

LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DA ENGENHARIA

Gustavo Ribeiro da Costa Alves
Instituto Politécnico do Porto – IPP

Juarez Bento da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Ana Maria Beltran Pavani
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ

Dayane Carvalho Cardoso
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Delberis Araujo Lima
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ

Eduardo Kojy Takahashi
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Gabriela Rocha Roque
Faculdade SATC

Guilherme Penello Temporão
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ

Hermes Gustavo Fernandes Neri
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Josiel Pereira
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Luciano Andreatta Carvalho da Costa
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Luciano Antônio Mendes
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR

Renner Martins de Moura
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Rubens Gedraite
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Simone Meister Sommer Bilessimo
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Thiago Schaedler Uhlmann
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR

Vanessa Aparecida Palomo Lima
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1. JOGOS REMOTOS: PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO CONJUNTA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO DE ENGENHARIA.....	13
1.1 Aprendizagem baseada em jogos: aplicações correntes no ensino de engenharia	14
1.2 Jogos sérios e experimentação remota.....	16
1.3 Perspectivas de simulação de atividades produtivas na forma de jogos remotos	17
1.4 Considerações sobre o planejamento de jogos remotos	18
2. IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO REMOTO: UM PROJETO DE MÚLTIPLAS FACETAS	20
2.1 O cenário atual e a PUC-Rio	21
2.2 A preparação do ambiente de tecnologia.....	24
2.4 O uso do VISIR no Laboratório de Circuitos Elétricos e Eletrônicos ..	25
2.5 O desenvolvimento de materiais para o uso do VISIR e que servem a outras disciplinas.....	26
2.6 Comentários e próximos passos	27
3. PROJETOS DE EXPERIMENTOS REMOTOS COMO ESTRATÉGIA FORMATIVA PARA ESTUDANTES DE ENGENHARIA.....	28
3.1 Uso pedagógico da experimentação remota	28
3.2 Os projetos e suas contribuições formativas	30
3.3 Comentários e próximos passos.....	31
4. PERCEPÇÕES ACERCA DE EXPERIMENTOS REMOTOS NO CONTEXTO DE UM CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS EXATAS	31
4.1 O curso de especialização	31
4.2 Pesquisa realizada com os estudantes do curso de especialização.....	32
4.3 Disciplina ministrada no curso de especialização.....	34
4.4 Comentários e próximos passos.....	35

5. PROGRAMA DE COOPERAÇÃO INTERINSTITUCIONAL PARA EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NOS PROCESSOS DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM DE ENGENHARIA.....	36
5.1 O Grupo de Trabalho de Experimentação Remota Móvel (GT-MRE)	37
5.2 Gerenciamento do projeto de cooperação interinstitucional	39
5.3 Considerações sobre o projeto de cooperação interinstitucional.....	40
CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS.....	41

Capítulo 1

LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DA ENGENHARIA

INTRODUÇÃO

O presente capítulo contém uma seleção de artigos que foram apresentados na Sessão Dirigida: Laboratórios remotos no ensino da engenharia, realizada durante o XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), de 27 a 30 de setembro de 2016, em Natal, Rio Grande do Norte.

Essa Sessão Dirigida propôs mostrar trabalhos que viessem a apresentar experiências baseadas em laboratórios remotos no ensino de engenharia, a fim de discutir e demonstrar as práticas ou técnicas propostas pelos grupos em diferentes realidades. Buscou, assim, expor pontos positivos e negativos para potenciais disseminações de projetos com semelhantes contextos. Portanto, o objetivo da Sessão Dirigida foi proporcionar um ambiente para discussão e reflexão referente à integração dos laboratórios remotos no ensino de engenharia.

Os cinco artigos apresentados neste capítulo foram selecionados entre aqueles que receberam a qualificação a partir da apresentação oral na Sessão Dirigida ou como convidados. O primeiro, escrito por Thiago Schaedler Uhlmann e Luciano Antonio Mendes, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), é intitulado “Jogos remotos: perspectivas de aplicação conjunta de aprendizagem baseada em jogos e experimentação remota no ensino de engenharia”. Tem como objetivo geral identificar possibilidades acerca do emprego da Aprendizagem Baseada em Jogos, associada a recursos de experimentação remota, no ensino de engenharia.

O segundo artigo selecionado foi escrito por Ana M. B. Pavani; Delberis A. Lima; Guilherme P Temporão; Vanessa A. P. Lima, vinculados à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO). O documento, intitulado “Implantação de um laboratório remoto: um projeto de múltiplas facetas”, busca descrever a experiência de iniciar a implantação de um laboratório remoto nessa instituição, no âmbito do Projeto VISIR+.

O terceiro artigo, “Projetos de experimentos remotos como estratégia formativa para estudantes de engenharia”, foi escrito por Eduardo Kojy Takahashi; Rubens Gedraite; Hermes Gustavo Fernandes Neri; Dayane Carvalho Cardoso e Renner Martins de Moura, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Os autores buscam apresentar uma possibilidade metodológica de formação básica de estudantes de engenharia, a partir do desenvolvimento colaborativo de projetos envolvendo experimentação remota e com o engajamento de professores-pesquisadores, estudantes de engenharia e estudantes do ensino médio que apresentem um potencial para a carreira de engenharia.

O quarto artigo, intitulado “Percepções acerca de experimentos remotos no

contexto de um curso de especialização em Educação em Engenharia e Ciências Exatas”, foi escrito por Luciano Andreatta Carvalho da Costa, da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). No documento, o autor busca apresentar as percepções dos estudantes de um curso de especialização em Educação em Engenharia e em Ciências Exatas na UERGS, no âmbito da utilização de laboratórios remotos, a partir de uma disciplina ministrada no curso que trata do tema dos experimentos *online* e seus impactos para a formação na área tecnológica.

O quinto artigo, “Programa de cooperação interinstitucional para experimentação remota nos processos de ensino e de aprendizagem de engenharia”, é de autoria de Gabriela Rocha Roque (Faculdade SATC); Josiel Pereira e Simone Meister Sommer Bilessimo, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O documento descreve a uma iniciativa de cooperação entre duas instituições de ensino superior, a UFSC e a Faculdade SATC. Cooperação esta motivada pela integração de tecnologia no ensino de engenharia, através da utilização e do compartilhamento dos recursos de laboratórios de experimentação remota.

1. JOGOS REMOTOS: PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO CONJUNTA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO DE ENGENHARIA

As diferentes áreas da engenharia se caracterizam por uma crescente multidisciplinaridade. A busca contínua pela competitividade por meio da inovação e pelo aperfeiçoamento contínuo dos sistemas de produção requer a interação entre áreas de conhecimento distintas e envolve tanto aspectos tecnológicos como a formação de recursos humanos. A formação de profissionais nos vários campos da engenharia não mais se limita ao uso de meios tradicionais de ensino: além dos conhecimentos técnicos inerentes à profissão de engenheiro, o futuro profissional deverá adquirir habilidades relacionadas ao desenvolvimento humano, à criatividade, indispensável que é à inovação, além das competências necessárias para a solução de problemas com características nem sempre esperadas ou documentadas em manuais, artigos e livros.

Justifica-se, portanto, o emprego de métodos de ensino que explorem as formas previstas de atuação desse futuro profissional, e que esses sejam interativos, cooperativos, atrativos e motivadores para a formação. Entre tais métodos, encontra-se a Aprendizagem Baseada em Jogos (ABJ), que, neste trabalho, é tomada para uma análise de possibilidades de uso em conjunto com os conceitos de Experimentação Remota (ER), com vistas aos potenciais benefícios dessa combinação no ensino de engenharia. Para situar a questão mais adequadamente, foi feita uma breve revisão de pesquisas e tendências recentes, e, para uma primeira análise de possibilidades, foram tomados casos-exemplo relacionados com a área de Engenharia de Produção e Sistemas.

1.1 Aprendizagem baseada em jogos: aplicações correntes no ensino de engenharia

O ensino de engenharia abrange questões teóricas e práticas relativas às diferentes áreas do conhecimento, desde as tradicionalmente relacionadas às Ciências Exatas, como a Matemática, a Física e a Química, até o ensino de disciplinas relativas à área humana, como a Psicologia Organizacional, a Gestão Mercadológica e a Ergonomia. Pela sua natureza diversificada, as situações e desafios relativos à profissão de engenheiro não se limitam às que costumam ser exploradas no processo de ensino-aprendizagem tradicional. Tais situações podem ser incrementadas por meio de abordagens colaborativas e interativas, elementos presentes nos jogos com fins educacionais e que constituem formas de motivar os estudantes da atual geração, com crescente acreditação.

O uso de jogos no ensino de engenharia já vem sendo adotado no ensino superior. A ABJ, conforme Mayer *et al.* (2014), busca suprir demandas educacionais, sendo cada vez mais adotada como método de ensino; porém, indicam, existe a necessidade do desenvolvimento de métodos estruturados para pesquisa e avaliação de sua efetividade como ferramenta educacional.

Bodnar *et al.* (2016) realizaram um levantamento nas bases de dados ScienceDirect, EBSCO, Scopus, Web of Science, Compendex, entre outras, em busca de evidências do uso de jogos no ensino de engenharia, encontrando um total de 191 publicações relacionadas, no período de 2000 a 2014. Foram identificadas aplicações em 16 disciplinas da engenharia, com destaque para as modalidades Elétrica, Mecânica, de Software, Civil e de Produção. Como resultado, em que pese ter sido observada uma predominância do uso de jogos digitais, foram encontradas também aplicações em formatos tradicionais, tais como cartas e tabuleiro, e, ainda, o emprego de técnicas de gamificação (*gamification*) – definidas pelos mesmos autores como abordagens a problemas em cenários não lúdicos com o uso de jogos – também foi observado. Desse trabalho de levantamento, ficou evidente que a ABJ no ensino de engenharia se encontra em franca expansão. Foram encontrados casos de aplicação de jogos e simulações voltados para o exercício da solução de problemas técnicos, semelhantes aos que o aluno poderá encontrar no seu exercício profissional, bem como jogos voltados ao estímulo de práticas ligadas à criatividade e à inovação.

Dessa forma, pode-se afirmar que está posto o espaço para aprofundamento da análise de possibilidades de aplicação da ABJ no ensino de engenharia. Um exemplo concreto na área de Gestão da Cadeia de Suprimentos pode ser encontrado em Uhlmann; Battaiola e Heemann (2014), com o sistema de jogo SCMDesign. Trata-se de um jogo de representação de personagens (*Role-playing Game*) em formato de tabuleiro, que possui como objetivo principal simular problemas e situações diversas relacionadas à Gestão da Cadeia de Suprimentos (Figura 1).



