suécia, em parceria com a National Instruments, nos EUA, como fornecedora de instrumentos, e com a Axiom EduTECH, na Suécia. O projeto foi suportado financeiramente pela BTH e pela Agência Governamental Sueca para Sistemas de Inovação (VINNOVA).

É reconhecido que os laboratórios remotos são essencialmente de suporte e não de substituição dos laboratórios tradicionais das escolas. Ou seja, são um complemento aos tradicionais laboratórios práticos, permitindo o seu acesso aos estudantes fora das horas normais de aulas, de forma a estes melhorarem a sua aprendizagem dos conceitos e teoria [5]. Assim, esta contribuição reporta a experiência de aplicação do VISIR na Universidade de Al-Quds, apresentando os resultados da avaliação do seu desempenho. É mostrado o grau de satisfação da utilização do VISIR pelos estudantes da Faculdade de Engenharia da Universidade de Al-Quds, revelando as vantagens e desvantagens da sua aplicação. O procedimento de avaliação está organizado em duas fases.

Na primeira fase procura-se a confirmação de que o VISIR é efetivamente uma ferramenta complementar aos laboratórios tradicionais. Nesta fase, usou-se um questionário para avaliar a interação entre os estudantes e o VISIR, incluindo perguntas com o objetivo de medir os seguintes critérios de avaliação: utilidade e satisfação, sensação de realidade/imersão e utilidade. Logo, foi necessário escolher uma experiência adequadamente simples para o primeiro contacto entre os estudantes e o VISIR. Assim, e uma vez que o principal objetivo era avaliar a utilização do laboratório remoto e não o ensino de circuitos complexos, decidiu-se pela utilização da experiência do filtro RC que, além de teoricamente simples não utiliza muitos componentes. Outra razão para a utilização deste circuito prendeu-se com o facto dos estudantes previamente o terem estudado em profundidade, através de projetos e relatórios desenvolvidos nos laboratórios tradicionais. Desta forma seria mais simples para os estudantes a comparação entre sistemas de implementação de circuitos, sendo precisamente este o objetivo do nosso estudo. Durante os

testes de utilização os estudantes responderam a questionários de pesquisa: uma parte respondida antes da experiência com o laboratório remoto; outra parte após a experiência com o VISIR.

Na segunda fase, que terá início do próximo ano letivo de 2014/2015, será realizado um estudo comparativo com um grupo de mais de 50 estudantes de engenharia eletrotécnica e de computadores. Para esta fase foi já selecionado um circuito eletrónico mais complexo, nomeadamente um circuito amplificador emissor comum, pretendendo-se medir tanto a frequência de corte inferior como a superior. O objetivo desta avaliação é descobrir os pontos fortes e fracos dos laboratórios remotos, aqui representados pelo VISIR, em comparação com os laboratórios tradicionais e de simulação, que servem como sistemas de referência: assim, é possível comparar e analisar os resultados obtidos, utilizando uma das técnicas de testes estatísticos disponíveis, tais como a análise de variância (ANOVA) ou o teste t de Student [7]. Uma vez que o número de indivíduos é superior a 30 e existem dois sistemas de referência, a escolha será a avaliação ANOVA, sendo mais adequada a este tipo de avaliações complexas. Em seguida, os dados brutos obtidos com o teste de utilização comparativa serão tratados e analisados estatisticamente usando SPSS [8]. Através desta avaliação comparativa é possível saber em que critérios o VISIR é superior ou inferior ao das outras duas abordagens. As três abordagens serão ainda comparados através de um ensaio experimental, tendo sido selecionados como critérios: taxas de retenção e de satisfação dos estudantes, bem como do seu desempenho.

## II. LABORATÓRIOS TRADICIONAIS, VIRTUAIS E REMOTOS

A Engenharia é caracterizada pelo fato de ser considerada uma ciência aplicada. A maioria dos planos de estudo de engenharia contém um nível mínimo de horas de crédito atribuídas a experiências em laboratório. Os estudantes precisam realizar experiências a fim de melhor compreender a teoria, para colaborar e interagir eficientemente com os seus colegas e aprender a lidar eficazmente com equipamentos e instrumentos, que terão de um papel vital na sua pós graduação.

Duas características diferenciam os laboratórios tradicionais dos outros tipos [9]. Por um lado, na sala laboratorial é usado equipamento real, fisicamente e localmente conectado, por outro, os estudantes e o equipamento têm de estar presentes no local do laboratório. No entanto, devido a limitações de espaço e dinheiro muitos cursos de engenharia não podem proporcionar a sua componente prática usando os laboratórios tradicionais. Assim, a utilização de laboratórios virtuais (laboratório de simulação) e de laboratórios remotos tem aumentado rapidamente no ensino da engenharia.

Um laboratório virtual é uma simulação de software, em que é imitada uma experiência representada por um modelo matemático. Por outras palavras, os laboratórios virtuais imitam a prática; ou seja, em vez de realizar a experiência em equipamentos reais, os ensaios e possivelmente até mesmo os dados, são simulados num computador [10]. Infelizmente, isto enfraquece a referência dos estudantes à realidade e, assim, eles mais tarde não conseguirão trabalhar com os componentes e instrumentos em trabalho real. Além

disso, falta precisão na maioria de tais modelos matemáticos, que pode ser crítica em muitas experiências. No entanto, e mais recentemente, as tecnologias de aprendizagem mudaram significativamente o ambiente dos laboratórios. Usando texto, fotos, ilustrações e multimídia, podemos construir simulações de processos complexos de ciências biológicas e médicas, agricultura, engenharia e educação prática, que não são facilmente acessíveis na envolvimento e em tempo real. Quando uma simulação substitui um sistema real, os laboratórios virtuais geralmente recorrem a software de simulação como MATLAB, LabVIEW ou outras aplicações. Os laboratórios virtuais permitem facilmente aos estudantes o acesso a aplicações de engenharia, como simulações, demonstrações ou exercícios, a qualquer hora e em qualquer lugar.

Os laboratórios remotos têm beneficiado muito das atuais tecnologias de e-learning e internet. Recentemente, muitas instituições acadêmicas começaram a disponibilizar várias experiências laboratoriais remotas, designadas como Laboratórios Web ou Laboratórios Online. Estes laboratórios permitem experiências físicas, controladas remotamente [11]. Podem ser definidos como sendo: um laboratório acessado por uma rede de comunicações de forma a executar uma experiência laboratorial, usando equipamentos e dispositivos reais. Para isso existe um servidor que permite a comunicação entre o utilizador e a experiência física no laboratório [12]. Assim, este tipo de laboratório é adequado para cursos de ensino à distância, onde os estudantes não precisam de estar fisicamente presentes no campus. O elemento central de um laboratório remoto são os instrumentos, controlados por um computador pessoal. Estes instrumentos, normalmente muito caros, podem ser configurados remotamente, tornando fácil a sua partilha. Um laboratório remoto deve fornecer uma interface para enviar comandos e receber resposta dos equipamentos laboratoriais. Muitos métodos fornecem acesso remoto ao equipamento laboratorial, sendo que o método mais vulgar utiliza um browser web, como o Internet Explorer ou o Firefox. Normalmente, o acesso de cada utilizador é controlado por uma agenda específica.

### III. LABORATÓRIO REMOTO VISIR

A plataforma VISIR Open Lab, projetado no Departamento de Engenharia Eletrotécnica (AET) do Instituto de Tecnologia de Blekinge (BTH), Suécia, é uma arquitetura que, por acesso remoto, complementa e aumenta a acessibilidade e capacidade dos laboratórios práticos existentes. Uma única interface dá ao estudante uma sensação de estar num laboratório prático [13]. No entanto, alguns tipos de experiências laboratoriais são mais fáceis de configurar para acesso remoto do que outras. Até agora, a plataforma atual VISIR (4.1) oferece apenas suporte a laboratórios com experiências elétricas e experiências de vibração mecânicas.

