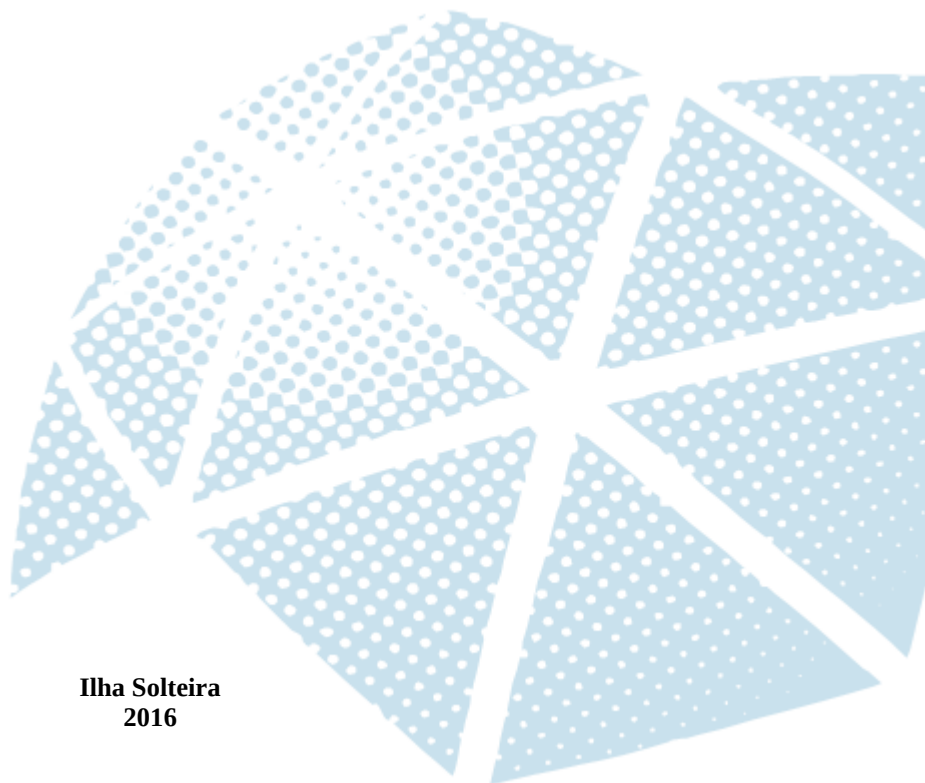


**FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

Érica Vasconcelos de Moraes

**COMPARTILHAMENTO DE AMBIENTES DE
APRENDIZAGEM COM LABORATÓRIOS REMOTOS**

**Ilha Solteira
2016**



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ÉRICA VASCONCELOS DE MORAIS

**COMPARTILHAMENTO DE AMBIENTES DE
APRENDIZAGEM COM LABORATÓRIOS REMOTOS**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Bovolato

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, como parte do pré-requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Elétrica.

Área de Conhecimento: Automação.

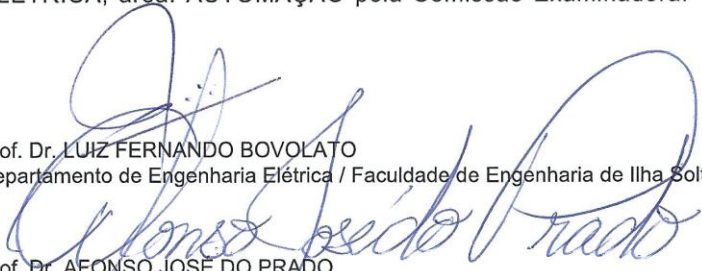
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Compartilhamento de Ambientes de Aprendizagem com Laboratórios Remotos

AUTORA: ÉRICA VASCONCELOS DE MORAIS

ORIENTADOR: LUIZ FERNANDO BOVOLATO

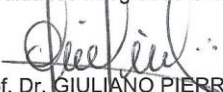
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ENGENHARIA ELÉTRICA, área: AUTOMAÇÃO pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LUIZ FERNANDO BOVOLATO
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. AFONSO JOSE DO PRADO
Engenharias de Telecomunicações e Aeronáutica / UNESP - Câmpus de São João da Boa Vista


Prof. Dra. CHRISTIANE MARIE SCHWEITZER
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dra. CAROLINA GOULART DE CARVALHO
Faculdades Integradas Urubupungá


Prof. Dr. GIULIANO PIERRE ESTEVAM
Departamento de Engenharia Elétrica / FATEC Araçatuba

Ilha Solteira, 30 de setembro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- M827c Moraes, Érica Vasconcelos.
Compartilhamento de ambientes de aprendizagem com laboratórios remotos / Érica Vasconcelos Moraes. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
163 f. : il.
- Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2016
- Orientador: Luiz Fernando Bovolato
Inclui bibliografia
1. Qualidade de energia elétrica. 2. Laboratório remoto. 3. Ensino de engenharia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

*“O principal objetivo
da educação é criar pessoas
capazes de fazer coisas novas
e não simplesmente repetir o
que as outras gerações fizeram”
Jean Piaget*

*“As pessoas que criam novas ideias tecnológicas
não as fazem para as crianças. Com frequência, fazem-nas
para a guerra, mantêm as mesmas em locais secretos
e mostram-nas de modo distanciado”.
Seymour Papert*

AGRADECIMENTOS

A Deus que nos concede o direito à vida.

A família sempre presente nos momentos mais difíceis.

Ao Professor Dr. Luiz Fernando Bovolato, pela sua constante atenção e competência profissional como orientador deste trabalho.

Ao Professor Dr. Luís Carlos Origa de Oliveira pelo incentivo, disponibilização do Laboratório de Qualidade de Energia da FEIS, atuação como docente colaborador na aplicação das técnicas pedagógicas, e apoio em tudo em minha vida.

A minha querida irmã Aleciana Vasconcelos Ortega por ser sempre minha melhor amiga.

Aos meus colegas de laboratório, Rodrigo Cleber, Anderson Justo, Julia Rivera, Felipe "Targaryen", Newton Vieira, Ricardo Buzo, Rarison, Juan, Pablo, Ronaldo, João Paulo, Marcelo, Matheus e Lucas, pela amizade, incentivo e companheirismo.

Ao meu cunhado Alcides Ortega por sempre me ajudar nos momentos que mais precisei.

Ao meu colega Lucas Arruda por me ajudar nas correções do texto e pela amizade.

Ao meu colega Rodrigo Oliveira pela amizade, adaptação do Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica da FEIS e apoio fundamental nas atividades de laboratório.

Ao Professor Dr. Afonso José do Prado pela gentileza em participar e contribuir com importantes recomendações para o aperfeiçoamento deste trabalho durante as apresentações em bancas de Estudos Especiais III, IV e exame geral de qualificação.

Ao Professor Dr. Carlos Antônio Alves, pelas sugestões e contribuições durante a apresentação do exame geral de qualificação.

A Profa. Dra. Mariangela de Carvalho Bovolato pelas orientações técnicas, atuação como docente colaboradora na aplicação das técnicas pedagógicas, apoio e amizade.

A Profa. Dra. Marina Lavorato, pela amizade e constante manifestação de apoio à continuidade deste trabalho.

Aos professores: Christiane Marie Schweitzer, Afonso José Prado, Carolina Goulart de Carvalho e Giuliano Pierre Estevam pela disposição para participar da banca e principalmente pelas sugestões para a melhoria do meu trabalho.

A todos discentes dos cursos de graduação e pós-graduação da FEIS-UNESP que contribuíram de forma voluntária na realização dos experimentos, respostas aos questionários de avaliação, comentários e sugestões.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da FEIS-UNESP, pela oportunidade de poder concretizar mais um sonho profissional.

Ao Bibliotecário João Barbosa pelas últimas correções para melhoria de meu trabalho.

Ao Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico - **CNPq** pelo apoio financeiro para realização deste trabalho, participações em congressos, visitas técnicas e reuniões científicas.

A todos os docentes e funcionários desta unidade que contribuíram para minha formação profissional.

Meu muito obrigada!

RESUMO

Os ambientes de aprendizagem à distância (EaD) são reconhecidos atualmente como ferramentas úteis na construção do conhecimento, pois favorecem de forma contextualizada a capacidade de cognição por parte do aluno. Contando com a flexibilidade de horário, o aluno pode construir gradativamente seu conhecimento de acordo com seu perfil, articulando os conteúdos na busca de uma aprendizagem significativa, orgânica e sistêmica. Um dos grandes obstáculos enfrentados pelos estudantes e profissionais de Engenharia Elétrica é o elevado grau de abstração com o qual muitas vezes são solicitados a trabalhar. Neste contexto, são particularmente importantes as atividades experimentais no sentido de transpor a barreira que separa o conceito teórico e abstrato da sua aplicação prática. Os laboratórios remotos podem ser uma ferramenta muito útil neste seguimento de EaD, pois além de promover a solidificação dos conceitos teóricos viabilizam também o uso dos recursos experimentais por um maior espaço de tempo e de forma compartilhada. Destacam-se também as potencialidades dos laboratórios remotos nos ambientes de investigação científica na pós-graduação. Nesse caso, é comum se deparar com a necessidade de equipamentos específicos, sofisticados e de alto custo. A racionalização dos recursos financeiros na implantação de laboratórios de apoio à pesquisa pode ser efetivada com o uso cooperativo dos equipamentos, pelos diferentes grupos e/ou instituições de pesquisa. Para tanto, apresenta-se neste trabalho as atividades relacionadas à criação de uma plataforma experimental de acesso remoto via *Web*, com o objetivo de suprir demandas de ensino e pesquisa. Como contribuições desta pesquisa destacam-se a criação de um laboratório remoto de Qualidade de Energia, e um conjunto de objetos de aprendizagem direcionados para os diferentes segmentos do ensino e da pesquisa experimental. A originalidade do trabalho se justifica na medida em que, a despeito de outras contribuições registradas na literatura, neste caso, tanto o ambiente experimental como os próprios objetos de aprendizagem implementados foram concebidos a partir de uma perspectiva inovadora preconizadas pela metodologia de ensino construcionista. Neste cenário, postula-se a aplicação deste recurso tecnológico na formação de engenheiros com perfil adequado para as demandas profissionais atuais, pois oferece os principais elementos motivadores de uma postura autônoma, crítica e criativa dos estudantes para a apropriação e consolidação dos conhecimentos.

Palavras-chave: Metodologias de ensino. Formação do engenheiro. Laboratório remoto. Pesquisa experimental. Objetos de aprendizagem.

ABSTRACT

E-learning environments are currently recognized as useful tools for knowledge construction as it aids the student cognitive ability. Enlisting the time flexibility, a student can gradually build your own knowledge according to their profile, articulating the contents, aiming for a meaningful, organic and systemic learning. One of the major obstacles faced by students, and professionals, in electrical engineering, is the amount of abstraction which they often have to work with. In this context, experimental activities are particularly important to diminish the barrier that separates a theoretical abstract concept from its practical application. Remote laboratories can be a very powerful tool for this e-learning segment, enabling the solidification of theoretical concepts and allowing the use of experimental resources for a greater period of time, and in a shared manner. The potential for post-graduation scientific research using remote environments is also highlighted. In this segment, the need for specific equipment, at most of the times sophisticated and usually expensive, is a common occurrence. The rationalization of financial resources in the implementation of research laboratories can be improved with the corporative use of equipment by different groups and / or research institutions. To this purpose, the activities related to the creation of an experimental platform for remote access via the Web, in order to meet demands of teaching and researches are presented. As contributions of this research, the creation of a remote power quality laboratory and a set of learning objects, targeted to different segments of teaching and experimental research, are highlighted. The originality of the work is justified to the extent that, despite other contributions reported in the literature, the implemented experimental environment and their related learning objects were designed from a fresh perspective, based on a constructivist teaching methodology. In this scenario, the application of technological resources aimed for engineering training with an adequate profile for current professional demands is postulated. This concept can offer the main motivators of an autonomous, critical and creative attitude of the students towards the ownership and consolidation of knowledge.

Keywords: Teaching methodologies. E-learning. Engineer graduation. Remote laboratory. Experimental research. Learning objects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: As Linhas de Aprendizagem que Utilizam de Computador	42
Figura 2: Quadro Conceitual de <i>Aalborg</i>	44
Figura 3: Laboratório Experimental (Primeira Geração).....	50
Figura 4: Laboratório Experimental de Segunda Geração.....	51
Figura 5: Laboratório Experimental de Terceira Geração	52
Tabela 3: Caso Populares de Serendipidade.	57
Figura 6: Foto da Fonte de Alimentação Trifásica e do Gerador de Harmônicas.	64
Figura 7: Foto da Fonte de Alimentação Monofásica e Gerador de Distúrbios.	65
Figura 8: Sistema de Aquisição de Dados e Transdutores de Corrente.	65
Figura 9: Relés de Acionamento e/ou Configuração	66
Figura 10: Diagrama Esquemático Geral do Laboratório Remoto de Qualidade de Energia Elétrica.....	67
Figura 11: Visualização do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica.	67
Figura 12: Diagrama Esquemático do OA “Banco de Transformadores Monofásicos”.	75
Figura 13: Diagrama Esquemático do OA “Transformadores Trifásicos”.	76
Figura 14: Dispositivos Envolvidos nas Montagens Experimentais.....	76
Figura 15: Tela de Acesso aos Objetos de Aprendizagem.....	77
Figura 16: Visualização de Resultados do OA (Banco de Transformadores Monofásicos).....	77
Figura 17 – Diagrama esquemático do arranjo experimental do OA “Lâmpadas”.	78
Figura 18: Visualização da montagem experimental do OA “Lâmpadas”.	79
Figura 19: Tela 1 do OA “Lâmpadas Elétricas”.	79
Figura 20: Tela 2 do OA “Lâmpadas Elétricas ”.	80
Figura 21: Diagrama Esquemático do OA “Corrente de Magnetização”.	81
Figura 23: Diagrama Esquemático do OA “Pontes Conversoras”.....	82
Figura 24: Visualização da Montagem Experimental do OA “Pontes Conversoras”.....	83
Figura 25: Visualização da Montagem Experimental do OA “Pontes Conversoras”.....	83
Figura 26: Diagrama Esquemático do OA “Reguladores de Tensão”	84
Figura 27: Montagem Experimental do OA “Reguladores de Tensão”.....	85
Figura 28: Interface Gráfica do OA “ Reguladores de Tensão”.	86
Figura 29: Diagrama esquemático do OA “Laço de Histerese”	87
Figura 30: Tela Interativa para Controle de Ajuste de Laço de Histerese e Visualização de Resultados.....	88
Figura 31: Montagem do Experimento.	88
Figura 32: Diagrama Esquemático do OA “Filtros Harmônicos”.	89
Figura 33: Foto Ilustrativa da Montagem do Experimento Sobre Filtros Harmônicos.	90
Figura 34: Modelo de Formulário para Proposição de Objetos de Aprendizagem.....	91
Tabela 5: Casos Avaliados.....	97
Figura 35: Questão 1, Questionário Aplicado a Graduação.....	97
Figura 36: Questão 2, Questionário Aplicado a Graduação.....	98
Figura 37: Questão 3, Questionário Aplicado a Graduação.....	98
Figura 38: Questão 4, Questionário Aplicado a Graduação.....	98
Figura 39: Questão 5, Questionário Aplicado a Graduação.....	99
Figura 40: Questão 6, Questionário Aplicado a Graduação.....	99
Figura 41: Questão 7, Questionário Aplicado a Graduação.....	99
Figura 42: Questão 8, Questionário Aplicado a Graduação.....	100
Figura 43: Questão 9, Questionário Aplicado a Graduação.....	100
Figura 44: Questão 10, Questionário Aplicado a Graduação.....	100

Figura 45: Questão 11, Questionário Aplicado a Graduação.....	101
Figura 46: Questão 1, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	102
Figura 47: Questão 2, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	103
Figura 48: Questão 3, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	103
Figura 49: Questão 4, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	103
Figura 50: Questão 5, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	104
Figura 51: Questão 6, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	104
Figura 52: Questão 7, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	104
Figura 53: Questão 8, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	105
Figura 54: Questão 1, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	106
Figura 55: Questão 2, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	106
Figura 56: Questão 3, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	107
Figura 57: Questão 4, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	107
Figura 58: Questão 5, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	107
Figura 59: Questão 6, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	108
Figura 60: Questão 7, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	108
Figura 61: Questão 8, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	108
Figura 62: Questão 9, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	109
Figura 63: Foto Ilustrativa da Montagem do Experimento Sobre Filtros Harmônicos.	111
Figura 64: Questão 1, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	112
Figura 65: Questão 2, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	112
Figura 66: Questão 3, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	113
Figura 67: Questão 4, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	113
Figura 68: Questão 5, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	113
Figura 69: Questão 6, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	114
Figura 70: Questão 7, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	114
Figura 71: Questão 8, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	114
Figura 72: Questão 9, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	115
Figura 73: Questão 10, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	115
Figura 74: Questão 11, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	115
Figura 75: Questão 12, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	116
Figura 76: Questão 13, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	116
Figura 77: Questão 14, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	116
Figura 78: Questão 15, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	117
Figura 79: Questão 16, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	117
Figura 80: Questão 17, Questionário Aplicado a Pós-graduação.	117
A.1 Diagrama de fluxo do aplicativo computacional desenvolvido em <i>DasyLab</i> , do Objeto de Aprendizagem “Lâmpadas Elétrica”.....	134
A.2 Diagrama de fluxo do aplicativo computacional desenvolvido em <i>DasyLab</i> , do Objeto de Aprendizagem “Pontes Conversoras”.....	135
A.3 Diagrama de fluxo do aplicativo computacional desenvolvido em <i>DasyLab</i> , do Objeto de Aprendizagem “Banco de Transformadores Monofásicos”.	135
Figura 81: Fluxo e corrente de excitação.	136
Figura 82: Condições operacionais normais.	137
Figura 83: Condições operacionais sem harmônicas homopolares na corrente.....	137
Figura 84: Unidade monofásica e dados nominais.	138
Figura 85: Diagrama esquemático do arranjo experimental.	138
Figura 86: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número1.	139
Figura 87: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.....	140

Figura 88: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3.	140
Figura 89: Corrente e espectro harmônico pelo TC4.....	140
Figura 90: Fluxos magnéticos e espectro harmônico TP1 , TP2 e TP3.....	141
Figura 91: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número 2.	142
Figura 92: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.....	143
Figura 93: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3.	143
Figura 94: Corrente e espectro harmônico pelo TC7.....	143
Figura 95: Fluxos magnéticos e espectro harmônico T1, T2 e T3.....	144
Figura 96: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número 3	145
Figura 97: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.....	145
Figura 98: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3	146
Figura 99: Corrente e espectro harmônico pelo TC5.....	146
Figura 100: Fluxos magnéticos e espectro harmônico T1, T2 e T3.....	146
Figura 101: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número 4	147
Figura 102: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.....	148
Figura 103: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3	148
Figura 104: Fluxos magnéticos e espectro harmônico T1, T2 e T3.....	148
Figura 105: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número 5	149
Figura 106: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.....	150
Figura 107: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3	150
Figura 108: Corrente e espectro harmônico pelo TC6.....	151
Figura 109: Fluxos magnéticos e espectro harmônico T1, T2 e T3.....	151
C.1 Questionário de avaliação para prática pedagógica de aula híbrida (utilizado em sala).	153
C.2 Questionário de avaliação técnica do OA “Lâmpadas Elétricas”.	154
C.3 Questionário de avaliação para prática pedagógica de aula híbrida (<i>Google Forms</i>).	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 2: Perfil Profissional para o Novo Engenheiro.	33
Tabela 3: Caso Populares de Serendipidade.	57
Tabela 4: Comparação entre Simulações e Experimentos.	60
Tabela 5: Casos Avaliados.	97
Tabela 6: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes	141
Tabela 6: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes	144
Tabela 7: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes	147
Tabela 8: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes	149
Tabela 9: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes	151

LISTA DE ABREVIATURAS

ABENGE	Associação Brasileira de Ensino de Engenharia
ABET	<i>Accreditation Board for Engineering and Technology</i>
ASEE	<i>American Society for Engineering Education</i>
ASIBEI	<i>Asociación Iberoamericana para Enseñanza de Ingeniería</i>
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CAI	<i>Computer - Aided Instruction</i>
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento
COBENGE	Congressos Brasileiros de Ensino de Engenharia
EaD	Educação à Distância
EC – Lille	<i>École Centrale de Lille</i>
EUA	Estados Unidos da América
FEIS/UNESP	Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/Universidade Estadual Paulista
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora Nacional de Estudos e Projetos
GOLC	<i>The Global Online Laboratory Consortium</i>
GPIB	<i>General Purpose Interface Bus</i>
HGA	<i>Harmonic Generator Analyzer</i>
HTC	<i>Humanitarian Technology Challenge</i>
ICEE	<i>International Conferences on Engineering Education</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
IEEE/LTSC	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers / Learning Technology Standards Committee</i>
IES	Instituição de Ensino Superior
INEER	<i>International Network for Engineering & Education Research</i>
LQEE	Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica
LAQEE	Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica (atual)
LRQEE	Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica
MEC	Ministério da Educação
NSF	<i>National Science Foundation (EUA)</i>
OA	Objeto de Aprendizagem
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PLE	<i>Project-Led Engineering Education</i>
POLI/USP	Escola Politécnica / Universidade de São Paulo
PRODENGE	Programa de Desenvolvimento das Engenharias
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro
REENGE	Reengenharia do Ensino das Engenharias
RMS	<i>Root Mean Square</i>
SEED	Secretaria de Educação a Distância
SEFI	<i>Service de l'Emploi, de la Formation et de l'Insertion Professionnelles</i>
SESU	Secretaria de Ensino Superior
TICs	Tecnologia da Informação e Comunicação
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	MOTIVAÇÃO E ESTADO DA ARTE	23
2.1	Propostas do Trabalho	27
3	O ENGENHEIRO	29
3.1	Introdução	29
3.2	Atributos Relacionados com a Definição do Perfil do Engenheiro	29
3.2.1	Competências	29
3.2.2	Saberes, Conhecimentos ou Savoir-faire	30
3.2.3	Habilidade	30
3.2.4	Atitude	31
3.3	O Engenheiro para o Século XXI	32
3.4	Aspectos Relevantes na Formação do Engenheiro Atual	35
3.5	Conclusões	37
4	METODOLOGIA PARA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO	38
4.1	Introdução	38
4.2	O Ensino Construtivista na Área das Engenharias	38
4.3	Construtivismo e Construcionismo	41
4.4	Ensino por Meio de Projetos	43
4.5	Ensino Colaborativo	45
4.6	Aula Invertida (<i>Flipped Classroom</i>)	45
4.7	Conclusões	46
5	LABORATÓRIOS EXPERIMENTAIS COMO FERRAMENTA AUXILIAR	48
5.1	Introdução	48
5.2	Laboratórios Experimentais de Ensino e Pesquisa	48
5.3	Evolução dos Laboratórios Experimentais na Engenharia Elétrica	49
5.4	Laboratório de Acesso Remoto nos Diferentes Segmentos	53
5.4.1	Ensino de Graduação e Pós-graduação	54
5.4.2	Ensino Por Meio de Projeto	55
5.4.3	Ensino Colaborativo	56
5.4.4	Ensino por meio de aula invertida	57
5.4.5	Atualização Profissional e Treinamento Específico	58
5.5	Conclusões	61

6 LABORATÓRIO REMOTO DE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA.....	62
6.1 Introdução	62
6.2 Constituição Física do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica	63
6.3 Segurança do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica.....	68
6.4 Objetos de Aprendizagem.....	68
6.4.1 Componentes Básicos dos Objetos de Aprendizagem.....	71
6.4.2 Características dos Objetos de Aprendizagem.....	72
6.4.3 Repositórios de Objetos de Aprendizagem.....	73
6.4.4 Laboratórios Remotos e Objetos de Aprendizagem	74
6.5 O LRQEE nas Modalidades de Ensino de Graduação e Pós-Graduação.....	75
6.6 LRQEE Ensino por Meio de Projeto.....	80
6.7 O LRQEE na Atualização Profissional ou Treinamento Específico.....	84
6.8 O LRQEE na Pesquisa Experimental.....	86
6.9 Procedimento para Utilização do LRQEE por Educadores e Pesquisadores.....	90
6.10 Conclusões	92
7 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA EXPERIMENTAL	94
7.1 Introdução	94
7.2 Procedimentos para Avaliação da Ferramenta.....	94
7.2.1 Métodos Utilizados na Coleta de Dados e Amostra de Dados	94
7.3 Coleta de dados e análise	96
7.3.1 Caso 1: Instalações Elétricas Prediais do Curso de Graduação.	97
7.3.2 Caso 2: Compensação de Sistemas Elétricos do Curso de Pós-Graduação	102
7.3.3 Caso 3: Transmissão em Corrente Contínua do Curso de Pós-Graduação.	105
7.3.4 Caso 4: Cargas Elétricas Especiais do Curso de Pós-Graduação.....	110
7.4 Conclusões	118
8 CONCLUSÕES GERAIS E PROPOSTAS PARA CONTINUIDADE	121
REFERÊNCIAS	126
APÊNDICE A.....	134
APÊNDICE B	136
B Objeto de Aprendizagem sobre Magnetização de Transformadores Trifásicos Tipo Banco	136
B.1 Objetivos	136
B.2 Fundamentos teóricos.....	136
B.3 Constituição Física da plataforma experimental	137
B.3 Resultados Obtidos.....	138
B.3.1 – Conexão por meio primário em triângulo e secundário em estrela isolada.....	139

B.3.2 – Conexão primário em estrela aterrada e secundário em estrela isolada.	142
B.3.3 – Conexão primário em estrela isolada e secundário em triangulo.	145
B.3.4 – Conexão primário e secundário em estrela isolada.	147
B.3.5 – Conexão primário e secundário em estrela isolada e terciário em triângulo.	149
APÊNDICE C	153
C.4 Comentários encaminhados pelos discentes.....	156
APÊNDICE D	160
APÊNDICE E	162

1. INTRODUÇÃO

O ensino das engenharias, em geral, busca adaptar-se às necessidades impostas pelo mercado de trabalho, em formar profissionais com capacidade de exercer atividades essenciais às distintas áreas de desenvolvimento.

Devido ao avanço e a dispersão tecnológica da informação e da comunicação, criou-se uma nova ordem social, na qual o mercado de trabalho tem passado por várias transformações. Esse cenário vem transformando tal mercado, tornando-o cada vez mais exigente em relação à qualificação profissional e eficiência no desempenho de determinadas atividades, e sobrevivência nele. Indica, portanto, uma mudança na demanda de um novo padrão de profissionalismo (FRANCINETE apud MENESTRINA; BAZZO, 2008).

Um dos grandes obstáculos enfrentados pelos estudantes de Engenharia Elétrica é o elevado grau de abstração com o qual são solicitados a trabalhar. Nesse contexto, são particularmente importantes as atividades experimentais no sentido de transpor a barreira que separa o conceito teórico e abstrato da sua aplicação prática (SILVEIRA; GAMA, 2002).

A importância da prática experimental no processo de apropriação dos conceitos teóricos é inegável, pois a vivência com determinada experiência facilita a fixação do conteúdo a ela relacionado (DIAS, 2004). Baseado nessas premissas, várias ações têm sido conduzidas no sentido de incorporar as atividades experimentais nos processos de ensino, pesquisa e atualização profissional no campo da Engenharia Elétrica. A concretização dessas premissas normalmente é obtida em um laboratório real, adequado e devidamente equipado. Entretanto, devido ao custo de implantação dessas iniciativas, elas se traduzem em poucas implementações desses laboratórios experimentais.

Nas últimas décadas, a evolução da rede mundial de computadores tem proporcionado novos mecanismos de apoio às atividades experimentais. O laboratório acessível pela *Internet* é, portanto, um conceito recente, desenvolvido a partir da generalização do uso das novas tecnologias da informação e comunicação (TIC) na

educação e pesquisa (ZEILMANN; SILVA; PEREIRA; BAZANELLA, 2001; (GUIMARÃES; SOUZA; GOSMANN; BAUCHSPIESS, 2002; (CASINI; PRATTICHIZZO; VICINO, 2001).

Contando com a flexibilidade de horário proporcionado pelo acesso livre via *Internet*, o aluno pode construir gradativamente seu conhecimento de acordo com seu perfil, articulando os conteúdos na busca de uma aprendizagem significativa, orgânica e sistêmica.

Essa classe de laboratórios pode ser dividida em dois tipos: laboratórios virtuais e laboratórios remotos. Ambos são acessados remotamente, via *Internet*, mas apresentam diferenças claras na estrutura e concepção.

Os laboratórios virtuais se justificam pela grande flexibilidade proporcionada pelo ambiente de simulação. A qualidade dos resultados obtidos para os fenômenos investigados dependem fundamentalmente do modelo matemático implementado e da interatividade disponibilizada pela plataforma de simulação. São também utilizados para o desenvolvimento de experiências que envolvem risco de manipulação, seja de natureza física, química ou biológica, ou ainda em experiências baseadas em materiais e equipamentos dispendiosos. Entre as principais ferramentas disponibilizadas neste tipo de laboratório (CASINI; PRATTICHIZZO; VICINO, 2001; RÖRING; JOCHHEIM, 1999), destacam-se:

- Vídeos digitais das experiências reais que fornecem aos alunos um conhecimento prévio da experiência a ser desenvolvida;
- Ambientes de simulação digital animada que permite aos alunos a realização de experiências virtuais em uma plataforma computacional interativa.

O crescente desenvolvimento das tecnologias dos instrumentos de medição remota e instrumentação virtual tem impulsionado a criação dos laboratórios reais com acesso remoto, ou simplesmente laboratórios remotos.

A *Internet* associada à utilização de um laboratório remoto cria um novo ambiente promissor para a interação e a construção colaborativa do conhecimento,

(HODGINS, 2002; WILEY, 2000). As atividades práticas são realizadas em grande parte no ambiente *on-line* sob um regime centrado ou orientado para a autonomia do usuário (DIAS, 2004). O domínio estratégico do usuário nesse ambiente *on-line* é definido a partir da sua capacidade de aprendizado, individual e/ou colaborativo, por meio da experimentação prática, da interação e da construção compartilhada e conjunta do conhecimento.

A experimentação remota tem a vantagem de oferecer ao usuário um meio concreto para estudar fenômenos que são difíceis ou impossíveis de serem investigados em um ambiente de simulação, ou seja, lidar com problemas e características muito particulares dos sistemas reais, adquirindo experiências em situações de utilidade prática e profissional.

A utilização de laboratórios remotos é também muito atrativa sob o ponto de vista da racionalização e uso de materiais e equipamentos uma vez que os mesmos podem ser disponibilizados por um maior espaço de tempo e de ainda de forma compartilhada entre cursos e instituições de ensino. Essa ideia também favorecerá a redução dos custos, pois um único laboratório bem equipado poderá atender às especificidades de várias disciplinas, inclusive de instituições de ensino geograficamente distantes. Pode haver, portanto, um melhor aproveitamento dos instrumentos de medição e equipamentos diversos, a partir de um sistema supervisorio para controle de acesso de usuário, que poderá ficar ativo em tempo integral.

Por outro lado, no segmento da pesquisa experimental, este recurso de acesso remoto pode ser decisivo para a viabilização de iniciativas de implantação de laboratórios experimentais especializados e de alto custo. Ações corporativas entre grupos ou instituições de pesquisa podem ser encaminhadas no sentido de capacitar um único laboratório remoto para uso compartilhado, evitando a duplicidade de equipamentos de alto custo e promovendo a racionalização do custeio dos materiais de consumo.

A Tabela 1 sintetiza as principais vantagens e desvantagens dos três conceitos de laboratórios existentes, descritos anteriormente (NEDIC; MACHOTKA; NAFALSKI, 2003).

Tabela 1: Comparação entre Laboratórios Virtual, Remoto e Real.

TIPO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
VIRTUAL	Não existem restrições de tempo de acesso; Baixo custo; Acesso simultâneo por vários usuários.	Dados e situações idealizados; Dependentes da qualidade dos modelos teóricos; Não há interação real com o equipamento.
REMOTO	Dados e situações reais; Interação com instrumentos de medida; Interação real com equipamentos.	Presença virtual no laboratório; Custo médio/alto de implantação; Restrições de tempo no acesso à plataforma.
REAL	Dados reais; Interação real com equipamento; Presença física no laboratório.	Restrições de tempo e local; Custo médio/alto; Requer supervisão.

Fonte: Nedic.; Machotka, ; Nafalski (2003)

Observa-se na Tabela 1, que o laboratório remoto destaca-se por apresentar como principal vantagem sua característica de proporcionar, mesmo com acesso remoto, a interação com a instrumentação e equipamentos reais.

Os principais objetivos dessa pesquisa estão direcionados para a concepção e implantação de um laboratório remoto a partir de uma infraestrutura básica pré-existente, bem como as respectivas plataformas experimentais para apoio ao ensino e pesquisa.

A pesquisa é conduzida no sentido de incorporar, nesse contexto de uso dos laboratórios remotos, contribuições originais quanto a flexibilidade de acesso e interação com os equipamentos e instrumentos de medida, visando uma abordagem construcionista de ensino e pesquisa. Essas ações compreendem a capacitação de um laboratório de qualidade de energia convencional para acesso remoto via *Internet*, bem como, o desenvolvimento e implantação dos recursos experimentais. Finalmente, apresenta-se também os resultados de testes de avaliação do aprendizado e de aceitação da metodologia tecnológica adotada junto aos usuários, notadamente alunos de graduação, pós-graduação, profissionais atuantes no mercado e pesquisadores.

A apresentação do assunto tratado neste trabalho está estruturado em oito capítulos, que compreendem inicialmente uma revisão e discussão das premissas para formação dos profissionais para atuação no campo da Engenharia Elétrica e das metodologias de ensino. Na sequência, descrevem-se os procedimentos para capacitação do laboratório de qualidade de energia para acesso remoto, bem como, a concepção, implementação e avaliações dos objetos de aprendizagem de natureza experimental desenvolvidos.

No Capítulo 2, descreve-se o estado da arte sobre as modalidades de laboratórios remotos. Apresenta-se uma descrição sucinta sobre a evolução dessa tecnologia, suas principais características e limitações, citando exemplos de iniciativas atualmente disponíveis no Brasil e no mundo. Particularmente, destacam-se as contribuições originais almejadas neste trabalho, as quais foram fundamentadas na criação de um ambiente de laboratório para acesso remoto adaptável a uma abordagem construcionista de apropriação de conhecimentos.

Apresenta-se, no Capítulo 3, uma visão geral sobre o perfil profissional atual desejado para os engenheiros eletricitas e as expectativas de evolução desse profissional nesta década. O relato apresentado inicia-se a partir do quadro conceitual vigente para a formação desses profissionais, e discute-se as prioridades na formação dos novos engenheiros, envolvendo aspectos relacionados às competências, saberes, conhecimentos e habilidade, sob a perspectiva da atual evolução do conhecimento tecnológico e globalização do mercado.

A partir das constatações expostas no capítulo anterior, discute-se, no Capítulo 4, as principais metodologias de ensino de engenharia com vista à formação de um profissional apto às atuais demandas do mercado. Destacam-se os principais aspectos da metodologia construtivista no contexto do ensino de engenharia e sua aderência conceitual aos pré-requisitos desejados na formação dos estudantes. Aborda-se, na sequência, algumas particularidades e desdobramentos do método de ensino construtivista que, sob a óptica da possível utilização de recursos experimentais, justificam o uso da técnica construcionista como base de apoio pedagógico adotado neste trabalho.

