

# Integração da Instrumentação Virtual no Ensino do Curso de Sistemas de Aquisição de Dados e Interface

T. R. Melo, J. S. da Rocha Neto, *Senior Member, IEEE* e J. J. Silva

**Title—** Integration of Virtual Instrumentation in the Teaching of Data Acquisition and Interface Systems Course

**Abstract—** This paper presents a case study of integration of virtual instrumentation in the development of engineering projects in undergraduate electrical engineering education, regarding a Data Acquisition and Interface Systems (DAIS) course. The DAIS course is part of the undergraduate curriculum in electrical engineering degree of Federal University of Campina Grande (UFCG). This course is very important in the training of students who will work in the area of electronics, and uses LabVIEW as educational tool to carry out the practical activities. In the semester course, the teacher and the monitor followed up the student teams that proposed engineering projects to be developed during four milestones of the DAIS course. For each milestone, LabVIEW tutoring sessions and educational assessment are performed with student teams. Statistical analysis of the collected data is done by semester course and by academic year. At the end of the course, students learned about the content passed and they were fully satisfied with LabVIEW, considering the tool with 95.50% of usefulness during the academic year and 100.00% recommendation to be applied in other engineering projects.

**Index Terms—** Data acquisition and interface systems, electrical engineering, LabVIEW, engineering projects, virtual instrumentation.

## I. INTRODUÇÃO

O processo ensino-aprendizagem baseado na utilização de metodologias ativas pode ser entendido como uma forma de ensino, em que o aluno assume um papel central e se responsabiliza pela sua própria aprendizagem. O instrutor atua como mediador do contexto de trabalho, neste sentido facilitando a aprendizagem e sendo um guia nesse processo. Além disso, a implantação de metodologias ativas nos cursos de graduação implica no enfrentamento de múltiplos desafios, desde os estruturais (organização acadêmica e administrativa das instituições e cursos) até os das concepções pedagógicas (crenças, valores e modos de fazer) de professores e alunos [1].

Dentre as metodologias ativas no ensino de engenharia, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) é a mais aplicada

em ambientes educacionais, em que alunos organizados em equipes realizam projetos como estratégia de aprendizagem. Esses projetos podem ser interdisciplinares, o que está mais próximo da realidade da engenharia. À medida que as tarefas do projeto são realizadas, os alunos desenvolvem habilidades de aprendizagem de longo prazo, como independência, responsabilidade, trabalho em equipe, gerenciamento de tempo e recursos, e a capacidade de síntese [2],[3],[4]. Esta abordagem pode ser implementada em muitos tipos de cursos universitários, incluindo nos tópicos de engenharia elétrica e eletrônica de microprocessadores, energia eólica, fontes de alimentação em modo de comutação, mecatrônica e comunicações [5].

Uma das principais tecnologias para as atividades práticas no ensino de graduação em engenharia é a instrumentação virtual, que é a aplicação de *software* personalizável e *hardware* modular, para criar sistemas de medição definidos pelo usuário e baseados em computador. O instrumento virtual (VI) representa uma alternativa aos caros instrumentos de medição convencionais, que são projetados para realizar funções pré-definidas pelo fabricante [6].

Plataformas de programação para VI, tais como o *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench* (LabVIEW), contribuíram para este amplo uso educacional. O LabVIEW oferece suporte para *hardware* de aquisição de dados, bibliotecas integradas, multitarefa e definição simples de interfaces de usuário, sendo amplamente utilizado na engenharia profissional. Por essas razões, este *software* é encontrado em cursos universitários de mecatrônica, eletricidade e eletrônica, processamento digital de sinais, controle e laboratórios remotos [7],[8],[9].

Este artigo descreve a utilização do VI como ferramenta educacional para promover o desenvolvimento de projetos de engenharia por equipes de alunos no contexto de um curso de Sistemas de Aquisição de Dados e Interface (SADI). Este trabalho busca responder se os alunos aprendem os conceitos de sistemas de aquisição de dados e interface por meio do LabVIEW e se percebem o impacto positivo desta ferramenta durante o curso. O texto está organizado da seguinte forma: na Seção II apresenta-se as características gerais do curso; na Seção III descreve-se a abordagem proposta para ensinar e