A maioria dos instrumentos num laboratório de eletrónica tem a opção de controlo remoto, característica que uma placa de montagem (breadboard) não tem. Para criar uma bancada com acesso remoto é necessário um dispositivo que, remotamente, faça todas as ligações elétricas necessárias. Uma matriz de comutação, equipada com relés eletromecânicos pode servir como tal dispositivo [14]. A

matriz de comutação para ligação remota de circuitos elétricos é apresentada na parte superior da imagem na Fig. 1. É a pilha de placas na parte superior do chassi PXI que contém os instrumentos.

A Plataforma VISIR tem sido descrita em muitos artigos [15]-[17], mas aqui é apenas pretendido ressaltar as suas partes mais importantes:

--Interface web: possibilita ao utilizador executar as mesmas ações como se estivesse num laboratório tradicional. A sua poderosa interface desenvolvida em Adobe Flash representa painéis frontais realistas dos equipamentos utilizados pelos estudantes para testar os circuitos desenvolvidos na breadboard virtual.

--Servidor de medição: atua como um instrutor virtual que controla os comandos enviados, através da interface web, para o servidor de equipamento, evitando algumas ligações perigosas no circuito e também para proteger os instrumentos. É programado por ficheiros 'max list' que contém os valores máximos de cada componente e ajustes permitidos para os instrumentos, para cada experiência, e descreve os circuitos permitidos na plataforma.

--Servidor do equipamento: a plataforma PXI ligada à matriz de relés de comutação, são controlados por este servidor escrito em LabVIEW. Ele recebe os comandos do servidor de medição sobre TC/PIP para serem executados nos instrumentos reais. Um ficheiro com a 'lista de componentes' é inserido no servidor de equipamento para definir os componentes instalados na matriz.

--A matriz de comutação: é a matriz especialmente desenvolvida para este laboratório remoto que executa as ligações entre os componentes e instrumentos que o utilizador tenha realizado na interface web.

A Fig. 2 representa graficamente o fluxo de trabalho numa sessão de prática VISIR: a interface web permite ao estudante criar o circuito de forma virtual através de uma web browser, enquanto ambos os servidores de medição e equipamento são responsáveis por tornar este circuito fisicamente real, através da matriz de comutação, e de fornecer ao utilizador as medições obtidas a partir do circuito criado anteriormente.



Fig. 1. Plataforma de hardware VISIR do Instituto Superior de Engenharia do Porto e da Universidade de Deusto.

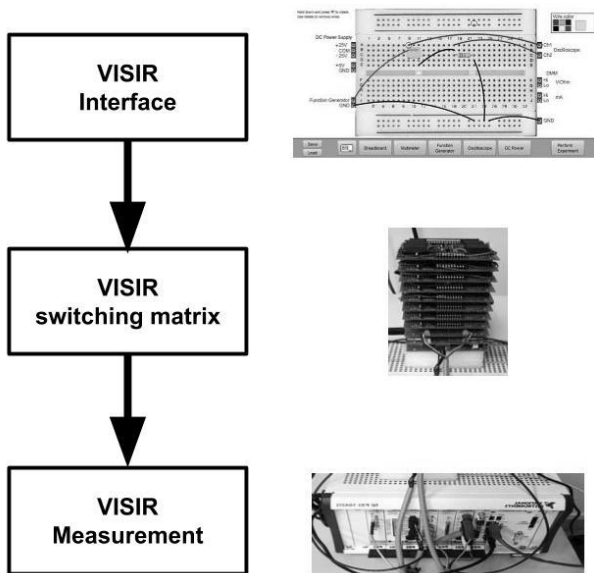


Fig. 2. Fluxo de trabalho de uma sessão prática com VISIR lab

#### IV. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO VISIR

##### A. Aplicação do VISIR na Universidade Al-Quds

O VISIR está a ser utilizado na Faculdade de Engenharia da Universidade de Deusto, desde 2007, em diferentes cursos de engenharia: Telecomunicações, Informática, Tecnologias Industriais e Eletrónica. As disciplinas onde é atualmente utilizado VISIR são: Eletrónica Digital, Tecnologia de Computadores, Eletrónica Analógica, Circuitos e Física [18].

Um dos principais objetivos alcançados com a aplicação do VISIR na Universidade Al-Quds não é apenas a sua utilização em futuras experiências, como um recurso complementar à tradicional prática laboratorial, mas também estabelecer algum tipo de colaboração académica entre universidades, como por exemplo, através da partilha de dispositivos, equipamentos e instrumentação.

Depois dos primeiros contatos com os responsáveis pelo VISIR e de obter a sua aceitação para aceder e testar o VISIR remotamente, foi necessário decidir os circuitos a usar pelos estudantes durante o semestre. Como já referido, optou-se por uma experiência de filtro RC porque o principal objetivo é testar o laboratório VISIR e não testar circuitos complicados. Para preparar a sessão virtual para a experiência remota foram necessárias as seguintes etapas:

- 1) O docente teve que explicar aos estudantes como usar VISIR. Assim, foi necessário dar acesso ao instrutor a uma das experiências previamente preparada e configurada. Também pode ser prestada assistência através de um dos modernos serviços de voz suportados por IP, como o Skype.
- 2) Numa perspetiva do docente, um aspeto importante sobre o uso do VISIR é compreender o tipo de experiências que se pode fazer. Para isso, é importante saber quais os componentes que estão disponíveis na matriz, conforme mostrado na Fig. 2. Para o efeito, o responsável pelo desenvolvimento do VISIR preparou uma função simples que permite que seja descarregado o

ficheiro com a lista de componentes e a indicação do número máximo de componentes permitido.

- 3) O docente teve que familiarizar-se com o sistema, lendo o manual dos professores e o manual de matriz VISIR.
- 4) O Administrador do VISIR preparou um curso virtual que foi, no caso deste projeto, intitulado “Collaboration Al-Quds”. Um docente teve que ser adicionado a este curso. Logo que ativou sua conta, o docente teve a permissão para adicionar alunos neste curso. O número dos estudantes teve também que ser definido pelo administrador do VISIR.
- 5) Após a conclusão das etapas anteriores e do registo no sistema, torna-se visível uma janela com a experiência intitulada “Filtro RC”, constituída por uma breadboard virtual e 5 componentes na barra superior (4 resistências e 1 condensador). Com estes elementos eletrónicos, equipamentos e instrumentação, era possível fazer experiências simples com filtros passa-baixo e passa-alto, usando os elementos pré-configurados.

Em resumo, embora o VISIR esteja fisicamente a grande distância da Universidade Al-Quds, foi fácil coordenar, através da troca de e-mails, a realização das tarefas necessárias para preparar remotamente a experiência do circuito.