Figura 1 – SCMDesign

Fonte: Uhlmann, Battaiola e Heemann, 2014.

Nesse caso específico, as situações e problemas inerentes incluem elementos não-quantitativos (abrangendo negociações organizacionais, relações humanas, conflitos entre profissionais, entre outras). Cada jogador desempenha o papel de um profissional de uma organização inserida na cadeia de suprimentos, sendo as características desse profissional, e da empresa que ele representa, descritas em cartas e peças de tabuleiro. O jogo contempla o uso de cartas de eventos, enquanto a supervisão é feita pelo Moderador de Jogo. Situações e problemas são tratados à medida que acontece a evolução de uma narrativa.

Um sistema de jogo de tabuleiro como esse consiste em uma ferramenta para a promoção da interatividade entre alunos e professores no ensino de engenharia, sem necessidade do uso de artefatos de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). A simulação de situações não ocorre como no ambiente virtual: presencialmente, o aluno vivencia situações de negociação direta, instantânea, com os demais jogadores. Os resultados decorrentes das decisões dos jogadores são acompanhados através de modificações dos elementos icônicos sobre o tabuleiro.

Entretanto, a presença física conjunta, no mesmo espaço, constitui uma condição para a realização do jogo. Assumindo-se que a interação à distância entre os jogadores possa ser suprida pelas TIC, falta somente resolver o problema da movimentação dos elementos no tabuleiro – elementos que, com auxílio das mesmas TIC, podem deixar de ser simplesmente icônicos e passivos. Atualmente, a cooperação à distância em jogos já é amplamente explorada em plataformas comerciais de jogos lúdicos de entretenimento *online*. No caso do SCMDesign, a presença física na sessão de jogo favorece uma maior interação e colaboração direta entre os participantes. Por outro lado, a colaboração à distância bem representa uma das formas de interação a que estarão sujeitos os futuros engenheiros na Indústria 4.0, na era da Internet of Things (IoT), como assinalam Schuh *et al.* (2014). É nesse sentido que os recursos de ER podem agregar os elementos necessários para se combinar os benefícios da existência do sistema físico real,

fazendo as vezes do tabuleiro e seus componentes, com os da modificação dinâmica do mesmo a distância, com acompanhamento em tempo real e em regime de cooperação.

1.2 Jogos sérios e experimentação remota

Jogos de sucesso combinam elementos capazes de levar o jogador a dedicar sua atenção e concentração (imersão), motivado que está por alguma forma de possível premiação, mesmo que imaterial. Os elementos de desafio, competição, colaboração e socialização combinados em jogos, quando mobilizados para fins educacionais, concorrem para produzir resultados pedagógicos favoráveis.

Na ER, a motivação do estudante em manipular a distância elementos de um sistema real, fisicamente existente, é notadamente superior àquela de operar uma simulação que poderia, até mesmo, rodar localmente no seu próprio computador. De forma similar, a já inerente motivação proporcionada pelos jogos poderá ser ainda maior se as decisões tomadas pelos participantes implicarem alterações, modificações e consequências em um ambiente real, visualizado em tempo real, na forma de um cenário de elementos pertinentes, com capacidade de conquistar, assim, a sua imersão.

A partir dos argumentos anteriores, a pesquisa por formas inovadoras de aplicação da ABJ no ensino de engenharia se apresenta naturalmente, e possibilidades interessantes residem na referida combinação com conceitos de ER. Basicamente, essa união de conceitos significa adicionar ao contexto de um jogo o controle de elementos representativos do mundo real, desde que significativos e com comportamento ativo, localizados em um ambiente físico preparado e fazendo as vezes de um tabuleiro potencializado pela tecnologia. Portanto, considerando-se as mecânicas de interação e interfaces características dos jogos não-digitais (tais como os jogos de tabuleiro, de cartas, de esportes), somar-se-ão a esses a operação remota dos respectivos componentes no ambiente físico, agora caracterizado por conter uma quantidade de elementos automatizados.

O controle a distância dos elementos do jogo pode ser realizado por meio da conhecida gama de tecnologias empregadas na experimentação remota e/ou com recursos de automação dedicados. A movimentação dos componentes pode ser feita, por exemplo, com autômatos e/ou robôs, de sofisticação variável, adaptados conforme o contexto de cada jogo. Adicionalmente, através de recursos de sensoriamento, podem ser tomados dos elementos do sistema real os dados a serem usados, depois de tratados, pelos jogadores, na definição de suas estratégias. Para designar essa combinação de conceitos, sugerimos o uso do termo “Jogos Remotos” (“Remote Games”), preferencialmente no âmbito educacional.

1.3 Perspectivas de simulação de atividades produtivas na forma de jogos remotos

Com base no exposto anteriormente, há provável viabilidade do uso da combinação ABJ-ER com temáticas características das diferentes áreas da engenharia. Neste trabalho, nos limitaremos a discutir algumas possibilidades em torno da Engenharia de Produção e Sistemas, uma vez que são amplas e podem incluir até mesmo jogos com propostas lúdicas (desde que voltadas para finalidades de aprendizado). Nos parágrafos a seguir, são discutidas ideias para jogos com formato educativo.

A Logística é uma área que pode ser prontamente abordada no formato de jogos educacionais, em conexão com recursos tomados das conhecidas e bem-sucedidas competições de robótica móvel (MELCHIOR *et al.*, 2005). Essas competições têm motivado muitos alunos e proporcionado relevantes resultados na sua formação nas chamadas áreas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Se o controle dos robôs de competição, ou de conjuntos elaborados desses, for transferido para o usuário remoto (ou seus grupos organizados), abrem-se novas e amplas perspectivas. Em um jogo pensado em torno de questões de Logística, poderiam ser tratados aspectos como: armazenagem em locais específicos; transbordo entre modais; reabastecimento (recarga de baterias) em pontos específicos do tabuleiro; capacidade de carga de robôs móveis de diferentes modais; diversidade de cargas; tempos de transporte; otimização de roteiros; estratégias operacionais de máximo rendimento; missões de transporte de objetos de parte a parte, segundo regras do jogo. Ao traçar suas estratégias, os usuários deverão considerar as propriedades e os comportamentos característicos dos modais e do ambiente.

Para maximizar seu desempenho em tempo de jogo, os usuários poderão criar modelos de comportamento dos modais (o que pode ser feito *off-line*), com base nos dados observados durante o próprio jogo. A variação temporal de comportamento dos elementos ativos do jogo pode tornar esses modelos não estáticos, e que podem ser objeto de simulações feitas de antemão. Adicionalmente, o tabuleiro automatizado (ambiente físico de jogo) pode se tornar um espaço disponível de forma permanente.

A temática de Gestão da Cadeia de Suprimentos é tema do jogo Brass (WALLACE, 2007), que descreve as relações de fornecimento e distribuição de matérias-primas e produtos acabados característicos da era da Primeira Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra. A interação dos jogadores no tabuleiro situa-se no controle não somente de uma organização, mas de um sistema produtivo como um todo, composto por tecelagens, fontes de matéria-prima (ferro e carvão) e vias de acesso (hidrovias e ferrovias). A pontuação e a recompensa no jogo são mensuradas em retorno financeiro e em pontuação pelo desempenho operacional do jogador na gestão do sistema produtivo como um todo. Convenientemente, elementos representativos de finanças e controles de desempenho podem

ser mantidos em uma camada virtual, evitando-se a presença de suas respectivas formas tradicionais no tabuleiro (fichas, moedas do jogo, anotações, entre outros).

Outro jogo na mesma linha é o Automobile (WALLACE, 2009). Esse jogo aborda os processos de desenvolvimento, fabricação, distribuição e venda de automóveis, tendo como contexto a Segunda Revolução Industrial norte-americana (Figura 2). Entre as decisões tomadas pelos jogadores, encontram-se questões relacionadas a atividades como Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos, Gestão de Recursos Humanos (recrutamento de profissionais), Marketing (abrangendo questões como posicionamento de produto em razão de um determinado público-alvo e ações de propaganda), Gestão Financeira.



Figura 2 – Automobile
Fonte: fotografada pelos autores.

Os jogos anteriormente descritos possuem componentes, interfaces e mecânicas que possibilitam a exploração de problemas típicos de sistemas produtivos, bem como o exercício da busca pelas soluções mais efetivas, tanto quantitativa como qualitativamente, para os problemas existentes em tais sistemas. O uso das tecnologias associadas à ER, no caso desses jogos, poderia ser explorada, principalmente, para prover a movimentação de peças de forma automatizada, ou mesmo com a realização de modificações representativas no cenário do jogo (montagem de “trabalhos” que levem a estruturas, por exemplo).

1.4 Considerações sobre o planejamento de jogos remotos

No planejamento de um novo jogo remoto, inicialmente, procede-se ao estudo dos requisitos pedagógicos, ou seja, deve-se relacionar todos os aspectos que deverão ser abordados para que se possa proporcionar a experiência de aprendizado desejada. Conforme o formato de jogo remoto, pode ser necessário prever os requisitos relacionados com a supervisão de um facilitador ou professor. Nessa primeira etapa, incluem-se, tipicamente: contexto de jogo, objetivos a serem cumpridos e resultados de aprendizado esperados.

Em uma segunda etapa, devem ser definidas as mecânicas e os processos, tanto de aprendizado como de jogabilidade, podendo tomar-se como base as recomendações de Arnab *et al.* (2015). Com relação a mecânicas de aprendizado (*learning mechanics*), pode-se explorar: Participação; Observação; Competição; Questionamento e Resposta; Avaliação; Identificação; Descoberta; Incentivo e Simulação. Segue-se com a definição das mecânicas de jogo (*game mechanics*), tais como: Gestão de Recursos; Níveis (*Levels*); *Feedback*; História; Recompensas; Coleta e Seleção; Pontos de Ação; Movimento; Colaboração; Restrições de Tempo.

O planejamento do ambiente físico remoto contempla tanto o desenvolvimento da estrutura física (componentes, peças, dimensão do espaço físico, substâncias, entre outros), como dos elementos de Automação e Tecnologia de Informação que serão utilizados para a operação do jogo (elementos mecânicos, *software*, *hardware*, gestão de dados e telecomunicações). Essa é a etapa mais intensiva da engenharia do sistema do jogo. A título de uma organização modular, poderia ser empregada uma estrutura física de confinamento dos sistemas (tabuleiro, elementos automatizados, câmeras), inspirada no modelo já existente do projeto Weblab Deusto (GARCIA-ZUBIA *et al.*, 2006), porém, com dimensões suficientes para os contentores. A prototipagem digital do jogo remoto pode ser feita com o uso de ferramentas computacionais de modelagem, tanto de componentes mecânicos e de *hardware* (CAD) como de processos (*software* de simulação, a exemplo de Arena e Simio). A Figura 3 ilustra um esquema básico de um jogo remoto voltado para a ABJ, que, em essência, é bastante similar ao encontrado em uma ER.