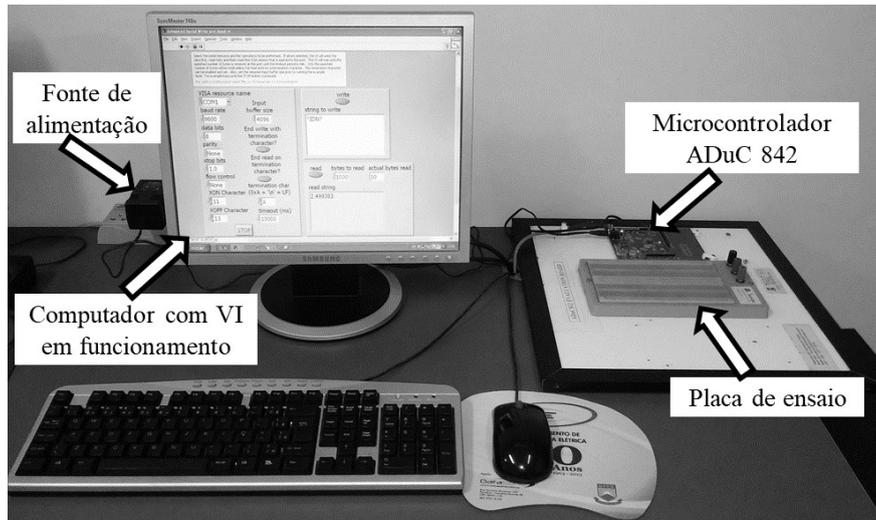


Fig. 1. Fotografia da bancada didática utilizada pelos alunos no curso SADI.

avaliar o LabVIEW no curso SADI; na Seção IV apresenta-se os resultados obtidos e na Seção V sintetiza-se a conclusão.

## II. CURSO SADI

O curso SADI descrito neste trabalho faz parte do currículo de graduação em engenharia elétrica da unidade acadêmica de engenharia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba, Brasil.

### A. Tópicos principais e objetivos

Os principais tópicos ministrados no curso SADI são: microprocessadores e microcontroladores; aquisição de dados via computador; circuitos de interface; circuitos de acionamento; condicionamento de sinal; mudança de nível; introdução aos filtros digitais; análise harmônica e espectral; temporizadores; protocolos de interface; técnicas de modulação e demodulação; e sistemas embarcados.

O objetivo geral neste curso é proporcionar ao aluno uma formação em sistemas de aquisição de dados com microcontroladores, sistemas de aquisição de dados, circuitos de condicionamento, devendo ao aluno aplicar os conceitos teóricos adquiridos na realização de experiências envolvendo a utilização adequada de recursos laboratoriais. Entre os objetivos específicos, o aluno deverá ser capaz de realizar experimentos com sistemas de aquisição de dados, circuitos de condicionamento de sinais e aquisição de dados e interfaces, e a utilização do conceito de instrumentação virtual para criar interfaces humano-máquina (IHM).

### B. Organização do curso

O curso SADI consiste na execução das seguintes atividades:

1. Aula de introdução e complementação teórica à programação C para microcontroladores, em que o conteúdo aprendido pelo aluno é revisto e apresentado como deve ser aplicado nas atividades práticas;
2. Realização de experimentos com microcontrolador e instrumentação virtual em laboratório, com as seguintes tarefas:
  - a) Preparação para o experimento;
  - b) Verificação e execução de testes experimentais;
  - c) Preparação do relatório.

3. Desenvolvimento de projetos de engenharia utilizando bancadas de testes didáticos em laboratório. A bancada didática é composta por: uma placa de avaliação baseada no microcontrolador ADuC 842 [10] como sistema de aquisição; fonte de alimentação 12 V; uma placa de ensaio e um computador com um VI implementado no LabVIEW, conforme apresentado na Fig. 1. Durante o curso são disponibilizados materiais de apoio, como componentes eletrônicos, multímetros e fichas técnicas.

### C. Etapas do projeto

As atividades relacionadas com o desenvolvimento do projeto são dadas inicialmente pela formação de equipes de estudantes compostas por três alunos. Para potencializar a participação e interesse dos alunos, o professor decidiu que eles deveriam formar os próprios grupos, levando em consideração suas afinidades para trabalharem juntos. Cada equipe deve executar o projeto em quatro etapas, de acordo com o tempo definido no cronograma do curso:

1. Etapa 1: definição e apresentação da proposta do projeto, contendo as listas de componentes necessários à elaboração de cada projeto.
2. Etapa 2: relatório e apresentação do projeto com o sistema de aquisição em operação, utilizando o microcontrolador ADuC 842.
3. Etapa 3: relatório e apresentação do projeto a partir da integração do microcontrolador com a versão inicial da IHM no LabVIEW.
4. Etapa 4: relatório final e apresentação completa do projeto com a versão final da IHM em LabVIEW.

## III. METODOLOGIA

Para verificar a instrumentação virtual como uma ferramenta eficaz no ensino de graduação em engenharia elétrica, um conjunto de aulas foi elaborada para o curso SADI e questionários foram aplicados com as equipes de alunos.