##### B. Avaliação do VISIR

###### 1) Introdução

Como referido na secção anterior, um dos principais objetivos deste estudo é mostrar o quão flexível é aplicar o VISIR na faculdade de engenharia da Universidade Al-Quds. Além disso, pretende-se demonstrar, através de testes de utilização, principalmente com base em questionários aos utilizadores, se os estudantes de engenharia da Universidade de Al-Quds irão aceitar tal tecnologia para interagir nos seus futuros laboratórios e quais são as vantagens e desvantagens de usar o VISIR, na perspetiva dos estudantes. Assim, será possível decidir sobre a utilização de VISIR em futuras experiências na Universidade Al-Quds. Uma maneira óbvia para atingir este objetivo é testar o VISIR através de uma avaliação subjetiva, usando instrumentos de pesquisa [19]. A avaliação de novos sistemas de ensino prático é assim concretizada por inquéritos, que medem o nível de aquisição das necessárias competências práticas, adquiridas pelos estudantes que já têm experiência em laboratórios tradicionais. Num passo seguinte, é de grande relevância a caracterização do VISIR no atual panorama laboratorial, nomeadamente na comparação com outros sistemas, como o tradicional laboratório prático e o de simulação. Uma forma de o conseguir é através de avaliação comparativa, baseada em análise estatística, revelando as características e atributos de cada sistema.

Na literatura, existem muitas fontes que podem ser usadas para estabelecer o questionário deste estudo, por exemplo, o questionário de satisfação da interação do utilizador (QUIS) [20], inventário de medição de utilização de software (SUMI) [21], medindo a facilidade de utilização dos sistemas multimédia (MUMMS) [22], questionário de utilização de sistemas de computador (CSUQ) [23] e questionários que lidam com a interação humano-computador [24].

## 2) Fase um: Teste de Utilização Baseado em Instrumentos de Pesquisa

Independentemente das técnicas de avaliação mencionadas acima, as perguntas de pesquisa deste estudo foram criadas usando principalmente a pesquisa de Tawfik et al. [18], uma vez que este foi usado anteriormente para avaliar o mesmo laboratório remoto e assim aprovado pela sua adequação para este teste.

Foi aplicado um questionário de perguntas fechadas e os dados foram recolhidos a fim de investigar as percepções dos estudantes nas suas experiências práticas em laboratórios tradicionais e com o VISIR como representante de laboratórios remotos para este caso de estudo. Perguntas fechadas são perguntas em que todas as respostas possíveis estão ordenadas numa escala de cinco níveis (escala Likert); o entrevistado é solicitado a escolher uma das respostas (discordo fortemente, discordo, neutro, concordo, concordo fortemente). De acordo com Reja et al. [25], as perguntas fechadas têm diversas vantagens: são geralmente mais simples e oferecem opções aos inquiridos, guiam os entrevistados para informações específicas necessárias, que permitem fazer mais perguntas em menos tempo, e os dados (respostas) são fáceis de tabular e analisar.

Este tipo de avaliação pode ser considerada como uma funcionalidade de engenharia baseada em cenários de interação com o utilizador. De acordo com Rosson et al. [26], um cenário de interação com o utilizador é uma história sobre pessoas e as suas atividades, permitindo aos projetistas de sistemas responderem às atuais necessidades, antecipando também novas necessidades. Estes oferecem uma visão profunda sobre o sentido das situações avaliadas, mas ao mesmo tempo não implica que as coisas permaneçam na mesma. Eles descrevem os sistemas em termos de objetivos que os utilizadores irão perseguir, enquanto usam o sistema. Em suma, os cenários focam os projetistas nas necessidades e preocupações das pessoas do mundo real. Os métodos baseados em cenários, tanto para projetar como para analisar, não são apenas benéficos na descrição de pessoas que usam a tecnologia para remodelar as suas atividades. Revelam-se também de grande importância antes de um sistema ser construído, antecipando os possíveis impactos sentidos, [27] e [28].

Um total de 71 estudantes de engenharia (34 mulheres e 37 homens) do Departamento de Engenharia de Computação na Universidade Al-Quds estiveram envolvidos nas respostas dos questionários de pesquisa da primeira fase de avaliação. Estes estudantes estavam matriculados no curso de "Instrumentação e Sistemas de Controlo" e têm uma sólida formação em princípios de circuitos analógicos, bem como um forte conhecimento sobre as suas aplicações e implementações. A experiência de laboratório usada é um circuito de filtro RC e para a sua execução são necessários componentes elétricos, além de instrumentos de medição como osciloscópios, fontes de alimentação, etc..

Durante a realização da experiência, que representa a sessão de teste de utilização discutida anteriormente, o engenheiro responsável pela demonstração explica aos sujeitos (estudantes) todas as operações relacionadas com o uso de VISIR de forma muito simples e clara. O principal objetivo do estudo é testar o VISIR e não o conhecimento de circuitos complicados. Como tal, a escolha recaiu num

circuito RC, circuito simples e com baixo número de componentes, e com o qual todos os estudantes tinham experiência prévia. Assim, eles foram capazes de distinguir e comparar entre as duas diferentes abordagens de interação, sendo capazes de avaliar o sistema.

O principal componente gráfico na interface web com o utilizador do laboratório remoto VISIR é a breadboard virtual. Através desta os estudantes podem ligar remotamente os diversos componentes e equipamentos físicos, obtendo o circuito pretendido para a experiência. A Fig. 3 ilustra o circuito do filtro RC virtualmente conectado sobre a breadboard virtual do VISIR.

Na Tabela I são mostrados os registos das medidas e valores dos ganhos calculados e os respetivos erros alcançados por um dos sujeitos. Na Fig. 4, são apresentadas imagens instantâneas do osciloscópio VISIR instalado no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Nelas são mostrados gráficos de sinal sinusoidal, de entrada e saída do circuito de filtro RC, com frequências diferentes. De notar que os erros de ganho são devidos às tolerâncias do próprio equipamento instalado no Porto, Portugal.

É inegável que os laboratórios remotos devem servir como apoio e não como substituto das salas de laboratório, servindo como um recurso complementar à prática tradicional, permitindo que os estudantes tenham acesso a laboratórios remotos fora do horário normal de laboratório a fim de reforçar a aprendizagem dos conceitos teóricos [5]. Neste sentido, o questionário de pesquisa utilizado consiste num grupo de perguntas (Q1-Q3) para obter uma imagem da opinião dos estudantes sobre as dificuldades que enfrentam em laboratórios tradicionais. Tais dificuldades são causadas por frequentar aulas práticas laboratoriais na escola, apenas em horários fixos, durante todo ano letivo. Esta situação provoca um aumento do número de estudantes a trabalhar na mesma experiência ao mesmo tempo, o que resulta da escassez de equipamentos de laboratório e instrumentos devido a limitações orçamentais [5].

A Tabela II inclui as questões de pesquisa categorizadas como "antes" para avaliar a satisfação dos estudantes em relação ao quanto estão satisfeitos com o equipamento e gestão dos laboratórios tradicionais (Q1-Q3).

O questionário inclui ainda questões de pesquisa (Q4-Q17) com o objetivo de medir os seguintes critérios de avaliação: "utilidade e satisfação", "senso de realidade/imersão" e "utilização". Estas perguntas, que são respondidas após a sessão, são classificadas como "depois". Com estas perguntas, é possível perceber quanto o VISIR é fácil de

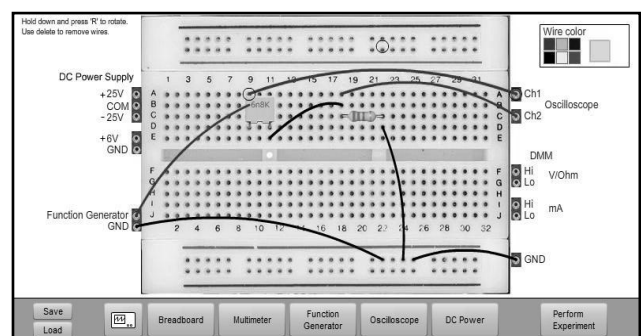


Fig. 3. Ligações virtuais do circuito do filtro RC sobre a breadboard virtual do laboratório remoto VISIR