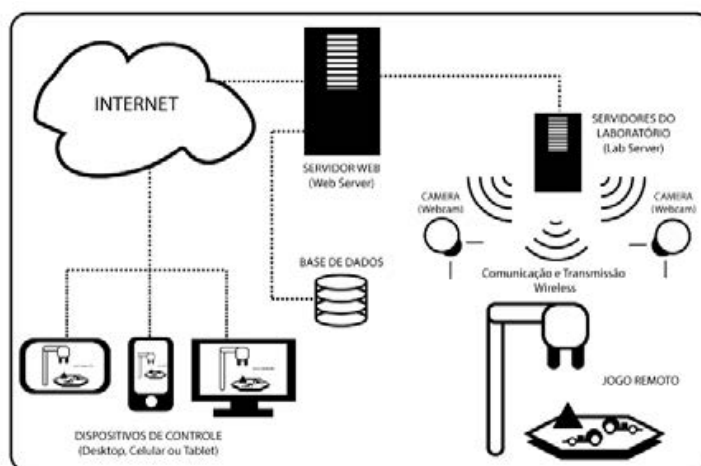


Figura 3 – Arquitetura possível de um Laboratório Remoto voltado para a Aprendizagem Baseada em Jogos

Fonte: elaborada pelos autores

Os sistemas encarregados de agendamento, autorização e autenticação de usuários, normalmente prestados por um corretor de serviços (*Service Broker*), devem suportar a gestão de equipes, controlar um calendário de rodadas de jo-

gos e coordenar a ordem permitida para a realização de ações pelos jogadores.

Nesta seção foram exploradas, de forma não exaustiva, possíveis abordagens para o uso da combinação ABJ-ER em temáticas relacionadas à engenharia, particularmente em situações características tomadas da Engenharia de Produção e Sistemas. Das análises realizadas, depreende-se que a citada combinação representa uma fronteira a ser explorada. Deve-se a viabilidade projetada para a ABJ-ER à disponibilidade corrente das tecnologias necessárias, em particular à maturidade das soluções de ER e à creditação crescente do uso dos jogos sérios no ensino.

A combinação ABJ-ER acrescenta novos requisitos à automação dos sistemas remotamente operados, de modo que se deve esperar por uma complexidade de projetos superior àquela normalmente observada em implementações de ER. Nesse sentido, observa-se que o processo de desenvolvimento de projetos de jogos remotos poderá ser mais bem conduzido com o uso de metodologias sistemáticas, que poderão levar, a partir do acúmulo de experiências, à criação de futuros modelos de referência.

A validação da contribuição pedagógica será provida, em grande medida, pelas mesmas formas de análise já aplicadas na ABJ. A expansão de possibilidades em torno das dinâmicas de jogo, com relação aos tabuleiros tradicionais (trazidas pela ER), decerto somente virão a agregar valor à ferramenta educacional, até mesmo pela motivação que o próprio formato inovador, entende-se, deverá suscitar nos usuários, estudantes ou jogadores.

2. IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO REMOTO: UM PROJETO DE MÚLTIPLAS FACETAS

A formação de engenheiros tem, tradicionalmente, requerido atividades de laboratório. Na Engenharia Elétrica, essas atividades devem estar associadas ao estudo de Circuitos Elétricos e Eletrônicos, Controles e Conversão Eletromecânica de Energia, entre outros.

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) têm, ao longo das últimas décadas, oferecido ferramentas cada vez mais variadas e versáteis para auxiliar no processo de aprendizagem. As áreas contidas na sigla *STEM* – *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, por sua natureza, são beneficiárias diretas das TIC. Atualmente, várias opções estão disponíveis e podem ser usadas de forma integrada e não sendo mutuamente exclusivas. A tecnologia, porém, é um conjunto de ferramentas e a sua escolha adequada depende dos objetivos acadêmicos a serem atingidos no processo de aprendizagem. É nessa escolha que se inserem os educadores envolvidos com a educação assistida por TIC. Cabe a eles a seleção, a preparação, a integração, a aplicação e o acompanhamento do uso de tais ferramentas.

Ao mesmo tempo, o uso das TIC, com propriedade e qualidade, é custoso

em termos de tempo e de recursos. Em contrapartida, oferece muitas possibilidades de compartilhamento e de cooperação.

Este trabalho aborda a experiência inicial – de implantação – da PUC-Rio como uma das instituições participantes do Projeto VISIR+ – *Educational Modules for Electric and Electronics Circuit Theory and Practice Following an Enquiry-based Learning and Teaching Methodology Supported by VISIR*. VISIR é o nome do *Remote Laboratory System for Electric and Electronics Circuits*.

A próxima seção faz uma apresentação geral das ferramentas de TIC ora disponíveis e que estão sendo usadas pela PUC-Rio. Considera, também, tendências internacionais na área. A Seção 3 é voltada à apresentação da preparação do ambiente de tecnologia para a implantação e o uso do VISIR na PUC-Rio, do ponto de vista geral. A Seção 4 trata da criação e aplicação do VISIR em uma atividade complementar; atividades complementares são mandatórias nos currículos brasileiros de engenharia. A seção 5 aborda o uso do VISIR em uma das aulas da disciplina Laboratório de Circuitos Elétricos e Eletrônicos. As três seções mencionadas apresentam os materiais desenvolvidos e disponibilizados em acesso aberto que serviram de preparação para os alunos da atividade complementar e da disciplina. A Seção 6 discute o desenvolvimento de materiais de suporte para as atividades mencionadas e que são úteis a outras disciplinas e atividades. Finalmente, a seção 7 faz uma rápida avaliação desses passos iniciais e apresenta o plano para os próximos.

2.1 O cenário atual e a PUC-Rio

A evolução das TIC nas últimas décadas tem propiciado a introdução de novas formas de aprendizado que têm como base alguns termos-chave. Podem ser citados compartilhamento, reutilização e cooperação.

O compartilhamento se manifesta de várias maneiras, algumas já existentes há muitos anos e outras mais recentes, mas que são reorganizações das mais antigas. Um exemplo de ambiente de compartilhamento é o MERLOT – Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching (<http://www.merlot.org/>) – um ambiente na Internet para disponibilização de recursos educacionais on-line. O MERLOT foi criado em 1997, pela California State University Center for Distributed Learning (<http://www.cdl.edu/>) para disponibilizar materiais e ferramentas. Ao longo de quase 20 anos, passou por várias etapas de evolução, e hoje conta com parceiros de várias naturezas (universidades, empresas, organizações não governamentais), em todos os continentes. O número de títulos de materiais referenciados pelo MERLOT é superior a 65 mil; essa base armazena, somente, informações referenciais, ficando os recursos nas instituições que os produziram; essas instituições estão em todas as regiões do mundo e há recursos nas mais variadas línguas. A PUC-Rio contribui com o MERLOT desde 2010.

Atualmente, uma sigla bastante utilizada é OER – Open Educational Resour-

ces. Ela indica recursos educacionais que estão em acesso aberto na Internet e que podem ser compartilhados.

Em 2007, o ISKME – Institute for the Study of Knowledge Management in Education (<http://iskme.org/>) criou o projeto OER Commons (<http://www.oercommons.org/>), que, além de ser um repositório de materiais em acesso aberto, oferece ferramentas para autores desenvolverem seus próprios conteúdos. Estão disponíveis mais de 100 mil itens em todas as áreas e níveis de educação. Os provedores de itens são também de todas as partes do mundo.

O exame dessas duas bases indica os níveis de compartilhamento que os autores atribuem aos recursos que disponibilizam – desde o simples uso até a permissão para implementar modificações e compartilhá-las com outros. Muitas vezes, as permissões são especificadas, nos próprios recursos, através de uma Licença Creative Commons (<http://www.creativecommons.org/>) ou GNU – GPL (<https://www.gnu.org/licenses/licenses.en.html#GPL>).

A importância dos recursos de TIC apoiando a educação, bem como do seu compartilhamento, pode ser vista pelos tópicos da chamada de trabalhos do ACE 2016 – 11th IFAC Symposium on Advances in Control Education (<http://www.ace2016.sk/>): entre 16 tópicos, estão: (1) *teaching aids for control engineering*; (2) *virtual and remote labs*; (3) *open educational resources*; (4) *e-learning & blended learning in control engineering*; (5) *tele-operation, independent learning*; (6) *centralized Internet repository for control education*; e (7) *Internet-based control systems materials*. Percebe-se que quase 50% dos tópicos têm relação com TIC e OER.

Um tópico que vale destacar é “laboratórios virtuais e remotos”. Ainda que sejam distintos, podem ser usados em conjunto, sendo os virtuais preparatórios aos remotos e/ou aos tradicionais.

Assim como outros materiais *online*, há laboratórios virtuais disponibilizados em acesso aberto; um exemplo é o Automatic Control Laboratory (<http://www.contlab.eu/en/>) descrito por Cech *et al.* (2013). Outros laboratórios virtuais compartilhados que podem ser citados são o Sakshat Virtual Labs (<http://iitg.vlab.co.in/index.php>) e o Interactive Learning Modules Project (<http://aer.ual.es/ilm/index.php>).

Os laboratórios remotos são outra fonte de compartilhamento e cooperação entre instituições. Orduña *et al.* (2012) apresentaram um interessante estudo de caso de compartilhamento do VISIR. Rivera e Larrondo-Petrie (2016) trataram da classificação de diferentes tipos de laboratórios e suas combinações e as descreveram através de modelos UML em suas integrações com os ambientes educacionais; os papéis dos usuários foram também abordados. Há abundante literatura sobre laboratórios remotos, abordando diferentes aspectos.

As atividades com uso de TIC na Educação em Engenharia Elétrica na PUC-Rio começaram em agosto de 1995. Os primeiros trabalhos foram voltados ao desenvolvimento de materiais *online* desenvolvidos em html; as limitações tec-

nológicas eram bastante grandes, tanto no que diz respeito aos produtos para o desenvolvimento quanto no que concerne à velocidade das redes, inclusive a Internet. Os materiais eram disponibilizados através do Sistema Maxwell (<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/>), a integração de um *IR – Institutional Repository* e um *LMS – Learning Management System*. À medida que o tempo passou, o desenvolvimento ampliou-se, cobrindo cada vez mais áreas da Engenharia Elétrica e introduzindo recursos melhores.

Em 2000, foram disponibilizados materiais *online* com pequenas animações e, em 2001, animações com interatividade.