### A. Sessões de tutoria em LabVIEW

As sessões de tutoria são planejadas para facilitar o processo de ensino-aprendizagem e auxiliar os alunos no desenvolvimento das atividades do projeto. Em cada semestre letivo, cinco atividades de laboratório foram ministradas pelo professor e monitora, considerando quatro laboratórios de

conhecimentos gerais em LabVIEW e um laboratório de aperfeiçoamento de interface, na seguinte sequência:

a) Laboratório 1: introdução ao LabVIEW; composição (painel frontal, diagrama de blocos e kits de ferramentas); linguagem de programação (G); tela inicial; características gerais; funções básicas; tipos e acesso aos dados; operações elementares.

b) Laboratório 2: estruturas de dados; conversão entre tipos de dados; estruturas de execução; fórmulas e rotinas; temporização e modularidade.

c) Laboratório 3: registradores de deslocamento; definição e tipos de variáveis; estruturas de decisão; estruturas sequenciais; máquina de estados.

d) Laboratório 4: definição de sinais; geração de sinais; manipulação de sinais; visualização de sinais; aquisição de sinais com microcontroladores; controles de interface; arquivos de entrada/saída (E/S).

e) Laboratório 5: refatoração de um VI; manipulação de erros; padrões de projeto do LabVIEW; publicar um VI na Web; criação e distribuição de um executável (arquivo .exe).

### B. Avaliação educacional

Para avaliar a impressão dos alunos sobre o LabVIEW, os alunos preencheram um questionário em cada etapa do projeto, conforme apresentado na Tabela I.

TABELA I  
PERGUNTAS DO QUESTIONÁRIO

Etapa	Questões	Possíveis Respostas
1	Q1.1) Você conhece o LabVIEW?	( ) Sim ( ) Não
	Q1.2) Qual é o seu nível de experiência com o LabVIEW?	( ) Nenhum ( ) Baixo ( ) Médio ( ) Elevado
	Q1.3) Você acha que o LabVIEW será útil para o desenvolvimento do seu projeto?	( ) Sim ( ) Não
2	Q2.1) Qual foi o nível de dificuldade no desenvolvimento do seu projeto?	( ) Nenhum ( ) Baixo ( ) Médio ( ) Elevado
	Q2.2) Como você avalia o tempo gasto no desenvolvimento do seu projeto?	( ) Nenhum ( ) Baixo ( ) Médio ( ) Elevado
	Q2.3) Nessa etapa, você acha que o LabVIEW foi útil para o seu projeto?	( ) Sim ( ) Não
3	Q3.1) Qual foi o nível de dificuldade para desenvolver seu projeto incluindo o LabVIEW?	( ) Nenhum ( ) Baixo ( ) Médio ( ) Elevado
	Q3.2) Como você avalia o tempo gasto no desenvolvimento do seu projeto incluindo o LabVIEW?	( ) Nenhum ( ) Baixo ( ) Médio ( ) Elevado
	Q3.3) Nessa etapa, você acha que o LabVIEW foi útil para o seu projeto?	( ) Sim ( ) Não
4	Q4.1) Como você avalia o impacto do LabVIEW na execução do seu projeto?	( ) Nenhum ( ) Baixo ( ) Médio ( ) Elevado
	Q4.2) Você recomendaria o uso do LabVIEW em outros projetos de engenharia?	( ) Sim ( ) Não
	Q4.3) Você acha que o LabVIEW foi útil em seu projeto?	( ) Sim ( ) Não

As perguntas podem ser feitas do tipo polar (cuja resposta esperada é "Sim" ou "Não") ou do tipo intensidade (cuja resposta varia em uma escala de um nível mínimo a um nível máximo) na pesquisa. Para perguntas do tipo polar, as respostas da pesquisa são convertidas em escala de porcentagem (%); e para as questões do tipo intensidade,

foram fornecidas quatro opções para cada questão: "1 – Nenhum"; "2 – Baixo"; "3 – Médio"; "4 – Elevado", conforme proposto por Zhan *et al.* [8]. Nesse caso, a análise estatística dos dados coletados é realizada, calculando-se a média ponderada ( $M$ ) e o desvio padrão ponderado ( $S$ ) para cada questão, conforme expresso nas Eqs. (1) e (2), respectivamente.

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot f_i)}{N} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - M)^2 \cdot f_i]}{N-1}} \quad (2)$$

em que:  $x_i$  é a pontuação atribuída a cada um dos  $i = 1, 2, \dots, n$  elementos,  $f_i$  é o fator de ponderação de cada elemento a ser calculado pela média e  $N$  é o tamanho da amostra, dado pela Eq. (3).

$$N = \sum_{i=1}^n f_i \quad (3)$$

O tamanho da amostra depende do período em estudo, ou seja,  $N = N_{1st}$  para o número de alunos frequentados do curso SADI durante o 1º semestre do curso;  $N = N_{2nd}$  para o número de alunos frequentados da disciplina durante o 2º semestre do curso; e  $N = N_{ay}$  para o número de alunos no ano letivo.

A avaliação educacional realizada neste artigo foi dispensada de aprovação em banca revisora, uma vez que a aplicação de questionários com equipes de alunos já faz parte do programa do curso, e as informações obtidas nesta avaliação podem ser divulgadas, como retorno de melhorias para os próximos semestres. A participação dos alunos na pesquisa é voluntária, e eles estão cientes de que não afetará a nota na disciplina, nem na relação entre aluno, professor e universidade em nenhum outro aspecto. Esta pesquisa também é de natureza anônima, explicando aos alunos que nenhuma informação pessoal é registrada, a fim de vinculá-la a um indivíduo identificável.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O curso SADI foi ministrado durante o ano letivo 2018/2019 da UFCG, compreendendo o 1º semestre do curso nos meses de Agosto até Dezembro de 2018, e o 2º semestre do curso nos meses de Março até Julho de 2019. Os exercícios propostos no *software* LabVIEW e os projetos de engenharia desenvolvidos, bem como a avaliação da pesquisa dos alunos são apresentados na Seção IV-A, Seção IV-B e Seção IV-C, respectivamente.