O reconhecimento do laboratório experimental com uma ferramenta auxiliar na construção do conhecimento e sua evolução na área de Engenharia Elétrica são os principais temas abordados no Capítulo 5. Partindo das premissas de utilização da *Internet* como meio facilitador para o acesso a uma plataforma experimental remota. Discute-se a concepção de um laboratório remoto como sendo mais uma etapa nesse processo evolutivo. Ainda nesse contexto, são apresentadas as proposta formuladas no âmbito deste trabalho para o uso desse recurso tecnológico, sob uma perspectiva construcionista, nos diferentes seguimentos do ensino e da pesquisa experimental.

O Capítulo 6 reúne duas etapas, consideradas as mais importantes deste trabalho, sobretudo porque contemplam as principais contribuições técnicas da pesquisa em pauta. A primeira etapa trata especificamente das ações encaminhadas no sentido de capacitar o laboratório de qualidade de energia elétrica para acesso remoto. São apresentadas as principais características operacionais dessa plataforma experimental e seus principais equipamentos e flexibilidades que viabilizam seu uso interativo para uma abordagem experimental construcionista.

Na segunda etapa, descreve-se os diferentes objetos de aprendizagem experimentais desenvolvidos e implantados na plataforma de acesso remoto, considerando os diferentes cenários de aplicação prática, tanto no segmento do ensino como da pesquisa experimental. O capítulo encerra-se com a descrição das normas e procedimentos para proposição de novos objetos de aprendizagem e para o acesso remoto à plataforma experimental pela comunidade acadêmica e demais interessados.

A avaliação das potencialidades da ferramenta de apoio didático, baseada no uso dos Laboratórios Remotos, é apresentada no Capítulo 7. Discute-se o grau de aceitação, por parte dos discentes, das atividades envolvendo estudos experimentais realizados remotamente em diferentes propostas pedagógicas.

A partir dos resultados colhidos são destacados os principais aspectos observados quanto ao uso desse recurso como forma complementar para apropriação de conhecimentos. Avaliações dessa natureza constituem mais uma contribuição original deste trabalho, uma vez a maioria das publicações são direcionadas a proposta e descrição das ferramentas de apoio, sem, contudo avaliar suas potencialidades sob um ponto de vista concreto.

No Capítulo 8, são apresentadas as conclusões gerais decorrentes da realização deste trabalho e perspectivas para trabalhos futuros.

2. MOTIVAÇÃO E ESTADO DA ARTE

A tecnologia de laboratórios remotos trouxe à educação à distância (EaD) a possibilidade de realização de um experimento à distância, dentro de um panorama real e sem as limitações dos *softwares* de simulação. Com esse recurso tecnológico disponível, rompe-se uma das principais críticas aos sistemas de EaD no ensino de engenharia quanto à ausência de práticas experimentais.

A utilização dos recursos de comunicação via *Web* viabilizam para um ou mais aprendizes em locais geograficamente distantes o controle de dispositivos e equipamentos remotamente, criando assim um novo horizonte para disseminação das práticas experimentais. Além do controle remoto de experiências, é comum dispor de equipamentos auxiliares para visualização das experiências reais por meio de imagens ao vivo capturadas por *WebCams*.

Entre as principais características desses laboratórios, destacam-se:

- Custo baixo, quando relacionado à quantidade de estudantes que podem ser atendidos;
- Modularidade, permitindo a agregação de novos experimentos e equipamentos;
- Execução de experimentos em tempo real;
- Possibilidade de utilização tanto no modo remoto como presencial;
- Acesso compartilhado a equipamentos de custo alto;
- Flexibilização de horários para execução dos experimentos.

É possível identificar atualmente duas vertentes no desenvolvimento e implantação de laboratórios remotos. A primeira está direcionada para aplicações da telerobótica em várias áreas, tais como, medicina, exploração espacial, fins comerciais, industriais e na educação. O maior ganho do uso da telerobótica na educação está na possibilidade concreta

de explorar e utilizar remotamente recursos similares aos empregados nessas áreas de conhecimento em uma sala de aula (D'ALESSANDRO; INDUNI, 1998).

Citam-se, a título de exemplo, alguns laboratórios remotos focados nesta área de aplicação:

- RemoteBot.com (*Swiss Federal Institute of Technology*);
- Telegarden (*University of Southern California*);
- Sistemas Robóticos com SuperLogo - SIROS (Universidade Estadual de Campinas Brasil);
- Telerobot on the Web (*University of Western Australia*).

Particularmente, para a Engenharia Elétrica, existem atualmente várias iniciativas abrangendo experimentos reais e bem diversificados nas áreas de microeletrônica, eletrônica de potência, conversão eletromecânica de energia e sistema de energia elétrica. De um modo geral, o objetivo é propiciar um ambiente para criação e execução de experimentos no modo remoto ou presencial. Suas atividades básicas incluem principalmente a configuração de circuitos eletro-eletrônicos por meio de chaves (relés) e realização de medidas de correntes, tensões, temperaturas, etc. Para análise de funcionalidades e levantamento de curvas características. A visualização dos sinais normalmente é realizada por meio de osciloscópio digitais e/ou sistemas de aquisição de dados de múltiplos canais. Entre eles, destacam-se os seguintes exemplos:

- Laboratório de Experimentação Remota - LER (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil);
- RExLab (Universidade Federal de Santa Catarina);
- NetControl (Universidade Federal de Juiz de Fora);
- Weblabs (Universidade do Minho Portugal);
- Laboratório da Pontifícia Universidade Católica Campinas;

- Plataforma Tecnológica para o Ensino de Engenharia de Controle (Universidade Federal do Rio Grande do Sul Brasil);
- LAR - Laboratório de Acesso Remoto (NIED/Universidade Estadual de Campinas Brasil);
- LILA – Biblioteca do Labs – Europa (Universität Stuttgart, Technische Universität Berlin, Oracle Deutschland, Technische Universiteit Delft, Linköpings Universitet, Universität Basel, Universidad Politécnica de Madrid, Panepistimo Thessalonikis Aristoteleio, Universidade de Cambridge, Computational Modelling Cambridge Ltd, MathCore Engineering AB);
- eLabs @FEUP (*Acces to Remote Experiences*) (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Portugal);
- Centro de Recursos para Laboratórios de Engenharia na Web (Universidade do Tennessee em Chattanooga USA);
- Laboratório de microeletrônica (Escola Politécnica Universidade de São Paulo Brasil);
- LabNet (Universidade Federal do Maranhão Brasil);
- LEARn-UNB (Universidade de Brasília Brasil);
- Laboratório Remoto de Eletrônica (Engenharia de Computação do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia Brasil);
- LAMOTRIZ, laboratório remoto para ensino de eficiência energética em um sistema de bombeamento de água (Universidade Federal do Pará Brasil);
- Laboratório Remoto e Virtual DEI-FCTUC (Departamento de Engenharia Informática da Universidade de Coimbra Portugal);
- PhysicsLabFARM (Instituto Superior de Engenharia do Porto Portugal);

De um modo geral, todos possibilitam que os estudantes acessem experimentos remotamente, a qualquer hora e lugar. Suas diferenças são expressas: no que poderá ser acionado via *Web*, como os experimentos são acionados, padrões das interfaces de comunicação entre os equipamentos, tipos de medições das grandezas físicas, limitações nas configurações dos dispositivos e equipamentos de medida, entre outros.

O reconhecimento dos benefícios referidos com o uso dos laboratórios, e a consequente proliferação dos mesmos em vários países, vem produzindo iniciativas de natureza corporativa destinadas à disseminação e gerenciamento desses recursos para uso compartilhado. Nesse contexto, cita-se, como exemplo, o GOLC - *The Global Online Laboratory Consortium*.

O foco desse consórcio é promover o desenvolvimento e o compartilhamento de experimentos desenvolvidos em laboratórios remotos para uso educacional. Com a expansão do uso das experiências *online* na comunidade educativa, houve a necessidade de desenvolver novos laboratórios e principalmente compartilhar suas infraestruturas entre vários usuários ou instituições de ensino. As principais missões do GOLC são:

- Incentivar e apoiar a criação de novos laboratórios remotos;
- Patrocinar projetos direcionados à criação de laboratórios remotos;
- Apoiar as comunidades criadas com foco em laboratórios remotos;
- Conduzir a evolução de uma arquitetura de comunicação padronizada para compartilhamento de laboratórios *online*.

Na Engenharia Elétrica, a área de estudos relacionada com a qualidade de fornecimento da energia elétrica vem sendo muito incentivada nas últimas décadas. Tal fato se deve, principalmente, à modernização dos processos fabris que incorporam cargas de alta sensibilidade e a crescente demanda pelo uso de dispositivos não lineares nas redes elétricas em geral. Essas iniciativas se proliferam em quase todos os níveis de utilização da energia elétrica e, como consequência, os problemas operacionais atribuídos a elas se multiplicam.

Essa área de estudos possui característica multidisciplinar, pois congrega uma grande variedade de equipamentos e processos. Apesar de incluída na maioria dos programas de graduação e pós-graduação, o número de laboratórios especializados para essa área de estudo e pesquisa, é reconhecidamente muito pequeno. Considerando a diversidade de assuntos abordados, o custo de implantação de um laboratório de qualidade de energia, razoavelmente equipado, pode ser relativamente elevado, principalmente para o segmento de ensino de graduação, onde frequentemente se faz necessário a replicação dos arranjos experimentais para atender a demanda dos estudantes.

2.1 Propostas do Trabalho

O Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica (LAQEE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP já está consolidado há pelo menos oito anos e tem sido utilizado nos programas de ensino de graduação, pós-graduação e na pesquisa experimental. Foi implantado a partir de iniciativas do grupo de estudos em qualidade de energia da FEIS e possui os principais dispositivos e equipamentos necessários para condução dos estudos nessa área do conhecimento. Entretanto, devido ao alto custo dos equipamentos vinculados, seu uso fica limitado a grupos reduzidos de estudantes, o que muitas vezes inviabiliza a realização de um número satisfatório de experimentos.

Nesse cenário, vislumbrou-se, nos últimos anos, a possibilidade de estender o uso desse laboratório, disponibilizando-o para acesso remoto e assim expandir sua utilização por um período substancialmente maior. Dessa forma, os recursos financeiros economizados pela duplicidade de equipamentos podem ser direcionados para a melhor capacitação do ambiente experimental.

Por outro lado, essa nova possibilidade operacional pode também fomentar iniciativas em pesquisas corporativas, por meio do compartilhamento da plataforma experimental via *Web* entre diferentes grupos ou instituições. Nessa perspectiva, espera-se, como consequência, a possibilidade de canalizar recursos das instituições de pesquisa parceiras para capacitar um único laboratório muito mais especializado para acesso remoto compartilhado.

A partir dessas expectativas, formaliza-se a proposta de desenvolvimento desta tese, tendo como metas a criação do Laboratório Remoto de Qualidade de Energia (LRQEE), bem como algumas plataformas experimentais direcionadas ao ensino e pesquisa na área de qualidade da energia.

Nas atuais iniciativas relacionadas à concepção e uso dos laboratórios remotos, descritas anteriormente, observa-se invariavelmente grandes limitações quanto a flexibilidade no uso dos dispositivos e dos equipamentos incorporados aos diferentes experimentos. Normalmente, nessas aplicações, o acesso remoto diretamente a um experimento específico com pouca ou nenhuma possibilidade de interação, principalmente no tocante aos mecanismos de reconfiguração *online* das fontes de alimentação, das cargas e dos equipamentos de medida.

Nesse sentido, destacam-se importantes contribuições deste trabalho, na medida em que tais requisitos foram considerados imprescindíveis na concepção do LRQEE. Vislumbra-se que, dado às características preconizadas no ensino construcionista, referenciado como apoio pedagógico neste trabalho, um nível de interatividade mais profundo torna-se um fator preponderante para o incentivo a uma postura autônoma, crítica e criativa por parte dos pretensos usuários. Pretende-se assim, suprir as deficiências observadas nas iniciativas anteriores, sobretudo no que se refere especificamente a flexibilização da plataforma experimental para reconfigurações *online* tanto das fontes de alimentação como dos arranjos experimentais.

De forma complementar, e não menos importante, destacam-se também as contribuições originais do trabalho na criação, implantação e testes dos objetos de aprendizagem experimentais.

Esses, na concepção construtivista da abordagem experimental, incorporam intrinsecamente alternativas para reconfiguração *online* e demais flexibilidades quanto às formas de excitação pelas fontes de alimentação, bem como quanto à captação e processamento das grandezas de interesse. Assim, almeja-se que os usuários sejam os principais agentes controladores na apropriação do conhecimento.

3. O ENGENHEIRO

3.1 Introdução

Neste capítulo, serão abordados os principais aspectos relacionados ao perfil dos futuros engenheiros atuantes no início do século XXI, envolvendo particularmente as competências, saberes, conhecimento e habilidade desejada. Discute-se as atribuições dos engenheiros para a atual década e a formação necessária para atender um cenário tecnológico com constantes mudanças socioeconômicas e culturais. Nesse contexto, destaca-se a importância da utilização dos recursos tecnológicos disponíveis, no intuito de atender um processo contínuo de aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos.

3.2 Atributos Relacionados com a Definição do Perfil do Engenheiro

Pesquisas desenvolvidas pelo setor empresarial e pelas universidades definiram um agregado de atributos que devem ser considerados no perfil do engenheiro atual. Essas pesquisas foram desenvolvidas por profissionais de várias áreas, sem a preocupação em utilizar as definições usuais da área de educação, mais sim dando destaque a outros elementos como: Saberes, Competências, Conhecimentos, Habilidades e Atitudes.

3.2.1 Competências

À semelhança do sentido jurídico, competência é um conjunto de conhecimentos, qualidades, capacidades e aptidões que habilitam o profissional para a discussão, a consulta, a decisão no que concerne seu ofício (SILVEIRA, 2005).

De acordo com a visão de Perrenoud (1998), para definir as competências imprescindíveis para a formação do engenheiro, necessita-se especificar quais são os problemas que esse futuro engenheiro resolverá e os contextos em que atuará.

Perrenoud (1999) define o termo competência como sendo uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimento, mas sem limitar-se a eles. Pode ser compreendida também como uma capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação.

A competência é, portanto, interdependente do conhecimento adquirido e das habilidades obtidas durante a vida do engenheiro na sociedade.

3.2.2 *Saberes, Conhecimentos ou Savoir-faire*

Segundo Perrenoud (1998, p. 487), “os saberes são representações do real que nos vêm ao espírito quando somos confrontados a situações que desafiam nossas rotinas”, abrangendo os “conceitos e teorias (eruditos, práticos ou de senso comum) que os estruturam”. No contexto da engenharia, incluem o estado da arte, o estado da técnica e o estado da prática, as ciências que servem de base e demais conhecimentos ou práticas que possam ser úteis (SILVEIRA, 2005).

Gama (2002) define conhecimento como um conjunto de saberes apropriado pelo sujeito de forma que possa ser aproveitado nas competências sob análise, estabelecendo assim uma clara separação entre o conteúdo ensinado e o conteúdo aprendido.

Outro termo muito utilizado é “*savoir-faire*” ou saber-fazer, cujo sentido é o mesmo que “*know how*”. Saber-fazer é a capacidade de resolver um problema específico ou de executar com sucesso uma tarefa bem definida. Ropé e Tanguy (1997) se referem a “*savoir-faire*” como sendo capacidades precisas que o indivíduo manifesta para resolver um problema proposto, utilizando suas habilidades e incorporando um conjunto de atitudes.

3.2.3 *Habilidade*

Este termo é usado para descrever as competências específicas, ou seja, saber-fazer ou as aptidões.

As habilidades podem ser descritas como habilidades técnicas ou habilidades pessoais. Habilidade técnica é a capacidade do acadêmico/engenheiro em estabelecer soluções para problemas que envolvem conhecimentos técnicos específicos. Cremasco (2009) descreve que a habilidade técnica está associada à compreensão e proficiência em determinado tipo de atividade, principalmente naquela em que estejam envolvidos métodos, processos e procedimentos.

Já as habilidades pessoais são especificadas como essenciais para o exercício profissional, contudo, não são específicas da profissão. Nesse âmbito, destacam-se as capacidades de trabalho em equipe, de comunicação escrita e oral, de liderança, bem como, o comportamento ético, o espírito crítico, a visão de conjunto e o espírito empreendedor.

Gama (2002) apresenta um novo arranjo no conjunto de habilidades que tem se mostrado mais adequado na formação do futuro engenheiro no cenário atual:

- Gerencial/administrativa: compreendendo a capacidade de articulação, a capacidade de mobilização, a visão estratégica, a visão sistêmica, a administração de recursos e a autonomia administrativa;
- Pessoais/interpessoais: englobando a responsabilidade, a sociabilidade e capacidade de trabalho em equipe, a liderança, a capacidade de autoaprendizagem e aperfeiçoamento contínuo, a capacidade de expressão oral, escrita e icônica, o uso da língua estrangeira e a capacidade de enfrentar problemas;
- Técnicas: envolvendo a leitura, interpretação e expressão por meio de gráficos, o equacionamento e modelagem de problemas, a capacidade de obtenção, de avaliação, de sistematização e uso de informação, a visão crítica de ordens de grandezas, a interpretação de normas técnicas, jurídicas e legais, a aplicação de conhecimentos teóricos multidisciplinares às questões práticas, a criação e utilização de modelos aplicados a dispositivos e sistemas, planejamento, operação e manutenção de sistemas e a capacidade de utilizar novas tecnologias visualizando a criatividade.

3.2.4 *Atitude*

Silveira (2005, p. 34) define atitude como um “estado de espírito que se reflete na conduta, nos sentimentos ou nas opiniões em relação às coisas, condições, etc., e a posição assumida para demonstrar esses sentimentos”. São exemplos: atitude empreendedora e ética. É o que define a personalidade do indivíduo, as suas crenças e a maneira como são vivenciadas.

3.3 O Engenheiro para o Século XXI

Confrontando os profissionais atuantes no mercado em duas décadas subsequentes constata-se, segundo Silva e Cecílio (2007), que os engenheiros nos anos 80 tinham uma formação sólida nas ciências básicas, notadamente Física e Matemática. Eram aptos na solução de problemas, possuíam visão sistêmica da realidade e melhor raciocínio lógico. Já na década de 90, esses profissionais privilegiavam o uso intensivo de computadores. Experimentavam muito, chegavam às soluções, mas curiosamente, não aprendiam com suas experiências como os da década anterior.

Nos dias atuais, é importante que o profissional tenha capacidade de trabalhar em vários ramos de uma especialidade profissional e não se prender em uma única atividade. O profissional de engenharia, por meio de sua formação acadêmica e profissionalizante, tem que se igualar ao padrão de exigência imposto pelo mercado, buscando constantemente a capacitação e atualização técnica. Terá de ser capaz de lidar com situações que desviam de sua especialidade técnica e empenhar-se nos percursos difíceis que possam surgir. Adaptar-se a qualquer problema, tornar-se seguro, volúvel, aberto às oportunidades e, sobretudo, saber usufruir das facilidades proporcionadas pela informática e pelos meios de comunicação de forma mais produtiva.

As empresas exigem cada vez mais uma qualificação técnica profissional mais apurada, comportamento social adequado, capacidade para desenvolver trabalho em equipe e habilidade para vencer desafios.

Em 1998, a Escola Politécnica de Engenharia da USP (POLI/USP) desenvolveu uma pesquisa em parceria com as empresas do estado de São Paulo financiada pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), visando conhecer o perfil profissional para o novo engenheiro nos próximos anos a partir de 2002. Foram consultadas 17.518 empresas de pequeno, médio e grande porte. As questões da pesquisa foram respondidas respectivamente 53% por gerentes e supervisores, 31 % pelos diretores e o restante por analistas, consultores, presidentes e vice-presidentes das empresas (MORAES, 1999).

Essa pesquisa iniciou-se em dezembro de 1997 e teve seu término em janeiro de 1998 e possuía um questionário composto por 72 questões, no qual a nota 1 (um) representava que não é nada importante e 10 (dez) totalmente importante. Os principais pontos elencados como de extrema importância na formação do engenheiro do XXI. São eles:

- Indivíduo comprometido com a qualidade no que faz;
- Com habilidade para trabalhar em equipe;
- Com iniciativa para tomadas de decisões;
- Usuário das ferramentas básicas de informática;
- Com visão do conjunto da profissão.

Neste contexto, na Tabela 2, são visualizados os atributos mais valorizados na sequência de importância.

Tabela 2: Perfil Profissional para o Novo Engenheiro.

POLI-USP/FIESP	
1	<i>Comprometido com a qualidade do que faz.</i>
1	<i>Com habilidade para trabalhar em equipe.</i>
2	<i>Com habilidade para conviver com mudanças.</i>
3	<i>Com visão clara do papel cliente-fornecedor.</i>
3	<i>Com iniciativa para a tomada de decisões.</i>
3	<i>Usuário das ferramentas básicas da informática.</i>
4	<i>Com domínio do inglês.</i>
5	<i>Fiel à organização para a qual trabalha/Leal.</i>
6	<i>Valoriza a ética profissional.</i>
6	<i>Com ambição profissional/vontade de crescer.</i>
7	<i>Capacitado para o planejamento.</i>
7	<i>Com visão das necessidades do mercado.</i>
8	<i>Valoriza a dignidade/tem honra pessoal.</i>
9	<i>Com visão do conjunto da produção.</i>
9	<i>Com habilidade para economizar recursos.</i>
10	<i>Preocupado com a segurança no trabalho.</i>
10	<i>Com habilidade para conduzir homens.</i>
11	<i>Capaz de expor ideias de forma organizada.</i>
11	<i>Com jogo de cintura/versátil.</i>
12	<i>Capaz de transmitir a um operário o que quer.</i>
13	<i>Justo/imparcial.</i>
14	<i>Com autocontrole/equilibrado/tolerante.</i>
15	<i>Pensa em soluções criativas/original.</i>
16	<i>Objetivo no estabelecimento de metas.</i>
17	<i>Capaz de assimilar orientações simultâneas.</i>

POLI-USP/FIESP	
18	<i>Com noção de custos.</i>
19	<i>Valoriza o serviço de outras pessoas.</i>
20	<i>Com ampla cultura geral.</i>
21	<i>Rápido/ágil.</i>
22	<i>Preocupado com o meio ambiente.</i>
23	<i>Formado em faculdades de primeira linha.</i>
24	<i>Curioso/descobre as coisas por si mesmo.</i>
24	<i>Procura terminar o que começa;</i>
25	<i>Capaz de traduzir conhecimentos técnicos.</i>
26	<i>Facilidade para a redação/escreve bem.</i>
27	<i>Negociante/identifica as oportunidades comerciais.</i>
28	<i>Com habilidade para elaborar cronogramas.</i>
29	<i>Com visão otimista da vida/alegre.</i>
30	<i>Arrojado/não tem medo de errar.</i>
30	<i>Com conhecimento generalista da engenharia.</i>
30	<i>Usuário de softwares específicos da engenharia.</i>
35	<i>Profissional obediente e cumpridor de regras.</i>
40	<i>Pós-graduação em engenharia.</i>
43	<i>Pós-graduação em administração.</i>
46	<i>Interesse em pesquisa científica.</i>
47	<i>MBA no exterior.</i>

Fonte: Moraes (1999)

É inegável que o futuro engenheiro tenha que ter domínio do saber técnico para exercer sua profissão. Mas, observando o resultado da pesquisa realizada por Moraes (1999), visualiza-se que as empresas procuram no futuro engenheiro, não só o conhecimento técnico, mas também comprometimento com a qualidade e a consciência na busca constante de capacitação para o exercício de sua atividade profissional. Saiba também valorizar a ética, a dignidade pessoal, conviver com mudanças, ser capaz de autoconhecer-se e reconhecer o conhecimento do outro. Espera-se que esse profissional tenha uma postura autônoma, capacidade decisória e crítica e saiba avaliar e confiar em suas fontes de informações, bem como, produzir conhecimentos técnicos.

Publicações recentes sobre o desenvolvimento das modernas teorias administrativas, reafirmam a maioria dos atributos apresentados na pesquisa realizada em 1999, principalmente aqueles relacionados com os itens classificados entre 1 e 10, da Tabela 2 (GUERRIN; ESCRIVÃO; ROSIM, 2016).

3.4 Aspectos Relevantes na Formação do Engenheiro Atual

A atividade de engenharia está em contínua mudança, abrangendo novas técnicas e novos campos de atuação. Paralelamente, as necessidades das empresas também sofrem alterações ao longo do tempo no sentido de acompanhar a variação dos mercados e dos modos de produção.

Assim, o papel do engenheiro e as expectativas sociais em torno de suas funções, que podem variar de país a país, devem ser sistematicamente reformuladas.

Segundo Longo (2000), estima-se que mais de 80% do conhecimento científico e tecnológico foi produzido depois da Segunda Guerra Mundial e, supondo que não haja mudanças nessa direção na próxima década, em torno de 50% de todos os produtos futuros ainda não foram desenvolvidos. As mudanças contínuas no conhecimento e na capacidade técnica requerem que novas competências venham a ser denominadas pela força de trabalho.

Por essa razão, foram criadas várias instituições como ABENGE, ASIBEI, SEFI, ASEE, INEER, ABET que promovem várias conferências como Congressos Brasileiros de Ensino de Engenharia (COBENGE), congressos da ASEE, *International Conferences on Engineering Education* (ICEE), além de programas desenvolvidos pelo governo dedicados a educação em engenharia tais como: *Engineering Education Coalitions*, NSF/EUA e PRODENGE/REENGE, envolvendo temas relacionados com a formação dos futuros engenheiros, tais como:

- Quais os perfis de formação melhor indicados para situação atual?
- Como selecioná-los, diante das diferentes visões de futuro encontradas na academia e na sociedade, representando os mais diversos interesses?
- Como considerar a situação atual das escolas de engenharia frente as transformações do mercado de trabalho?

- Como desenvolver currículos e estratégias didáticas para atender novas necessidades e aos novos e variados perfis de formação?
- Como avaliar os resultados obtidos e mostrar à sociedade o que está lhe sendo oferecido?

Cabe às universidades a busca continua do perfil de formação necessário para esses profissionais, adaptando seus currículos e métodos pedagógicos, e, sabendo separar o que é mudança eventual ou cíclica de uma real mudança de tendência.

Para isso, é indispensável uma total sintonia com mercado de trabalho no sentido de dosar adequadamente qualificação do engenheiro nos quatro diferentes atributos vigentes: humano e social, técnico, científico e gerencial, ou seja, a observação e consultas às expectativas do mercado devem ser permanentes, abandonando conceitos pragmáticos, critérios definitivos, independente do contexto local, internacional e da história particular de cada instituição de ensino.

No exercício profissional, esse novo engenheiro tem que estar preparado para atender uma sociedade que está sempre em transformação e globalizada e estar atento ao mutante mercado de trabalho.

Esse cenário é particularmente caracterizado pelos grandes e constantes avanços científicos e tecnológicos e, sob o ponto de vista técnico, o engenheiro deve estar sempre atento à aquisição e/ou atualização do conhecimento (MORAES, 1999).

Para tanto é imperativo que esse profissional faça uso do potencial das novas tecnologias da informação e comunicação que são sistematicamente disponibilizadas, tais como, acesso a base de dados, busca eletrônica de informações atualizadas e acesso a plataformas de ensino a distância (EaD).

3.5 Conclusões

Os perfis atuais dos profissionais de engenharia refletem a visão hegemônica do mundo na sociedade pós-industrial, centrada na primazia do mercado, nos valores econômicos e nos interesses dos grandes grupos industriais. As palavras-chave são: competitividade, consumo, desregulamentação, flexibilização, globalização, incertezas, mercado, novas tecnologias, produtividade e terceirização.

Assim, remetem à participação do engenheiro nas mais diversas funções, onde se fazem úteis às capacidades de análise racional, modelagem e representação matemática ou gráfica e de resolução de problemas.

O novo engenheiro tem que ter vivência em um cenário cibernético e diante as mudanças socioeconômicas e culturais. Saber utilizar as ferramentas computacionais oferecidas nesse cenário, no qual, estão sendo alteradas as maneiras de pensar, de ser, de viver e, principalmente, de aprender.

Para isso, as escolas de Engenharia terão que mudar seu paradigma educacional vigente, entender o que é o processo de construção da aprendizagem e utilizar adequadamente os recursos tecnológicos que estão disponíveis, vislumbrando uma revolução tecnológica no sentido de ampliar os conhecimentos científicos e tecnológicos.

4. METODOLOGIA PARA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

4.1 Introdução

Diante das evidências destacadas no capítulo anterior em relação à busca de um novo perfil para o profissional de engenharia, há que se discutir as metodologias de ensino utilizadas para a formação desses futuros engenheiros.

Qualquer que seja o procedimento metodológico a ser adotado, os objetivos são equivalentes ao desenvolvimento de competências técnicas e científicas, tais como: formação sólida em engenharia para atuar no mercado futuro; visão analítica, espírito crítico, capacidade para análise de processos, utilização de ferramentas computacionais, habilidades em mensuração, simulação, experimentação, representação gráfica e decisão.

A natureza prática da engenharia é por princípio incompatível com a falta de ação do estudante durante o processo de aquisição do conhecimento, o que sugere uma abordagem pedagógica construtivista ou ainda construcionista. Dentro dessa perspectiva, são tratadas, neste capítulo, as metodologias de ensino que mais se adequam ao perfil profissional almejado, notadamente, o ensino por meio de projetos, o ensino colaborativo e a atualização profissional ou educação continuada.

4.2 O Ensino Construtivista na Área das Engenharias

Nos anos 60 e 70, observa-se, na consolidação dos currículos pedagógicos do ensino de engenharia, o professor como fonte principal e única de conhecimento. Ao longo dos anos subsequentes, algumas providências foram gradativamente incorporadas no sentido de romper com esse paradigma, destacando principalmente a implementação ou capacitação de bibliotecas e principalmente o uso de laboratórios experimentais.

Dentro da matriz educacional formal, as aulas expositivas algumas vezes apoiadas em atividades práticas, sejam de laboratório ou listas de exercícios, ainda têm sido o principal meio de ensino nos cursos de engenharia. Essas atividades práticas utilizadas como ferramentas de operação e fixação dos conteúdos teóricos normalmente estão

apoiadas em extensas listas de exercícios que muitas vezes são desconectadas da prática profissional cotidiana do futuro engenheiro.

As atuais recomendações norte-americanas promulgadas da ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*) estabelecem critérios de qualidade para os cursos de graduação em engenharia e sugerem que os mesmos devam:

- Estimular a capacidade para aplicar o conhecimento de matemática, ciências e engenharia;
- Projetar e conduzir experimentos;
- Analisar e interpretar resultados;
- Projetar sistemas, componentes ou processos para atender a determinados requisitos;
- Atuar em equipes multidisciplinares;
- Identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- Compreender a natureza da ética e da responsabilidade profissional;
- Comunicar-se efetivamente (por escrito e oralmente);
- Entender o impacto das soluções da engenharia no contexto social e ambiental;
- Buscar aprendizagem permanente;
- Usar técnicas e ferramentas modernas para o exercício da prática da engenharia.

Bazzo (1998) e Becker (1999) fazem uma análise do ensino de engenharia utilizando a visão eminentemente pedagógica. Inicialmente, abordam o modelo positivista onde, na relação de transmissão-recepção de conteúdo, coloca-se o aluno como um elemento passivo no processo da atuação do docente. Na sequência, aponta-se como evolução desse modelo um novo enfoque pedagógico, centralizado no aluno, que é o

sujeito do processo ensino-aprendizagem. O professor passa a ser o mediador da ação do aluno sobre os conteúdos. Apresenta situações desafiadoras para que o aluno utilize os conhecimentos pré-existentes e, nessa abordagem, identifique suas certezas e dúvidas sobre o tema. Problematisando o aluno, o professor age para que surjam dúvidas que possam estimular a curiosidade dos alunos e levá-los a tomar consciência de qual conhecimento necessita.

Essa proposta constitui a essência do modelo pedagógico construtivista, estabelecendo paradigmas de ensino apropriados para consolidar a aglutinação dos elementos necessários na formação do engenheiro:

- Criatividade;
- Sensibilidade;
- Multidisciplinaridade;
- Estímulo à autonomia no seu próprio aprendizado.

Trata-se de um modelo criado a partir da interpretação das ideias de Jean Piaget, notadamente ao desenvolvimento da aquisição do conhecimento, desde a infância e ao longo de toda a vida dos indivíduos, por meio da sua própria ação sobre os possíveis objetos desse conhecimento.

O modelo construtivista sugere, portanto, a ideia de uma abordagem não apenas procedimental, mas principalmente de uma postura prática pedagógica em constante processo de autoconstrução.

De acordo com Moraes (2000, p. 128), o professor deve comprometer-se com o paradigma do construtivismo, o que significa em última análise é “adotar uma concepção de realidade em construção. E, em consequência, viver de acordo com isso, assumir atitudes construtivistas. É considerar-se permanentemente incompleto, inacabado e em constante construção”.

Loder (2002) buscou identificar a prática pedagógica dos professores de engenharia, tendo como base a observação e questionários realizados com alunos e

professores do curso de Engenharia Elétrica. A pesquisa foi feita em uma população de 11 (onze) avaliados, onde se identificou que apenas 2 (dois) professores não provocaram a participação dos alunos em sala de aula ou não incentivaram a realização de atividades complementares autônomas para consolidar o aprendizado. A pesquisa concluiu que, de um modo geral, todos exerceram, em diferentes graus de profundidade, as práticas pedagógicas preconizadas pela teoria construtivista, ainda que nenhum professor admitisse tal fato.

4.3 Construtivismo e Construcionismo

A partir da década de 1990, ocorreu uma grande mudança: a disseminação da tecnologia, permitindo que o aluno busque informações sem a participação do professor, mas com o auxílio e participação à busca da aprendizagem. Assim sendo, muda-se fundamentalmente a relação de ensino. O professor mediador, o educador visto como o único agente facilitador do aprendizado, deixa de ser o exclusivo canal de conhecimento (PERRENOUD, 1999) e (SILVA; LEAL e ALVES, 2005).

Com essa mudança, o professor abandona a postura de depositário do conhecimento e torna-se consultor metodológico e organizador de grupos de trabalho. Essa tática leva a reformulação dos objetivos da educação. O uso de novas tecnologias educativas leva ao apagamento dos limites entre as disciplinas, redefinindo, ao mesmo tempo, a função, a formação e o aperfeiçoamento dos docentes. (LABARCA, 1995; BARRETO, 2004).

Seymour Papert (1991), matemático e professor do *Instituto de Tecnologia de Massachusetts* (MIT) sugeriu o termo construcionismo para designar uma modalidade de ensino, no qual o estudante constrói seu conhecimento a partir da criação de objetos catalizadores, como exemplos, uma obra de arte, um relato de experiência laboratorial, um programa de computador, uma solução de uma simulação, entre outros.