Em 2008, foi lançada uma coleção de Livros Interativos de Engenharia Elétrica, com dois livros – *Circuitos elétricos* e *Sinais e sistemas*. A coleção foi aumentada, em 2010, com a introdução do Livro Interativo de *Controles e servomecanismos* e, em 2016, com o de *Eletrotécnica geral*. Esses materiais, como diz o nome, são interativos, consolidando a tendência de apresentar recursos que envolvem os alunos de maneira participativa, uma tendência internacional.

Em 2012, foi iniciado o desenvolvimento de Objetos Educacionais em Engenharia Elétrica (<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&nrseqser=5>). A série conta com 44 objetos publicados em português e duas versões para o inglês; três novos estão em desenvolvimento. Em 2013, mais uma série foi lançada – *Circuitos em Vídeo* (<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&nrseqser=8>). Ela disponibiliza 35 vídeos contendo toda a ementa da disciplina Circuitos Elétricos e Eletrônicos e foi preparada para o passo seguinte – as disciplinas na modalidade semipresencial.

Em 2014, três disciplinas entraram na modalidade semipresencial – Circuitos Elétricos e Eletrônicos, Controles e Servomecanismos, e Sinais e Sistemas. Em 2015, mais quatro disciplinas passaram a essa modalidade – Proteção de Sistemas, Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica, Subestações e Tarifação em Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica.

A necessidade de oferecer recursos interativos motivou a criação de mais uma série de objetos contendo simuladores – *Simulações em Engenharia Elétrica* (<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&nrseqser=12>). Essa série conta com 10 objetos em português e quatro versões para o inglês; quatro novos estão em desenvolvimento.

Alguns resultados das atividades de desenvolvimento de materiais *online* e disciplinas na modalidade semipresencial podem ser vistos em Pavani e Temporão (2014) e Pavani e Barbosa (2016).

Uma área na qual a PUC-Rio nunca atuou é a de laboratórios remotos. O Projeto VISIR+ oferece essa oportunidade. No primeiro semestre de 2016, duas atividades foram desenvolvidas utilizando o equipamento VISIR da CUAS – Carinthia University of Applied Sciences (<https://www.fh-kaernten.at/en/startpage/>). Elas são descritas mais adiante, neste trabalho.

2.2 A preparação do ambiente de tecnologia

Como mencionado anteriormente, a PUC-Rio possui um LMS integrado a um Repositório Institucional. Esse ambiente abriga as atividades de educação tradicional apoiada por TIC, disciplinas na modalidade semipresencial e cursos a distância. Ao LMS será integrado o ambiente para acesso ao laboratório remoto VISIR e aos demais que venham a ser implementados na universidade. O estágio atual é de testes da conexão do NI LabView com o Sistema Maxwell.

A primeira atividade complementar utilizando o VISIR realizada na PUC-Rio buscou destacar a importância de diferentes estímulos no processo de aprendizagem de circuitos elétricos. Especificamente, as seguintes atividades foram desenvolvidas:

- i. Apresentação e desenvolvimento de atividades nos diferentes tipos de laboratórios utilizados nos estudos relacionados a circuitos elétricos;
- ii. Avaliação de duas estratégias de ensino para oferecer a base de conhecimento para o uso de laboratório local (laboratório real com componentes elétricos, medidores, etc.). A primeira estratégia foi uma combinação de atividades usando o simulador CircuitLab e o laboratório remoto VISIR. Já a segunda foi utilizando apenas o CircuitLab.

Onze estudantes participaram da atividade, antes da qual assistiram alguns vídeos com a teoria relacionada a cada atividade. Os vídeos foram preparados exclusivamente para a atividade complementar e estão em acesso aberto, podendo ser vistos através dos repositórios Maxwell e Youtube, a partir dos seguintes links:

- <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/26405/26405.HTM>;
- <https://www.youtube.com/watch?v=QB7KgPf5HSk>.

No Quadro 1, é apresentado o número de visualização dos vídeos até 15/06/2016, em cada repositório.

Quadro 1: Número de visualizações em cada repositório.

Repositórios	Visualizações
Maxwell	73
Youtube	179

Fonte: levantamento dos autores.

Dos 11 estudantes, 2 eram alunos de Ciência da Computação, 5 de Engenharia Elétrica e 4 eram alunos de Engenharia Mecânica.

A atividade começou no laboratório computacional, onde todos os alunos

utilizaram o simulador CircuitLab. Depois, seis desses alunos foram para o laboratório local para realizar os mesmos experimentos feitos no simulador. Cinco deles continuaram no laboratório computacional para usar o VISIR (laboratório remoto). Finalmente, os estudantes que ainda estavam no laboratório computacional foram para o laboratório local e os alunos do laboratório local retornaram ao laboratório computacional para usar o VISIR.¹

O tempo total da atividade foi de 4 horas e todos os alunos fizeram os experimentos corretamente. Em termos de eficiência no tempo da atividade, como esperado, os estudantes de Engenharia Elétrica tiveram melhor desempenho, seguidos por alunos de Engenharia Mecânica e, finalmente, pelos alunos de Ciência da Computação.

Os estudantes também preencheram um formulário para avaliar a atividade, em uma escala que variava de 1 a 5, sendo 1 considerado de pouco impacto, e 5 como de muito impacto. Seis alunos (portanto, a maioria) avaliaram a atividade com nota 5; 4 deles deram nota 4; e 1 deles deu nota 3. A maioria deles fortemente recomendaria (8 alunos) ou apenas recomendaria (3 alunos) a atividade para seus colegas. Em termos de avaliação das estratégias de ensino, como esperado, a maioria acredita que a combinação CircuitLab e VISIR é fortemente recomendada como preparação para o laboratório local. A maioria dos alunos (5 dos 6 alunos que se prepararam para o laboratório local com a combinação CircuitLab e VISIR) acreditam fortemente que a combinação ajudou na preparação para o laboratório local, atribuindo nota 5 a essa combinação; apenas 1 aluno atribuiu nota 4 à combinação. Por outro lado, dos alunos que utilizaram apenas o simulador CircuitLab como preparação para o laboratório local, apenas 1 atribuiu nota 5; 2 atribuíram nota 4; e os 3 alunos restantes atribuíram notas 3, 2 e 1. Como conclusão, a atividade sinalizou que o uso de simuladores e laboratórios remotos tem grande potencial para melhorar o processo de ensino, não só por vantagens associadas à segurança ou pela possibilidade de utilização a qualquer hora, via Internet, mas também pela forte preparação que o aluno tem para usar componentes elétricos e/ou eletrônicos nos laboratórios reais.

2.4 O uso do VISIR no Laboratório de Circuitos Elétricos e Eletrônicos

A disciplina de Circuitos Elétricos e Eletrônicos é cursada no quinto período dos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia da Computação da PUC-Rio. É nessa disciplina que os alunos têm seu primeiro contato com o laboratório de eletrônica e seus equipamentos, tais como osciloscópios, multímetros e geradores de função.

É muito comum, especialmente nas primeiras experiências de laboratório, que os alunos apresentem certa dificuldade em realizar a montagem correta dos

¹ Mais detalhes sobre a atividade podem ser acessados em <https://www.youtube.com/watch?v=P_7kvVphE8> e as fotos da realização do evento podem ser vistas em <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/VISIR/scrapbook4.html>>.

circuitos e as medidas subsequentes dentro do limitado tempo de aula, que é, atualmente, de duas horas. Além disso, assim como em qualquer área do conhecimento, o processo de aprendizagem envolve acertos e erros; no caso de uma disciplina de laboratório, erros na montagem de circuitos elétricos, muitas vezes, resultam em danos causados aos equipamentos ou aos componentes, mesmo quando os alunos se encontram sob supervisão do professor. É aqui que o VISIR se encaixa perfeitamente: além de permitir que o aluno já consiga adquirir familiaridade com os equipamentos e componentes antes da aula presencial, ele oferece total liberdade de cometer erros sem nenhum risco de causar danos. A combinação desses aspectos permite que o tempo de aula seja mais bem aproveitado e resulte em menos frustrações decorrentes de problemas de montagem.

No primeiro semestre de 2016, realizamos um teste em uma das últimas experiências, referente à Resposta em Frequência de Circuitos de Primeira e Segunda Ordens. Nessa experiência, os alunos deveriam observar como a amplitude e a fase de uma tensão elétrica de saída se comportam à medida que a frequência da fonte (senoidal) de entrada é variada. A experiência proposta consistiu em quatro etapas: análise teórica dos circuitos a serem montados; simulação dos circuitos; montagem dos circuitos no VISIR; e, por último, montagem dos circuitos no laboratório.²

Dado que, à época da elaboração deste artigo, ainda não tínhamos chegado ao fim do semestre letivo, os alunos ainda não haviam preenchido o formulário de avaliação da disciplina, e, portanto, não há dados a respeito do uso do VISIR nessa ocasião.³ De toda forma, estão previstas novas experiências utilizando o VISIR para o próximo semestre, especialmente nos tópicos mais introdutórios, nos quais os alunos são ainda mais inexperientes.

2.5 O desenvolvimento de materiais para o uso do VISIR e que servem a outras disciplinas

A utilização do VISIR na PUC-Rio requer materiais complementares de apoio relacionados à teoria e à prática de laboratório de circuitos elétricos. Um ponto importante e que deve ser ressaltado é que muitos dos materiais já estão disponíveis em acesso aberto e podem ser acessados nos endereços mencionados na seção 02. Porém, devido à especificidade dos experimentos como um laboratório remoto, foi criada a série VISIR+ que pode ser vista em <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&nrseqser=14>. Além dos cinco roteiros desenvolvidos para o uso específico do VISIR, um contém informações gerais de sobre laboratórios remotos e os outros quatro sobre preparação para a realiza-

2 O roteiro da experiência pode ser visto em <<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/acessoConteudo.php?nrseqoco=87269>>.

3 As fotos da atividade podem ser vistas em <<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/VISIR/scrapbook5.html>>.

ção das atividades no VISIR que podem ser vistos em <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&nrseqser=14>. Estes materiais poderão ser utilizados em atividades futuras, que utilizam o VISIR ou o CircuitLab. Três novos simuladores, que já estão em desenvolvimento, serão disponibilizados. São eles: circuitos de primeira ordem e circuitos RLC de segunda ordem em diferentes configurações.

Até o momento, em todas as preparações das atividades realizadas pela equipe da PUC-Rio para utilização do VISIR, foram planejadas as atividades e desenvolvidos materiais para auxiliar o entendimento do aluno tanto na parte teórica como para na realização do experimento no próprio VISIR e no laboratório tradicional. Estes materiais poderão ser utilizados em outras disciplinas e atividades.