### A. Exercícios propostos em LabVIEW

O objetivo final dos alunos do curso SADI é implementar um projeto de engenharia baseado na abordagem ABP, utilizando a instrumentação virtual como principal ferramenta de desenvolvimento. Nesse contexto, aulas de programação em LabVIEW são necessárias para auxiliar as equipes nas etapas 3 e 4, uma vez que nem todos os alunos possuem conhecimento prévio sobre a ferramenta.

Vários exercícios foram introduzidos durante os laboratórios sobre o LabVIEW, conforme descrito na Seção III-A. Para abrir um VI em branco no laboratório 1, as equipes de alunos aprenderam sobre os ambientes do painel frontal e do diagrama de blocos, conheceram os comandos e as paletas

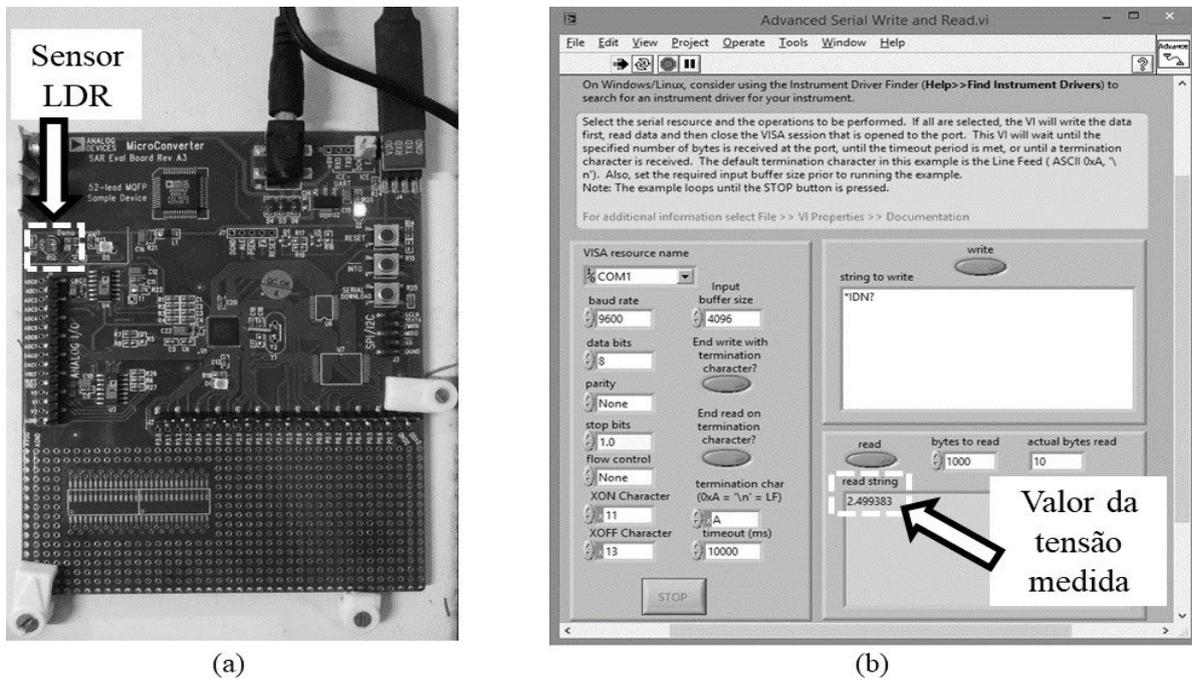


Fig. 2. (a) Sensor LDR na placa de avaliação com base no microcontrolador ADuC 842; (b) Painel frontal do exercício proposto no laboratório 4.

de manipulação em ambos os ambientes e codificaram um VI inicial com a mensagem "Olá, Mundo!". Em sequência, codificaram um VI com controles e indicadores do tipo booleano, numérico e *string*, além de realizar operações aritméticas (soma) e lógicas (porta XOR).

No laboratório 2, as equipes de alunos codificaram um VI para apresentar um *cluster* customizado contendo o nome, matrícula, regularidade e número de semestres estudados pelo aluno; e para configurar um codificador binário 4:2 com blocos conversores. Além disso, eles codificaram um VI com blocos numéricos e aleatórios para diferenciar a operação dos *loops* "for" e "while"; montaram um VI com data e hora de um relógio, para verificar a mudança manual em minutos, horas e dias do ano, e um subVI de um relógio personalizado.