TABELA I.  
VALORES MEDIDOS E CALCULADOS DO FILTRO RC, OBTIDOS POR UM DOS ESTUDANTES

Frequência (Hz)	Ganho Medido	Ganho Calculado	Erro do Ganho
300	0.68	0.73	6.85
400	0.60	0.63	4.76
500	0.51	0.54	5.56
600	0.45	0.47	4.26
700	0.40	0.42	4.76
800	0.35	0.37	5.41
900	0.33	0.34	2.94
1000	0.30	0.31	3.23
1600	0.19	0.20	5.00
2600	0.12	0.12	0.00
3600	0.08	0.09	11.11

usar e qual a medida da intensidade de realidade/imersão do mundo real e mundo virtual num ambiente fabricado [28]. Este último valor mostra o quanto os estudantes estão imersos na sua atividade de realização de experiências através do laboratório remoto. Além destas, é ainda possível medir a satisfação dos estudantes sobre: a capacidade do VISIR funcionar corretamente e de fornecer os resultados esperados, uma vez que os estudantes já tiveram experiência prévia com o circuito RC num laboratório tradicional; a avaliação do VISIR como ferramenta complementar aos laboratórios práticos e do trabalho colaborativo entre eles.

No início da experiência, os docentes forneceram aos estudantes o nome de utilizador e respetiva senha para permitir que acessem ao VISIR através da interface de utilizador. Após as sessões de experiência, os dados brutos foram recolhidos e analisados estatisticamente. De seguida, serão discutidos alguns dos resultados do questionário de pesquisa, representados na Fig. 5. Dos dados da Fig. 5 é óbvio que a satisfação dos estudantes sobre frequentar sessões práticas nos laboratórios tradicionais em tempo fixo durante os semestres letivos é baixa pois isso restringe o acesso a recursos de laboratório no horário de trabalho e conduz ao aumento do número de estudantes a trabalhar na mesma experiência.

TABELA II.  
QUESTÕES DE PESQUISA DA AVALIAÇÃO

Tempo da pesquisa	Critério de Avaliação	Questão	
Antes	Satisfação	Q1 Sinto que os resultados obtidos nos laboratórios tradicionais estão em conformidade com os resultados pretendidos das experiências laboratoriais	
		Q2 Enfrento muitos problemas no laboratório tradicional	
		Q3 Depois de realizar uma experiência no laboratório, eu gostaria de ter mais tempo para continuar a praticar	
Depois	Utilização	Q4 Usar VISIR é fácil e conveniente	
		Q5 Não preciso da ajuda do instrutor da experiência na maioria das atividades	
		Q6 Enquanto usei o VISIR estava motivado para continuar a realizar a experiência	
		Q7 Eu não tenho problemas com o tempo atribuído	
		Q8 Mover entre a página da montagem e a página dos outros equipamentos e instrumentos é realizada sem dificuldades	
	Sentido de Realidade/Imersão	Q9 Como é o caso com o VISIR, colocando a <i>breadboard</i> numa página e o restante equipamento noutra simplifica a minha interação com o sistema	
		Q10 Eu senti que o VISIR era real e não virtual	
		Q11 O equipamento e instrumentos no VISIR são idênticos ao seu equivalente real	
		Q12 Embora esteja muito longe do VISIR, sinto-me no controlo do mesmo	
		Q13 Eu gostaria de ter uma <i>webcam</i> (um relógio, um dispositivo, uma tela, etc.) no lado do servidor do laboratório, a fim de melhorar a minha interação entre os utilizadores e o laboratório remoto	
		Utilidade e Satisfação	Q14 Eu penso que a utilização do VISIR reforçará as minhas competências e base teórica
			Q15 Eu gostaria de usar VISIR em outras disciplinas.
	Q16 Eu acho que laboratórios remotos tais como VISIR servem como um complemento à prática		
	Q17 Eu acho que se dois ou mais estudantes localizados em lugares diferentes tiverem a oportunidade de trabalhar em conjunto numa experiência, irá estimular o trabalho colaborativo entre os estudantes		

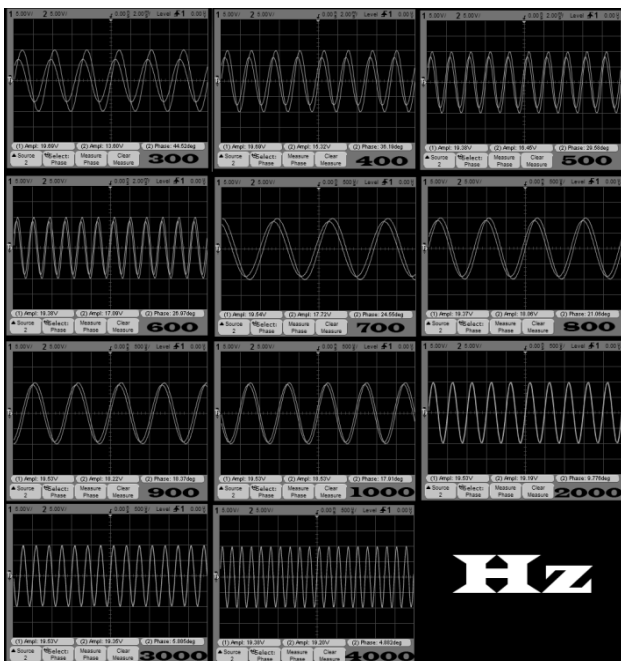


Fig. 4. Gráficos resultado obtidos com o osciloscópio VISIR por um estudante que executou a experiência do circuito filtro RC

A maioria das questões de pesquisa sobre VISIR tem uma média alta em comparação com aquelas relacionadas com os laboratórios tradicionais. Como pode ser verificado pelo gráfico da Fig. 5, três das perguntas de pesquisa, Q4: “Usar VISIR é fácil e conveniente”, Q6:” Enquanto usei o VISIR estava motivado para continuar a realizar a experiência”, e Q8:” Mover entre a página da montagem e a página dos outros equipamentos instrumentos é realizada sem dificuldades”, obtiveram valores superiores a 4 (máximo de 5), refletindo que a interface do utilizador está orientada ao utilizador e bem adaptada às necessidades dos estudantes no laboratório de ciência e engenharia. Outro resultado interessante a ser destacado é a preferência de ter a breadboard numa página separada da dos outros componentes, que obteve um valor próximo de 4. Distribuir os componentes virtuais em várias páginas é a versão preferida para os estudantes. Uma interpretação plausível deste facto é de que os estudantes consideram confuso ter diferentes apresentações/informações numa única página. A

questão de pesquisa Q5 mostra que durante uma sessão de experiência não houve necessidade da ajuda do instrutor, o que significa que o projeto do sistema VISIR, e da sua estrutura funcional, é de simples adaptação para o utilizador.

De uma forma geral, o critério de "Utilização" obteve um valor relativamente elevado em comparação com os outros critérios, como está representada na Fig. 6, em que se comparam graficamente os resultados dos critérios de avaliação das várias categorias "satisfação na prática", "utilidade e satisfação", "sentido de realidade/imersão" e "utilização".

Ficou claro na questão de pesquisa Q5, sobre a adição de algumas modificações ao sistema, como acrescentar uma webcam, tem um valor relativamente elevado de variabilidade o que mostra que os estudantes têm opiniões muito diferentes. Como exemplo, um dos estudantes argumentou que é necessário ter acesso visual aos dispositivos reais, através de uma webcam, pois dessa forma aumentaria o envolvimento com a tarefa, sentindo-se como se estivesse a fazer uma experiência real. Callaghan et al. [30] aponta que esta é de grande importância, por permitir que o estudante transfira eficaz e competentemente os conhecimentos adquiridos de um equipamento de teste em ambiente de laboratório remoto, para um equipamento de teste real, em laboratório real.