2.6 Comentários e próximos passos

Os primeiros usos do VISIR, aqui apresentados, foram possíveis por ser ele um laboratório remoto – o equipamento da PUC-Rio ainda não se encontra instalado quando da realização dessa experiência. O VISIR usado foi o da CUAS, como mencionado na seção 2.

O que esses usos ensinaram é que a implantação de um laboratório remoto, do ponto de vista acadêmico, é um projeto de múltiplas facetas e que envolve profissionais de diferentes perfis. Dentre as atividades pertinentes ao projeto, destacam-se: (1) a definição e o planejamento do que será feito; (2) a definição dos tipos de processos de aprendizagem a serem usados – simuladores, objetos interativos, textos, etc.; (3) o desenvolvimento dos materiais de preparação e apoio para uso remoto; e (4) a preparação da equipe de apoio. Para essas atividades são necessários professores, alunos de pós-graduação e equipe de TI em educação.

A equipe de TI, com o apoio dos professores, já integrou o LabView ao Sistema Maxwell; a integração se deu com um processo que não é o VISIR. Assim, logo que o VISIR for instalado, ele poderá ser utilizado a partir do LMS, que controla turmas, horários de atividades, etc.

No próximo semestre, o uso de VISIR em Circuitos Elétricos e Eletrônicos será expandido, assim, como novas atividades complementares serão realizadas. A equipe planeja apresentar o VISIR a outros professores para aumentar o número de disciplinas que o utilizarão. As disciplinas de Eletrônica Analógica provavelmente serão as próximas. Para todos esses usos, serão feitas avaliações com os alunos para verificar a eficácia da ferramenta.

3. PROJETOS DE EXPERIMENTOS REMOTOS COMO ESTRATÉGIA FORMATIVA PARA ESTUDANTES DE ENGENHARIA

Atrair bons estudantes para a carreira tecnológica ou científica tem sido o constante desafio das universidades nacionais e internacionais. Por bons estudantes não queremos simplesmente referenciar aqueles que lograram atingir boas médias nas disciplinas escolares, mas os que conseguiram construir uma formação geral mais abrangente, que inclui, além das competências cognitivas, as habilidades psicomotoras e o desenvolvimento afetivo (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Não é raro encontrar estudantes ingressantes nos cursos de engenharia da Universidade Federal de Uberlândia que apresentam alta competência cognitiva, mas habilidades psicomotoras (autonomia, senso crítico, saber-fazer) apenas razoáveis.

Como a responsabilidade pela formação inicial dos estudantes ingressantes nos cursos de engenharia se restringe, em larga escala, aos professores de Física, Química e Matemática, torna-se importante a busca por novas metodologias em disciplinas dessas áreas do conhecimento que articulem mais a teoria e prática pelo incremento do tempo dedicado às atividades experimentais.

Considerando, ainda, que alguns estudantes do ensino médio seguirão a carreira de engenharia, a viabilidade de implantação de uma formação mais específica também para esse público escolar, no sentido de estimular o saber-fazer, pode ser ampliada por meio do desenvolvimento de projetos com base tecnológica.

Dessa forma, com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de competências específicas desejadas de um engenheiro (GAMA; SILVEIRA, 2003) e, ao mesmo tempo, atrair estudantes da Educação Básica para os cursos de engenharia, consideramos o engajamento de estudantes de engenharia e estudantes do ensino médio – que apresentavam propensão a atividades de natureza mais aplicada – no desenvolvimento colaborativo de projetos relacionados a experimentos remotos (ER).

A escolha pela ER permite, ao mesmo tempo, reforçar o uso de experimentos no ensino médio, como, também, viabilizar projetos para construir e/ou disponibilizar experimentos para práticas laboratoriais a distância, estimulando o aprender e o saber-fazer.

Os resultados pedagógicos desse empreendimento foram encorajadores para a sua adoção como estratégia de ensino, tanto no nível superior quanto no nível médio, e estão apresentados neste trabalho.

3.1 Uso pedagógico da experimentação remota

O uso de ER como recurso didático-pedagógico para a implantação de uma nova concepção de ensino experimental, que alia tecnologias de informação e

comunicação (TIC) aos equipamentos laboratoriais, tem sido reiteradamente justificado na literatura (DZIABENKO; GARCIA-ZUBIA, 2013; ROCHADEL; AQUINO; SILVA, 2012), com demonstrações de algumas vantagens em relação à metodologia de ensino experimental tradicional.

Existem duas maneiras pelas quais se podem disponibilizar experimentos para serem acessados e controlados a distância: projetar e construir artesanalmente tanto os equipamentos laboratoriais quanto o sistema de acesso e controle do mesmo pela Internet ou adquirir os equipamentos e projetar e desenvolver o sistema de acesso e controle remoto do mesmo. Cada uma possui suas vantagens: a construção artesanal, por exemplo, permite explorar o que Latour (2000) considera como abrir as caixas-pretas que foram tornadas fatos, isto é, levar o estudante a conhecer em detalhes os princípios e os embates científicos, tecnológicos e econômicos envolvidos na construção do artefato laboratorial, levando o empreendedor a tomar decisões e reconhecer a tecnologia enquanto está sendo construída e não apenas em seu formato final, pronto, utilizável; já a aquisição de um equipamento comercial permite o acesso a experimentos de grande sofisticação tecnológica, cuja complexidade de confecção exigiria conhecimentos muito especializados, ou recursos técnicos e materiais muito avançados e/ou dispendiosos.

Nesse trabalho, fizemos uso dos dois tipos de ER: um, construído artesanalmente, na forma de uma maquete residencial e dedicado ao estudo do tema Energia; e outro, um *kit* experimental adquirido junto a tradicional fornecedor que atua no mercado internacional (experimento de Millikan da gota de óleo) e voltado para a determinação da carga elementar do elétron.

Os projetos constituem um lugar que permite aproximar-se da identidade dos estudantes e favorecer a construção da subjetividade longe de um prisma paternalista, gerencial ou psicologista (HERNÁNDEZ, 1998), bem como revisar a organização do currículo e a maneira de situá-lo no tempo e no espaço escolares e levar em conta o que acontece fora da escola, auxiliando o estudante a aprender a dialogar de uma maneira crítica com todos os fenômenos do cotidiano. Dewey (1989, p. 184) afirma que, no curso de seu desenvolvimento, o projeto deve apresentar problemas que despertem nova curiosidade, criem uma demanda de informação e a necessidade de continuar aprendendo.

O saber-fazer, a resolução de problemas práticos e o trabalho em equipe são elementos cotidianos da engenharia (TONINI; MELO, 2015).

Quando pessoas que possuem pelo menos uma dessas competências são postas a trabalhar em equipe, o resultado pode ser uma aprendizagem bastante significativa para todos.

Neste trabalho, o desenvolvimento dos projetos de confecção de ER foi realizado por um grupo colaborativo, que incluiu um professor-pesquisador em Física, um professor-pesquisador em Engenharia Química, um estudante do curso de Engenharia de Controle e Automação, um estudante da Engenharia Biomédica, uma doutoranda em Educação e seis estudantes do Ensino Médio.

3.2 Os projetos e suas contribuições formativas

O ER para estudos de Energia consiste em uma maquete residencial com três cômodos, alimentada pela energia proveniente de uma placa fotovoltaica. Cada cômodo da maquete trata de algumas propriedades da energia: em um cômodo ocorrem transformações da energia elétrica em energia térmica e luminosa e se pode realizar medidas da temperatura em dois locais distintos no ambiente e do tempo de tomada dessas medidas; em outro ambiente, ocorrem transformações da energia elétrica em energia sonora, da energia elétrica em mecânica e da energia sonora em energia luminosa e se pode realizar medidas das potências envolvidas; em um terceiro ambiente, ocorrem transformações da energia elétrica em luminosa e podem ser determinados os coeficientes de absorção térmica de diferentes frequências luminosas incidentes em objetos de cores diversas.

Foram utilizados na sua construção: uma placa fotovoltaica de 20W nominais, uma plataforma Arduino Uno para os ambientes acústico e óptico da maquete, uma plataforma Arduino Mega para o ambiente térmico da maquete, um sensor LDR de 3 mm, três sensores de temperatura LM35, um display de LCD 16x2 para mostrar os valores de tempo e de temperatura, um módulo DS1302 para a marcação de tempo e LEDs branco, vermelho, azul e verde para o ambiente óptico.

O ER de Millikan consiste em um capacitor isolado, no interior do qual podem ser borrifadas gotas de óleo que, sob o efeito do campo elétrico produzido entre as placas do capacitor, adquirem equilíbrio mecânico ou movimentos ascendentes ou descendentes. O comportamento dinâmico das gotas pode ser observado por meio de um microscópio contendo um micrômetro.

O usuário necessita borrifar gotas de óleo no interior do capacitor utilizando uma bombinha de borracha, manipular duas chaves comutadoras e atuar sobre o potenciômetro da fonte de tensão para regular a voltagem entre as placas do capacitor. Deverá, também, visualizar a gota no microscópio, ajustando a sua posição em torno do capacitor, o seu foco na gota e utilizar a escala micrométrica.

A função dos estudantes de engenharia nos projetos foi projetar os sistemas sob a supervisão dos professores-pesquisadores, construir os sistemas juntamente os estudantes do ensino médio (EM) e coordenar o trabalho dos estudantes do EM.

Percebeu-se que, no movimento de transpor o estudante ingressante de engenharia da posição de espectador e usuário do artefato tecnológico experimental para o de ator ou produtor desse artefato, ocorreu o acionamento de mecanismos mais complexos do pensamento desses estudantes. A partir da análise das notas, filmagens e entrevistas realizadas ao longo do desenvolvimento do projeto, percebeu-se uma contribuição significativa no estabelecimento das seguintes características: construção da autonomia e capacidade gerencial de projeto e de grupo; desenvolvimento da iniciativa, da criatividade, do senso crítico e da capacidade de trabalho em equipe; aperfeiçoamento da lógica computacional,

do pensamento científico, do processo de soldagem estanho-chumbo e do uso de torno mecânico.

3.3 Comentários e próximos passos

Este trabalho possibilitou vivenciar a modificação no comportamento do estudante por meio da incorporação de valores e conhecimentos que permitiram a tomada de decisões conscientes, mobilizando as condições necessárias para que uma aprendizagem significativa ocorra. Outro ponto que merece destaque foi a composição da equipe multidisciplinar de trabalho, considerando a inclusão de estudantes do Ensino Médio, pois os egressos dos cursos de engenharia se defrontarão com essa realidade ao ingressarem no mercado de trabalho.