No laboratório 3, as equipes de alunos codificaram um VI para simular o armazenamento de dados em um registrador de deslocamento; para diferenciar o uso da interconexão de fios entre os *loops* usando variáveis locais/globais. Usando o bloco "case structure", as equipes de alunos verificam se a operação de divisão proposta é realizável ou não. Além disso, utilizando o bloco "flat sequence structure", eles simularam o funcionamento de um semáforo. No final do laboratório, eles codificaram um VI para simular o funcionamento de uma máquina de venda automática.

No laboratório 4, as equipes de alunos codificaram um VI para simular sinais de tensão e corrente CA e associar ao tipo de impedância (resistor, capacitor e indutor). Os alunos também montaram um VI para alterar as propriedades e/ou ações nos diferentes tipos de controles e indicadores no painel frontal, bem como codificaram um VI para armazenar os valores de um sinal aleatório em um arquivo .txt e depois exibí-lo em uma mesa. Eles testaram a porta serial do microcontrolador ADuC usando um exemplo de VI fornecido pelo LabVIEW, conforme apresentado na Fig. 2.

No laboratório 5, as equipes de alunos refatoraram um VI de conversão de temperatura Celsius (°C) para Fahrenheit (°F) usando os conceitos de subVI, polimorfismo e documentação do LabVIEW. Eles codificaram um VI para

verificar um erro na ausência de um arquivo .txt na pasta selecionada. As equipes de alunos também conheciam os principais padrões de projeto fornecidos pelo LabVIEW, destacando as características construtivas do padrão Produtor/Consumidor. Eles publicaram um VI acionado por LED no navegador "Internet Explorer" e criaram um arquivo .exe a partir de um VI acionado por LED, além de gerar um instalador que garante a operação do VI em computadores sem LabVIEW instalado.

#### B. Avaliação dos questionários dos alunos

A partir das respostas da pesquisa aplicada em cada etapa do projeto, a análise estatística foi realizada por período, conforme descrito na Seção III-B. Durante o ano letivo, descobrimos que  $N_{ay} = 22$ , com  $N_{1st} = 9$  e  $N_{2nd} = 13$ . As respostas para as questões do tipo polar podem ser observadas na Tabela II.

TABELA II  
RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA  
PERGUNTAS DO TIPO POLAR

Questão	Período	SIM (%)	NÃO (%)
Q1.1	1º semestre	77,80%	22,20%
	2º semestre	53,80%	46,20%
	Ano letivo	63,60%	36,40%
Q1.3	1º semestre	100,00%	0,00%
	2º semestre	100,00%	0,00%
	Ano letivo	100,00%	0,00%
Q2.3	1º semestre	77,80%	22,20%
	2º semestre	100,00%	0,00%
	Ano letivo	90,90%	9,10%
Q3.3	1º semestre	77,80%	22,20%
	2º semestre	100,00%	0,00%
	Ano letivo	90,90%	9,10%
Q4.2	1º semestre	100,00%	0,00%
	2º semestre	100,00%	0,00%
	Ano letivo	100,00%	0,00%
Q4.3	1º semestre	100,00%	0,00%
	2º semestre	92,30%	7,70%
	Ano letivo	95,50%	4,50%

TABELA III  
RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA  
PERGUNTAS DO TIPO INTENSIDADE

Questão	Período	$f_i$	$M$	$S$	95% do Intervalo de Confiança para $M$	95% do Intervalo de Confiança para $S$
Q1.2	1º semestre	{2,5,2,0}	2,00	0,71	[1,54; 2,46]	[0,48; 1,35]
	2º semestre	{10,3,0,0}	1,23	0,44	[0,99; 1,47]	[0,31; 0,72]
	Ano letivo	{12,8,2,0}	1,54	0,67	[1,26; 1,82]	[0,52; 0,96]
Q2.1	1º semestre	{0,1,8,0}	2,89	0,33	[2,67; 3,11]	[0,22; 0,64]
	2º semestre	{0,0,11,2}	3,15	0,38	[2,95; 3,36]	[0,27; 0,62]
	Ano letivo	{0,1,19,2}	3,04	0,38	[2,89; 3,20]	[0,29; 0,54]
Q2.2	1º semestre	{0,0,8,1}	2,67	0,33	[2,45; 2,88]	[0,22; 0,64]
	2º semestre	{0,0,13,0}	3,00	0,00	[3,00; 3,00]	[0,00; 0,00]
	Ano letivo	{0,0,21,1}	2,86	0,14	[2,81; 2,92]	[0,10; 0,19]
Q3.1	1º semestre	{1,1,7,0}	2,67	0,71	[2,20; 3,13]	[0,48; 1,35]
	2º semestre	{0,1,11,1}	3,00	0,41	[2,78; 3,22]	[0,29; 0,67]
	Ano letivo	{1,2,18,1}	2,86	0,56	[2,63; 3,10]	[0,43; 0,80]
Q3.2	1º semestre	{1,5,3,0}	1,78	0,64	[1,36; 2,19]	[0,43; 1,22]
	2º semestre	{0,2,9,2}	2,77	0,62	[2,43; 3,11]	[0,44; 1,03]
	Ano letivo	{1,7,12,2}	2,41	0,69	[2,12; 2,70]	[0,53; 0,98]
Q4.1	1º semestre	{0,0,4,5}	3,56	0,53	[3,21; 3,90]	[0,36; 1,01]
	2º semestre	{0,1,4,8}	3,54	0,66	[3,18; 3,90]	[0,47; 1,10]
	Ano letivo	{0,1,8,13}	3,55	0,60	[3,30; 3,80]	[0,46; 0,85]