O critério de "Utilidade e Satisfação" alcançou um valor relativamente elevado, que significa que os estudantes consideram o VISIR útil e satisfatório para as suas necessidades de experimentação.

Os estudantes demonstraram também a opinião de que o VISIR deveria ser estendido a um ambiente de trabalho colaborativo. Um laboratório colaborativo é um laboratório aberto, abrangendo várias áreas geográficas, onde os estudantes interagem através de meios eletrónicos. Este tipo de estrutura permite incentivar relações mais próximas entre os participantes [31].

3) Fase dois: Uma Avaliação Comparativa

Na segunda fase, que terá início no próximo ano letivo de 2014/2015, será realizada uma avaliação comparativa com um grupo de mais de 50 estudantes de engenharia dos dois

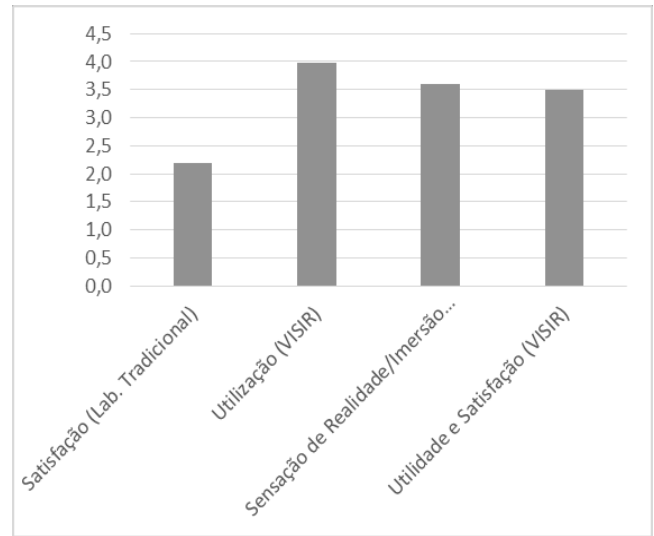


Fig. 6. Resultados da avaliação dos critérios avaliados

departamentos de engenharia, eletrotécnica e de computadores. Para esta fase foi selecionado um circuito eletrónico mais complexo: amplificador emissor comum, que permite medir tanto as frequências inferiores como as frequências superiores de corte. O objetivo da avaliação desta fase é descobrir os pontos fortes e fracos dos laboratórios remotos, aqui representados pelo VISIR, em comparação com os laboratórios práticos/tradicionais e os de simulação. Será assim realizado um enquadramento do VISIR no domínio dos laboratórios de engenharia. A Fig. 7 ilustra o esquema do circuito amplificador de emissor comum, a usar na avaliação prevista. Na Fig. 8 é apresentado o seu equivalente experimental na placa de ensaio virtual VISIR.

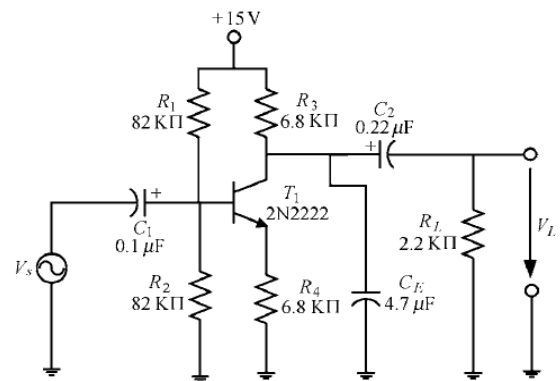


Fig. 7. Esquema do circuito amplificador de emissor comum

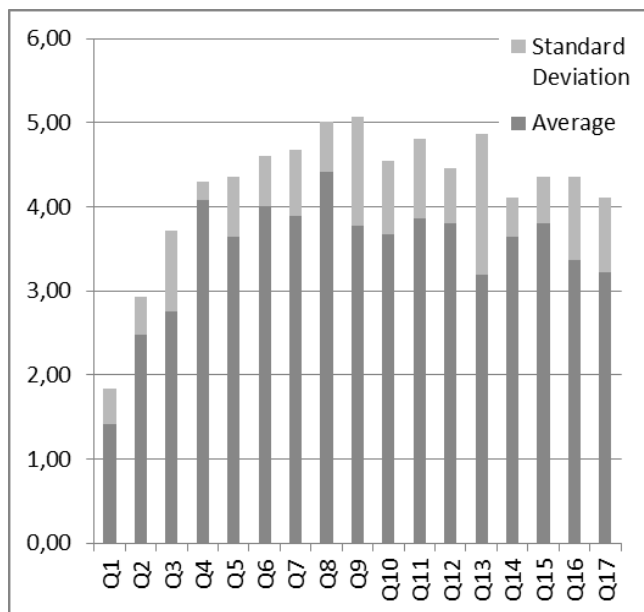


Fig. 5. Resultados obtidos com as questões de pesquisa

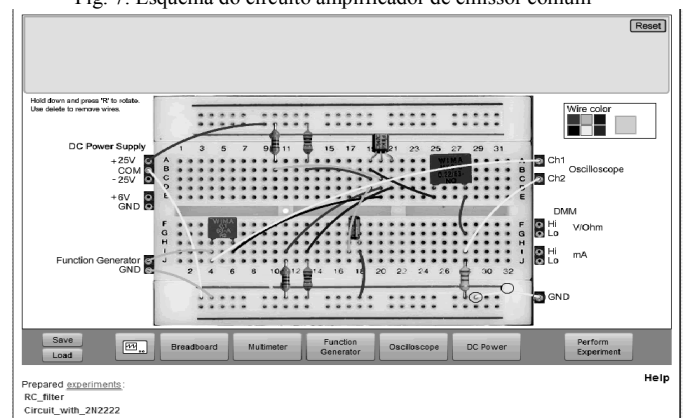


Fig. 8. Apresentação virtual do circuito amplificador de emissor comum, montado na placa de ensaio virtual VISIR

Na avaliação comparativa programada, os resultados obtidos com o laboratório remoto são considerados variáveis independentes, enquanto os critérios de avaliação são considerados como variáveis dependentes. Na análise estatística procura-se explicar a razão de uma variável dependente ter um determinado valor, sendo normalmente comparados para um determinado contexto. Para isso, as variáveis independentes são controladas pelos engenheiros responsáveis pela utilização, agindo como catalisadores para as variáveis dependentes. Ou seja, a variável independente é a "causa presumida", enquanto a variável dependente é o "efeito presumido" da variável independente [34].

Desta forma, será possível medir as diferenças de desempenho entre os diferentes tipos de laboratórios, de acordo com os objetivos dos laboratórios de ensino de engenharia [32], [33]. A análise do resultado estatístico permite, por um lado, a otimização do projeto do sistema de software interativo, e por outro lado, a correção de eventuais erros para os futuros laboratórios remotos. Para a comparação entre médias e respetiva significância estatística da diferença entre conjuntos de números, os avaliadores do sistema podem escolher entre dois métodos: teste t de Student ou one-way ANOVA [7]. Durante uma sessão de testes de utilização, o coordenador da experiência irá explicar aos estudantes todas as operações relacionadas com a experiência VISIR e com a experiência simulada, por exemplo, usando PSpice, que é um programa de *software* para simulação de circuitos analógicos e digitais.