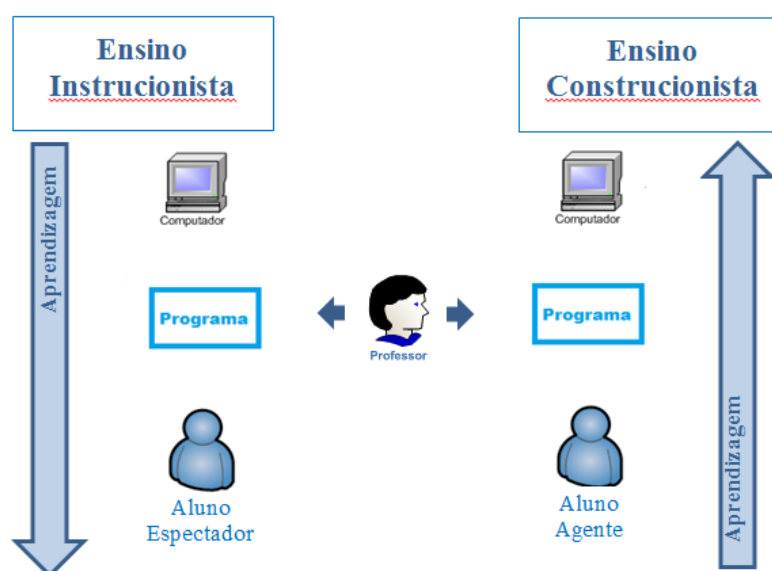
Seymour Papert (1991) fundamentou sua teoria no construtivismo de Piaget e foi pioneiro na utilização de TIC's (Tecnologias da Informação e Comunicação) na educação. Nesse contexto, foi criada uma metodologia para utilização do computador no ensino em uma abordagem pedagógica construcionista, oposta do instrucionismo que emprega o computador apenas como uma máquina de ensinar (ALTOÉ; PENATTI, 2005).

No instrucionismo, o computador é um tutor que ensina o aluno, por meio dos programas na qual a instrução é auxiliada por computador ou CAI (*Computer-Aided Instruction*). Já no construcionismo, o professor possui uma postura ativa e instrui o computador a cumprir uma determinada tarefa, por meio de uma linguagem de programação. Logo o aluno terá que criar uma estratégia de solução para realizar esta tarefa proposta, ou seja, ele deixa de ser um expectador e passa a ser o agente.

Nesse contexto, o construcionismo produz a aprendizagem de forma eficaz, pelas ações dos alunos, com pouca participação do professor e mediado pelo computador, ou seja, uma máquina que produz conhecimento. Assim, o aluno constrói seu aprendizado por meio de soluções de problemas e vivenciando situações (KLOC; KOSCIANSKI; PILATTI, 2009).

A Figura 1 ilustra graficamente as diferentes linhas de aprendizagem por meio do computador.

Figura 1: As Linhas de Aprendizagem que Utilizam de Computador.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Na comparação entre as duas modalidades de ensino, observa-se que ambas contam com os mesmos elementos, ou seja, o computador, o professor, o programa e o aluno.

Entretanto, o que as distinguem são fundamentalmente: o sentido da aprendizagem, a característica do programa computacional utilizado, a postura do professor no contexto da metodologia empregada e a autonomia do aluno dentro do processo de ensino.

4.4 Ensino por Meio de Projetos

Aprendizagem em forma de projeto consiste em compreender diversas disciplinas que envolvem conteúdos básicos por meio da aplicação real. A carga horária de cada conteúdo básico é definida em função dos objetivos do projeto e as aulas são ministradas sob a forma teórica e/ou prática, ou ainda utilizando palestras e visitas técnicas (SILVEIRA, 2005).

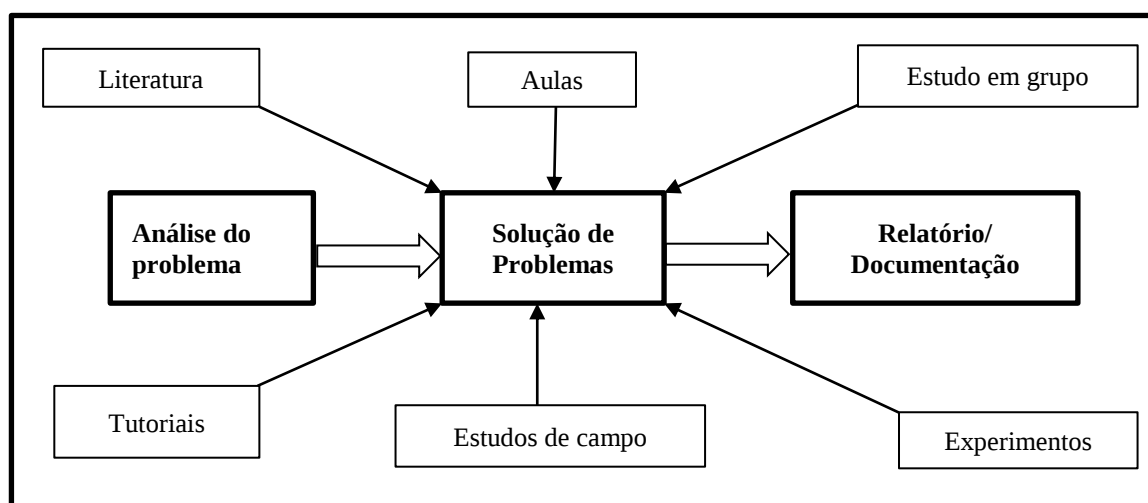
Essa metodologia possui intrinsicamente um viés construcionista e segue basicamente os princípios pedagógicos da Obertelli da EC-Paris, (2003), norteados por:

- Experimentar para compreender: privilegiar uma pedagogia ativa e indutiva;
- Situar o enquadramento teórico de cada tema;
- Ser o motor de sua formação: o aluno deve fazer escolhas entre as diversas possibilidades que lhe são propostas;
- Desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe;
- Conhecer a vida na empresa e compreender a complexidade para agir com eficácia;
- Conhecer a si mesmo para assumir suas responsabilidades profissionais;
- Abrir-se ao campo da cultura e desenvolver uma reflexão sobre o que está em jogo no mundo atual;
- Produzir esses efeitos por meio da alternância de situações vivenciais, como módulos de ensino, projetos em equipe, estágios, atividades culturais, enquetes, etc.

Silveira (2005) menciona a Escola de Eletrônica e Tecnologia Informática da Universidade de *Aalborg* na Dinamarca como um exemplo bem sucedido da aplicação do sistema de aprendizado baseado em problemas reais de engenharia. Os trabalhos são desenvolvidos por equipes de estudantes, abordam temas multidisciplinares e invariavelmente integram teoria com a prática.

Apresenta-se na Figura 2 o quadro conceitual desta metodologia.

Figura 2: Quadro Conceitual de *Aalborg*.



Fonte: Silveira (2005).

O ponto de vista da equipe de *Aalborg* é que a educação baseada em problemas introduz a argumentação profissional e a solução dos problemas de engenharia no cerne do aprendizado, levando o aluno a uma concepção clara de integração entre teoria e prática.

Esses princípios pedagógicos levam a uma estruturação cuidadosa do tempo do aprendizado, controlada por atividades distribuídas ao longo do ano letivo e regulada ao longo do tempo pelo tutor no sentido de articular a atividade de docência com o tempo do projeto. O grande desafio é estabelecer o sequenciamento dos conteúdos agregados às atividades orientadas para a resolução de problemas de forma a motivar os alunos a desenvolver determinadas atitudes e a integrar entre as diferentes disciplinas.

4.5 Ensino Colaborativo

Em Harisin, Calvert e Groeneber (1997), o ensino colaborativo pressupõe a abordagem educacional na qual os estudantes são levados a trabalhar em conjunto na construção da aprendizagem e no desenvolvimento do conhecimento. A aprendizagem colaborativa é um modelo orientado para o aluno, gerando sua participação dinâmica nas atividades e na definição dos objetivos comuns do grupo. Harisin, Calvert e Groeneber (1997) argumentam que os processos de conversação, múltiplas perspectivas e argumentação que ocorrem nos grupos de aprendizagem colaborativa explicam porque esse modelo de aprendizagem promove um maior desenvolvimento cognitivo, quando comparado ao trabalho individual realizado pelos mesmos indivíduos.

Nesse aspecto, a elaboração do conhecimento em uma construção conjunta realizada por todos os membros da comunidade é natural que se considere que as estratégias e processos de aprendizagem sigam um modelo de desenvolvimento mais orientado para a atividade da comunidade do que para o utilizador individual. (DIAS, 2004).

Essas abordagens colaborativas enfatizam a importância dos processos participativos enquanto catalisadores dos procedimentos que conduzem à inovação, criação e ao envolvimento nas atividades da comunidade. Por meio do ensino colaborativo, os estudantes participantes podem tanto coordenar esforços para a identificação do problema, como procurar ajuda, formular teorias explicativas, avaliar os resultados, definir soluções para o problema e compartilhar com o grupo (DIAS, 2004). O aperfeiçoamento dessa postura proativa vai de encontro às expectativas desejadas no perfil desse novo engenheiro e pode também ser conduzido sob um prisma construcionista.

4.6 Aula Invertida (*Flipped Classroom*)

No modelo tradicional de ensino apenas o professor transmite o conhecimento aos alunos e após o término da aula, este mesmo deve estudar e posteriormente ser avaliado seu conhecimento adquirido. Já o modelo de sala de aula invertida, o aluno estuda antes o conteúdo a ser apresentado pelo professor. A aula torna-se um local de aprendizagem ativa, ou seja, tiram-se dúvidas por meio de perguntas, atividades práticas, resolução de

problemas e projetos, discussão em grupo, laboratórios, etc. (VALENTE, 2014) e (EDUCAUSE, 2012).

Nesta modalidade de ensino, o professor tem como meta principal trabalhar as dificuldades dos alunos, ao invés de apenas discorrer sobre o conteúdo da disciplina.

A ideia da sala de aula invertida emergiu em um momento de grandes oportunidades do ponto de vista educacional, especialmente com a disseminação das TDICs (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicações) e o fato de elas estarem adentrando na sala de aula.

A educação à distância está praticamente fundamentada no método de aula invertida, pois o conteúdo é disponibilizado *online*. O estudante, empregando as TDICs, antes do mesmo frequentar a sala-de-aula, estuda o conteúdo proposto.

A aula invertida tem sido utilizada em diferentes instituições de ensino no mundo as quais reportam várias experiências de sucesso. Entre elas destacam-se *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e *Harvard University* que sistematicamente procuram inovar os métodos de ensino, adequando-os no sentido de explorar os avanços tecnológicos utilizados na educação. (WATKINS; MAZUR, 2013; BELCHER, 2001; CROUCH; MAZUR, 2001).

De acordo com Hennick (2014), as escolas de ensino médio dos Estados Unidos vêm utilizando o método de sala de aula invertida e existe uma comunidade de aprendizagem profissional para professores que utilizam esta metodologia chamada *Flipped Learning Network* (2014).

Em março de 2014, foi criado no Brasil, o consórcio STHEM (*Science, Technology, Humanities, Engineering and Mathematics*), que tem a finalidade de formar professores das áreas de tecnologia e de humanas para usar as estratégias de aprendizagem ativa por meio de aula invertida. Esse consórcio atualmente é formado por 22 Instituições de Ensino Superior e tem por objetivo de formar 100 professores por ano, os quais deverão atuar como multiplicadores dos conhecimentos adquiridos para, pelo menos, cinco professores das respectivas instituições de origem (STHEM, 2014).

4.7 Conclusões

Para se formar engenheiros preparados para atuar no mercado atual de trabalho, é preciso que os educadores e as instituições de ensino criem e/ou aperfeiçoem métodos,

condições e ferramentas de apoio condizentes com a evolução tecnológica e com o perfil almejado para esses profissionais.

Objetivando a formação desse novo engenheiro, os professores têm utilizado intuitivamente técnicas de ensino construtivistas como recurso para um aprendizado sistêmico. Tal fato se justifica pela constatação de que o ensino da engenharia é, por natureza, construtivista, pois invariavelmente demanda uma atitude proativa por parte dos estudantes para consolidação do aprendizado.

Nesse contexto, surge um novo paradigma para os papéis do professor e o do aluno, sendo que este último torna-se autor de sua própria aprendizagem. Ou seja, transforma-se em mais ativo e construtivo, concebendo o pensamento crítico, a iniciativa e a colaboração. O professor, por sua vez, apoia-se em técnicas pedagógicas que o colocam como um agente facilitador do aprendizado.

Com o uso intensivo das tecnologias de informações e comunicações nas últimas décadas o computador passa a ser agente motivador para essa postura construtiva do conhecimento. Assim, à luz da proposta pedagógica construtivista de Piaget e na busca de uma aprendizagem significativa, o construcionismo preconizado por Papert é reconhecido atualmente como uma metodologia que se adequa perfeitamente às expectativas de formação do perfil desejado para os novos engenheiros.

Observa-se, portanto, que, de um modo geral, existe um crescente interesse por parte dos coordenadores e professores dos cursos de graduação das instituições de Ensino Superior no sentido de propor algo inovador que possa atenuar o problema da evasão, da falta de interesse dos estudantes pelas aulas e, conseqüentemente, do alto número de repetência em disciplinas, especialmente das ciências exatas. Neste sentido, as metodologias ativas, principalmente desenvolvidas por intermédio das tecnologias digitais de informações e comunicações, têm se mostrado como uma solução bastante promissora.

5. LABORATÓRIOS EXPERIMENTAIS COMO FERRAMENTA AUXILIAR

5.1 Introdução

Neste capítulo, apresenta-se uma visão geral sobre a importância e a evolução tecnológica dos laboratórios experimentais direcionados para o ensino e pesquisa em Engenharia Elétrica. Nesse contexto, descrevem-se as principais características de cada uma das diferentes gerações de laboratórios, destacando as respectivas abrangências e limitações. Dentro deste ciclo de evolução, apresenta-se a proposição de extensão de um laboratório de terceira geração para uso remoto, a partir da infraestrutura de acesso proporcionada pela *Internet* a qual é definida, neste trabalho como uma nova geração de laboratórios experimentais, denominada Laboratório Remoto.

5.2 Laboratórios Experimentais de Ensino e Pesquisa

Um dos grandes obstáculos enfrentados pelos estudantes, pesquisadores e profissionais de Engenharia Elétrica é o elevado grau de abstração com o qual muitas vezes são solicitados a trabalhar. Nesse contexto, são particularmente importantes as atividades experimentais no sentido de transpor a barreira que separa o conceito teórico e abstrato da sua aplicação prática.

A importância da prática experimental no processo de apropriação dos conceitos teóricos é inegável, pois a vivência com determinada experiência facilita a fixação do conteúdo a ela relacionado. O laboratório pode também funcionar como um poderoso meio catalisador no processo de aquisição de novos conhecimentos, a partir da avaliação experimental de hipóteses sobre fenômenos particulares, promovendo a mediação entre o conhecimento vulgar e o conhecimento científico (DOMIJAN; EMBRIZ-SANTANDER, 1992). Baseado nessas premissas, ao longo dos anos, várias ações tem sido conduzidas no sentido incorporar as atividades experimentais nos processos de ensino, pesquisa e atualização profissional no campo da Engenharia Elétrica. A concretização dessas premissas normalmente é obtida em um laboratório real adequado e devidamente equipado.

De um modo geral, é razoável afirmar que as aulas expositivas continuam sendo a principal técnica pedagógica para o ensino de engenharia. Dentro da matriz educacional formal, as aulas expositivas algumas vezes apoiadas em atividades práticas vinculadas a listas de exercícios, estão desconectadas da prática profissional cotidiana do futuro engenheiro.

As práticas experimentais têm a vantagem de propiciar aos estudantes a possibilidade de observação e de análise de fenômenos físicos que são difíceis ou impossíveis de simular, ou seja, lidar com problemas e características exclusivas dos sistemas reais, adquirindo assim, experiências em situações de utilidade prática e profissional.

Nesse cenário, os benefícios do uso de um laboratório experimental no ensino de graduação e pós-graduação são evidentes. Podem, inclusive, ser utilizados sob uma perspectiva construcionista onde se induz, naturalmente, o aluno a construir seu conhecimento de forma sistemática e definitiva, “Conte-me e eu esqueço, mostre-me e eu apenas me lembro, envolva-me e eu compreendo” (CONFUCIO, 551 AC).

Nas atividades de pesquisa, resultados colhidos experimentalmente devem, em princípio, não só ancorar os aplicativos computacionais ao real comportamento dos fenômenos físicos, mas, sobretudo, fomentar o aperfeiçoamento dos modelos teóricos. Nesse contexto, vale destacar que, nos manuais de alguns programas de simulação digital, recomenda-se o ajuste do modelo utilizado até que se obtenha uma reprodução adequada de um caso típico avaliado em laboratório. A partir dessa calibração, o programa computacional poderá ser utilizado adequadamente para a avaliação de casos similares (SOBRAL, 2012).

É, portanto, incontestável a importância das práticas experimentais nas atividades de pesquisa e desenvolvimento de novas metodologias de análise, bem como, de produtos tecnológicos.

5.3 Evolução dos Laboratórios Experimentais na Engenharia Elétrica

Os primeiros resultados de pesquisa sobre a evolução dos laboratórios experimentais são apresentados em (DOMIJAN; SHOULTS, 1988). Historicamente, até no

final da década de 80, identificam-se três fases distintas com respeito às configurações físicas dos laboratórios experimentais.

A primeira geração de laboratórios de energia consistia basicamente de grandes máquinas elétricas, diferentes componentes auxiliares e vários tipos de instrumentos de medida analógicos. O desenvolvimento e implantação da plataforma experimental eram baseados em montagens específicas, que muitas vezes consumiam um tempo significativo na realização das práticas experimentais. Os equipamentos pesados e volumosos ocupavam uma área física relativamente extensa, o que muitas vezes limitava o uso de apenas um conjunto experimental para atender um grupo elevado de estudantes, prejudicando consequentemente a interatividade e participação efetiva dos mesmos. Como ilustração, apresenta-se na Figura 3 a imagem de um laboratório experimental de primeira geração.

Figura 3: Laboratório Experimental (Primeira Geração).



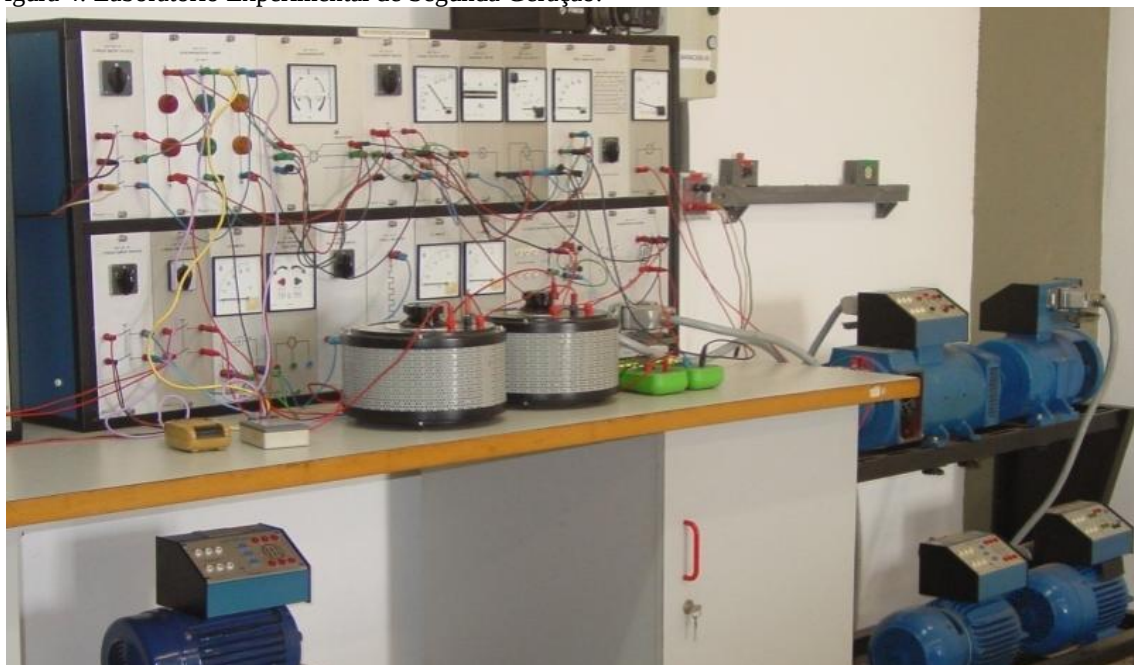
Fonte: Elaboração da própria autora.

A segunda geração de laboratórios foi introduzida no início da década de 60. Foi concebida com o principal objetivo de minimizar os tempos de montagem das plataformas experimentais pela introdução de máquinas elétricas fracionárias operadas por *consoles* customizados e alguma instrumentação digital. Nesse seguimento, destacam-se, como exemplo, *Faraday LawLab*, *Lab-Volt* e *Hampde Company Consoles*, *DEGEM Systems*,

entre outros. Embora se reconheça os avanços introduzidos por essa geração, sobretudo no tocante a otimização do tempo necessário para realização dos experimentos, por outro lado, há um comprometimento da flexibilidade dos mesmos, tornando-os, em certos casos, uma ferramenta educacional pouco eficiente.

Na Figura 4, ilustra-se uma montagem experimental realizada em um ambiente laboratorial de segunda geração. A título de comparação, essa montagem além de disponibilizar funcionalidades mais abrangentes com relação àquela apresentada na Figura 3, ainda ocupa um espaço físico substancialmente menor.

Figura 4: Laboratório Experimental de Segunda Geração.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Motivada principalmente pelo avanço dos equipamentos de informática, surge na década de 80 à terceira geração de laboratórios experimentais. Essa tem como principal característica a integração das ferramentas de informática, conversores analógicos/digitais e sistemas de aquisição de dados com os componentes físicos dos laboratórios. Nesse contexto, desenvolve-se também o conceito da instrumentação virtual, dispensando o uso de muitos instrumentos analógicos e/ou digitais específicos.

Nesse cenário, viabiliza-se o uso de montagens experimentais compactas e de menor custo unitário, favorecendo uma maior participação e interatividade dos estudantes, pela multiplicação das bancadas experimentais. Exemplos desses laboratórios da terceira geração podem ser encontrados no Japão, Suécia, e nos Estados Unidos, entre outros (SHOULTS; CHEN; DOMIJAN, 1987). A Figura 5 (a) e (b) mostra a configuração típica de laboratórios experimentais de terceira geração.

Figura 5: Laboratório Experimental de Terceira Geração.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Nas últimas décadas, a expansão do uso da rede mundial de computadores, aumento da velocidade de comunicação, facilidades de acesso, aprimoramento e redução dos custos das interfaces têm viabilizado iniciativas para acesso e controle remotos (ZEILMANN; SILVA; PEREIRA; BAZANELLA, 2001; GUIMARÃES; SOUZA; GOSMANN; BAUCHSPIESS, 2002; CASINI; PRATTICHIZZO; VICINO, 2001).

Associado aos recursos disponibilizados pela *Internet*, o acesso remoto a uma plataforma experimental pode proporcionar excelentes oportunidades para solidificação, aprimoramento e incorporação de conhecimentos científicos. Os laboratórios remotos viabilizam o uso dos recursos experimentais por um maior espaço de tempo e de forma compartilhada. Dessa forma, pode haver melhor aproveitamento dos instrumentos de medida de equipamentos diversos, mediados por um sistema supervisor para controle de acesso de usuário, que poderá ficar ativo em tempo integral, (MARCHEZAN; CHELLA; FERREIRA, 2009; RÖRING; JOCHHEIM, 1999). Os usuários dispõem, portanto, de grande flexibilidade quanto à fixação de horários para realização das práticas experimentais e estão totalmente dissociados da localização física e geográfica do laboratório.

Considerando os requisitos funcionais de um laboratório de terceira geração citados anteriormente, sua capacitação para operar em conjunto com um ambiente de acesso remoto, além de ser uma meta tangível, pode ser uma evolução de curto prazo e de custo reduzido.

Dessa forma, em um contexto analítico similar ao apresentado em Domijan e Shoults (1988), é razoável classificar esta proposta de laboratório com acesso remoto, ou simplificada Laboratório Remoto (LR), como uma quarta geração no ciclo de evolução dos laboratórios experimentais.

5.4 Laboratório de Acesso Remoto nos Diferentes Segmentos

Como destacado nos capítulos anteriores, o construcionismo é, por definição, uma metodologia de ensino que permite que o estudante construa seu conhecimento por meio do uso da tecnologia, como por exemplo, o computador. Outros meios tecnológicos atrelados ao computador podem também ser incorporados neste modelo de aprendizagem construcionista. Entre eles destacam-se o uso da *Internet* e dos laboratórios experimentais com acionamento remoto.

O uso de laboratórios experimentais remotos como instrumento de apoio às atividades de ensino e pesquisa em Engenharia Elétrica pode ser um importante aliado para apropriação de novos conhecimentos sob uma perspectiva realista, baseada na observação e quantificação dos fenômenos físicos.

Nesse contexto, a aprendizagem se concretiza quando o estudante, ou pesquisador, ao utilizar o objeto experimental, consegue expressar o seu entendimento sobre um assunto. A evolução da sedimentação do conhecimento está fundamentada em um processo cíclico que envolve o aperfeiçoamento constante da sua capacidade de descrição, execução, reflexão e depuração de uma determinada atividade experimental.

De acordo com Valente (1993), ao finalizar esse processo cíclico envolvendo o uso de práticas experimentais, o aluno define o seu modelo mental que expressa não só a forma como ele entende o problema, mas também como age na busca de soluções. Na óptica construcionista, a formalização gradativa destes modelos mentais viabiliza a criação de uma espécie de banco de dados de modelos. Assim, espera-se que os estudantes

gradativamente se habilitem para a solução de problemas de engenharia baseados nos conhecimentos passados e nas experiências práticas.

As facilidades proporcionadas por um laboratório experimental remoto, sobretudo com respeito à individualidade no uso, estimula a criatividade, a postura proativa por melhorias contínuas e a geração de novos conhecimentos, impulsionando os estudantes e pesquisadores à um aprendizado constante. Associado a esse fato, a abordagem construcionista pode ser ainda um importante meio catalizador para a definição da postura profissional dos futuros engenheiros e quanto às decisões a serem encaminhadas no seu cotidiano de trabalho.

5.4.1 Ensino de Graduação e Pós-graduação

No uso efetivo dos laboratórios experimentais normalmente se depara com a necessidade da divisão dos estudantes em grupos de trabalhos a serem alocados por bancada de ensaios. Essa prática visa uma demanda produtiva quanto à participação efetiva e interação dos estudantes durante a realização dos experimentos, o que remete à necessidade de se replicar as bancadas de ensaios.

Particularmente, o uso de laboratórios com acesso remoto pode promover a viabilização dessas práticas experimentais. Sob a ação de um sistema supervisório para controle de acesso de usuários, o laboratório pode ser disponibilizado para uso dos estudantes praticamente em tempo integral. Isso permite um aumento do tempo dedicado à realização das experiências.

Essa flexibilidade pode ser explorada no sentido de atender as demandas experimentais dos grupos de estudantes sem a necessidade de replicar a bancada de ensaios. Por outro lado, os investimentos podem ser canalizados para a concepção de um número substancialmente menor de bancadas de ensaios, ou ainda, investir na melhoria dos materiais e equipamentos.

Nos ambientes de aprendizagem à distância (EaD), os laboratórios remotos são reconhecidos atualmente como excelentes ferramentas de apoio na construção do conhecimento, pois favorecem de forma contextualizada a capacidade de cognição por parte do aluno. Nesse sentido, veem suprir uma deficiência relacionada aos sistemas de

EaD convencionais, atribuída à ausência de atividade práticas. Essas, quando programadas, envolvem o deslocamento dos estudantes para os locais onde os laboratórios se encontram fisicamente implantados. A incorporação das atividades experimentais por meio dos laboratórios remotos praticamente elimina os inconvenientes relacionados principalmente aos custos associados aos deslocamentos, além de otimizar o tempo de dedicação a essa prática. Portanto, contando com a flexibilidade de horário, o estudante pode construir gradativamente seu conhecimento de acordo com seu perfil, sua disponibilidade, articulando os conteúdos na busca de uma aprendizagem significativa, orgânica e sistêmica (SCHNAID; TIMM; ZARO, 2003).

5.4.2 *Ensino Por Meio de Projeto*

A abordagem PLE (*Project-Led Engineering Education*) (Projetos interdisciplinares) foca no trabalho em equipe, e está centrada no aluno e no seu desempenho de modo a atingir as competências definidas. Os alunos aprendem por meio de experiências e a maior parte do tempo de aprendizagem é dedicada às competências técnicas do curso e integra as diferentes áreas disciplinares.

Nesse contexto, a compartimentação do saber decorrente da divisão de conteúdos em disciplinas tende a desaparecer. O PLE favorece a aprendizagem cooperativa e naturalmente cria um ambiente propício para a integração das diversas disciplinas a partir das exigências do projeto.

Durante o desenvolvimento do projeto, frequentemente os alunos necessitam retomar alguns conceitos teóricos já abordados em disciplinas anteriores. Para suprir essa necessidade de atualização, normalmente recorrem à literatura disponível, notas de aulas e muitas vezes solicitam a intermediação de um docente. Esse processo de capacitação pode ocupar um tempo significativo e comprometer, em alguns casos, o cronograma do projeto.

A capacitação dos alunos em conteúdos específicos exigidos ao longo do desenvolvimento dos projetos pode ser alcançada de forma mais objetiva com o apoio de laboratórios remotos. Nesse ambiente, o aluno é naturalmente incentivado a assumir uma

postura proativa no sentido de atualizar e/ou agregar os diferentes conhecimentos necessários.

A implantação, nas diretrizes do projeto, da utilização de laboratórios remotos para apoio ao processo de capacitação promove resultados relevantes sob o ponto de vista qualitativo do aprendizado e quantitativo com respeito à diminuição do tempo médio dedicado a essa atividade.

5.4.3 *Ensino Colaborativo*

O laboratório remoto é intrinsicamente adaptável aos conceitos do ensino colaborativo, pois pode facilmente disponibilizar mecanismos interativos que tornem possível a reconfiguração dos objetos de aprendizagem já existentes, bem como, a criação de novos recursos e situações operacionais que atendam as necessidades pontuais de um grupo de usuários.

Estando inserido em um ambiente acessível via *Internet*, os participantes podem interagir durante e após a realização dos experimentos. Dessa forma, o conhecimento adquirido pelo grupo pode evoluir gradativamente segundo os interesses e criatividade dos componentes do grupo de estudos.

Essa modalidade de ensino, apoiado por um laboratório remoto, pode ser praticada em vários segmentos, notadamente, cursos de graduação, cursos de pós-graduação, ensino por meio de projeto, educação continuada e treinamento de profissionais. Em todos os casos, o aprendiz utiliza o laboratório remoto e os outros estudantes pertencentes ao grupo poderão assistir e interagir de qualquer lugar do mundo por meio da *Internet*.

Na medida em que cresce o número de usuários nesse contexto colaborativo, devido à diversidade dos temas abordados sob uma mesma plataforma experimental, é natural que esta seja sistematicamente adaptada no sentido de incorporar novos equipamentos e instrumentos de medida. O uso compartilhado dessa plataforma propiciado pelo laboratório remoto permite que mais aprendizes possam se beneficiar dessa tecnologia, diminuindo os custos de implantação das demandas experimentais, pois um único laboratório bem equipado poderá atender vários segmentos dentro de uma área de conhecimento.

5.4.4 Ensino por meio de aula invertida

Historicamente, os laboratórios experimentais tem sido o cenário motivador de grandes avanços científicos. Além de ser um ambiente profícuo para o aperfeiçoamento dos modelos teóricos, também é o principal protagonista das descobertas casuais ou acidentais na ciência, conhecidas na literatura como serendipidade.

A palavra serendipidade ainda não consta nos dicionários da língua portuguesa. O termo foi empregado pela primeira vez pelo escritor inglês Horace Walpole (1717-1797) para designar o dom de achar coisas valiosas ou agradáveis não procuradas. (HAMBURGER, 1990)

Um livro publicado em 1989 nos Estados Unidos, *Serendipity: Accidental discoveries in science*, de autoria de Royston M. Roberts professor de Química na Universidade do Texas, elenca centenas desses achados casuais. Entre eles destacam-se na Tabela 3, algumas ocorrências de serendipidade mais populares. (ROYSTON, 1989)

Tabela 3: Caso Populares de Serendipidade.

Descoberta	Ano	Pesquisador	Pesquisa inicial	Serendipidade
Viagra	1996	Laboratório Pfizer	Circulação arterial	Disfunção erétil
Penicilina	1941	A. Fleming	Estafilococos	Bolor / infecções bacterianas.
Bioeletricidade	1780	Galvani	Eletricidade estática	Eletricidade / animação
Eletromagnetismo	1820	H. C. Orsted	Corrente elétrica	Interação eletricidade/ magnetismo
Nylon	1940	Du Pont	Polímeros	Meias de Seda
Insulina	1921	C. Best / F.Banting	Pâncreas e digestão	Controle do diabetes
Aspirina	1870	F. Hoffman	Combater infecções	Controle da febre

Fonte: Elaboração da própria autora.

É claro que o fato dessas descobertas terem sido acidentais não diminui em nada o mérito de seus descobridores, pois é necessária uma mente criativa e atenta ao mundo a sua volta para aproveitar as ocorrências de serendipidade. Louis Pasteur (1822-1895), o inventor da pasteurização e da vacina anti-rábica, disse certa vez, "o acaso só favorece a mente preparada" (HAMBURGER, 1990).

Neste sentido, o incentivo ao uso dos laboratórios experimentais e, sobretudo, os remotos, cujas particularidades já descritas anteriormente favorecem as práticas experimentais especializadas a um custo relativamente baixo, pode ser mais um importante instrumento na busca de uma “mente preparada” por parte dos discentes.

A aula invertida combinada com atividades em um laboratório remoto pode ser utilizada para fomentar práticas no contexto descrito anteriormente. Os discentes podem ser inicialmente incentivados a realizar algumas práticas experimentais e relatar os fenômenos observados, sem necessariamente ter conhecimento prévio dos fundamentos teóricos. Na sequência, durante a aula convencional os relatos dos discentes são utilizados para apoiar a fundamentação teórica e ainda estabelecer uma base comparativa entre a teoria e a prática.

5.4.5 Atualização Profissional e Treinamento Específico

Durante muito tempo a academia utilizou um modelo de formação de engenheiros baseado nas informações acumuladas durante o curso. Entretanto, no exercício da profissão fica evidente o afastamento entre as necessidades de conhecimentos específicos demandados aos engenheiros pelas empresas e aqueles que são adquiridos na graduação. Esse descompasso normalmente tem sido atenuado por meio de um processo de educação continuada para suprir necessidades imediatas de capacitação desses profissionais (GAMA, 2002).

No atual ambiente de competitividade, a capacidade de aprendizagem contínua, tem-se mostrado como um fator muito importante para manutenção da sua produtividade no mercado de trabalho em um mundo com rápidas transformações da atividade tecnológica da engenharia. Nesse cenário, não há mais como um curso de engenharia formar engenheiros que permaneçam atualizados cinco anos após sua formatura.

Em algumas áreas do conhecimento, o ambiente de laboratório, para algumas empresas, pode se resumir apenas na utilização de programas computacionais. Essa é uma tendência preocupante, porque o engenheiro pode estar realizando análise totalmente dissociada da natureza física do problema em estudo, e, muitas vezes, não compreendem as limitações de um programa de simulação e das equações teóricas ou empíricas, no qual foi baseado (DOMIJAN; EMBRIZ-SANTANDER, 1992).

O engenheiro precisa, portanto, ser reciclado constantemente. Embora não possa se afastar por períodos longos de volta aos bancos escolares, seu treinamento ou atualização

poderá ser realizado no local de trabalho por meio de cursos à distância, apoiados em atividades experimentais utilizando laboratórios remotos.

Nesse contexto, a aprendizagem acontece através de "fazer", que se assemelha às atividades profissionais que envolvem o aprendiz diretamente na construção do conhecimento, por meio da descrição do problema e discussão dos resultados obtidos experimentalmente.