A média ponderada ( $M$ ) e o desvio padrão ponderado ( $S$ ) das respostas para as questões do tipo intensidade são observados na Tabela III, considerando os níveis de confiança de 95% para a média e o desvio padrão. Nesse caso, as pontuações  $x_i$  são as quatro opções para cada questão, ou seja,  $x_i \in \{1, 2, 3, 4\}$ , com  $n = 4$ ; o fator de ponderação  $f_i$  é o número de alunos que escolhem uma opção específica, onde  $f_i \in \{f_1, f_2, f_3, f_4\}$  varia de acordo com a pergunta respondida.

### 1) LabVIEW e os estudantes

Com base nas respostas às questões Q1.1 e Q1.2, pode-se notar na Fig. 3 que 63,60% dos alunos no ano letivo conheciam o LabVIEW, mas eles tinham "nenhum" ou "baixo" nível de experiência com a ferramenta, com ( $M = 1,54$ ;  $S = 0,67$ ).

Pode-se observar também que os alunos do 1º semestre do curso estavam mais familiarizados com o *software* do que os alunos do 2º semestre, visto que ambas as questões apresentaram maiores valores de média ( $M = 2,00$ ) e percentual (Sim = 77,80%).

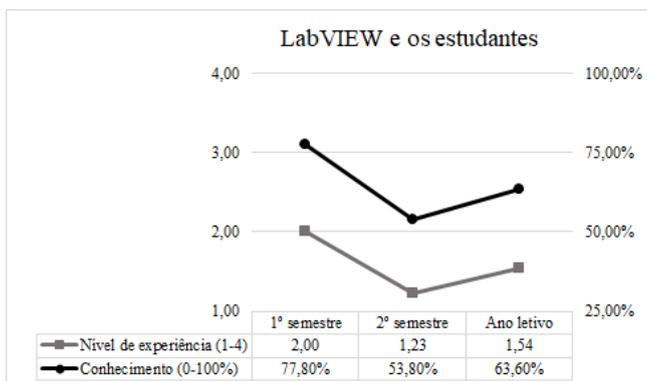


Fig. 3. Resultados da análise estatística das respostas dos alunos às questões Q1.1 e Q1.2.

### 2) LabVIEW e o desenvolvimento do projeto

Durante a execução das etapas, os alunos no ano letivo classificaram como "médio" o nível de dificuldade para o

desenvolvimento do projeto. Porém, as turmas de ambos os semestres consideraram que tiveram menos dificuldade de implementação do projeto com o uso do LabVIEW, a partir das respostas dos alunos às questões Q2.1 e Q3.1. Conforme mostrado na Fig. 4, o nível de dificuldade diminuiu de ( $M = 2,89$ ;  $S = 0,33$ ) para ( $M = 2,67$ ;  $S = 0,33$ ) no curso de 1º semestre e de ( $M = 3,15$ ;  $S = 0,38$ ) a ( $M = 3,00$ ;  $S = 0,00$ ) no curso de 2º semestre.

O tempo gasto pelos alunos para atingir as metas pré-estabelecidas em cada etapa também foi menor com o uso do LabVIEW, conforme mostrado na Fig. 5. Com base nas respostas dos alunos às questões Q2.2 e Q3.2, o tempo gasto diminuiu repentinamente de ( $M = 2,67$ ;  $S = 0,71$ ) para ( $M = 1,78$ ;  $S = 0,64$ ) no curso do 1º semestre e de ( $M = 3,00$ ;  $S = 0,41$ ) para ( $M = 2,77$ ;  $S = 0,62$ ) no curso do 2º semestre.

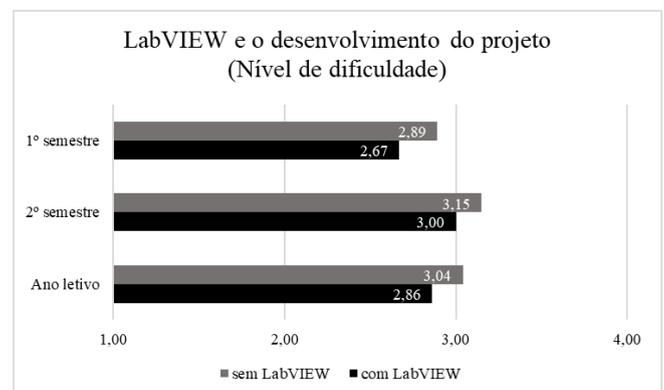


Fig. 4. Resultados da análise estatística das respostas dos alunos às questões Q2.1 e Q3.1.