Para comparar os diferentes laboratórios corretamente é da maior importância definir os critérios de avaliação adequados, através dos quais as diferenças entre os três métodos laboratoriais: laboratórios tradicionais, remotos e simulados, podem ser extraídas. Neste sentido, estão desde já definidos três componentes principais: taxa de retenção do estudante, pesquisa de satisfação e o seu desempenho. Estes critérios de avaliação serão utilizados em três sessões práticas com diferentes estudantes, instrutores e técnicos que realizam a experiência, usando os laboratórios práticos/*hands-on*, os de simulação e os remotos VISIR. Além disso, e de forma a realizar um estudo comparativo, um segundo grupo será solicitado a realizar a mesma experiência usando os três métodos.

Os três critérios de avaliação definidos são:

- Taxa de Retenção: Em laboratórios de engenharia, os estudantes trabalham essencialmente em grupo, usando os métodos "Prática fazendo" e "Ensinando outros". É importante relembrar aqui que os métodos de ensino podem ser divididos em: Palestra, Leitura, Audiovisual, Demonstração, Grupo de Discussão, Prática fazendo, e Ensinando os outros/uso imediato. As taxas de retenção, que correspondem a cada método foi demonstrada por Singhal et al. [35] e está representado na Fig. 9. É notório, a partir da figura, que a "Palestra" é o método de ensino menos eficaz do ponto de vista da retenção de informação. O método de ensino "Prática fazendo" tem uma taxa de retenção de 75 % e "Ensinando os outros/uso imediato" tem uma taxa de retenção de 90%. Com a introdução dos trabalhos laboratoriais é oferecido aos estudantes a experiência do trabalho em equipa e a prática do "Ensinar os outros", método que tem a



Fig. 9. Métodos de ensino e taxas de retenção [35]

maior taxa de retenção.

- Pesquisa de Satisfação: Será desenvolvido um questionário de pesquisa para medir o grau de satisfação dos estudantes, dos professores e dos técnicos com os três modelos de laboratório.
- Desempenho do Estudante: Para analisar o desempenho do estudante, é necessário avaliar os treze objetivos fundamentais dos laboratórios de ensino de engenharia [33]. Esses objetivos podem ser classificados em três tipos. O primeiro tipo lida com aspetos cognitivos, como a Instrumentação, Modelos, Experiência, Análise de Dados e Projeto. A segunda categoria envolve a capacidade psicomotora que tem como alvo a capacidade de Manipulação dos aparelhos, a Consciência sensorial, Aprender com os erros, Criatividade, Capacidade psicomotora, Segurança, Comunicação, Trabalho em equipa, Ética no laboratório e Perceção sensorial. A terceira e última categoria inclui o Comportamento cognitivo e emocional e Campos de atitudes. Esses objetivos incluem aprender com os erros, criatividade, segurança, comunicação, trabalho em equipa e ética no laboratório.

## V. CONCLUSÕES

Simuladores são ferramentas que os estudantes, especialmente em engenharia, usam para aprender as teorias ensinadas nos seus cursos. No entanto, as experiências físicas/práticas são indispensáveis para explorar os pontos fortes e as limitações dessas teorias, apresentadas como modelos de fenómenos da natureza e para obter uma compreensão exata do que está a ocorrer na vida real. Uma metáfora possível para a experimentação é uma "entrevista com a natureza". O experimentalista coloca uma pergunta, por exemplo: qual é a soma das correntes num nó de um circuito elétrico; a resposta é dada pela natureza. A tarefa delicada está na formulação de perguntas úteis, mas acima de tudo está na interpretação das respostas. Os estudantes devem pois realizar muitas experiências, familiarizando-se com o equipamento no laboratório, a fim de serem fluentes na "linguagem da natureza". A ABET formulou os objetivos de aprendizagem fundamentais dos laboratórios de ensino de engenharia, incluindo as limitações das teorias, das abordagens experimentais utilizadas e da interpretação dos dados. No entanto, as sessões práticas de laboratório

oferecidas pela maioria das universidades são demasiado limitadas para permitir que os estudantes alcancem todos os objetivos.

Atualmente é possível abrir laboratórios para acesso remoto 24 horas por dia, 7 dias por semana usando apenas um navegador web. Os laboratórios remotos VISIR para experiências elétricas, que suportam os objetivos ABET, complementam laboratórios práticos onde os estudantes realizam experiências usando placas de montagem virtuais equivalentes a breadboards. Há mais de cinco anos que muitos estudantes, de várias universidades no mundo, usam os laboratórios VISIR, localizados em várias universidades espalhados pelo mundo, entre os quais o do Instituto Superior de Engenharia do Porto, em Portugal. As experiências de aplicação VISIR na Faculdade de Engenharia da Universidade de Al-Quds, em Jerusalém, Palestina, incluem uma pesquisa onde 71 estudantes de engenharia responderam a um questionário composto por 17 questões fechadas. A primeira fase da avaliação, realizada através de um questionário de pesquisa, preocupou-se em medir o grau de aceitação dos estudantes, satisfação, etc., na introdução de tal tecnologia na faculdade de engenharia. Ficou demonstrado que os estudantes consideram o VISIR útil, satisfazendo as suas necessidades de experimentação. Na segunda etapa deste estudo de avaliação, será realizada uma análise comparativa mais detalhada no início do próximo ano letivo 2014/2015, a fim de ter uma classificação do VISIR em comparação com outros tipos de laboratórios de engenharia, nomeadamente o tradicional laboratório prático/*hands-on* e de simulações, por exemplo, o PSpice. A classificação será de acordo com os objetivos fundamentais dos laboratórios de ensino de engenharia: taxa de retenção, grau de satisfação, e desempenho do estudante.

#### AGRADECIMENTOS

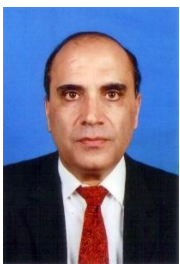
Os autores da universidade de Al-Quds, Palestina, agradecem ao grupo VISIR do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, pela permissão de acesso e pela preparação das experiências remotas VISIR. Este estudo não teria sido possível sem a sua aceitação para acesso ao laboratório remoto.

Este trabalho apresenta uma versão estendida de um documento intitulado como "Experiências da Aplicação de VISIR na Universidade de Al-Quds", apresentado na REV2014: 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, realizada de 26 a 28 de fevereiro de 2014, no Porto, Portugal [36].