5.4.6 *Pesquisa Experimental*

As atividades de pesquisa na área de Engenharia Elétrica vêm sistematicamente desenvolvendo uma crescente dependência de simulações computacionais o que em certos casos pode ser preocupante, sobretudo devido à confiabilidade dos resultados obtidos, uma vez que os mesmo estão vinculados com a qualidade dos modelos teóricos utilizados.

Observa-se claramente entre as publicações científicas mais recentes uma substancial diferença entre as quantidades de trabalhos baseados em simulações digitais e de trabalhos que envolvem estudos experimentais (SOBRAL, 2012).

É fato inegável que essa tendência, a despeito da desconfiança dos resultados simulados obtidos em certos casos, vem sendo impulsionada pelos custos relativamente baixos, agilidade na análise e facilidade de utilização das plataformas de simulação (DOMIJAN; EMBRIZ-SANTANDER, 1992).

Na maioria dos casos, a aquisição de aplicativos computacionais e computadores demandam recursos financeiros substancialmente menores do que na implantação física de laboratórios experimentais. A Tabela 4, ilustra simplificada, as principais características associadas ao uso de simulações digitais e laboratórios experimentais.

Tabela 4: Comparação entre Simulações e Experimentos.

	Simulações computacionais	Laboratórios Experimentais
Aspectos Positivos	• É possível estudar grandes sistemas. • Baixo custo para executar cada simulação. • Rapidez na obtenção de resultados.	• Compreensão física dos fenômenos abordados. • Resultados reais ajudam no ajuste dos modelos teóricos.
Aspectos Negativos	• A qualidade dos resultados depende da base de dados e dos modelos. • Programa escrito por um especialista pode ser executado por um usuário comum sem que o mesmo entenda suas limitações.	• Podem ter altos custos de implantação. • Difícil de estudar grandes sistemas orientados por problemas. • A qualidade dos resultados depende dos materiais e equipamentos disponíveis.

Fonte: Domijan; Embriz-Santander (1992).

As potencialidades do laboratório remoto nos ambientes de investigação científica são notáveis e podem ser uma interessante alternativa para multiplicar as práticas experimentais e ajudar a reduzir o descompasso com a grande quantidade de trabalhos baseados exclusivamente em simulações digitais. Entretanto, nesse segmento é comum deparar com a necessidade de equipamentos mais específicos e sofisticados e muitas vezes de custos elevados.

Por outro lado, uma ação corporativa entre os diferentes grupos ou instituições de pesquisa pode tornar a implantação de um laboratório remoto muito atraente, sob o ponto de vista econômico e científico. Os recursos financeiros das instituições cooperadas podem ser canalizados para a capacitação técnica de um único laboratório experimental muito bem equipado, evitando a duplicidade de equipamentos em diferentes locais.

Assim, as atividades de pesquisa e desenvolvimento que requerem o uso de equipamentos de alto custo podem ser viabilizadas com o uso compartilhado desse laboratório remoto. Além disso, a própria ação conjunta de uso compartilhado de um ambiente experimental remoto pode ser também um elemento catalisador no fomento à pesquisa corporativa.

Um exemplo desta prática, é a utilização do *Lab Web*, laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNS) em Campinas, o qual está sendo acessado por pesquisadores do Brasil e do exterior desde o ano de 2012.

5.5 Conclusões

Na evolução dos laboratórios experimentais, até no final década de 80, é possível identificar três fases distintas, caracterizadas principalmente pelo uso de equipamentos de grande porte, montagens compactadas e instrumentação digital, respectivamente. Essa última foi denominada terceira geração de laboratório e viabilizou o uso também da instrumentação remota, bem como da instrumentação virtual.

Os requisitos funcionais dos laboratórios de terceira geração, aliados à evolução das aplicações da rede mundial de computadores, viabilizaram uma rápida migração para os laboratórios experimentais com acesso remoto, aqui denominados como de quarta geração.

Esses têm como principais características a possibilidade de realização de um experimento real à distância, facilidades de acesso e controles diversos. Possuem também os principais requisitos para o uso compartilhado, o que muitas vezes pode ser um fator decisivo quanto ao custo de implantação, ou capacitação.

Os laboratórios remotos podem ser um importante instrumento de apoio em diferentes segmentos do ensino da Engenharia Elétrica. Por outro lado, suas particularidades quanto a custos de implantação e uso corporativo também os qualificam como ferramentas potencialmente eficazes na pesquisa experimental.

6. LABORATÓRIO REMOTO DE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

6.1 Introdução

Apresenta-se neste capítulo, as iniciativas propostas neste trabalho para a concepção e implementação física de um laboratório remoto direcionado para estudantes e pesquisadores em Engenharia Elétrica.

Pesquisas, envolvendo a atratividade pelo uso de laboratórios experimentais realizadas em 123 instituições nos Estados Unidos e no Canadá, revelaram algumas diretrizes que motivaram a escolha do tipo de laboratório a ser implementado neste trabalho. A abrangência da pesquisa citada compreende 11.420 cursos de graduação e envolveu 59.467 alunos de graduação em Engenharia Elétrica. Revelou que na área de energia as quatro principais subáreas destacadas quanto a atratividade de uso de laboratórios experimentais foram, em ordem de popularidade: eletrônica de potência, testes em alta tensão, máquinas elétricas e harmônicas (DOMIJAN; SHOULTS, 1988).

Os dados referem às pesquisas realizadas a cerca de duas décadas atrás, e naturalmente é razoável admitir que essa tendência possa ter sido alterada, sobretudo em razão da constante evolução na forma de utilização da energia elétrica.

Entretanto, apesar de não haver nenhum registro de pesquisas similares recentes, acompanhando a evolução das publicações científicas na área de energia, constata-se o surgimento da subárea envolvendo o estudo de fenômenos relacionados à qualidade da energia elétrica. Esses fenômenos, por definição, estão associados a quaisquer distúrbio que venham afetar as formas de onda das tensões de suprimento, admitidas em princípio como perfeitamente senoidais com amplitude e frequência constantes. Esses distúrbios são originários da forma de operação das diferentes cargas elétricas, considerando nesse contexto também os equipamentos auxiliares de acionamento e controle. Nessa óptica é possível estabelecer uma forte relação quanto à atratividade do uso de um laboratório de qualidade de energia, uma vez que esta subárea de ensino e pesquisa congrega a maioria dos temas abordados nas subáreas destacadas.

Por outro lado, verifica-se que o direcionamento para implementação de um laboratório experimental para estudos em qualidade da energia possui também forte respaldo sob o ponto de vista acadêmico. Em geral, os problemas abordados nos estudos de qualidade da energia elétrica são produzidos por sistemas dinâmicos complexos, que podem ser variáveis no tempo, dependentes da frequência e na maioria das vezes não lineares. Dessa forma, devido à complexidade dos fenômenos físicos envolvidos e às limitações dos modelos teóricos, uma análise teórica simplificada pode resultar em interpretações equivocadas, induzindo às soluções simplistas e mal formuladas (DOMIJAN; et al, 1993).

Nesse cenário, os estudos experimentais em um laboratório devidamente equipado pode ser um importante aliado para a compreensão e análise do comportamento das principais grandezas elétricas envolvidas, além de fornecer subsídios para o aperfeiçoamento ou refinamento dos modelos teóricos.

Considerando o exposto, optou-se pela implantação de um laboratório remoto para atender demandas experimentais no ensino, pesquisa e extensão na subárea de estudos da qualidade da energia elétrica. Discutem-se os principais requisitos e equipamentos para a criação desse tipo de laboratório e sua aplicabilidade como ferramenta de apoio nas diferentes modalidades de ensino e da pesquisa.

6.2 Constituição Física do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica

O Grupo de Estudos da Qualidade de Fornecimento da Energia Elétrica vem ao longo dos últimos anos desenvolvendo o Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica (LAQEE), que foi concebido inicialmente como um ambiente destinado a realização de experimentos práticos de apoio à disciplina Qualidade da Energia Elétrica ministrada nos cursos de graduação e pós-graduação da FEIS/UNESP. Trata-se de um laboratório de terceira geração e na forma como está configurado, é possível a realização de vários experimentos visando à compreensão e constatação dos principais fenômenos físicos envolvendo a qualidade da energia elétrica.

Entre os principais equipamentos disponíveis, destacam-se duas fontes de alimentação programáveis, sendo uma com saída trifásica e outra monofásica, ambas produzidas pela *California Instruments®*.

A programação das fontes pode ser realizada diretamente nos seus respectivos painéis de controle ou por meio de aplicativos computacionais com comunicação serial e/ou GPIB (*General Purpose Interface Bus*).

A versão trifásica, modelo 6000L, é controlada por um gerador e analisador de harmônicas (HGA). Possui potência nominal de 6 kVA, frequência base ajustável entre 47 e 66 Hz e variação da tensão terminal de 0 a 240 V (RMS). Por meio dessa fonte, é possível configurar tensões trifásicas com diferentes formas de onda, fixando individualmente as amplitudes e respectivos ângulos de fase de cada componente harmônica do sinal em cada fase e de forma independente (Figura 6).

Figura 6: Foto da Fonte de Alimentação Trifásica e do Gerador de Harmônicas.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Na Figura 7, a fonte monofásica, modelo 5001i, tem potência nominal de 5 kVA e permite a variação da tensão terminal de 0 a 240 V (RMS). Com essa fonte é possível impor diferentes tipos de distúrbios na tensão gerada, tais como afundamentos e elevações

de tensão, definindo suas amplitudes, tempos de duração e sequenciamento de ocorrências, além da possibilidade de programação da forma de onda de saída, como no caso anterior.

Figura 7: Foto da Fonte de Alimentação Monofásica e Gerador de Distúrbios.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Como infraestrutura de apoio, o LAQEE possui também dois sistemas de aquisição: um *Wavebook*®, um *Daqbook*®, da *Iotech*®. Tais sistemas contam, individualmente, com oito canais de entrada analógicos, dezesseis bits de resolução e taxa máxima de amostragem de 1.0 *Msample*.

Os sinais de corrente são captados por meio de transdutores de corrente de efeito *Hall*, para até 50 A (RMS). As tensões são captadas por transdutores/condicionadores para até 300 V (RMS). A Figura 8 apresenta alguns dos componentes citados.

Figura 8: Sistema de Aquisição de Dados e Transdutores de Corrente.



Sistema de aquisição de dados *Wavebook*
Fonte: Elaboração da própria autora.



Transdutores de corrente (efeito Hall)

Para o apoio computacional, o LAQEE dispõe dos aplicativos *LabView Student Edition*® e *DasyLab*® 12. Esses aplicativos são utilizados no processamento de sinais envolvendo diferentes ferramentas, tais como, integradores, diferenciadores, somadores,

filtros digitais, transformada de *Fourier*, entre outros. São também utilizados no controle das fontes de alimentação e do sistema de aquisição de dados.

Com tais requisitos, a migração do LAQEE para um laboratório com recursos de quarta geração resume-se principalmente na configuração das interfaces de comunicação remota com as fontes de alimentação e com os sistemas de aquisição de dados. Para a flexibilização das atividades experimentais remotas é indispensável dispor de um sistema de acionamento remoto das chaves eletromecânicas e/ou eletrônicas, para seleção e configuração física das plataformas de trabalho. Para tanto, desenvolveu-se interfaces direcionadas ao atendimento das especificidades citadas anteriormente, compostas por módulos independentes que possuem oito relés e seus respectivos circuitos de acionamento eletrônico com isolamento ótico. A Figura 9 ilustra o diagrama esquemático dos módulos de relés.

Figura 9: Relés de Acionamento e/ou Configuração.

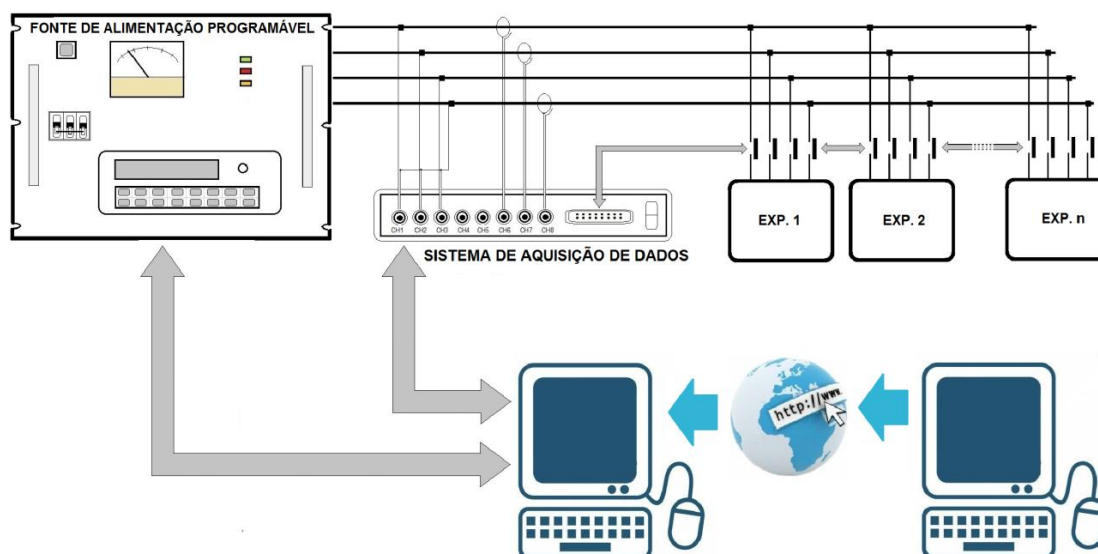


Fonte: Elaboração da própria autora.

Nessa nova configuração, o LAQEE passa a ser atualmente referenciado neste trabalho como Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica (LRQEE). Com isso, vislumbra-se que os pretensos usuários possam executar experimentos à distância, efetuar medições relacionadas à qualidade da energia elétrica, investigar fenômenos físicos, interagir com equipamentos e demais recursos disponíveis no LAQEE.

Apresenta-se na Figura 10, o diagrama esquemático global da plataforma experimental para apoio aos objetos de aprendizagem.

Figura 10: Diagrama Esquemático Geral do Laboratório Remoto de Qualidade de Energia Elétrica.



Fonte: Elaboração da própria autora.

A Figura 11 apresenta a foto contendo uma visão geral da instalação física do LRQEE.

Figura 11: Visualização do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica.



Fonte: Elaboração da própria autora.

6.3 Segurança do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica

O laboratório remoto se diferencia dos laboratórios de simulação exatamente pela existência de fato de algum tipo de atividade real em curso, envolvendo acionamento de cargas elétricas direta ou indiretamente pela rede elétrica, controle e medições. Nestas condições naturalmente qualquer procedimento indevido comandado remotamente por engano ou imperícia por parte do usuário poderá colocar em risco a integridade dos dispositivos elétricos e demais equipamentos de medida. Tem-se, portanto, a necessidade de se prever e incorporar ao arranjo experimental, algum tipo de proteção para assegurar a realização dos experimentos minimizando os danos aos dispositivos integrantes do laboratório.

Para tanto, o LRQEE dispõe basicamente de dois tipos de proteção. A primeira baseia-se em aplicações de *software*, onde são implantadas junto aos aplicativos de controle dos experimentos, orientações *online* sobre as limitações operacionais. Além disso, incorporou-se um procedimento de bloqueio da atividade do usuário, quando esta oferecer algum risco para a integridade dos equipamentos. Trate-se especificamente de uma ação de desligamento do experimento executado pelo supervisor local. Para evitar algum procedimento indevido que por ventura não tenha sido previsto em nível de *software*, o LRQEE também incorpora proteções físicas compostas por fusíveis e relés devidamente adequados aos limites operacionais da fonte de alimentação principal.

6.4 Objetos de Aprendizagem

Nas últimas décadas, observa-se uma substancial mudança de paradigma pedagógico, mediado pelo uso intensivo da *Internet*, envolvendo principalmente a forma como os educadores ensinam e os estudantes aprendem.

Particularmente, no contexto deste trabalho, destacam-se os novos recursos pedagógicos proporcionados pelo uso dos laboratórios experimentais remotos e que aplicabilidade desses recursos está intimamente relacionada com a forma como os conteúdos educacionais são gerados e oferecidos aos estudantes (WILEY, 2000).

Existem várias denominações vigentes relacionadas aos conteúdos que se apoiam na utilização dessas novas tecnologias para aperfeiçoamento do processo de ensino e

aprendizagem. Entre elas destacam-se: “objetos de aprendizagens”, referenciado em (IEEE/LTSC, 2002); “objeto educacional” definido por (TAROUÇO; FABRE; TAMUSIUNAS, 2003); “objetos compartilháveis” citado por (ADL, 2001); “objetos de conhecimento” citado por (MERRIL, 2000), “objetos de comunicação” utilizados por (MUZIO, 2001); “objetos de aprendizado” por (BETTIO; MARTINS, 2004); “componentes instrucionais” em (MERRIL, 2000), “documentos pedagógicos” (ARIADNE, 2002); “materiais de aprendizagem *online*” (MERLOT, 2002) e “componentes de *software* educacionais” descritos em (ROSCHELLE; DIGIANO; PEA; KAPUT, 2003). Neste trabalho, optou-se pela denominação “objetos de aprendizagem”, abreviadamente OA, para referenciar os conteúdos educacionais baseados no uso das tecnologias anteriormente citadas.

As definições para o significado de objetos de aprendizagem são várias, embora não apresentem um consenso universal, é possível identificar alguns itens convergentes entre elas.

De acordo com Santos; Florese e Tarouco (2007), os OA's devem ser capacitados para a realização de animações e/ou simulações de fenômenos físicos e podem ser reutilizados em outros ambientes de aprendizagem. São armazenados em repositórios na *Internet* e possibilitam a redução de custos de produção de materiais educacionais. Por outro lado, oferecem também recursos que possibilitam a reestruturação e/ou adequação das práticas pedagógicas, gerando inovações relacionadas com as formas de comunicação, disponibilização das informações e interação com os usuários.

Sosteric; Hesemeier (2002) definem os OA's como arquivos digitais, notadamente, imagens ou filmes que podem ser empregados para fins educacionais e que possuem internamente, ou por meio de associações, sugestões a respeito do contexto adequado para a sua utilização.

Miranda (2004, p. 22) conceitua um OA como:

Qualquer recurso digital com um valor pedagógico demonstrado, que pode ser usado, reusado ou referenciado para suporte de aprendizagem. Os OAs podem ser uma *applet java* (*software* aplicativo que é executado no contexto de outro programa), uma animação flash, um *quis online* ou um filme *QuickTime*, mas pode também ser uma apresentação *Power Point* ou arquivo pdf, uma imagem, um *site* ou uma *webpage*.

Bettio e Martins (2004) descrevem os OA's como entidades digitais que demonstram algum conhecimento. Trata-se de um recurso digital que pode ser reutilizado, auxilia na aprendizagem de um determinado conceito e também estimula o desenvolvimento das capacidades pessoais, tais como, imaginação e criatividade. É chamado também como objeto virtual de aprendizagem, e pode contemplar um único conceito quanto englobar todo o corpo de uma teoria.

Os OA's são classificados por Sá Filho e Machado (2003) como sendo recursos digitais a serem usados e reutilizados na associação com outros objetos para compor um ambiente de aprendizado flexível e rico em informações. Sugerem também que o uso desses recursos tem o propósito de reduzir o tempo de criação, a necessidade de instrutores e os custos com o desenvolvimento na *Internet*.

Ainda nessa linha de pensamento, Behar; Macedo; Souza; Bernardi (2009) define o OA como qualquer recurso digital, que pode ser: texto, animação, vídeo, imagem, aplicação, página da *Internet*, que isolados ou combinados entre si, tenham como principal propósito o uso educacional. A autoria cita ainda mais que pode ser um instrumento autônomo e é utilizado como módulo de um determinado conteúdo ou de um conteúdo completo e pode ser agrupado a vários aplicativos.

Há também conceitos mais abrangentes que definem os OA's não como sendo uma ferramenta exclusivamente digital ou virtual. Nesse sentido, particularmente Gutierrez (2004) define e sugere que os OA's sejam conceituados como sendo todo e qualquer material que seja utilizado como meio de ensino e aprendizagem e que seja auxiliado por tecnologia.

Nessa linha conceitual mais abrangente, o *Learning Technology Standards Committee* (LTSC), do consórcio *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE), cita especificamente o uso de objetos de aprendizagem de natureza experimental disponibilizado por meio de laboratórios remotos. Destaca-se também a importância do uso dos laboratórios remotos atrelados aos sistemas de aprendizagem colaborativas auxiliados por computador nas iniciativas de ensino a distância (EaD) (IEEE/LTSC, 2002).

Outras vertentes conceituais são apoiadas em elementos pragmáticos para a caracterização de um objeto de aprendizagem. Muzio (2001) afirma que o OA é um “granular e reutilizável pedaço de informação independente de mídia”. Barrit; Aderman; (2004) caracteriza um OA como uma coleção independente de elementos educacionais reutilizáveis e granulares que se aplicam somente em um único contexto.

Nessa direção, Wiley (2002) identifica as similaridades desses conceitos com a ideia de programação orientada a objetos, a qual baseia em pequenas unidades de instrução reutilizáveis em novos cenários ou configurações. Dessa forma, a concepção de um OA deve obedecer a um conjunto de normas rigorosas relacionadas à combinação e granularidade da unidade ou do conteúdo (DIAS, 2004). A combinação enfoca os processos de articulação dos OA's, em especial aqueles que respeitam à reorganização automática gerada pela plataforma de aprendizagem, desde que tal plataforma tenha capacidade de gestão e geração dos modelos de aprendizagem (WILEY, 2002).

Finalmente, nesse contexto, há que se destacar também o conceito sobre objetos de aprendizagem preconizado pela Secretaria de Educação a Distância (SEED). Apesar de prolixa, é possível concluir que para a SEED qualquer material que instiga a reutilização e possa dar suporte ao aprendizado pode ser considerado um OA. Nessa óptica, a criação de OA's resulta apenas da repartição do conteúdo que será usado para a aprendizagem em partes menores, as quais poderão ser reutilizadas em vários ambientes educacionais. Por outro lado, é mais específica quando se reporta ao conceito de OA como sendo “qualquer material eletrônico que provê informações para a construção do conhecimento”, (BRASIL, Ministério da Educação, 2005).

6.4.1 Componentes Básicos dos Objetos de Aprendizagem

De um modo geral, independentemente do grau de abrangência associada aos conceitos de objetos de aprendizagem, é possível concluir que esses componentes instrucionais devem ser estruturados em pelo menos três segmentos. Singh (2001) separou-os em três fragmentos bem definidos, para assim diferenciar essa estrutura de outras tecnologias empregadas na educação:

- Objetivos: Expõe o conteúdo que vai ser aprendido por meio do objeto de aprendizagem e também apresenta os conceitos obrigatórios para o aproveitamento do conteúdo;
- Conteúdo pedagógico: Expõe o conteúdo imprescindível para que o aluno possa atingir os objetivos pré-estabelecidos e
- Prática e *feedback*: Após sua utilização, é importante que o estudante possa realizar algum tipo de interação com o OA, por exemplo, resposta a questionários de avaliação, para fins de comprovação da aquisição do conhecimento.

Particularmente no tocante a interatividade, Singh (2001) destaca sua importância no contexto de um OA para que não crie apenas uma abordagem instrucionista para esse recurso pedagógico. Conceitualmente o OA dispõe intrinsecamente de um grande potencial construcionista que deve ser explorado na sua plenitude para estimular uma atitude proativa do estudante e, sobretudo, dar vazão à sua criatividade.

6.4.2 *Características dos Objetos de Aprendizagem*

Apesar das nuances envolvendo os aspectos conceituais dos objetos de aprendizagem, praticamente todas se referem às características básicas que devem ser observadas durante a criação de um objeto de aprendizagem:

- Reusabilidade – Ser reutilizável diversas vezes em vários ambientes de aprendizagem. (IEEE/LTSC, 2002), (SHEPHERD, 2000), (WHYLEI, 2000), (PIMENTA; BATISTA, 2004), (BEHAR; MACEDO; SOUZA; BERNARDI, 2009) e (SANTOS; FLORES; TAROUCO, 2007);
- Acessibilidade: Ser acessível facilmente via *Internet* para ser usado em diversos locais (IEEE/LTSC, 2002);
- Durabilidade: Ter possibilidade de continuar a ser utilizado, independente da mudança de tecnologia (IEEE/LTSC, 2002);

- Interoperabilidade: Estar habilitado para uma variedade de *hardwares*, sistemas operacionais, navegadores e fazer intercâmbio entre diferentes sistemas (TAROUCO; DUTRA, 2007);
- Portabilidade: Pode ser utilizado em diversas plataformas educacionais; (PIMENTA; BATISTA, 2004);
- Autoconsistente: Independente de outro OA para fazer sentido (TAVARES, 2006);
- Facilidade de atualizar: As informações que forem utilizadas em sua criação devem ser armazenadas no editor para que as alterações sejam realizadas facilmente. (IEEE/LTSC, 2002);
- Flexibilidade: São feitos de uma forma bem flexível, mostrando o início, meio e fim, assim podem ser reutilizados sem necessitar manutenção. (IEEE/LTSC, 2002);
- Interatividade: Proporcionar facilidades para intermediação com os usuários (PADOVANI; MOURA, 2008);
- Adaptabilidade: Adaptável a qualquer ambiente de ensino;
- Granularidade: Ser constituído por pequenas unidades contextuais no sentido de facilitar sua reusabilidade.

6.4.3 Repositórios de Objetos de Aprendizagem

De acordo com Balbino (2007), a maneira mais utilizada para administrar os OA's é por meio de repositórios. Repositórios são bancos de dados que armazenam informações sobre os objetos de aprendizagem e os metadados criados por vários autores. Nesses casos, os metadados, ou seja, os dados sobre um conjunto de outros dados contém uma descrição completa para cada objeto de aprendizagem, entre elas: título, autor, data, assunto, etc.. Facilitando assim a busca seletiva de elementos contidos nos repositórios (IEEE/LTSC, 2002; FILATRO, 2008; LÈVY, 1993).

6.4.4 *Laboratórios Remotos e Objetos de Aprendizagem*

Como visto anteriormente, os objetos de aprendizagem são soluções baseadas na combinação de diferentes meios e mídias digitais que auxiliam a construção do conhecimento, no qual o educador assume a posição de mediador e o aluno o sujeito ativo imerso no processo de aprendizagem. Nessa óptica, pode-se dizer que um laboratório remoto é um ambiente onde são concretizadas as ações para a concepção de objetos de aprendizagem de natureza experimental.

Assim, dentro do escopo deste trabalho, a utilização do LRQEE nos diferentes segmentos compreendendo o ensino, pesquisa e atualização profissional é fundamentada na articulação e/ou agrupamento de objetos de aprendizagem experimentais. A elaboração destes objetos de aprendizagem constitui uma das principais contribuições deste trabalho os quais são compostos basicamente por:

- Descrição sucinta do experimento;
- Descrição dos procedimentos experimentais;
- Diagrama esquemático da montagem experimental, com indicação do posicionamento dos transdutores de tensão e corrente;
- Montagem física do experimento;
- Sequenciamento recomendado das atividades práticas;
- Tela para acesso, controle e visualização de resultados e
- Questionários de avaliação técnica.

O repositório natural dos objetos de aprendizagem de natureza experimental é, portanto, o próprio ambiente interativo do laboratório remoto. Os diferentes objetos de aprendizagem criados e armazenados no repositório do laboratório remoto são administrados pelas diferentes plataformas experimentais desenvolvidas e implantadas.

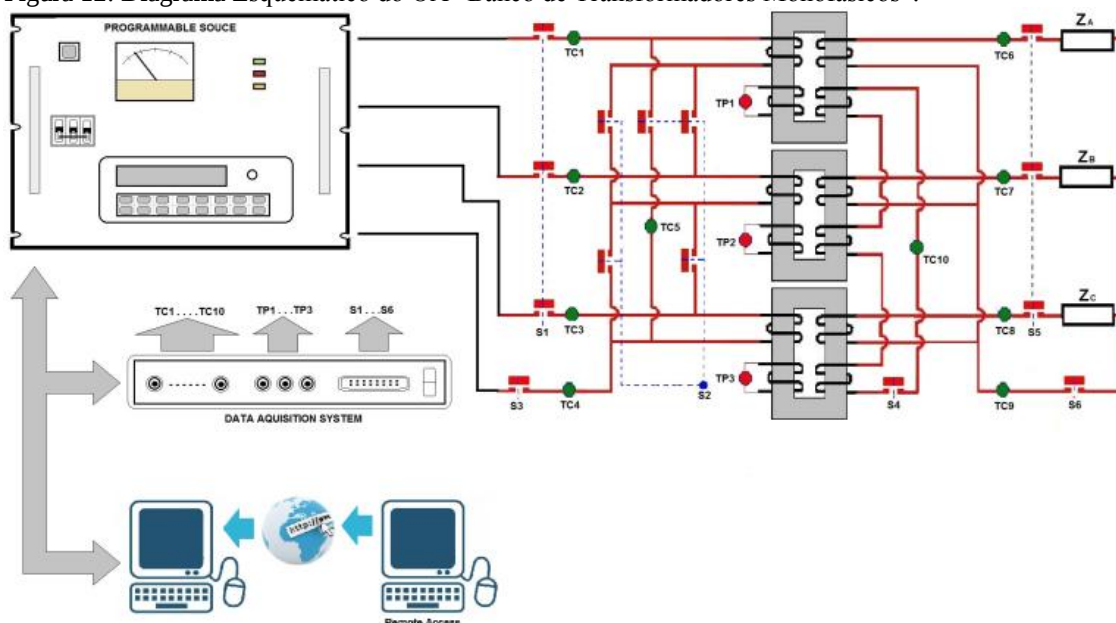
A seguir, apresentam-se as ações desenvolvidas até o momento no âmbito deste trabalho com objetivo de atender demandas experimentais requeridas por professores e pesquisadores nos diferentes segmentos de ensino, pesquisa e extensão.

6.5 O LRQEE nas Modalidades de Ensino de Graduação e Pós-Graduação

Relacionado ao ensino de graduação e pós-graduação, com a configuração atual do LRQEE, é possível a realização de vários experimentos, à distância, tendo como objetivo, a compreensão e quantificação dos principais fenômenos físicos que envolvem Qualidade de Energia.

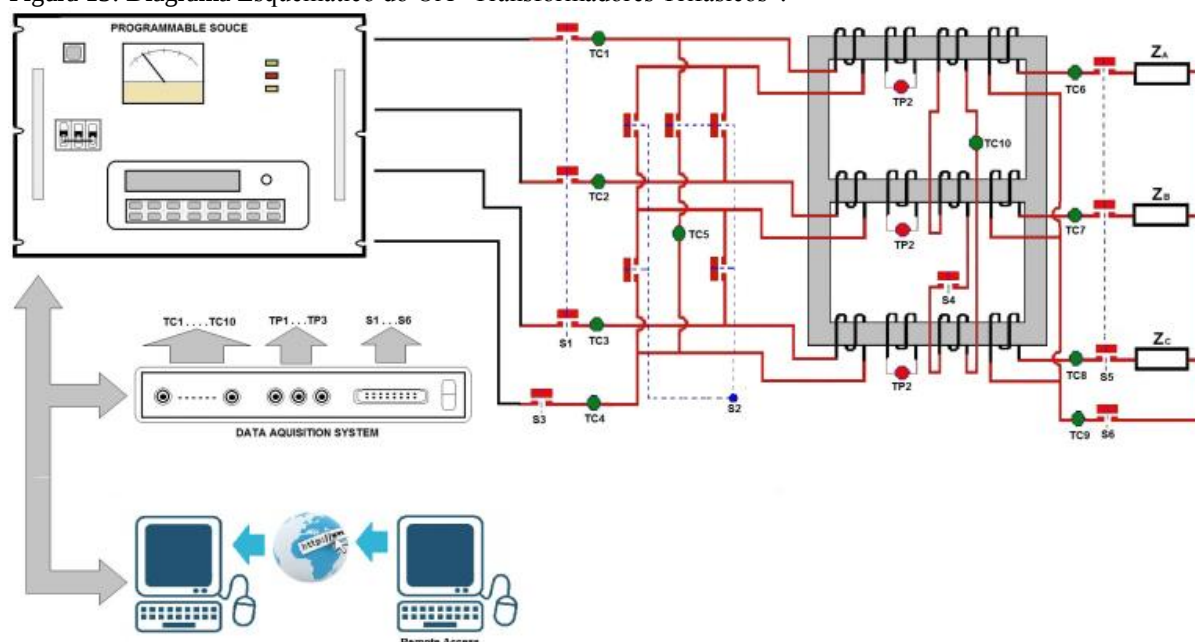
Como exemplo, destacam-se os objetos de aprendizagem implantados no LRQEE com o objetivo de estudar o comportamento das componentes harmônicas das correntes de magnetização e das tensões induzidas em arranjos trifásicos. São disponibilizados dois conjuntos de objetos de aprendizagem que estão relacionados com arranjos de transformadores monofásicos e com um arranjo trifásico com núcleo de três colunas, cujas ilustrações esquemáticas são apresentadas nas Figuras 12 e 13, respectivamente.

Figura 12: Diagrama Esquemático do OA “Banco de Transformadores Monofásicos”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

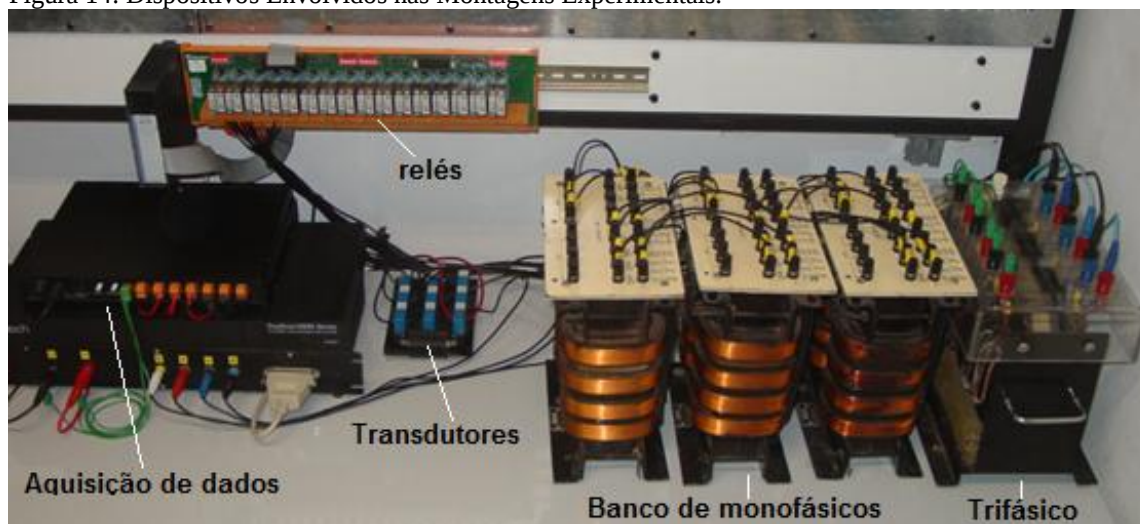
Figura 13: Diagrama Esquemático do OA “Transformadores Trifásicos”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Na Figura 14 é possível visualizar os diferentes dispositivos envolvidos nas montagens experimentais citadas.

Figura 14: Dispositivos Envolvidos nas Montagens Experimentais.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Para cada arranjo, são disponibilizadas oito configurações típicas cada uma contendo um tipo de conexão dos enrolamentos primários e secundários que podem ser selecionadas a partir da interface de usuário ilustrada na Figura 15.