### 3) LabVIEW e os projetos de engenharia

Ao final do curso SADI, todas as equipes de alunos avaliaram como "alto" nível o impacto do LabVIEW na execução dos projetos, com ( $M = 3,55$ ;  $S = 0,60$ ) no ano letivo. Eles também recomendaram totalmente a aplicação do LabVIEW em outros projetos de engenharia (Sim = 100,00%), de acordo com as respostas às questões Q4.1 e Q4.2 na Fig. 6. Essas respostas comprovaram a relevância da instrumentação virtual para o desenvolvimento de projetos de engenharia na sala de aula.

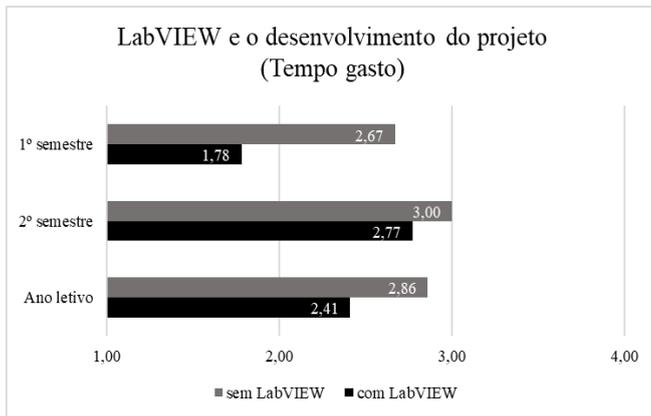


Fig. 5. Resultados da análise estatística das respostas dos alunos às questões Q2.2 e Q3.2.

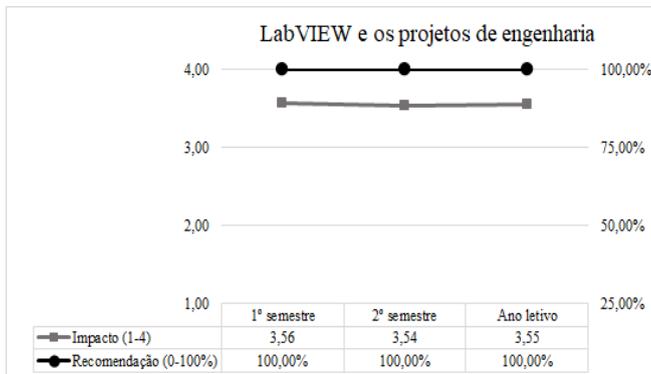


Fig. 6. Resultados da análise estatística das respostas dos alunos às questões Q4.1 e Q4.2.

#### 4) Utilidade do LabVIEW

Em todas as etapas do projeto, os alunos acreditaram que o LabVIEW estava sendo útil em suas aplicações, com apenas uma redução de 4,50% nas expectativas iniciais de acordo com as respostas do ano letivo às questões Q1.3, Q2.3, Q3.3 e Q4.3, como mostrado na Fig. 7.

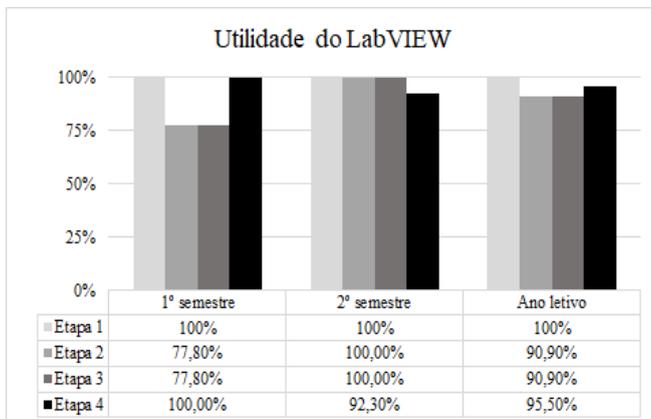


Fig. 7. Resultados da análise estatística das respostas dos alunos às questões Q1.3, Q2.3, Q3.3 e Q4.3.

Considerando que a expectativa dos alunos do curso do 1º semestre na etapa 1 foi recuperada na etapa 4, as expectativas dos alunos do curso do 2º semestre diminuiram na última etapa do projeto. Existem duas hipóteses para esta redução: ou os alunos enfrentaram dificuldades na implementação de projetos no último estágio ou os alunos pensaram que não precisariam mais da ferramenta após o final do semestre.

## V. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a integração da instrumentação virtual como ferramenta educacional que pode auxiliar o curso SADI de engenharia elétrica da UFCG. Neste caso, o *software* LabVIEW facilitou o desenvolvimento dos projetos de engenharia, uma vez que esta ferramenta possui uma linguagem simples e um ambiente de programação intuitivo para criar aplicações de medição e controle.