#### REFERENCES

- [1] ABET: Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc. [Online]. Available: <http://www.abet.org/about-abet/>
- [2] S. Dormido, H. Vargas, J. Sánchez, N. Duro, R. Dormido, S. Dormido-Canto, and F. Esquembre, "Using Web-Based Laboratories for Control Engineering Education," International Conference on Engineering Education, Coimbra, Portugal, September, 2007.
- [3] Z. Nedic, J. Machotka, and A. Nafalski, "Remote laboratories versus virtual and real laboratories," Proc. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boulder, Colorado, USA, November, 2003.
- [4] W. G. Hutzl, A remotely accessed HVAC laboratory for distance education. Int. J. Eng. Education, 6, pp. 711-716, 2002.
- [5] S. Odeh, "Building reusable remote labs with adaptable client user-interfaces," Journal of Computer Science and Technology, vol. 25, no. 5, pp. 999-1015, 2010.
- [6] M. Tawfik, E. Sancristobal, M. Sergio, R. Gil, G. Diaz, A. Colmenar, K. Nilsson, J. Zackrisson, L. Håkansson, and I. Gustafsson, "Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR) for Remote Wiring and Measurement of Electronic Circuits on Breadboard," Learning Technol., IEEE Trans. No 1, vol. 6, pp. 60-72, 2013.
- [7] R. A. Johnson and G. K. Bhattacharyya: Statistics: Principles and Methods, Wiley, 2000.
- [8] Pallant, SPSS Survival Manual, Open University Press, 2004.
- [9] J. Ma, and J. Nickerson, "Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review," ACM Computer Survey, Vol.38, Issue 3, Article No.7, 2006.
- [10] Z. Nedic, J. Machotka, A. Nafalski, "Remote laboratories versus virtual and real laboratories," in: Proc. of the 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, pp. T3E-1-6. Boulder, Colorado, USA, November (2003).
- [11] E. Valentin, A. Verbraeck, and H. Sol: Advantages and Disadvantages of Building Blocks in Simulation Studies: Laboratory Experiment with Simulation Experts, Simulation in Industry 15th European Simulation Symposium, SCS-European Publishing House, 2003.
- [12] B. Guimaraes, A. Souza, H. Gosmann, and A. Bauchspiess: "Internet Based Remote Laboratory: The Level Control of three coupled water Reservoirs", ACCA, Santiago de Chile, 2002.
- [13] I. Gustavsson, K. Nilsson, J. Zackrisson, J. Garcia-Zubia, U. Hernandez-Jayo, A. Nafalski, Z. Nedic, Ö. Gö, J. Machotka, M. I., Pettersson, T. Lagö and L. Håkansson, "On objectives of instructional laboratories, individual assessment, and use of collaborative remote laboratories", IEEE Transactions on Learning Technologies, 2(4), 263-274, 2009.
- [14] Z. Nedic, J. Machotka, A. Sprok, L. O. Ruud, and S. Carr, "The circuit builder for NetLab", Proceedings of the 8th UICEE Annual Conference on Engineering Education, Kingston, Jamaica, 7 - 11 February 2005.
- [15] I. Gustavsson, T. Olsson, H. Åkesson, J. Zackrisson, and L. Håkansson, "A Remote Electronics Laboratory for Physical Experiments using Virtual Breadboards", Proceedings of the 2005 ASEE Annual Conference, Portland, USA, June 12 - 15, 2005.
- [16] I. Gustavsson, J. Zackrisson, and T. Olsson, "Traditional Lab Sessions in a Remote Laboratory for Circuit Analysis", Proceedings of the 15th EAEEIE Annual Conference on Innovation in Education for Electrical and Information Engineering, Sofia, Bulgaria, 27th - 29th May 2004.
- [17] J. García-Zubia, I. Gustavsson, U. Hernández-Jayo, P. Orduña, I. Angulo, and J. Ruiz de Garibay, "El proyecto VISIR en la Universidad de Deusto: laboratorio remoto para electrónica básica" actas del IX Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (TAEE) ISBN:978-84-96737-67-9 Madrid, Abril 2010.
- [18] M. Tawfik, E. Sancristobal, S. Martin, C. Gil, A. Pesquera, P. Losada, G. Diaz, J. Peire, M. Castro, J. Garcia-Zubia, U. Hernández, P. Orduña, I. Angulo, M. C. Costa Lobo, M.A. Marques, M. C. Viegas, and G. R. Alves, "VISIR: Experiences and Challenges," International Journal of Online Engineering (iJOE), vol. 8, no. 1, 2012, pp. 25-32.
- [19] B. Shneiderman, C. Plaisant, Maxine S. Cohen and Steven M. Jacobs: Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction (5th Edition). Pearson Addison Wesley Longman, 2010.
- [20] J. P. Chin, V. A. Diehl and K. L. and Norman, "Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface," in proc. of CHI '88 human factors in computing systems, pp. 213-218, New York: ACM Press, 1988.
- [21] SUMI: Software Usability Measurement Inventory [Online]. Available: <http://sumi.ucc.ie/whatis.html>
- [22] MUMMS: Measuring the Usability of Multi-Media Software [Online]. Available: <http://www.ucc.ie/hfrg/questionnaires/mumms/index.html>
- [23] CSUQ: Computer System Usability Questionnaire [Online]. Available: <http://hcibib.org/perlman/question.cgi>
- [24] A. A. Ozok, "Survey design and implementation in HCI," in handbook The Human-Computer Interaction Handbook Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications, 2nd ed., A. Sears and J. Jacko, Ed. New York: Taylor & Francis Group, 2008, pp. 1151-1169.
- [25] U. Reja, K. L. Manfreda, V. Hlebec, and V. Vehovar: "Open-ended vs. Close-ended Questions in Web Questionnaires", Advances in Methodology and Statistics (Metodološki zvezki), 19, pp.159-177, 2003.

- [26] M. B. Rosson, and J. M. Carroll. Usability Engineering: Scenario-Based Development of Human-Computer Interaction, Academic Press, pp. 15-22, 2002.
- [27] M. B. Rosson, S. Maass, W. A. Kellog: "The designer as user: Building requirements for design tools from design practice," Communications of the ACM 31(11), 1288-97, 1989.
- [28] K. Weidehaupt, K. Pohl, M. Jarke, and P. Haumer: "Scenarios in system development," Current practice. IEEE Software, 15/2: 34-45, 1998.
- [29] P. Milgram, and F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," IEICE Transactions on Information Systems, vol. E77-D, no.12, 1994.
- [30] M. J. Callaghan J. Harkin, T. M. McGinnity, and L. P. Maguire, "Client-server architecture for remote experimentation for embedded systems," International Journal of Online Engineering (iJOE), 2006, 2(4).
- [31] S. Odeh, and E. Ketaneh, "E-Collaborative Remote Engineering Labs," in: 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 17-20 April, Marrakesh, Morocco, pp. 705-714, 2012.
- [32] L. D. Feisel and A. J. Rosa, "The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education," Journal of Engineering Education, January 2005, pp. 121-130.
- [33] Feisel, L., and Peterson, G.D., "A Colloquy on Learning Objectives for Engineering Educational Laboratories," 2002 ASEE Annual Conference and Exposition, Montreal, Ontario, Canada, June 16-19, 2002.
- [34] N. A. Streitz: "Cognitive compatibility as a central issue in human-computer interaction: Theoretical framework and empirical findings", in G. Salvendy (Ed.), Cognitive engineering in the design of human-computer interaction and expert systems. Amsterdam: Elsevier, 1987, pp. 75-82.
- [35] Singhal, A.C, Bellamy, L. and McNeill, B. "A New Approach to Engineering Education", Arizona State University, Arizona, pp. 88, 1997.
- [36] Odeh, S., J. Alves, G. R. Alves, M. Anabtawi, M. Jazi, M. Arekat, I. Gustavsson (2014). Experiências da Aplicação de VISIR na Universidade de Al-Quds. In: REV2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 26-28 February, Porto, Portugal, pp. 346-352. <http://dx.doi.org/10.1109/REV.2014.6784186>



Salaheddin Odeh recebeu o grau de Mestre em Engenharia Elétrica, pela Universidade de Estugarda (1992) e o de Ph.D. pela Universidade de Kassel (1998); ambas na Alemanha. Desde 2002 ele é professor de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade Al-Quds. De 2004-2007, atuou como chefe do Departamento de Engenharia de Computação e coordenador do programa de mestrado na faculdade de engenharia. Atualmente é

membro do conselho de administração do Supremo Conselho para a adoção e reabilitação de engenheiros - A Associação dos Engenheiros palestinos, membro do comité científico de engenharia e ciência - Ministério do Ensino Superior, na Palestina, e membro do conselho de diretores da Sociedade Palestina Científico para a Inovação e Desenvolvimento (PSSID). De 1992-1998, foi membro do Instituto de Sistemas Homem-Máquina de Engenharia da Universidade de Kassel, na Alemanha, onde esteve envolvido em projectos de investigação sobre o design participativo e multimodal de interfaces homem-máquina em controlo de processos. A Fundação Alemã de Pesquisa (DFG) financiou o projeto. De 1998 até 2001, atuou como consultor com a Sun Microsystems no campo do sistema operacional "Solaris" em dois projetos industriais do alemão Post "Deutsche Post AG" e o Banco irlandês "primeiro e-solutions" em Darmstadt e Frankfurt, Alemanha. Em 1999, foi o vencedor do prémio de melhor tese de doutoramento da Associação dos Engenheiros Alemães (VDI) com a tese "Approximate Knowledge-based Process Visualization on the Basis of Fuzzy Logic". Em 2012, foi o vencedor do prémio de melhor artigo IEEE com o seu trabalho de pesquisa "E-Collaborative Remote Engineering Labs", apresentado na IEEE EDUCON 2012: Educação em Engenharia Global de 2012, Marrakesh, Marrocos 17-20 abril de 2012.