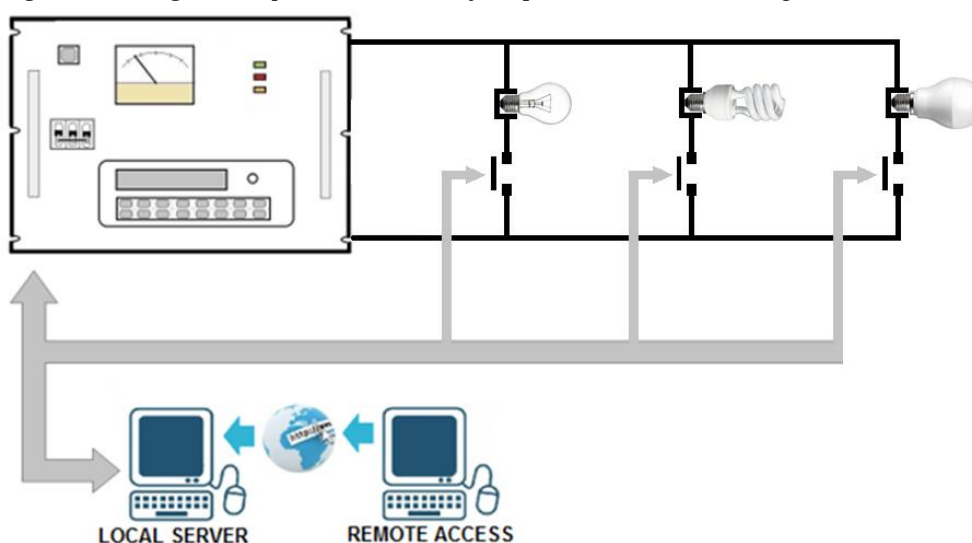
Após a conclusão dos módulos experimentais, o aplicativo envia os resultados para o e-mail do usuário, previamente cadastrado no momento da sua habilitação, por meio do botão de controle “ENVIAR RESULTADOS”.

Uma análise mais detalhada dos resultados experimentais pode ser realizada *Off-line* pelo usuário por meio do aplicativo “ANALISE”, disponibilizado em forma de planilha eletrônica pelo OA. Esse aplicativo apresenta os resultados para a distribuição harmônica dos sinais e suas composições sequenciais que são obtidas utilizando o cálculo da Transformada discreta de *Fourier* (harmônicas) e transformada de *Fortescue* (Componentes Simétricas).

Os demais detalhes envolvendo a fundamentação teórica e discussão dos resultados experimentais obtidos, por meio desse OA são apresentados no APÊNDICE A.

Outro objeto de aprendizagem foi também criado no sentido de atender demandas de ensino. Trata-se de um OA destinado a constatação experimental de alguns dos principais conceitos envolvendo a qualidade da energia elétrica, notadamente sobre eficiência energética, harmônicas, fator de potência e fator de deslocamento. Para isto adotou-se como base experimental uma avaliação sistemática do comportamento de três diferentes tipos de lâmpadas elétricas mais comuns no mercado. Apresenta-se na Figura 17, o diagrama esquemático do arranjo experimental.

Figura 17 – Diagrama esquemático do arranjo experimental do OA “Lâmpadas”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Na Figura 18 é possível visualizar a montagem física do experimento onde se destaca também o posicionamento de uma câmera IP, destinada a visualização remota por parte dos usuários, uma vez que se trata de uma experimento onde ocorre alguma interação visual determinada pelo luminosidade de cada uma das lâmpadas quando acionadas.

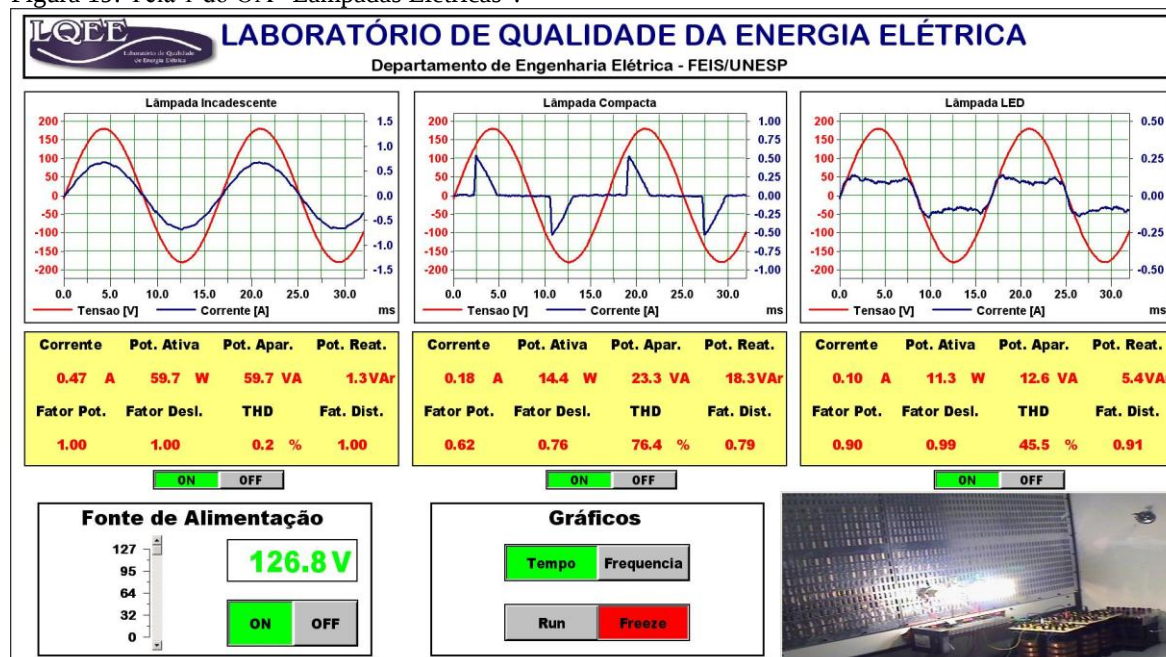
Figura 18: Visualização da montagem experimental do OA “Lâmpadas”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

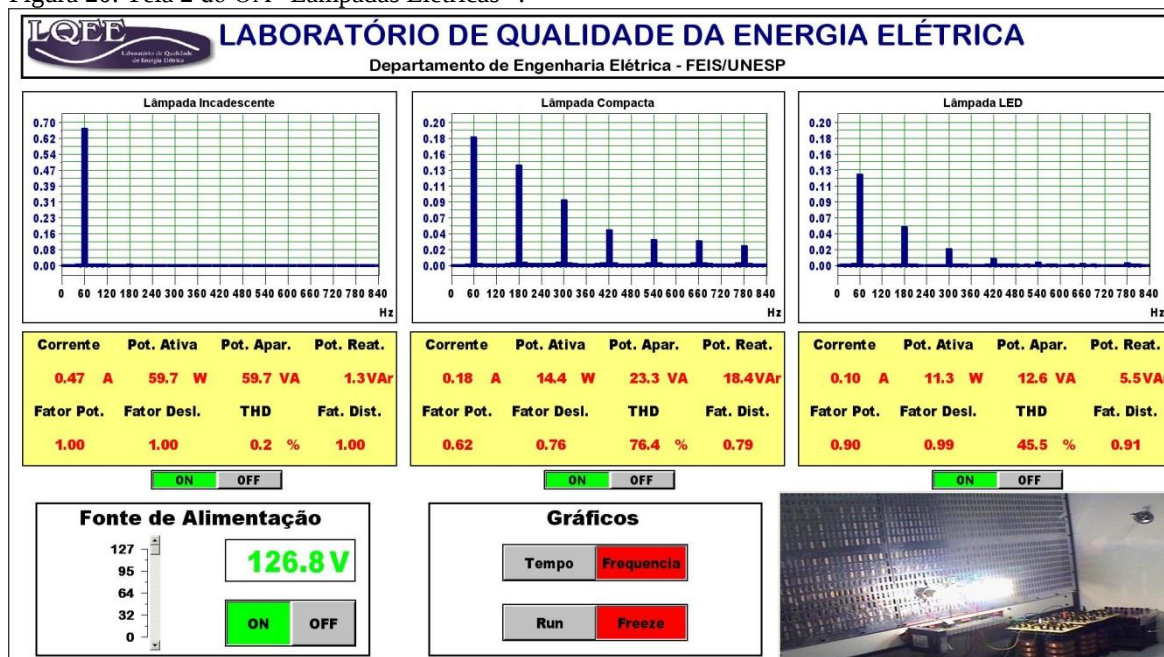
As telas interativas do aplicativo de controle do experimento podem ser visualizadas nas Figuras 19 e 20.

Figura 19: Tela 1 do OA “Lâmpadas Elétricas”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 20: Tela 2 do OA “Lâmpadas Elétricas”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

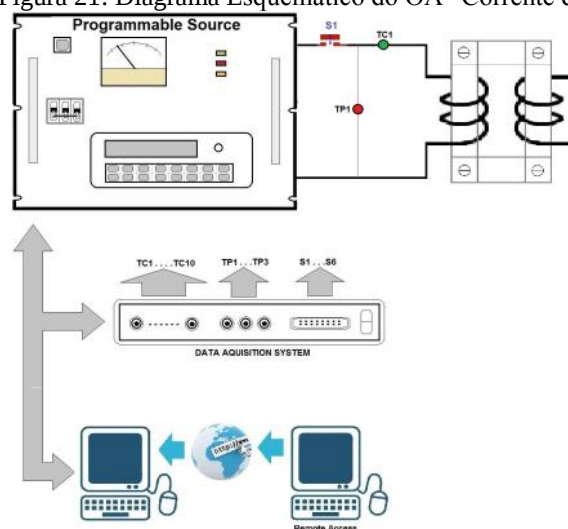
6.6 LRQEE Ensino por Meio de Projeto

O LRQEE pode ser muito importante quando deseja abordar conteúdos específicos necessários ao longo do desenvolvimento dos projetos.

Como destacado no capítulo anterior, a capacitação dos estudantes para o desenvolvimento de um projeto pode ser alcançada de forma mais objetiva com o apoio de laboratórios remotos, com pouca ou nenhuma intervenção dos docentes. O estudante assume uma postura proativa no sentido de atualizar e/ou agregar os diferentes conhecimentos necessários para serem utilizados na evolução das suas atividades no projeto vigente.

Como exemplo, apresenta-se um OA desenvolvido neste trabalho e que pode ser muito útil em um contexto construcionista de aquisição de conhecimento nessa modalidade de ensino. Trata-se de uma abordagem experimental envolvendo os conceitos das correntes de excitação de dispositivos eletromagnéticos constituídos por núcleos ferromagnéticos (Figura 21).

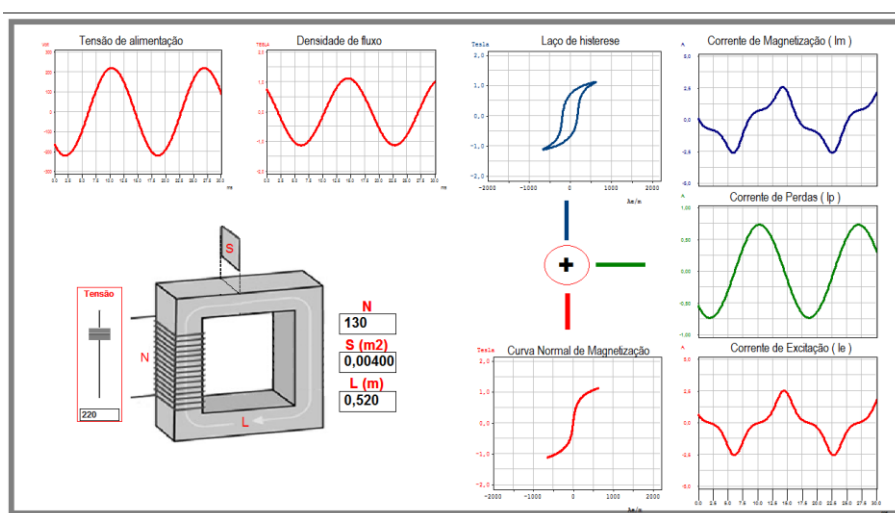
Figura 21: Diagrama Esquemático do OA “Corrente de Magnetização”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Nesse experimento, o aluno pode resgatar conceitos relacionados ao comportamento da corrente de excitação, constatando sua dependência com os níveis da tensão de alimentação e com os parâmetros geométricos e ferromagnéticos do núcleo. É possível visualizar a formação do laço de histerese e identificar as parcelas relacionadas à não-linearidade do meio magnético bem com às perdas no núcleo. Na Figura 22 é visualizada a interface gráfica do objeto de aprendizagem experimental.

Figura 22: Interface Gráfica do OA “Corrente de Magnetização”.



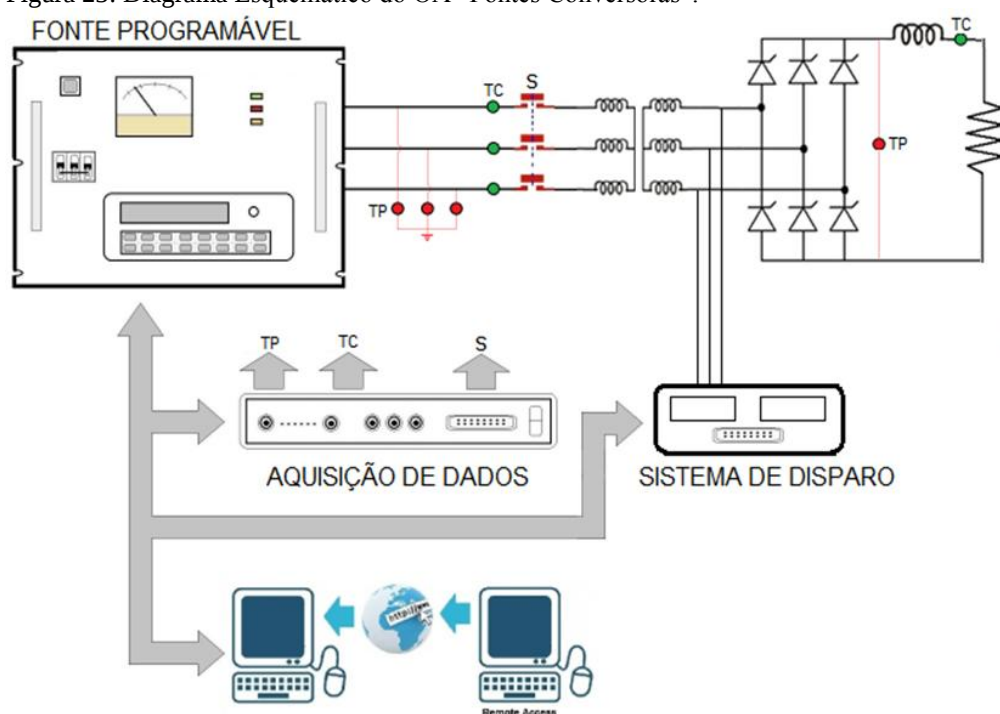
Fonte: Elaboração da própria autora.

Ainda para atender demandas nesse seguimento de ensino, desenvolveu-se outro OA, agora destinado a suprir conhecimentos relacionados com a constituição das formas

de onda de corrente e tensão durante a operação de pontes conversoras trifásicas de seis pulsos, também conhecidas como pontes de *Greatz*.

Para investigar experimentalmente o comportamento operacional das pontes de *Greatz* foi criado um OA experimental contendo, além da fonte de alimentação programável, do sistema de aquisição de dados e do circuito de potência de uma ponte conversora, os circuitos de controle e disparo, bem como as respectivas interfaces para o acionamento remoto do sistema. O diagrama esquemático dessa plataforma experimental é ilustrado na Figura 23.

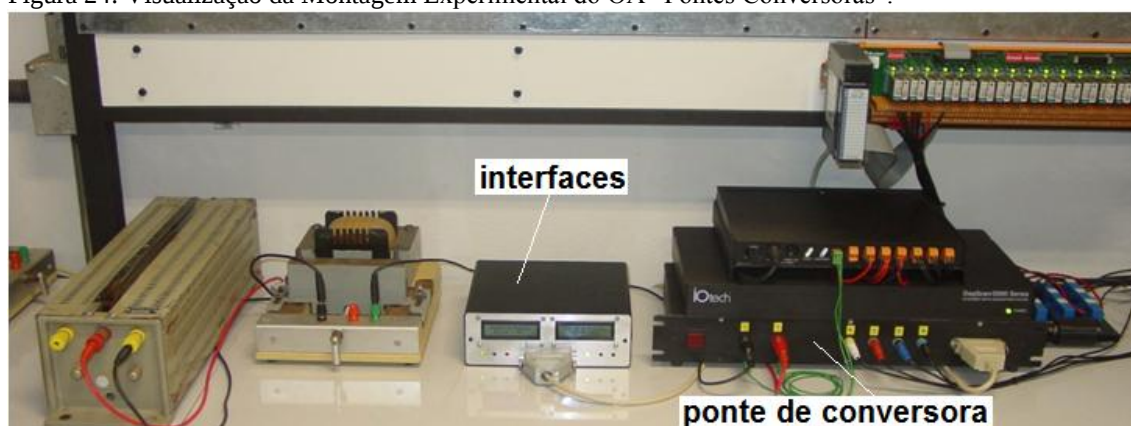
Figura 23: Diagrama Esquemático do OA “Pontes Conversoras”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Na visualização da montagem experimental apresentada na Figura 24 é possível identificar os módulos de interfaces e da ponte conversora.

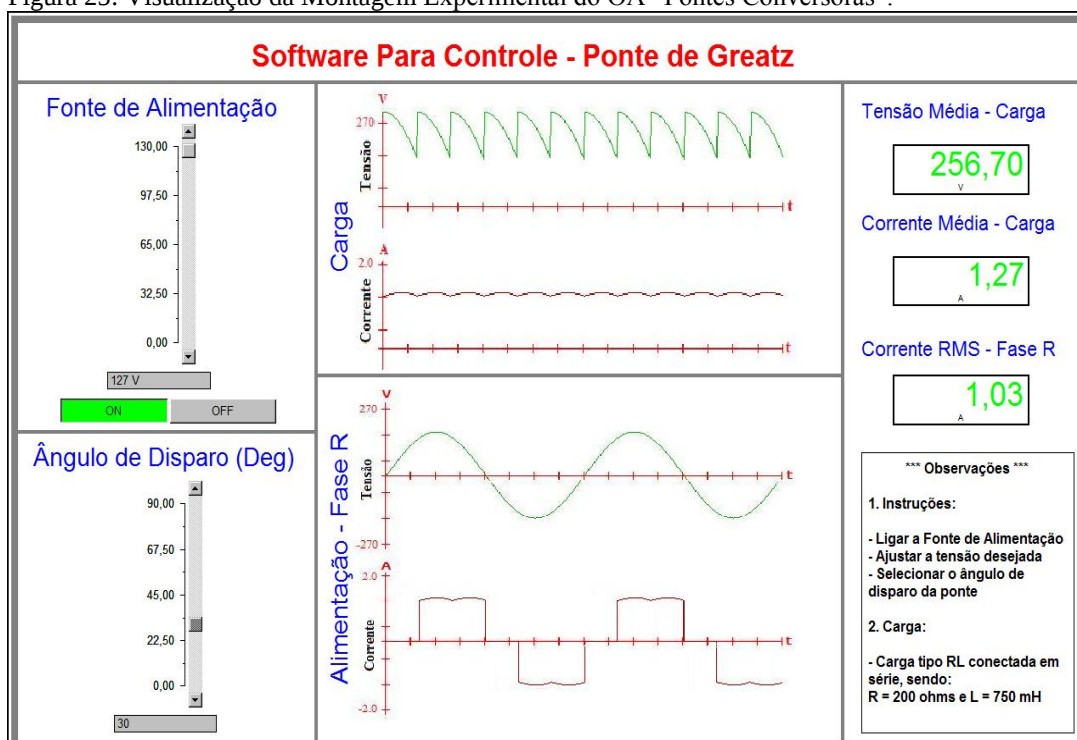
Figura 24: Visualização da Montagem Experimental do OA “Pontes Conversoras”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

A plataforma experimental desenvolvida garante uma grande flexibilidade para alteração de parâmetros operacionais da ponte conversora, permitindo ao estudante investigar diferentes situações operativas, envolvendo a variação dos valores médios da tensão e corrente terminais, valores eficazes das correntes de alimentação e respectivas formas de onda. A Figura 25 ilustra a interface gráfica interativa desenvolvida para essa aplicação.

Figura 25: Visualização da Montagem Experimental do OA “Pontes Conversoras”.



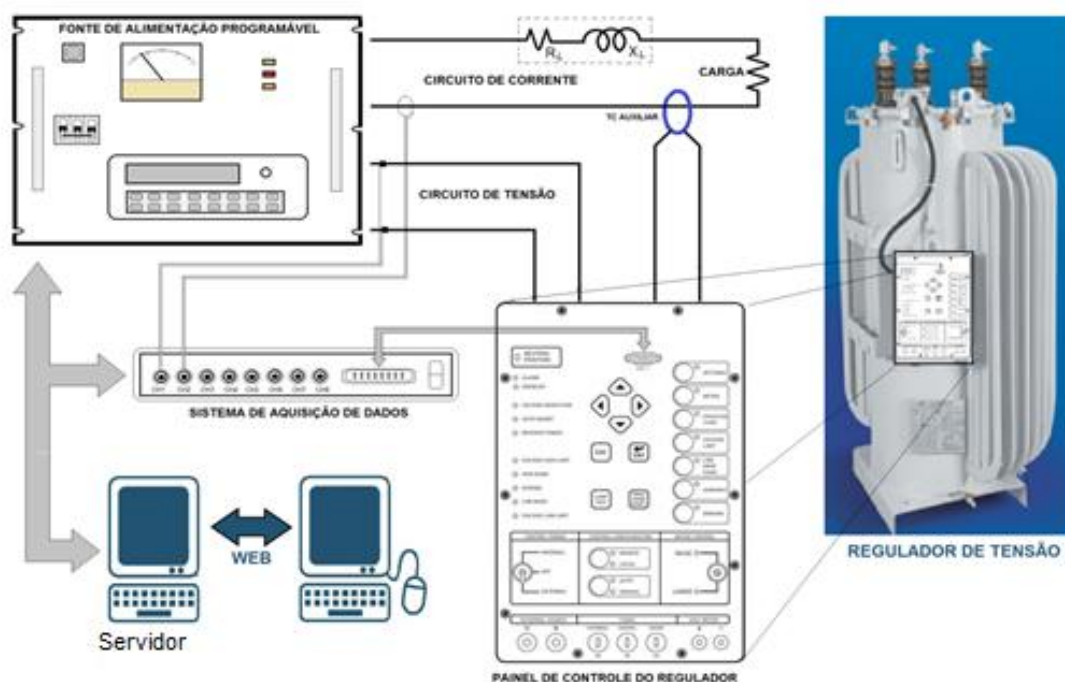
Fonte: Elaboração da própria autora

6.7 O LRQEE na Atualização Profissional ou Treinamento Específico

Como ilustração da aplicação do LRQEE nas atividades de atualização profissional e/ou treinamento específico, apresenta-se as diretrizes gerais que culminaram com o desenvolvimento de mais um objeto de aprendizagem.

Apresenta-se, na Figura 26, um objeto de aprendizagem direcionado para a capacitação de técnicos no ajuste de reguladores de tensão (RT's), de redes de distribuição de energia elétrica. Para tanto, o objeto de aprendizagem incorpora componentes reais utilizados nos reguladores de tensão, neste caso, o seu sistema de controle digital.

Figura 26: Diagrama Esquemático do OA “Reguladores de Tensão”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

A fonte de alimentação controlada provê total controle sobre a tensão e corrente de forma independente para cada fase. Nessas condições, é possível investigar a influência das diferentes condições operativas sobre o comportamento dos reguladores de tensão, entre elas destacam-se a presença de distorções harmônicas na rede, distúrbios na tensão de alimentação, *voltage sags*, *voltage swell*, entre outros fenômenos envolvendo a qualidade da energia.

Nesse ambiente, é possível ajustar as condições de controle de tensão desejadas em um ponto remoto da rede, sobretudo no tocante ao *setup* do *Line Drop Compensator* (LDC) e verificar seu comportamento para diferentes condições da carga e da fonte primária. A Figura 27, apresenta-se a visualização da montagem experimental, onde podem ser identificadas as caixas de controle de dois tipos de reguladores comerciais utilizados pela maioria das companhias distribuidoras de energia elétrica.

Figura 27: Montagem Experimental do OA “Reguladores de Tensão”.

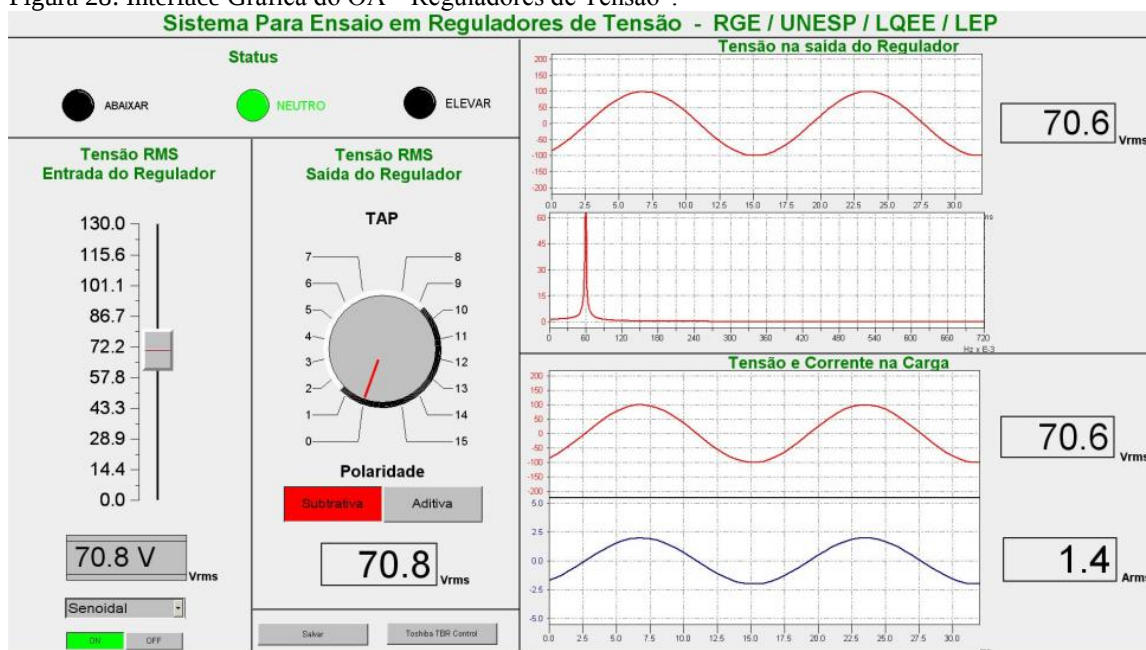


Fonte: Elaboração da própria autora.

Com a verificação imediata da resposta do sistema de controle, o treinando pode facilmente identificar os possíveis equívocos cometidos e, de forma interativa, gradativamente se capacitar para esta atividade prática.

A Figura 28 mostra uma das telas da interface gráfica interativa do objeto de aprendizagem experimental, contendo os controles de ajuste de tensão de entrada, seletor de *Tap's* e polaridade do enrolamento série. Apresenta também, os resultados da imagem da tensão e corrente na carga e seus respectivos valores eficazes.

Figura 28: Interface Gráfica do OA “Reguladores de Tensão”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Além de proporcionar um ambiente de aprendizagem realista, o LRQEE ainda pode ser utilizado de forma personalizada, onde o utilizador cria novas condições experimentais desejadas, como complementação das atividades previstas nos objetos de aprendizagem propostos, no sentido de replicar alguma ocorrência registrada em campo e, assim, compreender melhor a origem e natureza dos distúrbios operacionais dos RT's.

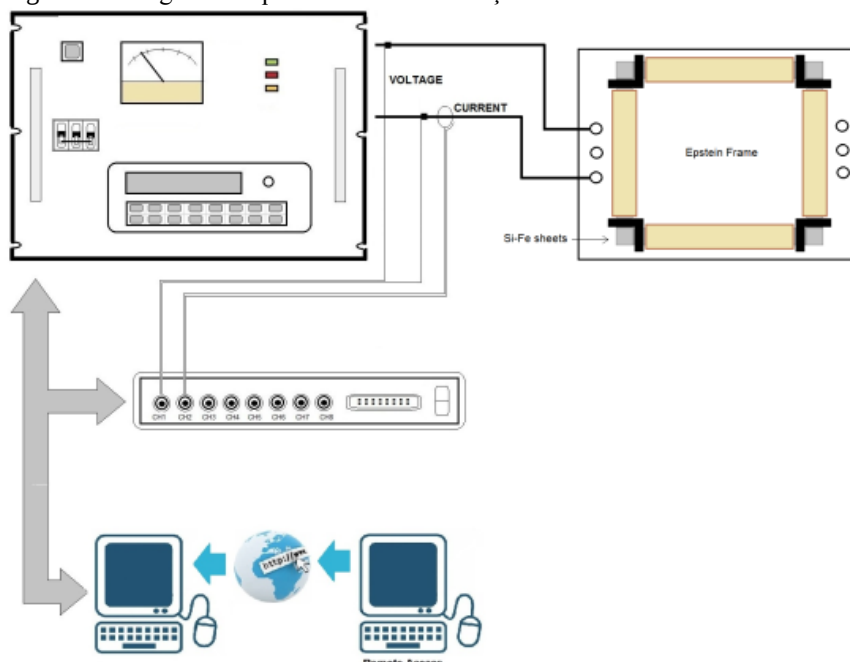
6.8 O LRQEE na Pesquisa Experimental

O LRQEE dispõe, até o momento, de duas plataformas de ensaios desenvolvidas especificamente para o atendimento de demandas experimentais em atividades de pesquisa cooperativa.

A primeira foi concebida para atender uma necessidade de interesse abrangente que normalmente é requisitada em diversos segmentos de pesquisa que fazem uso de materiais ferromagnéticos. Trata-se de uma plataforma para levantamento das características ferromagnéticas de chapas utilizadas na construção de dispositivos eletromagnéticos e ajuste dos respectivos modelos teóricos.

O conjunto experimental é composto basicamente por um quadro de *Epstein* alimentado por uma fonte de alimentação programável, como ilustrado simplificada na Figura 29.

Figura 29: Diagrama esquemático do OA “Laço de Histerese”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

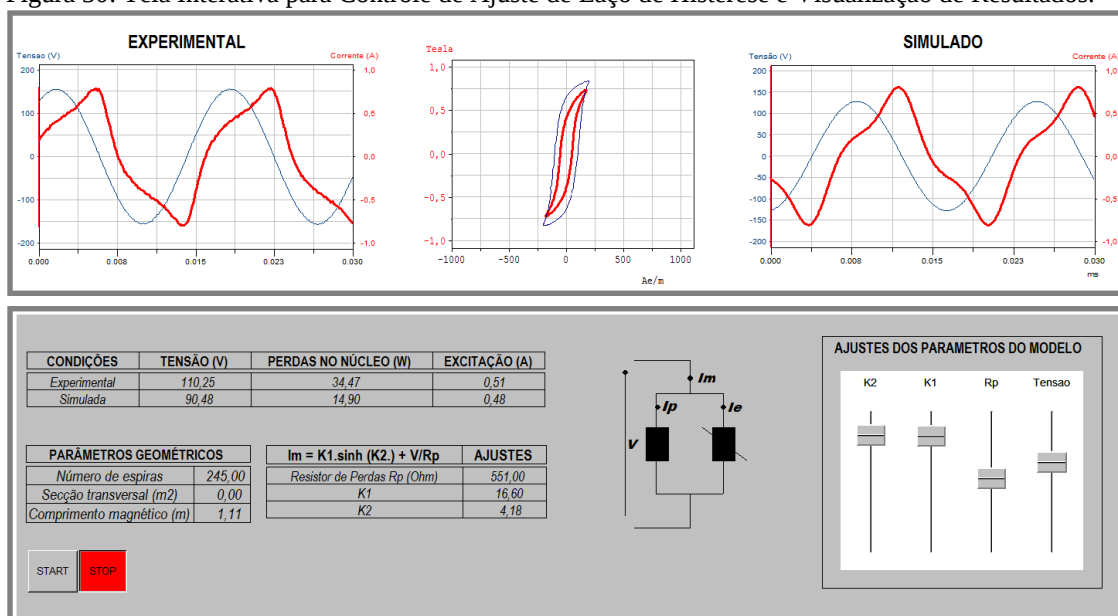
Com essa configuração é possível investigar o comportamento do material magnético com excitações não senoidais e avaliar as respectivas perdas no ferro, produzidas pela histerese e pelas correntes de *Foucault*.

Esse objeto de aprendizagem disponibiliza um modelo matemático baseado em função hiperbólica para representação do laço de histerese no material ferromagnético utilizado no experimento. Assim, para cada tipo de chapa magnética inserida no quadro de *Epstein* é possível ajustar um novo modelo teórico que pode ser utilizado nos ambientes de simulação digital de outros aplicativos computacionais, tais como *PSpice*®, *MathLab*®, *Saber*®, entre outros.

Atuando recursivamente sobre os parâmetros K_1 e K_2 , que são os coeficientes de ajustes na função hiperbólica, ilustrada na Figura 30, é possível definir os valores mais adequados para uso no modelo teórico. O processo de ajuste pode ser acompanhado na visualização gráfica da aderência entre a curva de histerese grafada em vermelho, que é

obtida com o modelo teórico, a curva de histerese representada em preto, obtida experimentalmente. A Figura 30 ilustra a interface gráfica interativa para o desenvolvimento desse processo e a Figura 31 apresenta a visualização da montagem experimental desse OA.

Figura 30: Tela Interativa para Controle de Ajuste de Laço de Histerese e Visualização de Resultados.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 31: Montagem do Experimento.

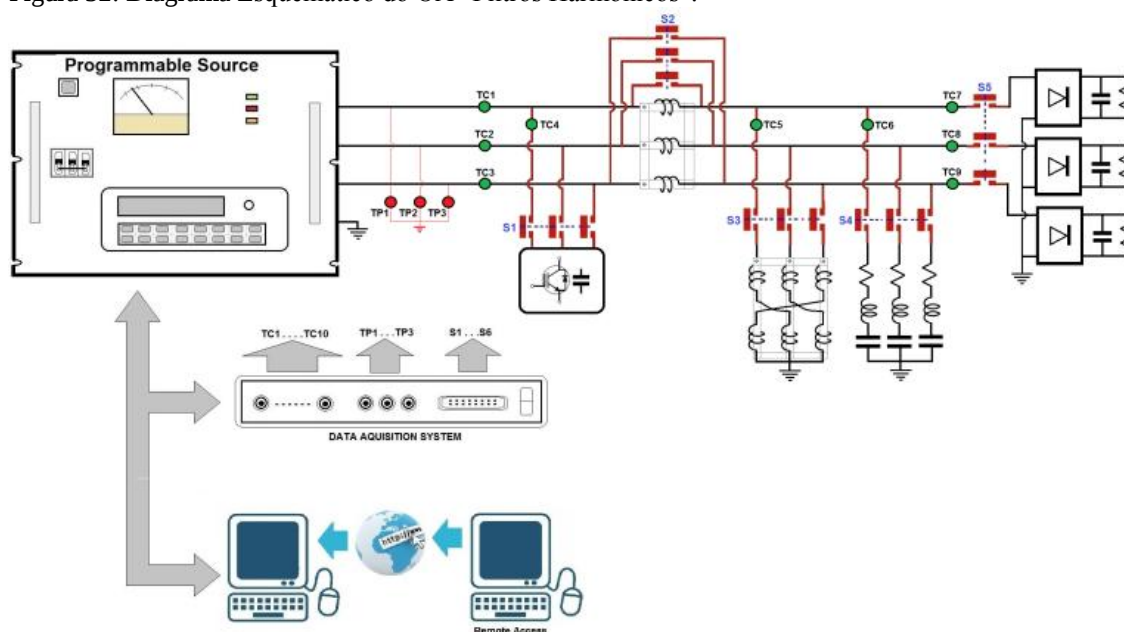


Fonte: Elaboração da própria autora.