A partir da execução das etapas de projeto, os alunos aprenderam as reais funcionalidades dos componentes e circuitos eletrônicos, e a obter uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos na sala de aula. Os exercícios propostos no LabVIEW foram usados como exemplo por equipes de alunos para a implementação da IHM de cada projeto de engenharia.

Com base nos resultados da análise estatística dos dados coletados mostrou-se que os alunos ficaram satisfeitos com os projetos implementados no LabVIEW, pois este *software* diminuiu o nível de dificuldade e o tempo gasto na execução do projeto, além de ser uma ferramenta versátil para diferentes tipos de projetos.

Como trabalhos futuros, novos experimentos e projetos de engenharia serão propostos para relacionar os tópicos abordados no curso SADI com o LabVIEW.

## AGRADECIMENTOS

Os autores reconhecem e agradecem o apoio financeiro fornecido pelo CNPq e PROEX-PPGEE/UFCG.

## REFERÊNCIAS

- [1] V. M. F. Fonseca, and Gómez, J., "Applying Active Methodologies for Teaching Software Engineering in Computer Engineering," *IEEE Rev. Iberoam. Tecnol. Aprendizaje*, vol. 12, no. 3, pp. 147–155, Aug. 2017.
- [2] E. Montero and M. J. González, "Student engagement in a structured problem-based approach to learning: A first-year electronic engineering study module on heat transfer," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 52, no. 2, pp. 214–221, May 2009.
- [3] J. Macías-Guarasa, J. M. Montero, R. San-Segundo, Á. Araujo, and O. Nieto-Taladriz, "A project-based learning approach to design electronic systems curricula," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 49, no. 3, pp. 389–397, Aug. 2006.
- [4] K. Edström, A. Kolmos, "PBL and CDIO: complementary models for engineering education development," *European Journal of Engineering Education*, vol. 39, no. 5, pp. 539–555, Mar. 2014.
- [5] F. Martínez-Rodrigo, L. C. Herrero-De Lucas, S. Pablo, and A. B. Rey-Boue, "Using PBL to Improve Educational Outcomes and Student Satisfaction in the Teaching of DC/DC and DC/AC Converters," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 60, no. 3, pp. 229–237, Aug. 2017.
- [6] V. Smiesko, K. Kováč, "Virtual Instrumentation and Distributed Measurement Systems," *J. Electr. Eng.*, vol. 55, no. 1-2, pp. 50–56, 2004.
- [7] National Instruments Corporation. "Getting Started with LabVIEW (Manual)". 2013. Available at: <<http://www.ni.com/pdf/manuals/373427j.pdf>>. Accessed: 22 jan. 2020.
- [8] W. Zhan, J. R. Porter, and J. A. Morgan, "Experiential Learning of Digital Communication Using LabVIEW," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 57, no. 1, pp. 34–41, Feb. 2014.
- [9] J. M. Gómez-de-Gabriel, A. Mandow, J. Fernández-Lozano, and A. J. García-Cerezo, "Using LEGO NXT Mobile Robots With LabVIEW for Undergraduate Courses on Mechatronics," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 54, no. 1, pp. 41–47, Feb. 2011.
- [10] Analog Devices. "MicroConverter 12-Bit ADCs and DACs with Embedded High Speed 62kB Flash MCU ADuC841/ADuC842/ADuC843 (Data Sheet)". Rev. B 6/2017. Available at: <[https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/aduc841\\_842\\_843.pdf](https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/aduc841_842_843.pdf)>. Accessed: 22 jan. 2020.



**T. R. Melo** nasceu em Mogi das Cruzes, São Paulo, Brasil, em 1990. Doutoranda em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil. Ela recebeu seus graus de Mestra e Bacharel em Engenharia Elétrica na mesma universidade em 2016 e 2014, respectivamente. Sua principal pesquisa de interesse se concentra no ensino de engenharia, engenharia biomédica, instrumentação eletrônica e controle de processos.



**J. S. da Rocha Neto** nasceu em Sapé, Paraíba, Brasil, em 1952. Graduou-se em Engenharia Elétrica e obteve os títulos de Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campina Grande, Paraíba, em 1978, 1982 e 1994, respectivamente. Foi Professor Auxiliar da Universidade Estadual da Paraíba de 1980 a 1981 e Professor da Universidade para o Desenvolvimento de Santa Catarina (UDESC), Joinville, SC, Brasil, de 1981 a 1994. De 1994 a 2002, esteve no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba. Desde abril de 2002, trabalha no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, onde atualmente é professor de Engenharia Elétrica. Seus interesses de pesquisa incluem instrumentação eletrônica, sensores inteligentes e automação de laboratório baseada em microcomputador.



**J. J. Silva** nasceu em Patos, Paraíba, Brasil, em 1978. Ele recebeu seus títulos de Bacharel, Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil, em 2003, 2005 e 2008, respectivamente. Desde 2009 está no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, onde atualmente é professor de Engenharia Elétrica. Seus interesses de pesquisa são instrumentação eletrônica, controle de processos, testes não destrutivos e sistemas digitais.