4. PERCEPÇÕES ACERCA DE EXPERIMENTOS REMOTOS NO CONTEXTO DE UM CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS EXATAS

A utilização de experiências de laboratório é extremamente rica para a formação de profissionais nas mais diversas áreas, em especial nas Engenharias e nas Ciências Exatas. Grande parte das propriedades dos materiais utilizados em diferentes aplicações são obtidas a partir de ensaios de laboratório, sendo, portanto, primordial que os cursos utilizem laboratórios para promover a aprendizagem. Existem algumas reflexões desse impacto pedagógico no caso de laboratórios virtuais (BIANCHINI; GOMES, 2006; SILVA, 2011; DIWAKAR *et al.*, 2012), reais ou através de experimentos remotos (GARCIA-ZUBIA *et al.*, 2008; RESTIVO; FERREIRA, 2012; SILVA *et al.*, 2016), que são o objeto deste tópico.

4.1 O curso de especialização

Ao longo de 2015, foi concebido, elaborado e aprovado, na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), o primeiro curso de especialização, com o intuito de atender, em especial, professores de engenharias e de cursos das áreas exatas que sejam docentes ou que tenham interesse em ser professores. O curso tem os seguintes objetivos:

Geral: Prover aos professores informações sobre conhecimentos necessários para integrar a sua área de origem com fundamentação metodológica e pedagógica apropriada.

Específico:

Capacitar os professores em:

- Diferentes teorias e metodologias educacionais;
- Aplicações das diferentes disciplinas na futura profissão dos alunos de

5. Conhece alguma experiência existente no Brasil de laboratórios virtuais ou laboratórios remotos? Se sim, qual (s)?

6. É mais fácil aprender através de laboratórios remotos do que através de laboratórios reais.

Mark only one oval.

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

7. Para o curso de graduação que realizei, as atividades de laboratório são importantes.

Mark only one oval.

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

8. Os laboratórios remotos reduziriam os problemas de falta de infraestrutura laboratorial em muitas escolas secundárias e técnicas no Brasil.

Mark only one oval.

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

9. A presença física dos alunos em laboratórios reais não é tão importante.

Mark only one oval.

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

10. As atividades de laboratório não são prioritárias em cursos de Engenharia e de Ciências Exatas.

Mark only one oval.

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

Figura 5 – Questionário – Questões 5 a 10.
 Fonte: levantamento dos autores

A ideia é que se possa identificar o quanto os alunos/professores valorizam as atividades de laboratório, a partir de sua área, bem como o quanto os mesmos compreendem a importância dos experimentos remotos, especialmente em países com as dimensões do Brasil.

Alguns resultados interessantes puderam ser observados nas respostas desse questionário, preenchido por 25 dos 30 alunos. Em primeiro lugar, cabe destacar que mais de 80% dos alunos possuem menos 5 anos de experiência profissional com atividades de laboratório, sendo que pouco mais de 50% têm menos de 1 ano de experiência. Observa-se que ainda há pouco conhecimento sobre a diferença entre laboratórios virtuais e experimentos remotos.

Qual dos exemplos abaixo entendes que seja a simulação de um experimento, o que caracterizamos como laboratório virtual:
 (25 responses)

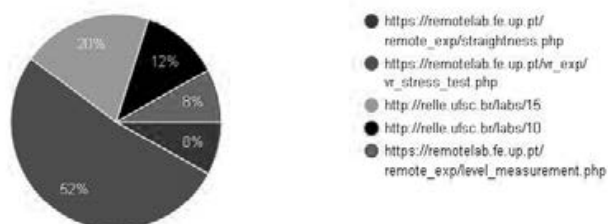


Figura 6 – Respostas à Questão 3.
 Fonte: levantamento dos autores

Todavia, na pergunta 4, quando se devia escolher o experimento remoto, entre 5, sendo 4 deles laboratórios virtuais (ver resultados na Figura 7):

Qual dos exemplos abaixo entende que seja o acesso remoto a um experimento real, o que caracterizamos como laboratório remoto:
(24 respostas)

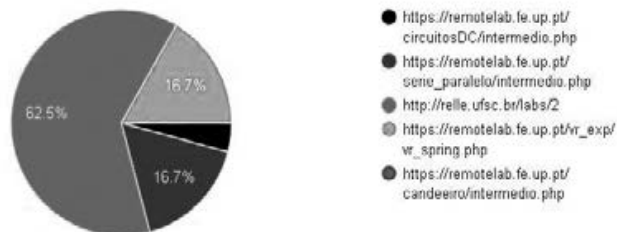


Figura 7 – Respostas à Questão 4.
Fonte: levantamento dos autores

Do ponto de vista da importância da presença física dos alunos nas experiências de laboratório, apenas 4% concordam que ela não é tão importante, e apenas 8,3% considera que é mais fácil aprender a partir de experimentos remotos em comparação com experimentos reais.

4.3 Disciplina ministrada no curso de especialização

A partir de agosto de 2016, será ministrada a disciplina chamada Experimentos online na Educação em Engenharia, cuja ementa consta na Figura 8.

Ementa:
Apresentações de diferentes possibilidades relacionadas a realizações de experimentos online voltados para a Educação em Engenharia, envolvendo simulações, realidade virtual com interação háptica, acesso remoto a laboratórios reais e possibilidades para a Educação a Distância.
Bibliografia
<p>ANDREATA-da-COSTA, L.; NIETZKE, J. A. (Orgs.) A educação em engenharia: fundamentos teóricos e possibilidades didático-pedagógicas. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012.</p> <p>M. R. Quintas, M. T. Restivo, J. Rodrigues, P. Ubaldo. "Let's use Hapitcs," International Journal of Engineering Pedagogy, 2013, 9(8): pp. 65-67.</p> <p>M. T. Restivo, A. M. Lopes, L. Padilla, P. Chaves, T. Duarte. "Haptic Systems for Determining the Young Modulus of Materials," International Journal of Engineering Pedagogy, 2013, 9(8): pp. 68-70.</p> <p>Artigos publicados nos principais periódicos em Educação em Engenharia, Educação a Distância e experimentos online</p>

Figura 8 – Ementa da Disciplina Experimentos online na Educação em Engenharia.
Fonte: UERGS

Como se pode observar na ementa, busca-se trabalhar as três possibilidades de acesso a experiências de laboratório, quais sejam laboratórios virtuais, experimentos reais e experimentos remotos. Levando-se em conta que o curso é formado por professores em exercício, alunos de doutorado e até recém-doutores, a proposta de trabalho na disciplina é que os alunos proponham atividades a partir de diferentes possibilidades de utilização de experimentos remotos (RELLE, 2016; ONLINE Experimentation, 2016). Deseja-se que os alunos apliquem essas atividades nas suas turmas.

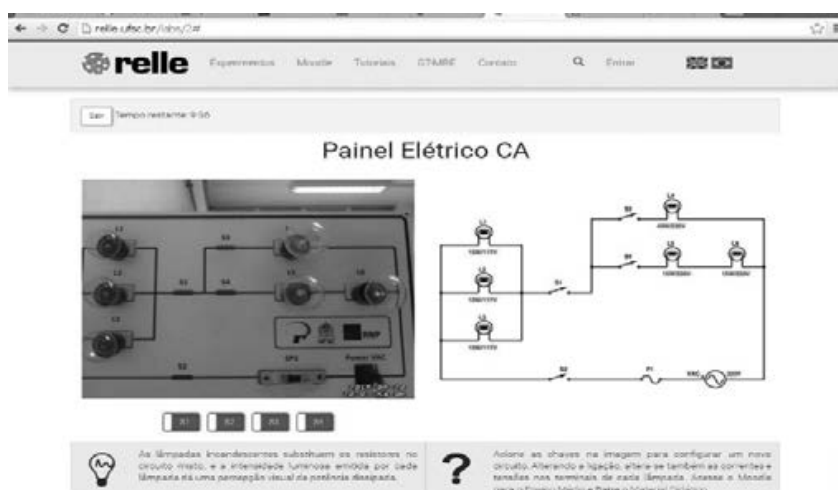


Figura 9 – Experiência em eletricidade.
Fonte: <http://relle.ufsc.br/labs/2> (2016)

A aplicação da Figura 9 pode ser utilizada em cursos de Física ou de Matemática do Ensino Médio, ou mesmo em cursos técnicos e tecnológicos que envolvam a eletricidade. É claro que um trabalho fundamental do professor é conceber atividades utilizando esse experimento remoto, levando em conta o perfil e o conhecimento prévio dos seus alunos e o conteúdo a ser trabalhado, entre outros aspectos. A ideia é que já se tenham as atividades desenvolvidas e algumas aplicadas pelos alunos quando da realização da seção dirigida, levando-se em conta que a disciplina encerra ainda no mês de setembro.

4.4 Comentários e próximos passos

Como se pode observar, este artigo apresenta um trabalho que está em construção, a partir da experiência de docência em um curso de Pós-graduação *lato senso* em Educação em Engenharia e Ensino de Ciências e Matemática. A disciplina irá iniciar-se em agosto, porém, já houve uma interação prévia com alunos em relação ao tema, a partir da disponibilização do material dessa sessão dirigida, bem como do preenchimento de um questionário baseado nesse material. Pode-se observar que ainda há um desconhecimento parcial, por parte dos acadêmicos

cos, do verdadeiro potencial dos experimentos remotos, apesar de a maior parte indicar que é uma ferramenta importante para um país com as dimensões do Brasil. Boa parte ainda não conseguiu identificar a diferença entre os experimentos remotos e os laboratórios virtuais, e a questão da presença do aluno também deverá ser problematizada ao longo do curso, tendo em vista que a maioria ainda considera fundamental que o aluno esteja presente nas experiências. Talvez o conceito de presença possa ser trabalhado e relativizado quando se fala em experimentos remotos. Espera-se, por fim, que essa experiência com os alunos de pós-graduação enriqueça as reflexões acerca da importância dos experimentos remotos para a Educação em Engenharia.

5. PROGRAMA DE COOPERAÇÃO INTERINSTITUCIONAL PARA EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NOS PROCESSOS DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM DE ENGENHARIA

Os avanços da tecnologia ocorridos nos últimos anos transformaram o comportamento dos estudantes em relação à aprendizagem, assim, métodos de ensino tiveram que ser remodelados, e os sistemas atuais de educação enfrentam diferentes desafios (KINSHUK *et al.*, 2016). O ensino de engenharia está incluso nesse cenário, com a frequente utilização da tecnologia como ferramenta de apoio pedagógico. Vale a pena destacar que, para Loureiro, Pereira e Pacheco (2014), a construção do perfil profissional do engenheiro deve ir além das habilidades técnicas, de modo a ser capaz de lidar com aspectos sociais, ambientais e tecnológicos, por meio do pensamento crítico e interdisciplinar. Para atender tais aspectos, instituições de ensino superior (IES), das diversas engenharias, procuram aliar aulas teóricas com aulas práticas, com a inserção do aluno em sua realidade profissional, por meio da contextualização. Para Roncarelli (2014), a contextualização é fator fundamental para uma educação de qualidade, e se observa que não é possível aprender assuntos de forma isolada, pois todo o conhecimento está inserido em um contexto que, para ser compreendido, exige interdisciplinaridade.