Ainda nesse contexto, o LRQEE dispõe de outra plataforma de ensaios experimentais desenvolvida para atender uma demanda de pesquisa na área de filtros harmônicos.

O arranjo experimental contempla o uso de três tipos de dispositivos de filtragem baseados, respectivamente, em três diferentes tecnologias compostas por arranjos ressonantes, eletromagnéticos e ativos, como mostrado no diagrama esquemático do OA apresentado na Figura 32.

Figura 32: Diagrama Esquemático do OA “Filtros Harmônicos”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

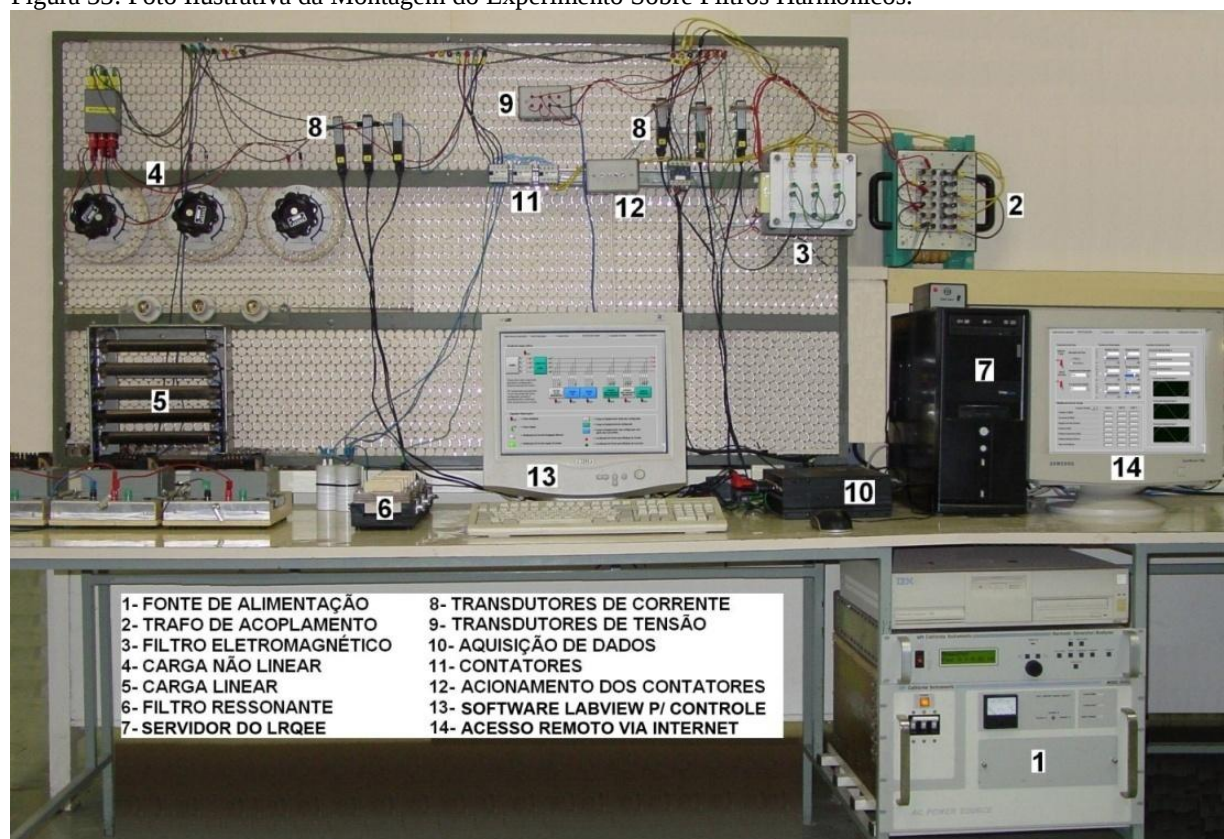
Nessa plataforma, é possível investigar o comportamento individual de cada dispositivo, bem como, avaliar a ação combinada das diferentes tecnologias para otimização técnica e econômica do arranjo de filtragem harmônica. Essa plataforma atende atualmente as demandas de uma pesquisa corporativa de abrangência internacional envolvendo a modelagem de sistemas e filtragem de harmônicas.

Baseado na flexibilidade proporcionada pela fonte de alimentação programável, é possível avaliar individualmente a aderência dos modelos teóricos específicos de cada tecnologia de filtragem às reais condições operacionais das redes elétricas com distorções

harmônicas. Por outro lado, viabiliza também a análise experimental da operação combinada das diferentes tecnologias, considerando as condições operacionais não idealizadas, que proporcionam aos pesquisadores informações qualitativas e quantitativas para o aperfeiçoamento e ajuste dos modelos teóricos.

Apresenta-se, na Figura 33, a visualização parcial da plataforma experimental.

Figura 33: Foto Ilustrativa da Montagem do Experimento Sobre Filtros Harmônicos.



Fonte: Elaboração da própria autora.

6.9 Procedimento para Utilização do LRQEE por Educadores e Pesquisadores

Esta seção trata especificamente da forma como será disponibilizado o LRQEE para apoio experimental nas atividades de ensino, pesquisa e extensão. Entre os assuntos abordados destacam-se as normas e recomendações para proposição dos OA's, formas de acesso e uso do LRQEE e respectivas normas de segurança.

Conhecendo as potencialidades do LRQEE, as quais estão descritas na página principal de acesso, os pretensos usuários poderão encaminhar solicitação aos coordenadores do LRQEE, informando suas necessidades específicas e expectativas com respeito ao uso dos materiais, equipamentos e recursos computacionais, conforme sugerido no formulário ilustrado na Figura 34.

Figura 34: Modelo de Formulário para Proposição de Objetos de Aprendizagem.

 FORMULÁRIO PARA PROPOSIÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA O LRQEE																					
PROPONENTE: Período programado para uso on-line: de: ____ / ____ a ____ / ____ Descrição dos objetivos do experimento:																					
Esquemático da montagem experimental e posicionamento dos sensores de corrente e tensão:																					
Sinais captados e/ou processados a serem ilustrados na tela de resultados:																					
Controles e recursos a serem disponibilizados para os usuários: <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Ajuste de nível de tensão</td> <td></td> <td>Exportação de resultados</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Definição de formas de onda</td> <td></td> <td>Análise Harmônica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Programação de eventos</td> <td></td> <td>Componentes Simétricas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ajuste da frequência base</td> <td></td> <td>Taxa de aquisição de dados</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Acesso a banco de forma de onda</td> <td></td> <td>Interrupções programadas</td> <td></td> </tr> </table> Observação: para cada item assinalado, descreva resumidamente necessidades específicas.		Ajuste de nível de tensão		Exportação de resultados		Definição de formas de onda		Análise Harmônica		Programação de eventos		Componentes Simétricas		Ajuste da frequência base		Taxa de aquisição de dados		Acesso a banco de forma de onda		Interrupções programadas	
Ajuste de nível de tensão		Exportação de resultados																			
Definição de formas de onda		Análise Harmônica																			
Programação de eventos		Componentes Simétricas																			
Ajuste da frequência base		Taxa de aquisição de dados																			
Acesso a banco de forma de onda		Interrupções programadas																			
Sugestão para layout da tela de controle e ilustração do experimento:																					
Observações adicionais:																					

Fonte: Elaboração da própria autora.

Baseados nas informações preliminares contidas no formulário de solicitação, a equipe do LRQEE passa a interagir com o interessado para concretizar suas pretensões, a partir dos seguintes passos:

- Desenvolvimento e implementação do ambiente de controle experimental, o que consiste fundamentalmente na elaboração do aplicativo computacional em *DasyLab*®¹³ que deverá conter todas as funcionalidades requeridas pelo solicitante, incluindo: captação e processamento dos sinais, controles de configuração do experimento, telas interativas, apresentação gráfica dos resultados, conforme *Layout* sugerido, entre outros;

- Montagem do conjunto experimental, que consiste principalmente de interligação física dos diferentes componentes por meio de relés e/ou chaves a estado sólido, posicionamento e habilitação dos sensores de corrente e tensão, ajuste de limiares de nível máximo de tensão e proteção contra sobrecorrentes, entre outros e
- Disponibilização da página do LRQEE para cadastro de usuários, definição de senhas de acesso baseadas nas permissões estabelecidas para cada usuário, e agendamento de horários.

Atualmente, o acesso à plataforma experimental do LRQEE está sendo realizado provisoriamente por meio do aplicativo *TeamViewer*®, como um serviço específico do sistema *Windows*®. O desenvolvimento e implantação do sistema completo para cadastro de usuário, controle de acesso seguro e agendamento de horários, está sendo realizado no âmbito de uma dissertação de mestrado do programa de pós-graduação da FEIS/UNESP e deverá ser incorporado oportunamente à atual plataforma de acesso do LRQEE.

6.10 Conclusões

Neste capítulo foram apresentadas as iniciativas desenvolvidas no âmbito deste trabalho para a capacitação de um Laboratório de Qualidade Energia Elétrica para acesso remoto por meio da rede internacional de computadores. Uma vez habilitado para essa categoria de utilização, passa a ser referenciado como Laboratório Remoto de Qualidade de Energia Elétrica (LRQEE).

As práticas experimentais, sejam no contexto de pesquisa, ensino ou atualização profissional, são desenvolvidas por meio de objetos de aprendizagem (OA) de natureza experimental. Esses OA's são entidades que congregam diferentes meios tecnológicos, envolvendo equipamentos acessíveis por meio de interfaces digitais, aplicativos computacionais de processamento de sinais, mídias digitais e demais recursos que possam ser acionados remotamente.

São apresentados, como exemplos de aplicação, diferentes objetos de aprendizagem concebidos e implementados neste trabalho, por meio dos quais são ilustradas as aplicações do LRQEE nos segmentos de ensino e pesquisa, destacando sua potencialidade para uma abordagem construcionista no ensino da Engenharia Elétrica.

No segmento de ensino, os OA's são direcionados para a constatação, compreensão e quantificação de fenômenos físicos envolvendo particularmente a qualidade da energia elétrica. No segmento da pesquisa, o uso do LRQEE está fundamentado na viabilização de iniciativas corporativas que visam, sobretudo, à minimização dos custos de implantação de laboratórios experimentais especializados por meio de compartilhamento de equipamentos e instrumentos de medida.

Destaca-se, finalmente, que todos os objetos de aprendizagem apresentados neste capítulo, envolvendo desde a metodologia de abordagem do assunto, desenvolvimento e/ou adaptação dos equipamentos e interfaces, desenvolvimento e implementação das interfaces gráficas interativas, são contribuições originais deste trabalho.

Além disso, há que se destacar também, como contribuição original, as iniciativas encaminhadas para a adaptação de um laboratório convencional de terceira geração para acesso remoto, constituindo assim o denominado laboratório de quarta geração (LRQEE).

7. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA EXPERIMENTAL

7.1 Introdução

Neste capítulo, são apresentados alguns resultados obtidos com o objetivo de avaliar, junto aos usuários, o grau de aceitação das ferramentas de ensino baseadas no uso de um laboratório remoto, notadamente o Laboratório Remoto de Qualidade de Energia (LRQEE). São inicialmente descritos os procedimentos utilizados na abrangência da pesquisa, com destaque para a forma de elaboração dos questionários, de aplicação e de avaliação.

7.2 Procedimentos para Avaliação da Ferramenta

Os dados da pesquisa foram coletados junto aos discentes dos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Elétrica da FEIS UNESP Ilha Solteira.

A avaliação foi realizada com foco na utilização e aceitação do uso de laboratório remoto como meio complementar para aquisição e fixação de conhecimento pelos discentes, tomando por base alguns conteúdos desenvolvidos em disciplinas dos cursos de graduação e pós-graduação.

7.2.1 Métodos Utilizados na Coleta de Dados e Amostra de Dados

Os dados foram obtidos por meio de questionários aplicados ao público envolvido, ou seja, discentes dos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Elétrica.

Os questionários foram desenvolvidos por meio do *Google Docs*, e encaminhados via correio eletrônico aos discentes envolvidos nesta pesquisa. Foi utilizado o método avaliativo, ou seja, foram oferecidas respostas aos tomadores de decisão (discentes) sobre a efetividade da utilização de laboratórios remotos.

Na criação dos formulários avaliativos, optou-se em criar uma escala de *Likert* ou escala somatória. Criada por Rensis Likert em 1932, tem o objetivo de medir atitudes por meio de uma série de afirmativas relacionadas ao objeto pesquisado e seu grau de concordância ou discordância relacionada a este formulário (MATTAR, 2005).

Uma escala do tipo *Likert* é composta por um conjunto de frases ou itens, nas quais se pede ao usuário avaliado para manifestar o grau de concordância, desde o discordo totalmente (nível 1), até ao concordo totalmente (nível 5). A atitude do usuário é medida por meio da soma ou cálculo da média do nível selecionada para cada item (GHIGLIONE; MATALON 1993)

Para construir um formulário que utiliza da escala de *Likert*, alguns itens tem que ser seguidos (LIMA, 2000):

- Elaborar uma lista de frases que visualizam as opiniões em relação às atitudes que serão estudadas, garantindo apreensão das diferentes vertentes relacionadas com o assunto;
- Para a escala ser validada usa-se uma amostra que representa a população no qual se pretende aplicar a escala de atitude. Os usuários manifestam o seu grau de concordância com cada uma das frases utilizando uma escala de 1 a 5 pontos. A avaliação das frases também pode ser feita segundo as seguintes divisões: concordo totalmente, concordo, indiferente, discordo, discordo totalmente.

Os números que são utilizados não interferem nas conclusões a que se quer chegar. O importante é que sejam atribuídos corretamente os números às respostas de afirmações positivas e negativas (MATTAR, 1996). A maior pontuação possível será a multiplicação do maior número utilizado (por exemplo, 5) pelo número de assertivas favoráveis. E a menor pontuação será a multiplicação do menor número utilizado (por exemplo, 1) pelo número de assertivas desfavoráveis. A pontuação individual pode ser comparada com a pontuação máxima, indicando a atitude em relação ao problema apresentado.

Chisnall (1973) coloca que as escalas de *Likert* são mais populares pois são confiáveis, são mais simples de construir e permitem obter informações sobre o nível dos sentimentos dos respondentes, o que dá mais liberdade a eles, que não precisam se restringir ao simples concordo/ discordo.

Neste sentido, a escala de *Likert* construída, partiu da realização de pesquisa de campo exploratória quantitativa junto aos alunos de graduação e pós-graduação, no intuito de identificar as variáveis intervenientes no seu processo de uso do LRQEE. Assim,

identificou os melhores indicadores que medem as atitudes dos alunos em relação ao LRQEE no que tange aos diferenciais entre os laboratórios real ou virtual.

7.3 Coleta de dados e análise

Os dados e resultados obtidos são referentes a basicamente dois grupos de alunos da FEIS/UNESP, notadamente, alunos de graduação e de pós-graduação a partir das respectivas disciplinas em curso. Foram realizadas várias avaliações contemplando principalmente as metodologias de Aula Híbrida e Aula Invertida por meio de laboratório experimental remoto.

Antes da aplicação dos questionários de avaliação, destacou-se junto aos discentes a importância da referida avaliação como instrumento balizador para que se possa concretizar ações que promovam a excelência no ensino da Engenharia Elétrica. Naturalmente, o potencial pedagógico da proposta não depende exclusivamente da ferramenta de apoio utilizada, neste caso, o laboratório experimental remoto, mas também da forma como o professor faz uso da mesma. Com o objetivo de direcionar a avaliação sob o ponto de vista apenas da ferramenta pedagógica, procurou-se desvincular a participação dos docentes colaboradores nesta etapa do trabalho. Para tanto, foi esclarecido aos discentes para que direcionassem o senso crítico apenas sobre sua percepção quanto ao potencial desse recurso pedagógico. Nesse sentido, procurou-se evitar, na medida do possível, a influência de outros fatores, como por exemplo, o desempenho didático do docente.

Entre os vários resultados colhidos, quatro casos foram selecionados, como exemplo, para discussão neste trabalho. Foram assim selecionados pela diversidade de conteúdo envolvendo três objetos de aprendizagem, os quais possuem diferentes graus de profundidade no conteúdo tratado. Além disso, destacam-se também por envolverem usuários em diferentes etapas dos seus respectivos processos de aprendizagem. Na Tabela 5, são apresentados resumidamente os casos abordados e, na sequência, apresentam-se os respectivos resultados colhidos nos testes realizados.

Tabela 5: Casos Avaliados.

Caso	Disciplina	Curso	OA	Método	Discente
1	Instalações Elétricas Prediais	Grad.	Lâmpadas elétricas	Híbrida	25
2	Compensação de Sistemas Elétricos	Pós-Grad.	Lâmpadas elétricas	Híbrida	13
3	Transmissão em Corrente Contínua	Pós-Grad.	Ponte Conversora	Híbrida	16
4	Cargas Elétricas Especiais	Pós-Grad.	Transformadores	Invertida	15

Fonte: Elaboração da própria autora.

7.3.1 Caso 1: Instalações Elétricas Prediais do Curso de Graduação.

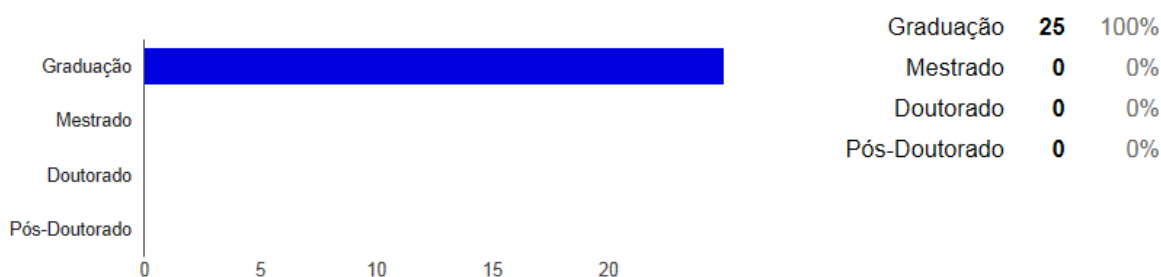
Apresenta-se a seguir os resultados obtidos por meio de questionário aplicado a 25 alunos do curso de graduação em Engenharia Elétrica, referente a disciplina Instalações Elétricas Prediais (IEP), da quarta série, sétimo período, ano 2014.

Esta avaliação teve por finalidade investigar o potencial pedagógico bem como, a aceitação pelos discentes, do uso da ferramenta experimental como apoio durante uma aula teórica, constituindo assim a denominada aula híbrida. Neste sentido, o docente inicia as atividades por meio dos recursos didáticos convencionais e em momento oportuno faz uso do laboratório remoto para ilustrar de forma prática os conceitos teóricos até então apresentados.

Particularmente, utilizou-se os recursos do laboratório remoto para realizar experimentos envolvendo temas relacionados com distorções harmônicas, fator de deslocamento e fator de potência de lâmpadas elétricas usuais (OA: Lâmpadas Elétricas). Naturalmente, esse procedimento também poderia ser executado em um laboratório físico. Entretanto, há de considerar neste caso os prejuízos quanto do tempo despendido devido a deslocamentos e desdobramento de períodos de aula e, sobretudo, o comprometimento da dinâmica da aula com possíveis consequências no processo de cognição por parte dos discentes.

Figura 35: Questão 1, Questionário Aplicado a Graduação.

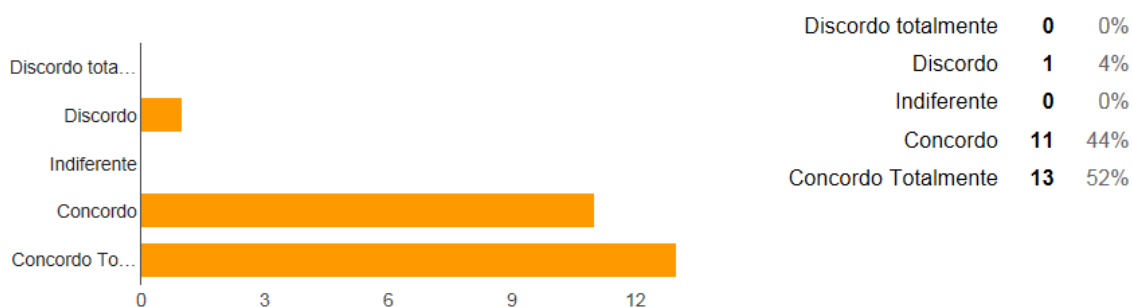
1. Sou estudante de:



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 36: Questão 2, Questionário Aplicado a Graduação.

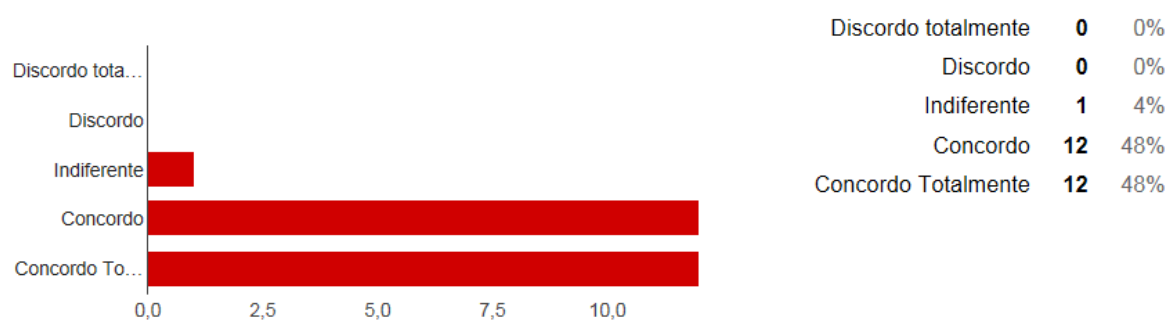
2. A realização do experimento online, durante a aula, foi produtiva e motivadora para a procura de mais informações sobre o assunto.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 37: Questão 3, Questionário Aplicado a Graduação.

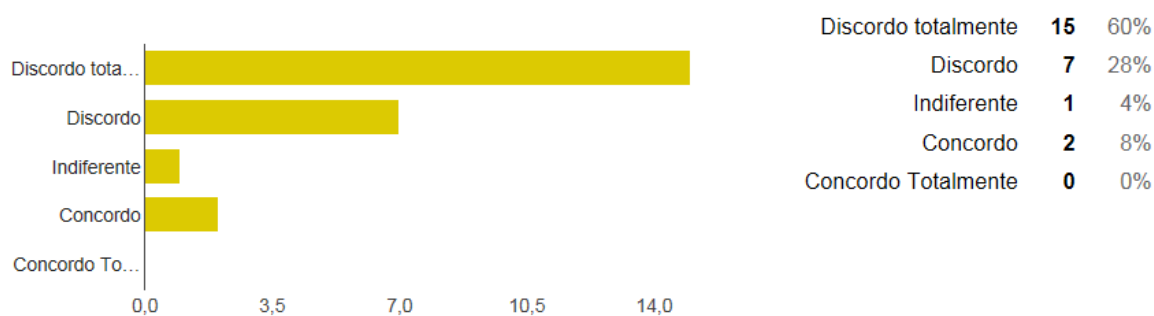
3. A prática experimental ajudou na compreensão da teoria relacionada ao assunto.



Fonte: Elaboração da própria autora.

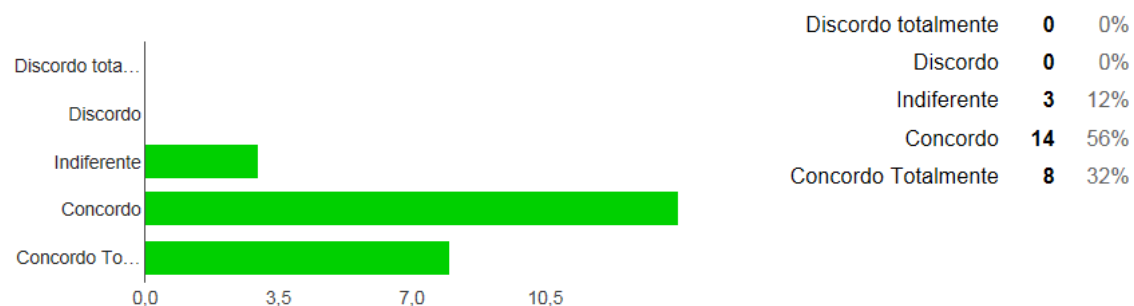
Figura 38: Questão 4, Questionário Aplicado a Graduação.

4. O experimento realizado na forma remota NÃO atende a expectativa para o tema abordado.



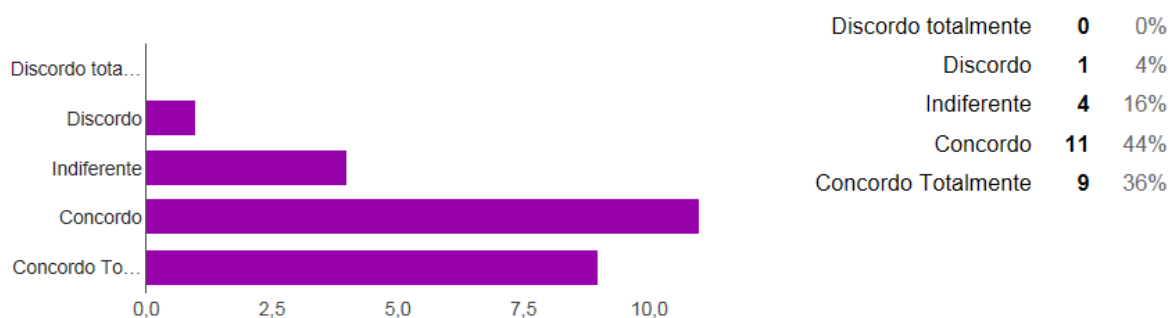
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 39: Questão 5, Questionário Aplicado a Graduação.

5. O assunto abordado na prática experimental será relevante para minha atividade profissional.

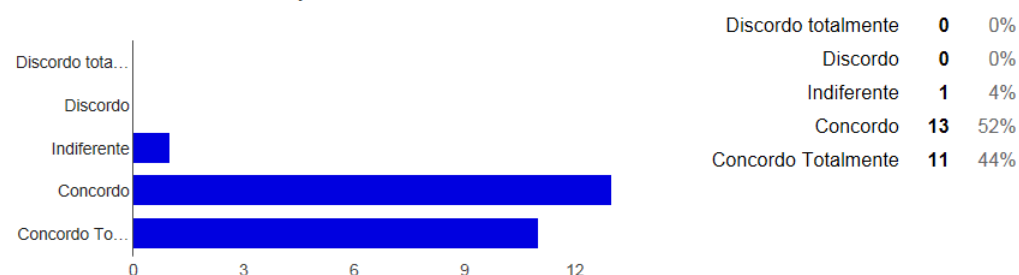
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 40: Questão 6, Questionário Aplicado a Graduação.

6. O experimento remoto apresenta rigor conceitual, científico e clareza na abordagem.

Fonte: Elaboração da própria autora.

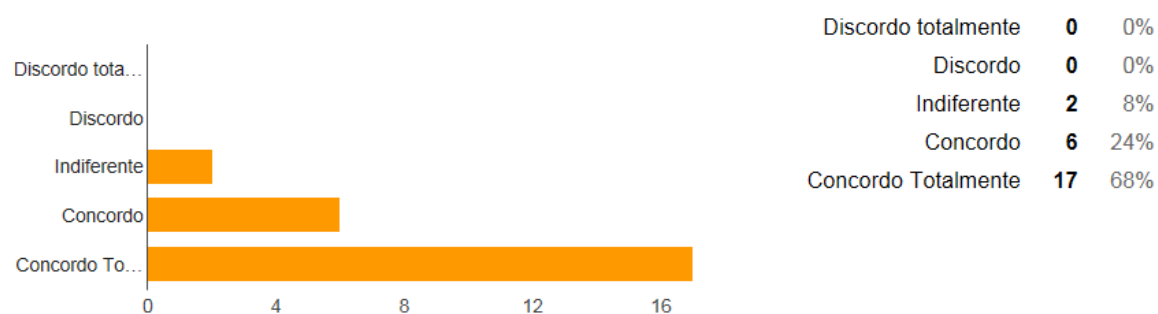
Figura 41: Questão 7, Questionário Aplicado a Graduação.

7. A prática pedagógica envolvendo a apresentação do conteúdo teórico e a realização de um experimento online afim favorece o aprendizado e a fixação dos conceitos abordados.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 42: Questão 8, Questionário Aplicado a Graduação.

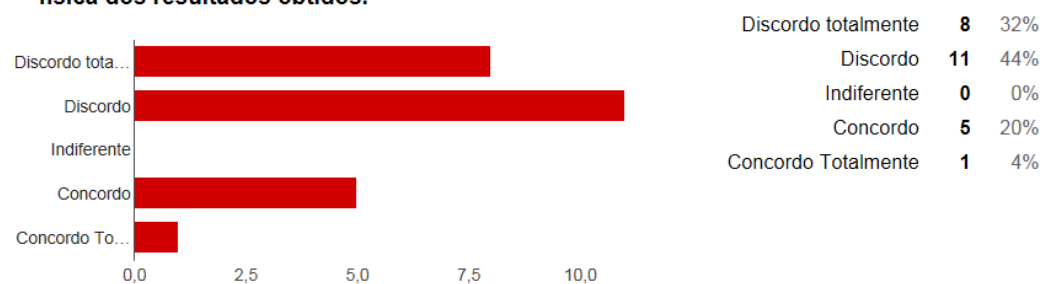
8. A imagem em vídeo (WebCam), mostrando o arranjo experimental utilizado, é indispensável durante a realização do experimento nesta prática pedagógica.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 43: Questão 9, Questionário Aplicado a Graduação.

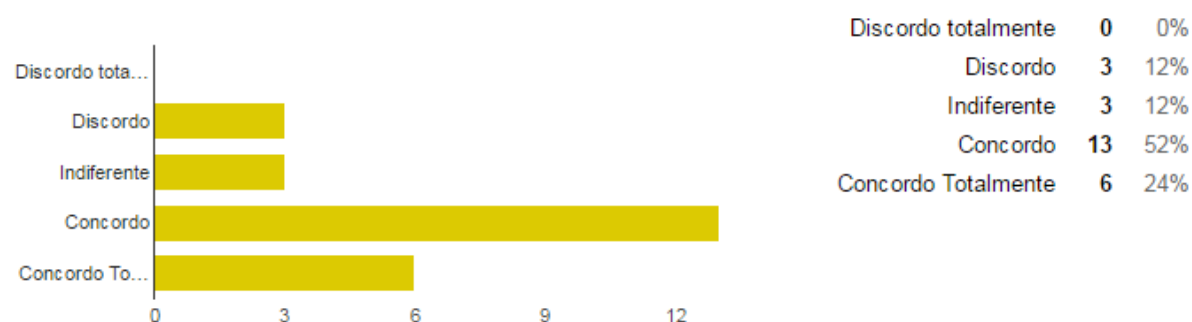
9. Uma simulação digital poderia substituir o experimento remoto, sem prejuízos quanto à interpretação física dos resultados obtidos.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 44: Questão 10, Questionário Aplicado a Graduação.

10. Os alunos devem ter livre acesso ao Laboratório Remoto.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 45: Questão 11, Questionário Aplicado a Graduação.

11. Iniciativas desta natureza devem ser incentivadas entre outras disciplinas.

Fonte: Elaboração da própria autora.

A pesquisa realizada com os alunos da graduação mostrou que do total de vinte e cinco alunos que responderam ao formulário, 52% responderam que concordam totalmente com a utilização de experimento *online* durante uma aula presencial e também concordaram que a aula foi produtiva e motivadora no intuito de melhorar sua aprendizagem sobre a teoria envolvendo a prática. Por lado, 44% apenas concordaram com a realização de experimentos *online*, de acordo com a Figura 36.

Na Figura 37, nota-se que 48% concordam totalmente e 48% concordam, ou seja, 96% dos respondentes admitem que o experimento realizado à distância colaborou para a obtenção de informações e na compreensão da teoria relacionada ao assunto estudado. Nota-se também a aceitação positiva na utilização do experimento remoto no sentido conceitual e científico pelos respondentes. Assim, 80% concordaram com a utilização deste recurso, como mostra a Figura 40. Sobre a prática pedagógica e a fixação dos conceitos teóricos utilizando um experimento remoto, verificou-se que 96% aceitam como um método positivo na compreensão e fixação da teoria e abstraindo a prática não visualizada no dia-a-dia da sala de aula formal, (Figura 41).

Sobre a utilização de uma *WebCam*, na qual os alunos poderão verificar o experimento, obteve uma aceitação de 92%. Já 8% foram indiferentes, ou seja, o uso da *webCam* não acrescentou vantagens em seu aprendizado, (Figura 42).

Na Figura 43, é verificado que 76% não concordam que uma simulação digital poderia substituir um experimento utilizando o laboratório remoto. Ou seja, os discentes pesquisados acreditam que a simulação digital causaria alguns prejuízos na interpretação

dos resultados obtidos por esse meio de aquisição, enquanto 24% concordaram que a substituição do laboratório remoto pela simulação não afetaria a integridade dos resultados.

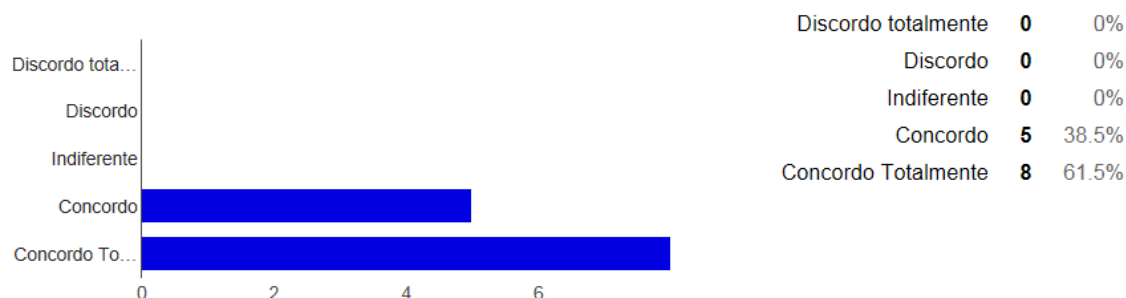
Quanto ao livre acesso ao laboratório remoto, 76% concordaram, 12% acham que não devia estar liberado e 12% foram indiferentes, (Figura 44). Sobre a possibilidade de ampliação do uso do laboratório remoto em experimentos de outras disciplinas do curso, 92% concordaram enquanto 8% foram indiferentes, (Figura 45).