Seus interesses de pesquisa incluem laboratórios educacionais remotos, engenharia de software, engenharia de controlo, robótica, programação avançada, sistemas distribuídos e computação em nuvem, a interação humano-computador e processamento de imagem.



Mahasen Anabtawi entrou para o Departamento de Engenharia da Computação na Universidade Al-Quds, em 1999, como professora assistente. Presidiu ao Departamento de Engenharia de Computação por dois anos 2005-2007. Supervisionou vários projetos de graduação. Atuou como examinador interno e externo a uma série de teses de mestrado. Foi coordenadora do curso de mestrado na Faculdade de Engenharia. Ela publicou vários artigos de pesquisa em diferentes

revistas e conferências. Ela foi o decano da Faculdade de Engenharia da Al-Quds University 2009-2012. Ela também atuou como membro de várias comissões na universidade.



Labib Arafeh é Professor Associado na área de computação e atualmente o decano da Faculdade de Engenharia da Universidade Al-Quds. Os seus interesses de pesquisa estão nos principais aspectos das aplicações computacionais para pessoas, aprendizagem ao longo da vida; sistemas de classificação automática; desenvolvimento de modelos de sistemas de qualidade de e-learning (de diferentes

dimensões, tais como: conteúdo e multimédia, interface, usabilidade, produção, ferramentas, apoio institucional e técnico, etc.); Além dos sistemas de desenvolvimento de e-learning para cursos teóricos e práticos para promover a aprendizagem ao longo da vida para utilizadores de diferentes idades e sexos; Garantia de Qualidade e avaliação de sistemas de e-learning, sites e portais; Utilização das mais recentes ferramentas de gestão e de desenvolvimento, incluindo abordagem Agile para aumento da eficiência, produtividade, rentabilidade e gestão competente; Promoção do uso da tecnologia no ensino, e na produção de multimédia educacionais e culturais, incluindo a Realidade Aumentada.



Mahran Jazi é licenciado em engenharia eletrónica pela Universidade de Al-Quds, Palestina, em 2011 Ele trabalha atualmente no projeto final de curso para obtenção do grau de Mestre, em sistemas de limalhas e lascado RFID da Universidade de Duisburg-Essen, Alemanha. Seus interesses de pesquisa incluem sistemas de comunicação, redes sem fio, rádio cognitivo e processamento de sinal digital especializada em reconhecimento de voz.



Mahmoud R. Arekat é engenheiro de computação e estudante de MBA. Trabalha atualmente como um administrador de banco de dados na Universidade Al-Quds.

Ele completou a sua licenciatura em Engenharia da Computação pela Universidade de Al-Quds, em 2013, tendo-se candidatado a MBA no semestre seguinte.

Os seus interesses de investigação estão nas áreas dos métodos interativos de aprendizagem e de avaliação, tais como e-learning, os sistemas de ensino à distância e jogos vídeo educacionais. Recentemente, lançou uma nova startup de desenvolvimento de jogos de vídeo para fins específicos, tais como: aprendizagem e marketing.



Joaquim Alves é licenciado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (1994), mestre em Engenharia Eletrotécnica e Computadores (1998) e Doutor (PhD) (2007) em Ciências de Engenharia também pela Universidade do Porto.

No presente, ele é Professor Adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), ensinando nesta instituição desde

1997. É também Diretor do curso de Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia do ISEP, desde Abril de 2012.

Há já vários anos é responsável pelas unidades curriculares de Processamento de Sinal Biológico e de Aquisição e Gestão de Dados, dos cursos de Licenciatura em Engenharia em Instrumentação e Computação Médica e de Engenharia em Instrumentação e Metrologia. Há dois anos é também responsável pelas unidades curriculares de Metrologia Aplicada do Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia.

Tem um forte background nas áreas de instrumentação e monitorização de estruturas, usando sensores em fibra ótica. Já orientou diversos projetos/estágios de licenciatura e de mestrado. Participou como investigador em projetos de investigação e publicou vários *papers* em *proceedings* de conferências internacionais. Desde Maio de 2012 é investigador do grupo LABORIS-CIETI do ISEP, tendo organizado em fevereiro de 2014 a conferência internacional REV2014.



Gustavo R. Alves (M'14) é licenciado, mestre, e doutor em Engenharia Electrotécnica e Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), em 1991, 1995, e 1999, respetivamente. Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia - Politécnico do Porto (ISEP-IPP), Portugal, desde 1994. Participou em 17 projectos de I&D nacionais e internacionais, e publicou mais de 135 artigos em revistas e conferências internacionais, com comité de revisão. As suas áreas de interesse incluem a

experimentação remota, as metodologias e infra-estruturas de teste e depuração de sistemas electrónicos, e o ensino laboratorial no contexto da educação em engenharia. Membro do IEEE, GOLC, IGIP, SPEE, e Ordem dos Engenheiros.

Gustavo Alves serviu na 1ª Conferência Internacional da Sociedade Portuguesa para a Educação em Engenharia (CISPÉE2013) na qualidade de Program-Chair, em parceria com M. Teresa Restivo (FEUP, Portugal), e como General Chair da 11ª edição da Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2014) conference. É ainda o responsável atual pelo LABORIS, um dos núcleos do Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial (CIETI), do ISEP-IPP, reconhecido pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).



Ingvar Gustavsson é mestre e doutor em formação em engenharia elétrica pelo Instituto Real de Tecnologia (KTH), Estocolmo, em 1967 e 1974, respetivamente. Depois de completar o serviço militar em 1968, ele trabalhou como engenheiro de desenvolvimento da Jungner Instrument AB em Estocolmo. Em 1970, ele se juntou ao projeto SYDAT visão computacional no Laboratório de Instrumentação, KTH. Em 1982, ele foi nomeado o chefe do Laboratório de Instrumentação. Juntamente com outro cientista, ele fundou uma empresa privada

que presta serviços de inspeção automáticos a clientes industriais em 1983. Em 1994, ele retornou ao mundo acadêmico para assumir o seu cargo atual de professor associado da eletrônica e tecnologia de medição em Blekinge Institute of Technology (BTH), Suécia. Em 1999, ele iniciou um projeto de laboratório remoto em BTH que hoje é conhecido como VISIR (Sistemas Virtuais Instrumento na realidade). Em 2012 aposentou-se, em parte, do seu cargo, concentrando-se em atividades relacionadas com o VISIR. Seus interesses de pesquisa estão nas áreas de instrumentação, laboratórios remotos, eletrônica industrial e ensino à distância. Dr. Gustavsson pediu demissão de vários comités, mas é ainda membro do IEEE e de sociedades profissionais suecas.