Outro aspecto importante, segundo Gillet *et al.* (2005) é que, nos cursos de engenharias, uma tarefa fundamental para sustentar o processo de ensino-aprendizagem é a utilização da experimentação (*hands-on*). Experimentação e validação de resultados são características do ensino e pesquisa em engenharias. Aulas práticas são possíveis com experiências laboratoriais, porém, exigem a instalação de laboratórios físicos, que geram algumas ressalvas: elevação de custo, limitações de capacidade espacial, problemas de segurança, tempo e manutenção. Laboratórios remotos podem ser uma excelente alternativa, já que permitem que os alunos tenham acesso a experimentos sem restrições de tempo e localização, e ainda proporcionam segurança tanto pessoal, quanto aos equipamentos (SAN-

TANA *et al.*, 2013).

A experimentação remota visa a ampliar a capacidade humana com a utilização de recursos de internet e demais tecnologias, capazes de promover o acesso remoto e possibilitar o compartilhamento de recursos educacionais. Com base nessa premissa, o Laboratório de Experimentação Remota (RExLab), na Universidade de Federal de Santa Catarina (UFSC), atua de forma colaborativa, com o objetivo de popularizar conhecimentos científicos e tecnológicos e incentivar melhorias em processos de ensino-aprendizagem, nos mais diversos níveis de educação.

Um dos resultados das atividades desenvolvidas pelo RExLab é o Grupo de Trabalho de Experimentação Remota Móvel (GT-MRE), que faz parte de um Programa de Grupos de Trabalho promovido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP). O objetivo do GT-MRE é o desenvolvimento, implantação e compartilhamento de plataforma que integra ambiente virtual de ensino e de aprendizagem através da disponibilização de conteúdos didáticos abertos *online*, acessados por dispositivos móveis ou convencionais e complementados pela interação com experimentos remotos (REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA, 2015).

Uma das ações prioritárias mencionadas no documento emitido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação ENCTI 2016-2019, foi o “fortalecimento de programas de cooperação interinstitucional para a formação de recursos humanos de alto nível...” (BRASIL, 2016, p. 79). Nesse mesmo sentido, o RExLab procurou estabelecer um processo colaborativo interinstitucional com a Faculdade SATC, com o objetivo de inserir experimentação remota em cursos de engenharia, de modo a validar a integração de laboratórios remotos nesse nível de ensino. A Faculdade SATC localiza-se na cidade de Criciúma, Santa Catarina, e dispõe de cursos de engenharias da Computação, de Minas, Elétrica, Mecânica, Mecatrônica e Química.

Este estudo apresenta, assim, um programa de cooperação interinstitucional apoiado na utilização e gerenciamento de aplicações de experimentos remotos disponibilizados pelo GT-MRE em cursos de engenharia da Faculdade SATC. Também contempla esse programa o desenvolvimento, em parceria, e disponibilização de novos experimentos remotos.

5.1 O Grupo de Trabalho de Experimentação Remota Móvel (GT-MRE)

O GT-MRE, inicialmente, teve como objetivo o desenvolvimento e a construção de um conjunto de experimentos remotos, de ambiente para gerenciamento para os recursos de *hardware* e *software* implementados, e também a elaboração de conteúdos didáticos para dar suporte à validação do protótipo junto às instituições de ensino parceiras no projeto, conteúdos didáticos esses disponibilizados através de ambiente virtual de aprendizagem (AVA). A Figura 10 ilustra a visão

macro do GT-MRE.

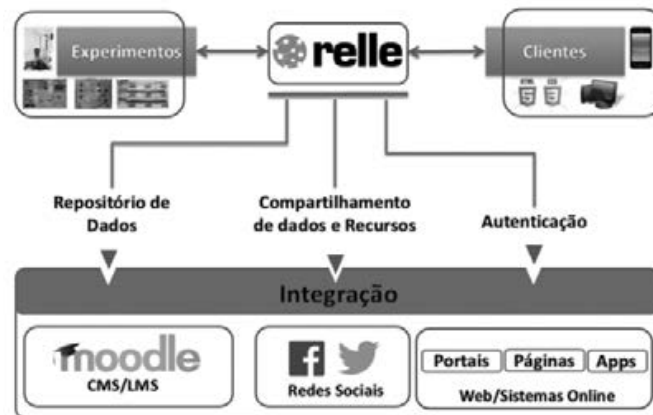


Figura 10 – GT-MRE – Visão Geral.

Fonte: <<http://rexlab.ufsc.br/gt-mre/sobre.php>>.

O núcleo do serviço oferecido pelo GT-MRE é formado pelos experimentos remotos, pelo Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos (Remote Labs Learning Environment – RELLE) e por Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). O acesso aos experimentos remotos pode ser efetuado a partir do RELLE ou a partir do AVA (SILVA, 2013).

Todos os *softwares* e *hardwares* desenvolvidos pelo grupo são preparados para ser acessados por dispositivos convencionais (microcomputadores, laptops, etc.) e também em dispositivos móveis, tais como tablets, smartphones, etc. Além disso, todos os recursos construídos e utilizados pelo GT-MRE são baseados em *hardwares* e *softwares open source*, a fim de, favorecer a replicação do projeto e integração desses em um ambiente distribuído de ensino e aprendizagem (SILVA, 2013).

Os experimentos remotos foram implementados a partir da arquitetura padronizada, de *hardware* e *software* básico. A diferenciação entre os experimentos é constatada nos diversos tipos de sensores e atuadores, que são instalados de acordo com as especificidades dos experimentos remotos disponibilizados.

A arquitetura foi dividida em quatro módulos: o Laboratório Real, que trata dos experimentos; Computador Embarcado, que compreende a parte de disponibilização do experimento na rede; RELLE (Remote Labs Learning Environment ou Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos), que é o sistema de gerenciamento; e cliente, que trata do modelo de acesso utilizado para manipulação dos experimentos e o AVA (Figura 11) (LIMA *et al.*, 2015).

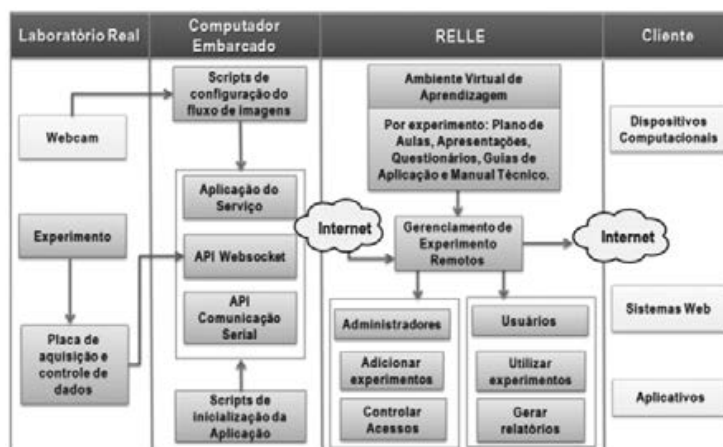


Figura 11 – Arquitetura do serviço proposto.
 Fonte: <<http://rexlabs.ufsc.br/gt-mre/sobre.php>>.

O módulo RELLE é responsável pelo gerenciamento de usuários e experimentos e, entre suas funções estão à criação e edição de usuários e experimentos remotos, e também a emissão de relatórios e controle de acessos à plataforma. A Figura 12 apresenta a tela de acesso ao RELLE.

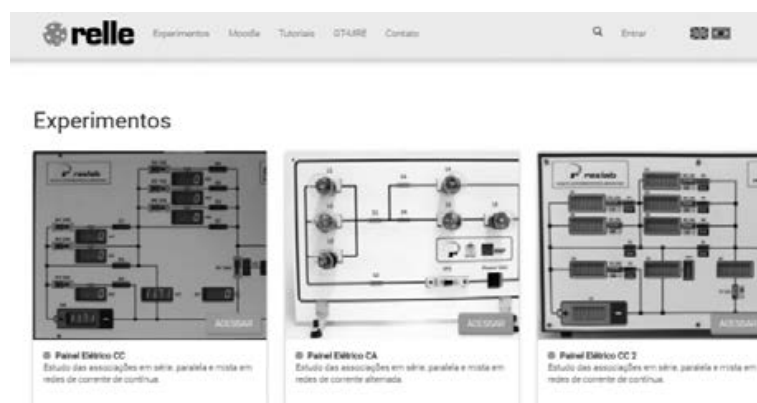


Figura 12 – Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos.
 Fonte: <<http://relle.ufsc.br/labs>>.

5.2 Gerenciamento do projeto de cooperação interinstitucional

Um projeto é uma atividade sistematizada com início e fim definidos para o desenvolvimento de um produto, serviço ou resultado, onde parâmetros de tempo, custo, recursos e qualidade devem ser respeitados pelos seus gestores (RAMOS; MOTA, 2016).

Para esse programa de cooperação interinstitucional, foi desenvolvido um plano de projeto através de um fluxograma (Figura 13), baseado nos cinco grupos de processos do gerenciamento de projetos: início, planejamento, execução,

monitoramento e controle, e encerramento. Para a construção dessa ferramenta, participaram pessoas envolvidas das duas instituições, UFSC e Faculdade SATC.

Outros aspectos serão considerados ao longo do programa, como exemplo, gerenciamento de recursos, qualidade, tempo, integração, entre outros. No entanto, o processo de colaboração interinstitucional encontra-se na fase de planejamento.



Figura 13 – Fluxograma dos processos do gerenciamento para o programa interinstitucional.

Fonte: elaborado pelos autores

Esse fluxograma teve como objetivo inicial situar e apresentar o programa de cooperação interinstitucional para as partes envolvidas. Ao longo do programa, algumas melhorias e correções podem ser realizadas.

5.3 Considerações sobre o projeto de cooperação interinstitucional

Este estudo buscou evidenciar a importância da tecnologia educacional apoiada pela experimentação remota, aplicada nos processos de ensino e de aprendizagem de engenharias.