7.3.2 Caso 2: *Compensação de Sistemas Elétricos do Curso de Pós-Graduação*

Esta avaliação foi realizada por meio do formulário aplicado a treze alunos matriculados na disciplina Compensação de Sistemas Elétricos (CSE) do programa de pós-graduação da FEIS UNESP no ano de 2014, primeiro trimestre. Assim, como no caso anterior a finalidade dessa avaliação foi investigar o potencial pedagógico e a aceitação da ferramenta experimental remota em uma aula híbrida. Nesse caso, vislumbrou-se uma nova avaliação sob um senso crítico mais apurado, uma vez que envolveu um grupo de alunos que já passaram pela experiência dos seus respectivos cursos de graduação. Os resultados apurados na forma de questionário foram obtidos imediatamente após o uso dos recursos do laboratório remoto (OA: Lâmpadas Elétricas) para ilustrar problemas envolvendo a qualidade da energia elétrica como premissas para fomentar a aplicação de métodos de compensação ou mitigação dos seus efeitos. A seguir, decorrem os resultados desta pesquisa:

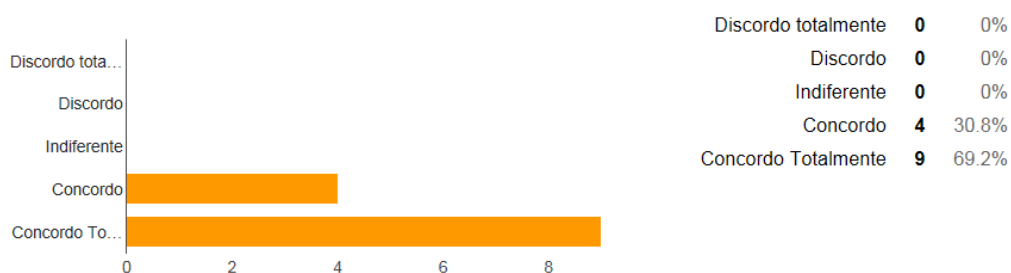
Figura 46: Questão 1, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

1. A realização do experimento online, durante a aula, é produtiva.



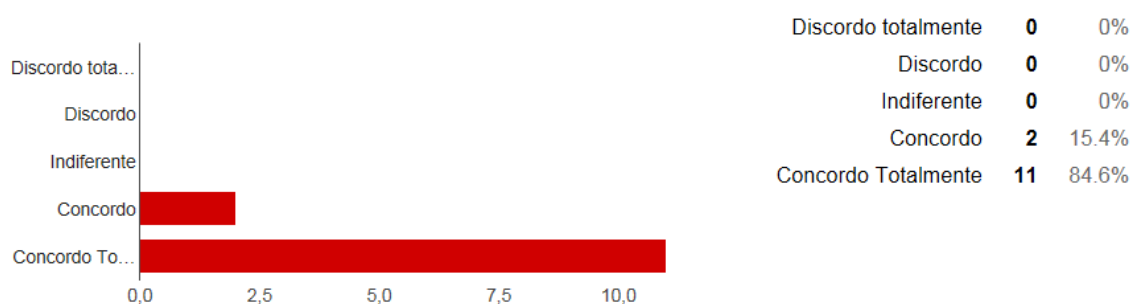
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 47: Questão 2, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

2. A realização do experimento online, é motivadora para a busca de mais informações sobre o assunto.

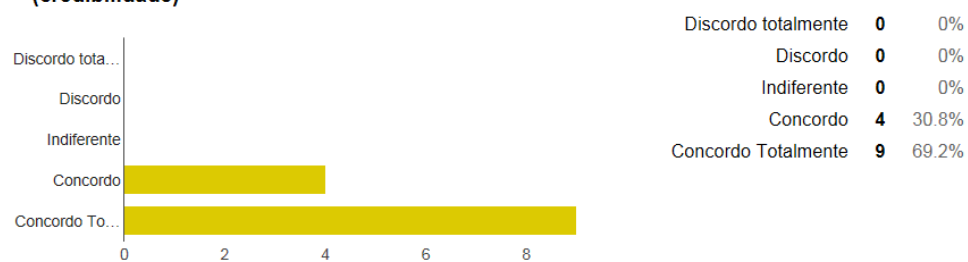
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 48: Questão 3, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

3. A prática experimental ajudou na compreensão da teoria relacionada ao assunto.

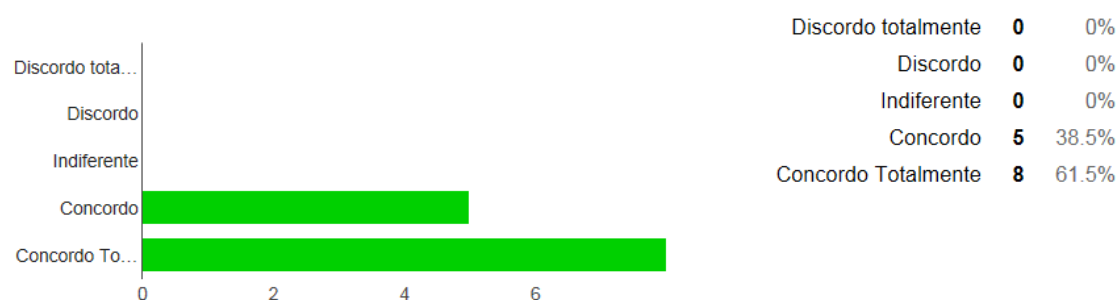
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 49: Questão 4, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

4. O experimento realizado de forma remota atende a expectativa quanto à percepção de uma realidade física. (credibilidade)

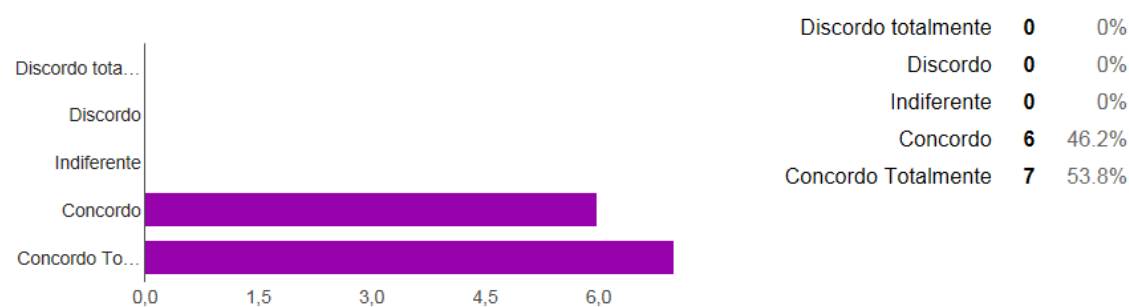
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 50: Questão 5, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

5. A prática pedagógica adotada favorece o aprendizado.

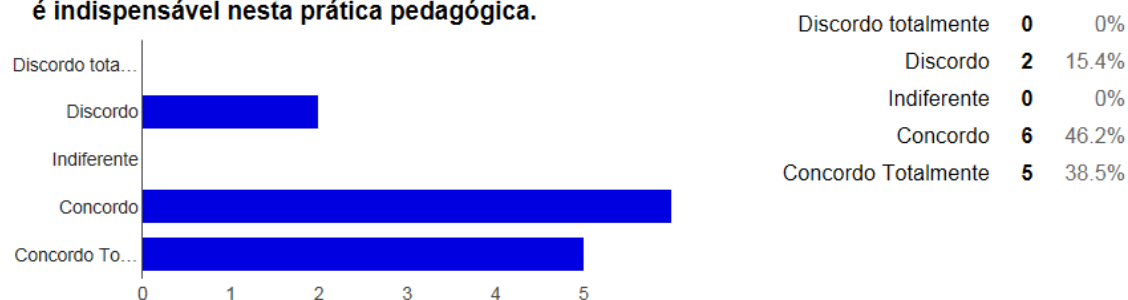
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 51: Questão 6, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

6. A prática pedagógica adotada favorece a fixação dos conceitos teóricos envolvidos.

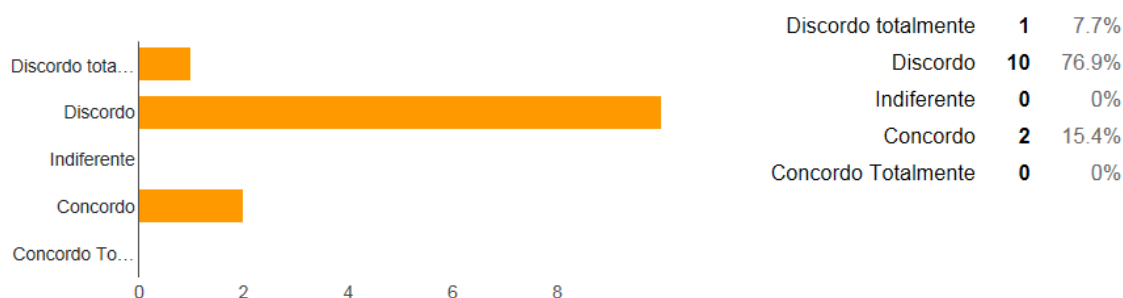
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 52: Questão 7, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

7. A imagem em vídeo (WebCam), mostrando a plataforma experimental, é indispensável nesta prática pedagógica.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 53: Questão 8, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

8. Uma simulação digital poderia substituir o experimento real remoto.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Na disciplina Compensação de Sistemas Elétricos (CSE) do programa de pós-graduação da FEIS UNESP, nota-se que 100% responderam positivamente que um experimento *online* durante a aula é produtivo, é motivador no intuito de buscar mais informações sobre o tema estudado, visualizando estas respostas nas Figuras 46 e 47.

Verifica-se também nas Figuras 48 e 49, a total aceitação pelos alunos da pós-graduação que responderam o formulário, que a utilização da prática experimental contribui no entendimento do conteúdo teórico relacionado ao assunto e também atende a expectativa quanto à percepção de uma realidade física.

A total concordância é vista nos resultados das questões que envolvem a prática pedagógica utilizada na compreensão e fixação do conhecimento teórico, de acordo com as Figuras 50 e 51. Aponta-se, nas Figuras 52 e 53, uma boa aceitação, no total de 84,7 %, na utilização de vídeo, ou seja, a *webcam*, que permite a visualização do experimento em tempo real e dá a devida imersão no experimento à distância, assim como no caso 1. Nota-se também que apenas 15,4% dos respondentes do caso 2 aceitaram a substituição de experimento digital por um remoto e real, como apresentado na Figura 53.

7.3.3 Caso 3: Transmissão em Corrente Contínua do Curso de Pós-Graduação.

O curso foi realizado no segundo trimestre, ano 2014. Responderam ao questionário dezesseis discentes matriculados nessa disciplina. Nesse caso, utilizou-se o método de aula híbrida e foram realizados experimentos com o objetivo de ilustrar e constatar, sob uma perspectiva realista, aspectos teóricos abordados ao longo do desenvolvimento do curso em

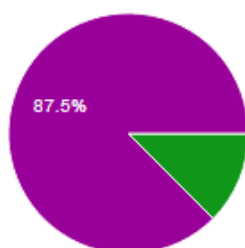
pauta. Nesse contexto, os discentes responderam o questionário que tem por meta avaliar a eficácia e a aceitação dessa prática pedagógica.

Durante as aulas de Transmissão em Corrente Contínua do Programa de Pós-Graduação da FEIS UNESP, o professor utilizou como recurso didático auxiliar, o acesso remoto ao Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica LRQEE para realizar experimentos relacionados ao funcionamento da ponte conversora trifásica por meio do OA (Pontes Conversoras).

Particularmente, para esse conteúdo, o uso da aula híbrida com apoio experimental é um recurso potencialmente eficaz, pois se trata de um equipamento cujas particularidades sugere diferentes análises operacionais. Nesse contexto, as avaliações experimentais realizadas pelo docente com a interação dos discentes permitem estabelecer uma base comparativa entre a teoria e a prática muito produtiva, favorecendo de forma sistemática a assimilação e fixação dos conhecimentos.

Figura 54: Questão 1, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

1. A realização do experimento "online" durante a aula foi uma atividade produtiva.

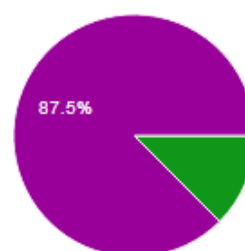


Discordo totalmente	0	0%
Discordo	0	0%
Indiferente	0	0%
Concordo	2	12.5%
Concordo totalmente	14	87.5%

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 55: Questão 2, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

2. A prática experimental ajudou na compreensão da teoria relacionada ao assunto.

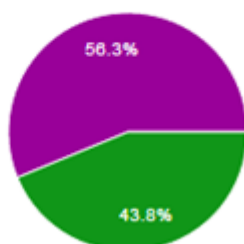


Discordo totalmente	0	0%
Discordo	0	0%
Indiferente	0	0%
Concordo	2	12.5%
Concordo totalmente	14	87.5%

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 56: Questão 3, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

3. O experimento realizado de forma remota atende a expectativa quanto à percepção da realidade física.

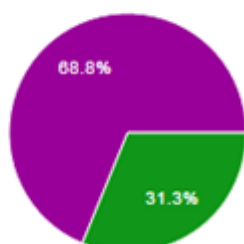


Discordo totalmente	0	0%
Discordo	0	0%
Indiferente	0	0%
Concordo	7	43.8%
Concordo totalmente	9	56.3%

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 57: Questão 4, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

4. Esta prática encoraja os participantes a fazer questionamentos e expressar livremente suas idéias.

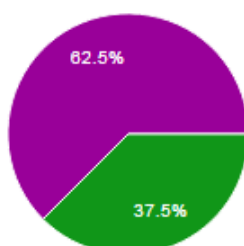


Discordo totalmente	0	0%
Discordo	0	0%
Indiferente	0	0%
Concordo	5	31.3%
Concordo totalmente	11	68.8%

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 58: Questão 5, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

5. Esta prática desperta a capacidade reflexiva e crítica dos participantes.

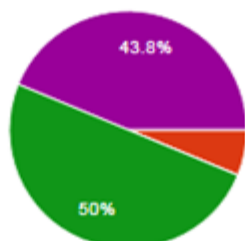


Discordo totalmente	0	0%
Discordo	0	0%
Indiferente	0	0%
Concordo	6	37.5%
Concordo totalmente	10	62.5%

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 59: Questão 6, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

6. A realização do experimento durante a aula motivou a busca de mais informações sobre o assunto.

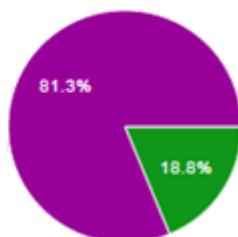


Discordo totalmente	0	0%
Discordo	1	6.3%
Indiferente	0	0%
Concordo	8	50%
Concordo totalmente	7	43.8%

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 60: Questão 7, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

7. Os resultados experimentais foram coerentes com os conteúdos teóricos apresentados durante as aulas.

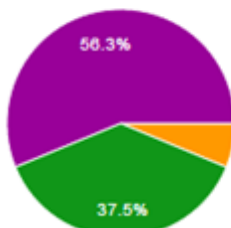


Discordo totalmente	0	0%
Discordo	0	0%
Indiferente	0	0%
Concordo	3	18.8%
Concordo totalmente	13	81.3%

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 61: Questão 8, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

8. A interpretação do experimento vivenciado estimula cada participante a construir seu próprio conhecimento.

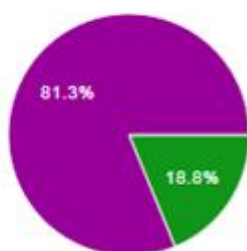


Discordo totalmente	0	0%
Discordo	0	0%
Indiferente	1	6.3%
Concordo	6	37.5%
Concordo totalmente	9	56.3%

Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 62: Questão 9, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

9. A prática pedagógica adotada favorece a fixação dos conceitos teóricos envolvidos.



Discordo totalmente	0	0%
Discordo	0	0%
Indiferente	0	0%
Concordo	3	18,8%
Concordo totalmente	13	81,3%

Fonte: Elaboração da própria autora.

Verifica-se, pelas Figuras 54 e 55, que 87,5% dos usuários concordaram totalmente e 12,5% concordaram que o experimento realizado por meio do laboratório remoto durante a aula teórica foi uma atividade muito produtiva e a prática experimental contribuiu na compreensão da teoria estudada na disciplina.

Sobre o fato da realização do experimento de modo remoto atender a expectativa sobre a percepção da realidade física, 56,3% dos entrevistados concordaram totalmente e 43,8% apenas concordaram em um total de 100% de aceitação, (Figura 56).

Na questão sobre a utilização do laboratório remoto como incentivo ao discente a questionar e expressar suas ideias, 68,8% concordou totalmente e 31,3% concordaram como mostra a Figura 57. Nesta mesma linha de avaliação, no quesito sobre o despertar da capacidade reflexiva e crítica, 62,5% concordaram totalmente e 37,5% apenas concordaram, como mostra a Figura 58.

Sobre a questão da realização do experimento durante a aula, quanto à motivação para pesquisa de mais informações sobre o tema estudado, 43,8% concordaram totalmente, 50 % apenas concordaram e 6,3% discordaram, como mostra a Figura 59.

A percepção de coerência entre resultados experimentais e teóricos foi também muito evidente com 81,3% de respostas com concordância total e 18,8% com concordância simples, (Figura 60).

No quesito que aborda a motivação dos discentes, os resultados mostram que o experimento vivenciado estimula os participantes a construir seu próprio conhecimento,

com 56,3% de concordância total e 37,5% de concordância simples, registrando ainda que 6,3% foram indiferentes, como mostra a Figura 61.

Sobre o favorecimento desta prática pedagógica em favorecer a fixação dos conceitos teóricos estudados e vivenciados em um experimento prático realizado durante a aula por meio de um laboratório remoto, 81,3% concordaram totalmente e 18,8% apenas concordaram de acordo com a Figura 62.

7.3.4 *Caso 4: Cargas Elétricas Especiais do Curso de Pós-Graduação*

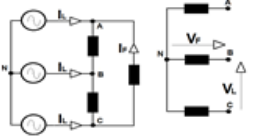
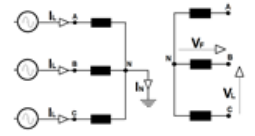
A disciplina foi ministrada no primeiro trimestre de 2014 e responderam ao questionário, os dezesseis discentes matriculados. Neste caso, vislumbrou-se a avaliação da aceitação e eficácia da ferramenta experimental remota em atividades pedagógicas relacionadas com a aula invertida. Como destacado em capítulos anteriores, esta modalidade de ensino está pautada em uma prática pedagógica onde os discentes estudam previamente o conteúdo que será objeto de estudo e formalização teórica em uma aula convencional posterior. No contexto deste trabalho, esse contato prévio com o conteúdo é realizado por meio de práticas experimentais desenvolvidas pelos discentes no ambiente de um laboratório remoto.

Para tanto, os discentes em duplas foram incentivados a acessarem o laboratório remoto de qualidade de energia e realizarem uma série de experimentos previamente preparados pelo docente colaborador. Para aplicação eficaz dos conceitos envolvidos na prática da aula invertida é indispensável que o docente elabore cuidadosamente os roteiros experimentais no sentido de despertar o interesse dos discentes pelo assunto. Deve, portanto, conduzir os experimentos de forma a produzir resultados que venham a contribuir, de forma inequívoca, para provocar interpretações e discussões produtivas quanto aos principais fenômenos físicos observados e medidos.

Para realização desta atividade de avaliação, optou-se pela utilização do objeto de aprendizagem OA (Banco de Transformadores Monofásicos), enfatizando por meio dos roteiros experimentais, o estudo do seu comportamento como uma carga elétrica especial com características não lineares e, portanto, geradora de componentes harmônicas.

Uma vez realizadas as práticas experimentais de forma remota, as duplas de discentes foram incentivadas a discutirem os resultados obtidos e responderem aos questionários técnicos antes de comparecerem a aula teórica formal, ministrada posteriormente. Na Figura 63, apresenta-se, a título de exemplo, dois questionários técnicos de um total de cinco, encaminhados automaticamente pelo sistema de gerenciamento de usuários do LRQEE às duplas de discentes logo após a realização das suas respectivas atividades experimentais.

Figura 63: Foto Ilustrativa da Montagem do Experimento Sobre Filtros Harmônicos.

 MÓDULO 1	 MÓDULO 2																																																
 a. I_F é senoidal. b. I_F possui somente harmônicas múltiplas de três. c. I_F possui somente harmônicas de Seq. 0. d. I_L é distorcida e não possui harmônicas múltiplas de três. e. I_L é senoidal. f. I_L é distorcida e não possui harmônicas de Seq. 0. g. I_L é distorcida e desbalanceada. h. V_L é senoidal. i. V_L é distorcida e não possui harmônicas de Seq. 0. j. V_L é distorcida e possui 3ª harmônica predominante. k. V_F é senoidal. l. V_F é distorcida e não possui harmônicas de Seq. 0.	 a. I_F é senoidal. b. I_L possui somente harmônicas múltiplas de três. c. I_L possui harmônicas de Seq. 0. d. I_F possui apenas harmônicas de sequência zero. e. I_L é senoidal. f. I_L é distorcida e não possui harmônicas de Seq. 0. g. I_L é distorcida e desequilibrada. h. V_L é senoidal. i. V_L é distorcida, mas não possui harmônicas de Seq. 0. j. V_L é distorcida e possui 3ª harmônica predominante. k. V_F é senoidal. l. V_F é distorcida e possui harmônicas de Seq. 0.																																																
Considerando-se as unidades monofásicas idênticas e alimentadas por uma fonte de tensão senoidal/equilibrada, quais afirmações acima atendem as expectativas teóricas:	Considerando-se as unidades monofásicas idênticas e alimentadas por uma fonte de tensão senoidal/equilibrada, quais afirmações acima atendem as expectativas teóricas:																																																
<table border="1"> <tr> <td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l													<table border="1"> <tr> <td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l												
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l																																						
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l																																						
Baseado nos resultados experimentais obtidos a partir de uma fonte de tensão senoidal/equilibrada, quais afirmações acima são verdadeiras:	Baseado nos resultados experimentais obtidos a partir de uma fonte de tensão senoidal/equilibrada, quais afirmações acima são verdadeiras:																																																
<table border="1"> <tr> <td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l													<table border="1"> <tr> <td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td>f</td><td>g</td><td>h</td><td>i</td><td>j</td><td>k</td><td>l</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l												
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l																																						
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l																																						
Justifique as discrepâncias entre os resultados experimentais e teóricos, atribuindo conceitos às afirmativas:	Justifique as discrepâncias entre os resultados experimentais e teóricos, atribuindo conceitos às afirmativas:																																																
<table border="1"> <tr> <td>☐</td> <td>As unidades monofásicas não são idênticas.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>As tensões de alimentação são distorcidas.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Erros inerentes aos transdutores de tensão e corrente.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Erros inerentes aos conversores A/D.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Erros no processo de cálculo das Comp. Harmônicas.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Erros no processo de cálculo das Comp. Simétricas.</td> </tr> </table>	☐	As unidades monofásicas não são idênticas.	☐	As tensões de alimentação são distorcidas.	☐	Erros inerentes aos transdutores de tensão e corrente.	☐	Erros inerentes aos conversores A/D.	☐	Erros no processo de cálculo das Comp. Harmônicas.	☐	Erros no processo de cálculo das Comp. Simétricas.	<table border="1"> <tr> <td>☐</td> <td>As unidades monofásicas não são idênticas.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>As tensões de alimentação são distorcidas.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Erros inerentes aos transdutores de tensão e corrente.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Erros inerentes aos conversores A/D.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Erros no processo de cálculo das Comp. Harmônicas.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>Erros no processo de cálculo das Comp. Simétricas.</td> </tr> </table>	☐	As unidades monofásicas não são idênticas.	☐	As tensões de alimentação são distorcidas.	☐	Erros inerentes aos transdutores de tensão e corrente.	☐	Erros inerentes aos conversores A/D.	☐	Erros no processo de cálculo das Comp. Harmônicas.	☐	Erros no processo de cálculo das Comp. Simétricas.																								
☐	As unidades monofásicas não são idênticas.																																																
☐	As tensões de alimentação são distorcidas.																																																
☐	Erros inerentes aos transdutores de tensão e corrente.																																																
☐	Erros inerentes aos conversores A/D.																																																
☐	Erros no processo de cálculo das Comp. Harmônicas.																																																
☐	Erros no processo de cálculo das Comp. Simétricas.																																																
☐	As unidades monofásicas não são idênticas.																																																
☐	As tensões de alimentação são distorcidas.																																																
☐	Erros inerentes aos transdutores de tensão e corrente.																																																
☐	Erros inerentes aos conversores A/D.																																																
☐	Erros no processo de cálculo das Comp. Harmônicas.																																																
☐	Erros no processo de cálculo das Comp. Simétricas.																																																
0(não relevante) à 9(totalmente relevante)	0(não relevante) à 9(totalmente relevante)																																																

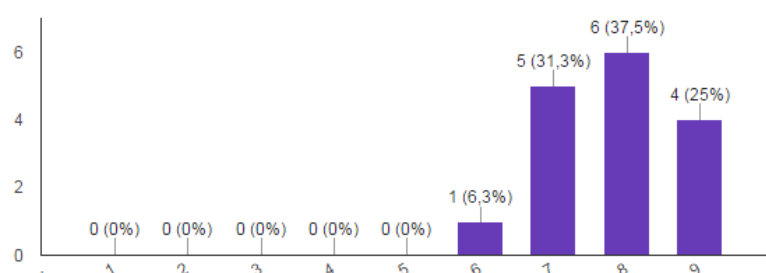
Fonte: Elaboração da própria autora, conforme proposto pelo docente colaborador.

Na sequência, em aula formal, o assunto foi colocado em pauta pelo docente colaborador, que apresentou os conceitos teóricos gradativamente, na medida em que as discussões e conclusões sobre os resultados experimentais obtidos se concretizavam por meio da descrição das observações das diferentes duplas de discentes.

Ao término deste procedimento de aula invertida, os discentes participantes responderam ao questionário de avaliação da aceitação e eficácia dessa prática pedagógica, informando o grau de concordância, variando de 0 (discordo totalmente) à 9 (concordo totalmente), com as afirmações apresentadas.

Figura 64: Questão 1, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

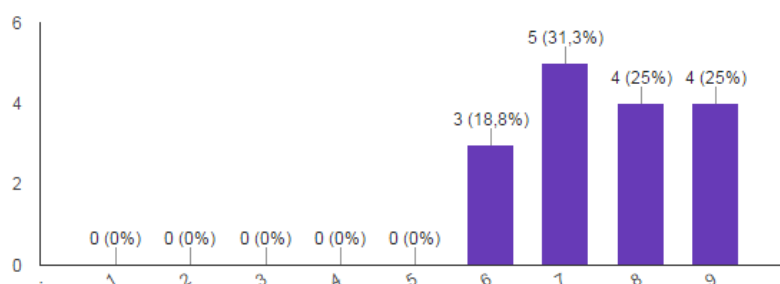
1. A prática experimental ajudou na compreensão dos fundamentos teóricos.
(16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 65: Questão 2, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

2. As práticas experimentais no LrQEE atendem as expectativas do tema abordado.
(16 respostas)

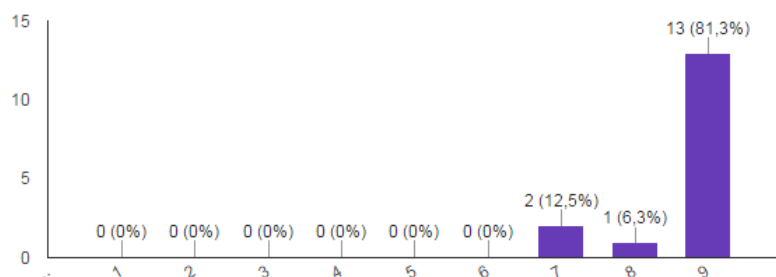


Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 66: Questão 3, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

3. O assunto abordado na prática experimental é relevante para a atividade profissional.

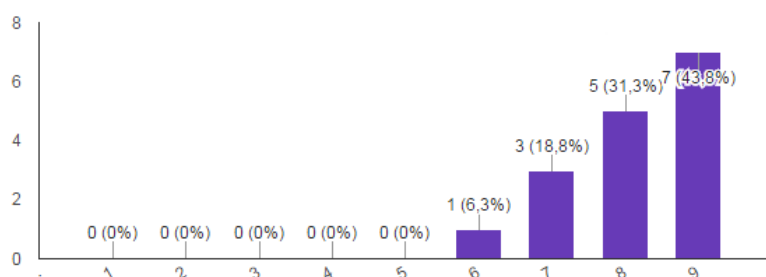
(16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 67: Questão 4, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

4. A forma de abordagem do assunto é adequada. (16 respostas)

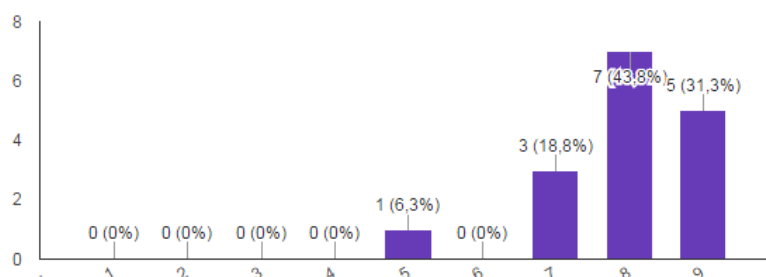


Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 68: Questão 5, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

5. Os módulos experimentais apresentam rigor conceitual, definição clara e rigor científico.

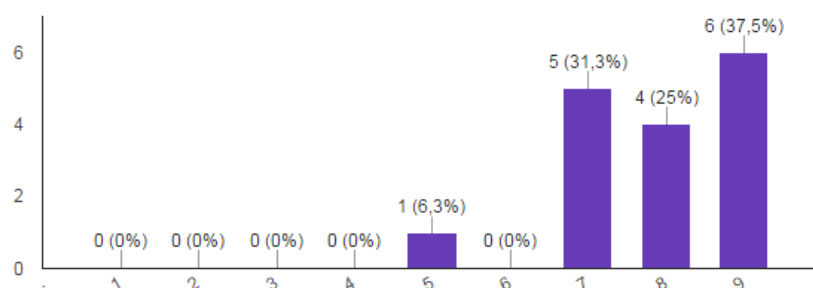
(16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 69: Questão 6, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

6. A linguagem do ambiente LrQEE é adequada ao usuário. (16 respostas)

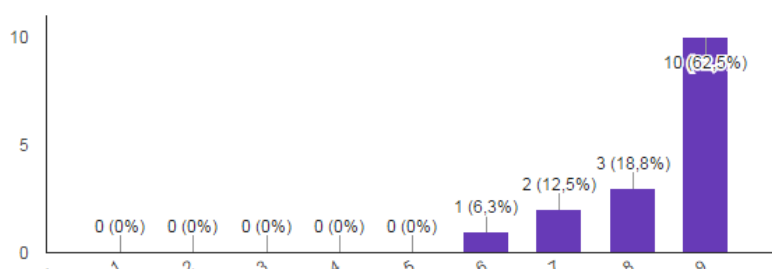


Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 70: Questão 7, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

7. Os recursos gráficos utilizados estão adequados aos conceitos que pretendem ilustrar.

(16 respostas)

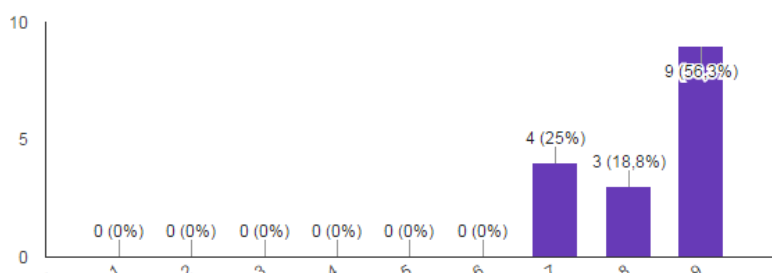


Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 71: Questão 8, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

8. O ambiente LrQEE contém elementos que complementam o currículo da disciplina.

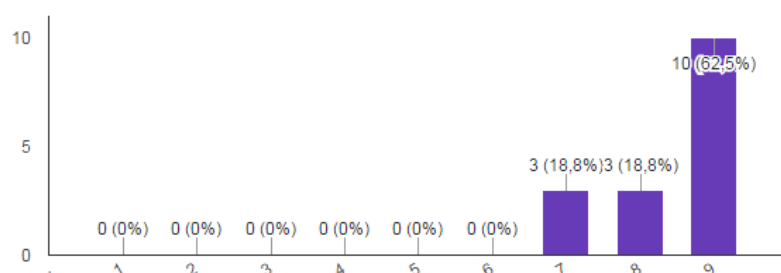
(16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 72: Questão 9, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

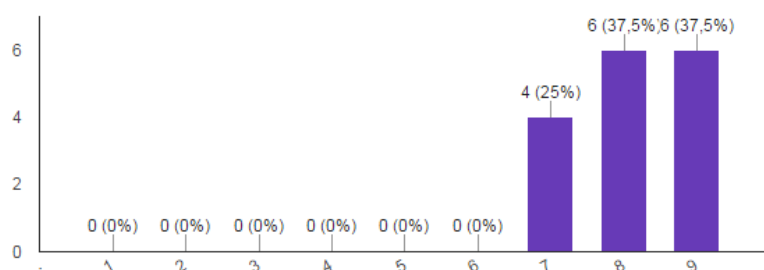
9. O LrQEE oferece recursos para construção do conhecimento. (16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 73: Questão 10, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

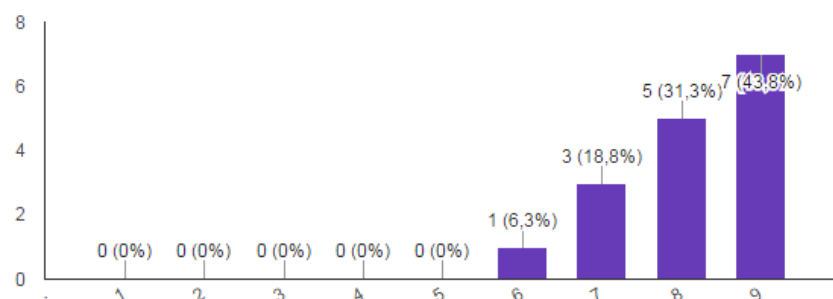
10. O LrQEE possibilita reflexões sobre os saberes já instituídos. (16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 74: Questão 11, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

11. O LrQEE estimula o usuário à pesquisa. (16 respostas)

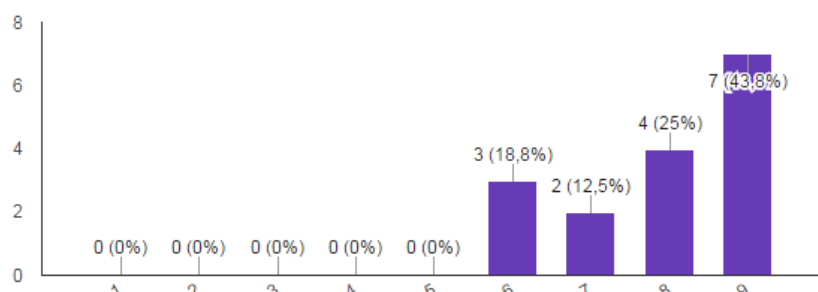


Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 75: Questão 12, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

12. O LrQEE proporciona ao usuário a aquisição de competências e habilidades.

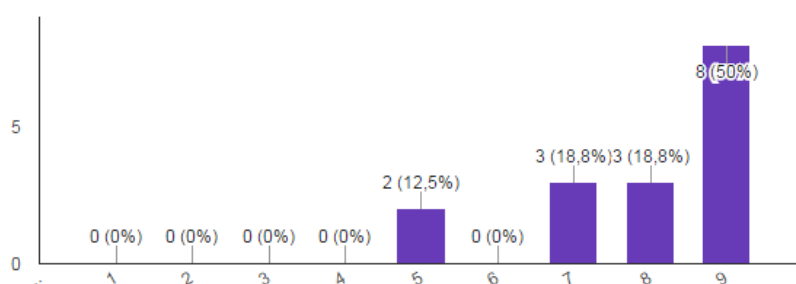
(16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 76: Questão 13, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

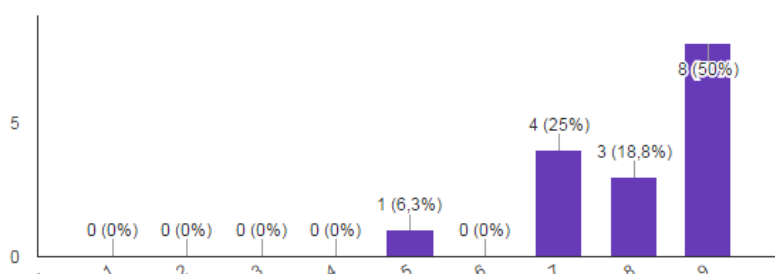
13. O ambiente LrQEE possui uma boa apresentação gráfica. (16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 77: Questão 14, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

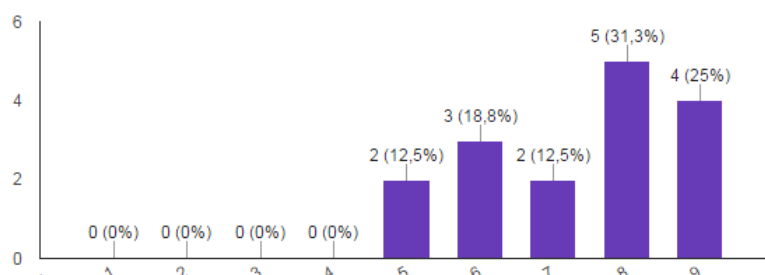
14. O LrQEE possibilita a agregação de novos conhecimentos. (16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 78: Questão 15, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

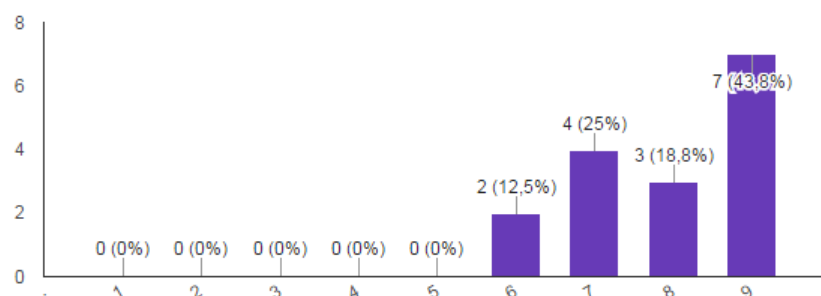
15. O conteúdo pode ser percorrido de uma maneira não linear. (16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 79: Questão 16, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

16. O ambiente LrQEE possui uma interface amigável. (16 respostas)

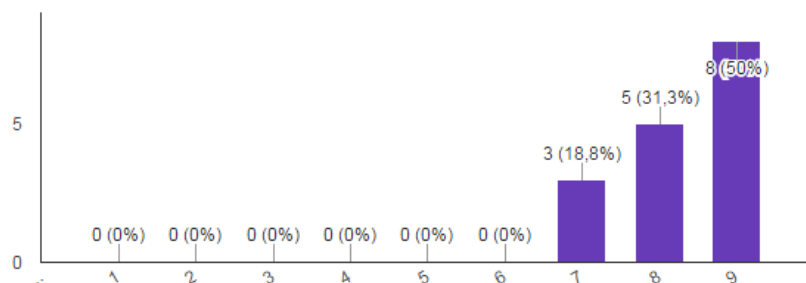


Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 80: Questão 17, Questionário Aplicado a Pós-graduação.