Descreveu-se o processo de colaboração entre duas IES, apoiado no incentivo à pesquisa científica colaborativa para uma formação de qualidade de alunos, professores e pesquisadores, bem como parte dos recursos disponibilizados. Por meio dessa percepção, o RExLab e a Faculdade SATC reconhecem os efeitos positivos de um trabalho de cooperação, em contrapartida, para obtenção de resultados positivos, exige-se uma gestão de projetos com eficiência e eficácia.

Com este estudo, foi possível apresentar parte do programa de cooperação interinstitucional com o desenvolvimento do fluxograma apresentado. Afirmar que, é possível elevar a qualidade da formação dos engenheiros com a experi-

mentação remota, compartilhamento de dados, conhecimentos e experiências.

Para que esse processo colaborativo interinstitucional, entre o RExLab e a Faculdade SATC, apresente resultados satisfatórios, tornam-se necessárias pesquisas e ações interdisciplinares baseadas na inovação e no gerenciamento de projetos, com foco em estratégias para o processo de ensino e de aprendizagem com a utilização de experimentos remotos em engenharias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Num artigo recente, Froyd, Wankat e Smith (2012) afirmam que os laboratórios remotos constituem parte das cinco principais mudanças ocorridas no ensino de engenharia, nos últimos 100 anos. Os laboratórios remotos se inserem precisamente na quinta mudança, denominada de “Influência das Tecnologias da Computação, Informação e Comunicação na Educação em Engenharia”. Mais recentemente ainda, Johnson *et al.* (2014), num estudo sobre tecnologias educacionais emergentes e seu previsível impacto no sistema de Ensino Superior no Brasil, se referem aos laboratórios remotos (e virtuais) como uma das tecnologias educacionais com um tempo de adoção de entre 2 a 3 anos. Esses aspectos se combinam para relevar da importância dessa tecnologia educacional no contexto do ensino de engenharia no Brasil.

Neste capítulo, buscou-se focalizar os laboratórios remotos, pela relevância da natureza real dos resultados obtidos na realização das experiências remotas. O tipo de competências experimentais obtidas pelos alunos e alunas, através da utilização desses laboratórios e a sua avaliação e validação, do ponto de vista educacional. Seus ganhos (educativos e operacionais) decorrentes da possibilidade de utilização 24/7, bem como a problemática associada à concepção, implementação, manutenção, e integração no contexto operacional das Instituições de Ensino Superior.

REFERÊNCIAS

ARNAB, S. *et al.* Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. **British Journal of Educational Technology**, 46, 391-411, 2015.

BIANCHINI, D.; GOMES, F. S. C.; O. **Ensino de engenharia por meio de laboratórios virtuais de eletrônica**: uma reflexão entre a montagem no Protoboard e a simulação. Anais: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Passo Fundo: UPF, 2006.

BODNAR, C. *et al.* Engineers at play: games as teaching tools for undergraduate engineering students. **Journal of Engineering Education** 105, 147-200, 2016.

CECH, M.; SCHLEGEL, M.; BALDA, P.; SEVERA, O. **A New Extensive Source for**

Web-based Control Education. Anais do ACE 2016 – 10th IFAC Symposium on Advances in Control Education, p. 1-6, Sheffield, UK, 2013.

DEWEY, J. **Cómo pensamos.** Barcelona: Paidós, 1989.

DIWAKAR, A; POOJARY, S; NORONHA, S. B., **Virtual labs in engineering education:** implementation using free and open source resources. Technology Enhanced Education (ICTEE), 2012 IEEE International Conference on, Kerala, 2012, p. 1-4.

DZIABENKO, J.; GARCIA-ZUBIA, J. (Org.). **IT Innovative Practices in Secondary Schools:** remote experiments. Bilbao: University of Deusto, 2013.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R.V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção.** São Carlos; v. 17, n. 2, p. 421-431, jan. 2010.

FROYD, J. E.; WANKAT, F.C.; SMITH, K. A. **Five major shifts in 100 years of engineering Education.** Proceedings of the IEEE. 100, Special Centennial Issue, p.1344-1360. 2012.

GAMA, S. Z.; SILVEIRA, M. A. **As competências do engenheiro:** visão do mercado de trabalho. Anais do COBENGE-2003. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/PRP089.pdf>>. Acesso em 1º jul. 2016.

GARCIA-ZUBIA, J. *et al.* Questions and answers for designing useful weblabs. **International Journal of Online Engineering.** 2006.

GILLET, D. *et al.* Collaborative web-based experimentation in flexible engineering education. **IEEE Trans. Educ.**, [s.l.], v. 48, n. 4, p. 696-704, nov. 2005. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). <<http://dx.doi.org/10.1109/te.2005.852592>>.

HERNÁNDEZ, F. **Transgressão e mudança na educação:** os projetos de trabalho. Porto Alegre: Artmed, 2007. 152 p.

http://archive.usfirst.org/uploadedFiles/Who/Impact/Brandeis_Studies/FRC_eval_finalrpt.pdf. Acesso em: 30 jun. 2016.

SILVA, J. B. *et al.* A DC Electric Panel Remote Lab, 2016. **International Journal of Online Engineering**, v. 12. n. 4, p. 30-32, 2016.

GARCIA-ZUBIA, J.; LOPEZ-DE-IPINA, D.; ORDUNA, P. **Mobile devices and remote labs in engineering education**, 2008. Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Santander, Cantabria, 2008, p. 620-622.

JOHNSON, L. *et al.* **2014 NMC Technology Outlook for Brazilian Universities:** a horizon project regional report. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2014.

KINSHUK *et al.* Evolution is not enough: revolutionizing current learning environments to smart learning environments. **Int J Artif Intell Educ**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 561-581, 17 fev. 2016. Springer Science + Business Media. <<http://dx.doi.org/10.1007/s40593-016-0108-x>>.

LATOURE, B. **Ciência em ação:** como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LIMA, J. P. C. *et al.* **GT-MRE: Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Mó-**

vel – Relatório Final. Fase 1. Araranguá, 2015.

LOUREIRO, S. M.; PEREIRA, V. L. D. V.; PACHECO, W. New profile training for engineers through incorporation of competences for sustainable development in engineering education. **Interciencia Association**. [s.l.], p. 821-828. 1 nov. 2014.

MAYER, I. *et al.* The research and evaluation of serious games: toward a comprehensive methodology. **British Journal of Educational Technology** 45, 502-527, 2014.

BRASIL. MCTI. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), 2016.

MELCHIOR, A. *et al.* **More than robots: an explanation of the FIRST Robotics Competition Participant and Instructional Impacts**. 2005. Disponível em:

ONLINE Experimentation @ FEUP. Disponível em: <<https://remotelab.fe.up.pt/>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

ORDUÑA, P.; RODRIGUEZ-GIL, L.; LÓPEZ-DE-IPÍÑA, D. E; GARCIA-ZUBIA, J., **Sharing the remote laboratories among different institutions: a practical case**. Anais da REV 2012 – International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, p. 1-4, Bilbao, Spain, 2012.

PAVANI, A. M. B; BARBOSA, W. S. **Interactive digital resources for a blended learning controls course**. Anais do ACE 2016 – 11th IFAC Symposium on Advances in Control Education, p. 198-202, Bratislava, Slovakia, 2016.

PAVANI, A. M. B.; TEMPORÃO, G. P. **From traditional to blended learning: a signals and systems course – first results**. Anais do WEEF 2014 – World Engineering Education Forum, ICL – International Collaborative Learning, SPEE Special Track TaT 2014 – Talking About Teaching, p. 1003-1011, Dubai, UAE, 2014.

RAMOS, P. A.; MOTA, C. M. M. Exploratory study regarding how cultural perspectives can influence the perceptions of project success in Brazilian companies. **Prod.**, [s.l.], v. 26, n. 1, p. 105-114, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.173114>>.

REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA. **Grupos de Trabalho. Rio de Janeiro, 2015**. Disponível em: <<https://www.rnp.br/pesquisa-e-desenvolvimento/grupos-trabalho>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

RELLE – Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos. Disponível em: <<http://relle.ufsc.br/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

RESTIVO, T; FERREIRA, J. M. M. Laboratórios on-line: casos de estudo e direções de trabalho futuro. In: ANDREATA-DA-COSTA, Luciano.; NITZKE, Julio Alberto (Orgs.). **A educação em engenharia: fundamentos teóricos e possibilidades didático-pedagógicas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. v. 1.

REXLAB. 2016. Disponível em: <<http://rexlabs.ufsc.br/>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

RIVERA, L. F. Z.; LARRONDO-PETRIE, M. M. **Models of remote and collaborative roles for learning environments**. Anais da REV 2016 – International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, p. 423-429, Madrid, Spain, 2016.

- ROCHADEL, W.; AQUINO, E. L. C.; SILVA, J. B. Desenvolvimento de aplicação para interfaceamento com experimentos remotos por smartphones. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2012.
- RONCARELLI, D. **ÁGORA: concepção e organização de uma taxionomia para análise e avaliação de Objetos Digitais de Ensino-Aprendizagem**. Tese de doutorado. Florianópolis, 2012.
- SANTANA, I. *et al.* Remote Laboratories for Education and Research Purposes in Automatic Control Systems. **IEEE Transactions On Industrial Informatics**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 547-556, fev. 2013. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). <<http://dx.doi.org/10.1109/tii.2011.2182518>>.
- SCHUH, G. *et al.* Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of Industrie 4.0. **Procedia CIRP** 19, 51-56. 2014.
- SILVA, J. B. *et al.* Mobile remote experimentation applied to education. In: DZIA-BENKO, J.; GARCIA-ZUBIA, J. (Org.). **IT Innovative Practices in Secondary Schools: remote experiments**. Bilbao: University of Deusto, 2013.
- SILVA, S. R. X.; GOMES, F. S. **Desenvolvimento de um laboratório virtual para o ensino de Física em cursos de engenharia através do Physlets**. Anais: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Blumenau: FURB, 2011.
- TONINI, A. M.; MELO, A. C. O. **Evoluções nos marcos normativos do estágio supervisionado no Brasil: uma análise sobre os aspectos legais e contribuições para a formação de engenheiros**. Trabalho & Educação, v. 24, n. 2, p. 185-207, 2015.
- UHLMANN, T.S.; BATTAIOLA, A. L.; HEEMANN, A. Design Thinking e Ciência da Fábrica: uma abordagem centrada no usuário por meio do Roleplaying Game. **Revista Estudos em Design**. v. 22, 2014.
- WALLACE, M. **Automobile. Jogo de tabuleiro**. Mayfair Games, 2009.
- WALLACE, M. **Brass. Jogo de tabuleiro**. 2007.
- WENGER, E.; McDERMOTT, R.; SNYDER, W. **Cultivating Communities of Practice**. Boston: Harvard Business Press, 2002.