17. O ambiente LrQEE apresenta botões bem definidos e facilmente identificados.

(16 respostas)



Fonte: Elaboração da própria autora.

As questões de 1 a 5 visualizadas nas Figuras 64 a 68, referem-se especificamente a forma de abordagem do conteúdo técnico. Observa-se um nível de concordância superior a 7 por aproximadamente 94% dos discentes na questão 1, (Figura 64), que reflete a importância da técnica experimental na apropriação de conhecimentos. Nas questões 2 (Figura 65), 4 (Figura 67) e 5, (Figura 68), com o objetivo de identificar se o conteúdo foi abordado de forma clara e suficiente na prática experimental proposta o resultado médio apurado aproximou-se dos 90%, para níveis de concordância maiores de 7. Particularmente na questão 3, (Figura 66), onde o quesito investigado foi a importância das práticas experimentais, o nível de concordância média superior a 7 foi praticamente de 100%.

Para as questões de 6 a 9, (Figuras 69 a 72), procurou-se captar as opiniões com respeito principalmente à abrangência da abordagem do conteúdo no ambiente do Laboratório Remoto. Nesses quesitos, o resultado médio para níveis de concordâncias superiores a 7 foi também notável, com cerca de 97% das opiniões. Considera-se, portanto, que o assunto foi bem explorado dentro da especificidade proposta. Ou seja, apenas o estudo do comportamento dos transformadores como cargas não lineares, segundo destacado pelo docente colaborador.

Para as demais questões de 10 a 17, (Figuras 73 a 80), respectivamente, as opiniões refletem a percepção dos discentes com relação ao ambiente experimental montado para acesso remoto, com destaque para itens relacionados à acessibilidade e à forma de apresentação dos resultados. O resultado médio para níveis de concordância superiores a 7 representa a opinião de quase 90% dos usuários. Observa-se que, particularmente neste conjunto de quesitos, os aspectos relacionados à qualidade da interface gráfica e a forma de navegação dentro do ambiente contribuíram para a diminuição dos níveis de concordância.

7.4 Conclusões

Na modalidade pedagógica denominada aula híbrida, em um momento conveniente, o professor assume o controle do laboratório e executa uma experiência programada. Simultaneamente interage com os alunos no sentido de discutir os resultados obtidos, pode acatar sugestões envolvendo variações experimentais e ainda definir uma base comparativa entre a teoria e a prática. Essa atividade pode ser um momento especial em uma sala aula,

onde se tem a oportunidade de estabelecer uma conexão direta entre a teoria e a prática, promovendo assim a sedimentação dos conhecimentos adquiridos e um aprendizado orgânico.

Os resultados obtidos nos processos avaliativos nesta modalidade de uso do Laboratório Remoto demonstra de forma inequívoca o potencial dessa ferramenta de apoio pedagógico. Os docentes colaboradores reconhecem a importância do uso dessa ferramenta como um recurso adicional para promover a motivação dos estudantes e, sobretudo, consolidar os conhecimentos teóricos apresentados em sala de aula.

Nessa linha de pensamento, sugerem também que os demais colegas sejam sistematicamente incentivados a utilizar a metodologia proposta sempre que o conteúdo abordado possuir um viés experimental a ser explorado.

A aula invertida é uma técnica pedagógica já consagrada em diversas instituições, entretanto essa prática associada ao uso de um Laboratório Experimental Remoto é uma proposição original deste trabalho.

A motivação para essa proposta de aplicação dos Laboratórios remotos foi inspirada nos relatos de serendipidade onde a maioria dos fatos ocorridos está diretamente ligada ao ambiente experimental. Assim, entende-se que o incentivo a essa prática, mesmo sem o conhecimento prévio do conteúdo teórico, pode promover a motivação para estudos avançados, excitar um senso crítico mais apurado, além de fomentar a curiosidade, características estas sempre presentes nos relatos de serendipidade.

Os resultados colhidos na avaliação quanto ao uso do Laboratório Experimental Remoto como principal protagonista nessa modalidade pedagógica, também demonstram uma grande aceitação por parte dos usuários.

De um modo geral, com relação à abordagem técnica do conteúdo e ainda quanto às facilidades promovidas pelo ambiente experimental, pode-se dizer que o grau médio de aceitação superior a 8, em uma escala linear de 1 a 9, foi maior que 80%, demonstrando

claramente a relevância desta prática na motivação dos estudantes para a apropriação de novos conhecimentos.

Por outro lado, destaca-se que, baseado em observações encaminhadas pelos docentes colaboradores, essa prática requer alguma habilidade adicional por parte dos docentes para conduzir todos os segmentos envolvidos nessa atividade, notadamente: o preparo dos roteiros de laboratório, a elaboração das questões técnica que irão fomentar as discussões futuras, a mediação das atividades envolvendo a apresentação e discussão dos resultados obtidos e, finalmente, a associação dos resultados práticos e experimentais na consolidação do conteúdo teórico em sala de aula.

Para tanto, sugere-se que os docentes candidatos ao uso dessa metodologia sejam incentivados à uma capacitação técnica específica, para assim poder extrair todo potencial pedagógico inerente.

Muitas sugestões de aperfeiçoamento foram encaminhadas pelos discentes e certamente deverão contribuir para o prosseguimento deste trabalho. Nesse sentido, observa-se que a maioria das manifestações com níveis de concordância mais baixa, está relacionada, principalmente, com a qualidade da interface gráfica e a forma de apresentação dos resultados.

Cabe, portanto, ações direcionadas especificamente ao aperfeiçoamento desses quesitos. Os comentários e sugestões apresentadas voluntariamente pelos usuários do Laboratório, são apresentadas no APÊNDICE C deste trabalho.

8. CONCLUSÕES GERAIS E PROPOSTAS PARA CONTINUIDADE

Atualmente, as empresas têm exigido dos novos engenheiros uma qualificação técnica profissional mais apurada, comportamento social adequado, capacidade para desenvolver trabalho em equipe, liderança e habilidade para vencer desafios.

Diante da crescente evolução tecnológica, sobretudo nas últimas décadas, impõe-se para os profissionais de engenharia a necessidade eminente de uma constante capacitação e atualização técnica. Esse profissional terá de ser capaz de lidar com situações que, muitas vezes, desviam de sua especialidade técnica e se empenhar em percursos difíceis que possam surgir para suprir suas deficiências. Para tanto, é imperativo que esteja sempre receptivo às oportunidades e, sobretudo, que saiba usufruir das facilidades proporcionadas pela informática e pelos meios de comunicação de forma mais produtiva.

Por outro lado, perante a internacionalização das culturas e da globalização da economia, é desejável também que esses profissionais estendam os limites de atuação. Isso exige o entendimento de outras culturas, idiomas e ambientes onde ocorre a produção.

O novo engenheiro deve ter, portanto, vivência em um cenário cibernético e flexibilidade quanto às mudanças socioeconômicas e culturais. Para isso, os cursos de engenharia terão que mudar o paradigma educacional vigente, entender o que é o processo de construção da aprendizagem e utilizar adequadamente os recursos tecnológicos atualmente disponíveis.

O atual ensino de engenharia deve, portanto, agregar estratégias didáticas à estrutura lógica do conhecimento a ser adquirido e, simultaneamente, habilidades específicas e atitudes criativas devem ser desenvolvidas pelos estudantes.

Para se formar engenheiros preparados para atuar no mercado atual de trabalho é preciso que os educadores e as instituições de ensino criem e/ou aperfeiçoem métodos, condições e ferramentas de apoio condizentes com a evolução tecnológica e com o perfil almejado para esses profissionais.

A natureza prática da engenharia é, por princípio, incompatível com a falta de ação do estudante durante o processo de aquisição do conhecimento, o que sugere uma

abordagem pedagógica construtivista ou ainda construcionista no processo de ensino e na capacitação profissional para o perfil desejado.

Com o uso intensivo das tecnologias de informação e comunicação nas últimas décadas, o computador passa a ser agente catalizador para fomentar novas metodologias de ensino à luz da proposta pedagógica construcionista na busca de uma aprendizagem significativa.

Os laboratórios experimentais têm sido importantes aliados dos professores e pesquisadores para alavancar aplicações práticas a partir de conceitos teóricos e, muitas vezes, abstratos, sobretudo na área da Engenharia Elétrica. A prática experimental como meio apropriado à fixação dos conceitos teóricos é também inegável.

A tecnologia de laboratórios remotos tem viabilizado para o EaD a possibilidade de realização de um experimento à distância dentro de um cenário mais realista e sem as limitações dos *softwares* de simulação.

O Grupo de Estudos da Qualidade de Fornecimento da Energia Elétrica da FEIS/UNESP, (GEQEE) vem, ao longo dos últimos anos, desenvolvendo o Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica (LAQEE), que foi concebido inicialmente como um ambiente destinado a realização de experimento prático de apoio à disciplina Qualidade da Energia Elétrica, ministrada nos cursos de graduação e pós-graduação da FEIS/UNESP. Trata-se de um laboratório de terceira geração e, na forma como está configurado, é possível a realização de vários experimentos visando à compreensão e constatação dos principais fenômenos físicos envolvendo a qualidade da energia elétrica.

Esta pesquisa foi direcionada para a capacitação do LAQEE no sentido de adaptá-lo para acesso remoto por meio da rede internacional de computadores. As características operacionais dessa plataforma experimental, seus principais equipamentos e flexibilidades implementadas, viabilizam seu uso com alto grau de interatividade, o que o insere em uma perspectiva construcionista de ensino apoiado por tecnologia. Essas características são particularidades específicas que o distingue das demais iniciativas desse segmento, sendo, portanto uma contribuição inédita deste trabalho.

As práticas experimentais, sejam no contexto da pesquisa, ensino ou atualização profissional, foram desenvolvidas por meio dos chamados objetos de aprendizagem de natureza experimental. Esses objetos de aprendizagem são entidades que congregam diferentes meios tecnológicos, tais como equipamentos acessíveis por meio de interfaces digitais, aplicativos computacionais de processamento de sinais, interfaces para chaveamento de cargas, interfaces para visualização gráfica e demais recursos que possam ser acionados remotamente.

Os objetos de aprendizagem foram desenvolvidos utilizando de premissas inovadoras, que favorecem dos usuários autonomia suficiente para torná-los os principais agentes controladores na apropriação dos conhecimentos. Para tanto, visando uma abordagem construcionista, foram incorporadas a essas plataformas experimentais, flexibilidades que permitam a reconfiguração *on-line*, interação com as fontes de alimentação e com a instrumentação virtual mediada pelo aplicativo *DasyLab13*.

Foram implementados, até o momento, seis objetos de aprendizagem. No segmento de apoio experimental ao ensino, os objetos de aprendizagem foram direcionados para a constatação, compreensão e quantificação de fenômenos físicos envolvendo a qualidade da energia elétrica, notadamente:

- Banco de Transformadores Monofásicos: estudo do comportamento das componentes harmônicas das correntes de magnetização e das tensões induzidas em arranjos trifásicos;
- Transformadores Trifásicos: estudo do comportamento das componentes harmônicas das correntes de magnetização e das tensões induzidas em transformadores trifásicos;
- Lâmpadas Elétricas: estudo da composição harmônica, consumo, fator de potência e fator de deslocamento de diferentes tipos de lâmpadas elétricas;
- Corrente de magnetização: estudo das correntes de excitação em dispositivos eletromagnéticos constituídos por núcleos ferromagnéticos;
- Pontes Conversoras: estudo das características operacionais das pontes retificadoras trifásicas.

- Regulador de tensão: capacitação de técnicos no ajuste do sistema de controle dos reguladores de tensão para redes de distribuição de energia elétrica.

No segmento da pesquisa, os objetos de aprendizagem foram criados a partir das iniciativas corporativas envolvendo o GEQE/EFEIS e o GEPE (Grupo de Eletrônica de Potência e Energia) da Universidade do Minho, Portugal, visando o compartilhamento de dispositivos e instrumentos de medida:

- Filtro harmônico: análise de desempenho de sistemas de filtragem híbridos compostos por filtros ativos, ressonantes e eletromagnéticos;
- Laço de Histerese: levantamento das características ferromagnéticas de chapas utilizadas na construção de dispositivos eletromagnéticos e ajuste de modelos teóricos.

Os objetos de aprendizagem implementados e, sobretudo, as metodologias empregadas para desenvolvimento dos mesmos são também importantes contribuições originais deste trabalho.

Pode-se dizer que, de um modo geral, baseado nas avaliações dos usuários, principalmente quanto à importância e o potencial pedagógico no uso dos Laboratórios Remotos, trata-se de uma proposta de grande relevância acadêmica. É conveniente destacar que questionários de avaliação de uso do Laboratório Remoto foram direcionados a apenas dois seguimentos pedagógicos específicos, notadamente nos contextos de aula invertida e híbrida, restando, portanto, investigar sua aceitação nos demais seguimentos descritos neste trabalho ou ainda em novas iniciativas pedagógicas que porventura se apresentem futuramente.

Nessa perspectiva positiva, vislumbra-se, então, uma ação sistemática de incentivo aos docentes quanto ao uso do Laboratório Remoto nas diferentes modalidades de ensino, principalmente no EaD onde o recurso experimental é notadamente restrito. Como destacado anteriormente, a incorporação de uma atividade dessa natureza tem um notável potencial para transformar a sala aula em um ambiente profícuo para a sedimentação dos conhecimentos e, assim, produzir um aprendizado sólido.

A continuidade deste trabalho pauta-se, de um modo geral, no aperfeiçoamento e ampliação da plataforma experimental de acesso remoto, com destaque para os seguintes tópicos:

- Incorporação ao ambiente do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica de um aplicativo específico para o cadastramento de usuários, reversa de horários de uso, controle de acesso, gerenciamento do repositório de objetos de aprendizagem e hospedagem de um ambiente para troca de mensagem *on-line* entre usuários e administrador do laboratório;
- Projeto, desenvolvimento e implementação de novos objetos de aprendizagem a partir da manifestação de interesse pelos docentes do DEE/FEIS/UNESP e de outras instituições de ensino de Engenharia Elétrica;
- Ampliar a abrangência do Laboratório Remoto para outras áreas de interesse além da Qualidade da Energia Elétrica ou da própria Engenharia Elétrica;
- Implantação das sugestões e/ou recomendações pertinentes, colhidas a partir dos questionários de avaliação do ambiente experimental do Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica, sobretudo em questões relacionadas à qualidade da interface gráfica interativa;
- Avaliação da potencialidade de uso do Laboratório Remoto em atividade de pesquisa corporativa envolvendo instituições de pesquisa do Brasil e do exterior;
- Avaliação da potencialidade de uso do Laboratório Remoto em atividade de ensino semi-presencial em cursos de atualização profissional na modalidade *in company*;
- Continuar aplicando e aperfeiçoando o processo de avaliação da ferramenta proposta no sentido de ampliar a população de usuários que compõe a base de dados para a análise estatística, bem como, diversificar a população de discentes incluindo novas instituições de ensino públicas e privadas.

REFERÊNCIAS

ABENGE. **Propostas de diretrizes curriculares para a educação em engenharia no Brasil**. Brasília: ABENGE, 1998.

ADL. **Advanced distributed learning**. 2001. Disponível em: <<http://www.adlnet.gov/scorm.cfm>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

ALTOÉ, A.; PENATI, M. M. O construtivismo e o construcionismo fundamentando a ação docente. In: ALTOÉ, A.; COSTA, M. L. F.; TERUYA, T. K. **Educação e novas tecnologias**. Maringá: Eduem, 2005. p. 55-67.

ARIADNE. **Alliance of remot instructional authoring and distribution networks for Europe**. 2002. Disponível em: <http://www.ariadne-eu.org/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=35>. Acesso em: 5 mar. 2013.

BALBINO, J. **Objetos de aprendizagem**: contribuições para sua genealogia. 2007. <http://www.dicas-.com.br/educacao_tecnologia/educacao_tecnologia_20070423.php#.UXaST6KyBDR>. Acesso em: 5 mar. 2013.

BARRETO, R. G. Tecnologia e educação: trabalho e formação docente. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 25, n. 89, p. 1181-1201, 2004.

BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.

BAZZO, W. A.; MENESTRINA, T. C. Ciência, tecnologia e sociedade e formação do engenheiro: análise da legislação vigente. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 1-18, 2008.

BAZZO, W.; PEREIRA, L. T. do V. **Introdução à engenharia**: conceitos, ferramentas e comportamentos. Florianópolis: Ed. da Ufsc, 2006. 270 p.

BECKER, F. Aprendizagem e ensino: contribuições da epistemologia genética. formação do engenheiro. In: LINSINGEN, I. von et al. (Org.). **Desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999.

BEHAR, P. A.; MACEDO, A. L.; SOUZA, A. C.; BERNARDI, M. **Objetos de aprendizagem para educação à distância**: modelos pedagógicos em educação a distância. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 66-92.

BELCHER, J. **Studio physics at MIT**. MIT Physics Annual, 2001. Disponível em: <<http://web.mit.edu/jbelcher/www/PhysicsNewsLetter.pdf>> Acesso em: maio 2015.

BETTIO, R. W. de ; MARTINS, A. R. **Objetos de aprendizagem: um novo modelo direcionado ao ensino a distância**. 2004. Disponível em:
<www.universia.com.br/materia/materia.jsp?id=5938>. Acesso em 13 mar. 2013.

BRASIL – MEC Ministério da Educação e do Desporto Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. **Parecer CNE/CES 1362/2001**. Diário Oficial da União, Conselho Nacional de Educação/ Câmara de Educação Superior, Brasília, DF, 25 fev. 2002. Seção 1, p. 17. Disponível em: <www.mec.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Secretaria de educação à distância – RIVED**. 2005. Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

CASINI, M.; PRATTICHIZZO, D.; VICINO, A. The automatic control telelab: a Remote Control Engineering Laboratory . In: PROCEEDINGS OF THE IEEE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL. Orlando, 40, 2001, Florida. **Proceedings of the...** Disponível em:
<<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=00980319>>. Acesso em: 10 maio 2011.

CHISNALL, P. **Marketing research: analysis and measurement**. New York:McGraw Hill, 1973.

CONFUCIO. Disponível em: <<http://pensador.uol.com.br/autor/confucio/biografia/>>. Acesso em: 15 maio 2013.

CONTRERAS, J. **A autonomia de professores**. São Paulo: Cortez, 2002.

CREMASCO, M. A. **A responsabilidade social na formação do engenheiro**. 2009. 16 p. Disponível em:<http://www.ethos.org.br/_Uniethos/Documents/A%20Responsabilidade%20Social%20na%20Forma%C3%A7%C3%A3o%20de%20Engenheiros.pdf>. Acesso em: 15 set. 2012.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer instruction: ten years of experience and results. **American Journal of Physics**, Meville, v. 69, p. 970–977, 2001.

D’ALESSANDRO, M. W.; INDUNI, N. Educación y nuevas tecnologías propuestas para un madridaje exitoso. In: CONGRESSO IBERO AMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA REDE IBERO AMERICANA DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 4, 1998, Brasília.

DIAS, P. **Desenvolvimento de objetos de aprendizagem para plataformas colaborativas**. 2004. Disponível em:
<<http://www.niee.ufrgs.br/eventos/RIBIE/2004/plenaria/plen3-12.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

DOMIJAN, A. ; HEYDT, G. T. ; MELIOPOULOS, A. P. S. ; VENKATA, S.S.; WEST, S. Directions of research on electric power quality. **IEEE Transactions on Power Delivery**, Piscataway, v. 8, n.1, n. 429-436, jan. 1993.

DOMIJAN, A.; EMBRIZ-SANTANDER, E. A novel electric power laboratory for power quality and energy studies: training aspects. **IEEE Transactions on Power Systems**, Piscataway, v. 7, n. 4, p. 1571-1578, nov. 1992.

DOMIJAN, A.; SHOULTS, R. R. Electric Power Engineering Laboratory Resources of the United States of America and Canada. **IEEE Transactions on Power Systems**, Piscataway, v. 3. n. 3, p. 1354-1360, ago. 1988.

EDUCAUSE. **Things you should know about flipped classrooms**. 2012. Disponível em: <<http://net.educause.edu/ir/library/pdf/eli7081.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2015.

FACEB. **Notícias FACEB/Unipac**. 2013a. Disponível em: <<http://www.unipacbombespachos.com.br/v2/Noticias/2098/INICIO+DO+SEMESTRE+LEATIVO+ACONTECEU+COM+AULA+INAUGURAL+NA+SALA+DA+APRENDIZAGEM+ATIVA+DURANTE+REUNIAO+GERAL+DO+CORPO+DOCENTE.html>> Acesso em: 12 jun. 2015.

FACEB **Notícias FACEB/Unipac**. 2013b. Disponível em: <<http://www.unipacbombespachos.com.br/v2/Noticias/2241/FACEBUNIPAC+COMEMORAR+PRIMEIRO+SEMESTRE+DE+IMPLANTACAO+DE+METODOLOGIA+DE+ENSINO+INTERATIVO.html>> Acesso em: 12 jun. 2015.

FILATRO, A. **Design instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

FRANCINETE, P. J. **A engenharia, a ciência e as humanidades**. Disponível em: <http://terra.cefetgo.br/cienciashumanas/humanidades_foco/anteriores/humanidades_1/html/cienciaetecnologia_aengenharia.htm>. Acesso em: 17 jun. 2011.

GAMA, S. Z. **Novo perfil de formação do engenheiro eletricista no início do século XXI**. 2002. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

GAMA, S. Z.; SILVEIRA, M. A. ; SOUZA, R. C. **The expected profile of the next century Brazilian electrical engineer**. *Proceedings ICEE2000*, CDROM, Taiwan: National Science Council, 14 a 18 de agosto de 2000. Disponível em: <<http://www.icee2000.nctu.edu.tw>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

GHIGLIONE, R.; MATALON, B. **O inquérito**. 2 ed. Oeiras: Celta. 1993. 370 p.

GUERRINI, F. M.; ESCRIVÃO, E. F.; ROSIM, D. **Administração para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 304 p.

GUIMARÃES, B.; SOUZA, A. S.; GOSMANN, H. L.; BAUCHSPIESS, A. **Internet based remote laboratory**: the level control of three coupled water reservoirs. In: ACCA 2002, Santiago, Chile, 2002.

GUTIERREZ, S. de S. Distribuição de Conteúdos e Aprendizagem on-line. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 2, p. 1-14, 2004.

HAMBURGER, A. I. Raciocínio e intuição como princípios de criatividade e de decisão. In: SIMPÓSIO MARIO SCHENBERG - ARTE E CIÊNCIA, 1990, São Paulo, 1990.

HARISIN, L.; CALVERT, T.; GROENEKER, C. Virtual-U: A Web-based system to support collaborative learning. In: KHAN, B. H. (Ed). **Web-Based Instruction**. ENGLEWOOD CLIFFS, N. J. [S.l.]: Educational Technology Publications, 1997. p. 149-158.

HENNICK, C. **Flipped 2.0**. 2014. Disponível em: <<http://www.scholastic.com/browse/article.jsp?id=3758360>> Acesso em: maio de 2015.

HODGINS, H. W. The future of learning objects. In: WILEY, D. (Ed). **The Instructional Use of Learning Objects**. **Bloomington, Indiana**: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology, 2002. p. 1-24. Disponível em: <<http://www.reusability.org/read/chapters/hodgins.doc>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

IEEE. Learning Technology Standards Committee (LTSC). **Draft Standard for Learning Object Metadata**. 2002. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. LTSC. 2002. Learning Technology Standards Committee Website. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2013.

KLOC, A. E.; KOSCIANSKI, A.; PILATTI, L. A. Robótica: uma ferramenta pedagógica no campo da computação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1, 2009.[S.l.:S.n.], 2009. p 1394-1403.

LAB2GO. Disponível em: < <http://www.lab2go.net/>>. Acesso em: 17 jan. 2011.

LABARCA, G. Cuánto se puede gastar en educación?. **Revista de la CEPAL**, n. 56, p. 163-178, ago. 1995.

LABORATÓRIO da Pontifícia Universidade Católica Campinas. Disponível em: <<http://www.puc-campinas.edu.br/servicos/detalhe.asp?id=16141>>. Acesso em: 17 jan. 2011.

LABORATÓRIO de Experimentação Remota. disponível em: < <http://www.inf.ufsc.br/~jbosco/frame3.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993. 203 p.

LIMA, L. Atitudes: Estrutura e mudança. In: VALA, J. ; MONTEIRO, M. B. (Ed.). **Psicologia social**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.

LILA. Disponível em: < <http://www.lila-project.org/>>. Acesso em: 17 jan. 2011.

LODER, L. **Epistemologia versus pedagogia**. O lócus do Professor de Engenharia. 2002. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

LONGO, W. P.; ROCHA, I.; TELLES, M. H. C. "Reengineering" engineering research and education in Brazil: cooperative networks and coalitions. **Science and Public Policy**, Oxford, v. 27, n. 1, p. 37-44, 2000.

MARCHEZAN, A. R.; CHELLA, M. T.; FERREIRA, E. C. **Laboratório remoto aplicado ao ensino de engenharia eletrônica**. Disponível em: <<http://www.nied.unicamp.br/~siros/doc/2211.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 347 p.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas. 1996.

MERLOT. **Multimedia educational resource for learning and online teaching**. 2004. Disponível em: <<http://www.merlot.org/merlot/index.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2013.

MERRIL, D. **Components of instruction: toward a theoretical tool for instructional design**. Instructional Science. 2000. Disponível em <<http://id2.usu.edu/5Star/Workshops/ComponentsAbstract.PDF>>. Acesso em: 22 mar. 2013.

MIRANDA, R. M. **GROA: um gerenciador de repositórios de objetos de aprendizagem**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MIT OpenILabs. Disponível em: < <http://icampus.mit.edu/ilabs> >. Acesso em: 17 jan. 2011.

MORAES, M. C. Perfil do engenheiro dos novos tempos e as novas pautas educacionais. In: IRLAN, V. L. et al. (Org.). **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

MORAES, R. **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRGs, 2000.

MUZIO, J; HEINS, T.; MUNDELL, R. **Experiences with reusable e learning objects: from theory to practice**. 2001. Disponível em: <<http://www.udutu.com/pdfs/eLearning-objects.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2013.

NEDIC, Z.; MACHOTKA, J.; NAFALSKI, A. **Remote laboratories versus virtual and real laboratories. Frontiers in Education. FIE 2003.** 33rd Annual, v 1, p. 3-2, 2003.

PADOVANI, S; MOURA, D. **Navegação em hipermídia: uma abordagem centrada no usuário.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

PAPERT, S. **Situating Constructionism in constructionism.** ed I. Harel and S. Papert , Ablex. Publ. Corp. Norwood, NJ, 1991.

PAPERT, S. **LOGO: computadores e educação.** São Paulo: Brasiliense, 1986.

PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola.** Porto Alegre: ARMED, 1998.

PIAGET, J. **To understand is to invent: the future of education.** New York;, Grossman Publ, 1973.

PIAGET, J. **Fazer e compreender.** São Paulo: Melhoramentos, 1978.

PIMENTA, P.; BATISTA, A. A. Das plataformas de E-learning aos objetos de aprendizagem. In. DIAS, A. A.; DIAS, P.; GOMES, M. J. (Org). **E-learning para formadores.** 2004. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/8723/3/dos%20lms%20aos%20objectos.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

ROPÉ, F. ; TANGUY, L. **Saberes e competência: o uso de tais noções na escola e na empresa.** Campinas, SP: Papirus, 1997.

RÖRING, C.; JOCHHEIM, A. **The Virtual Lab for Controlling Real Experiments via Internet.** IEEE International Symposium on Computer Aided Control System Design. Kohala Coast-Island of Hawaii, USA, 1999.

ROYSTON, M. R. **Serendipity: Accidental Discoveries in Science.** New York: John Wiley & Sons INC., 1989. 288 p.

ROSCELLE, J.; DIGIANO, C. D.; PEA, R.; KAPUT, J. **Educational Software components of tomorrow (ESCOT).** 2003. Disponível em: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/06/06/PDF/A98_Roschelle_etal_99_ESCOT.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2013.

SÁ FILHO, C. S.; MACHADO, E. de C. **O computador como agente transformador da educação e o papel do objeto de aprendizagem.** 2003. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/seminario2003/texto11.htm>> Acesso em: 5 abr. 2013.

SANTOS, L. M. A.; FLÔRES, M. L. P.; TAROUÇO, L. M. R. Objeto de aprendizagem: teoria instrutiva apoiada por computador. **RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 1-10, 2007.

SCHNAID, F.; TIMM, M. I.; ZARO, M. **Considerações sobre uso de modelo construtivista no ensino de engenharia:** disciplina de projeto com graduandos e mestrandos. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, CINTED-UFRGS, v. 1, n. 1, Fevereiro, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2003.

SHEPHERD, C. **Objects of interest.** 2000. Disponível em: <<http://www.fastrak-consulting.co.uk/tactix/Features/objects/objects.htm>>. Acesso em: 6 abr. 2013.

SHOULTS, R. R.; CHEN, M. S.; DOMIJAN, A. The energy systems research center electric power system simulation laboratory and energy management system control center. **IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems**, Piscataway, v. PWRS-2, n. 1, p. 239-246, Feb., 1987.

SILVA, L. P.; CECÍLIO, S. A mudança no modelo de formação e de ensino na engenharia. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, n. 45, jun. 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/edur/n45/a04n45.pdf>>. Acesso em: 12 abr. de 2011.

SILVA, M. P.; LEAL, M. G. F.; ALVES, C. H. F. Reflexões sobre a abordagem por competências no ensino de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 33, 2005, Campina Grande. **Anais...** Paraíba, 2005. Disponível em: <http://www.cobenge2005.cct.ufcg.edu.br/cd_rom/trabalhos/trabalhos_completos/pdf/PB-2-62923480759-1118686135861.pdf>. Acesso em: 09 maio 2011.

SILVA PINTO, A. S. et al. **Projeto de reflexão e aplicação de metodologias ativas de aprendizagem no ensino superior:** Uma Experiência com “PeerInstruction”. Disponível em: <<http://www.labmi.com.br/artigos-e-links/inovacao-didatica-projeto-de-reflexaoe-aplicacao-de-metodologias-ativas-de-aprendizagem-no-ensino-superior-uma-experiencia-com-peer-instruction/>> Acesso em: jun. de 2015.

SILVA PINTO, A. S. et al. O laboratório de metodologias inovadoras e sua pesquisa sobre o uso de metodologias ativas pelos cursos de licenciatura do UNISAL. **Revista de Ciências da Educação**, Americana, v. 2, n. 29, p. 67-79, 2013. Disponível em: <<http://www.revista.unisal.br/ojs/index.php/educacao/article/view/288/257>> Acesso em: jun. de 2015.

SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador:** uma visão internacional. Rio de Janeiro: PUC-RIO, Sistema Maxwell, 2005. 147 p.

SILVEIRA, M. A.; ARAUJO, M. A. Algumas sugestões sobre perfis de formação em engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 17-25, 2005.

SINGH, H. **Introduction to learning objects.** 2001. Disponível em <<http://vcampus.uom.ac.mu/upload/public/2002827115115.ppt>>. Acesso em: 5 abr. 2013.

SOBRAL, S. T. Pesquisando com eficiência e segurança. **Revista Setor Elétrico**, São Paulo, v. 81, n. 7, p. 124-125, 2012.

SOSTERIC, M.; HESEMEIER, S. When is a learning object not an object: a first step towards a theory of learning objects. **The International Review of Research in Open and Distance Learning**, Canadá, v. 3, n. 2, 2002. Disponível em: <<http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/106/185>>. Acesso em: 18 abr. 2013.

STHEM. **Brasil**: consórcio de IES brasileiras. 2014. Disponível em: <<http://sthembrasil.com/site/>>. Acesso em: jun. de 2015.

TAROUCO, L. M. R.; DUTRA, R. L. de S. Padrões e interoperabilidade. In: PRATA, C. L.; NASCIMENTO, A. C. A. de A. (Org.). **Objetos de aprendizagem**: uma proposta de recurso pedagógico. Brasília: MEC/SEED, 2007. p. 81-89, 2007.

TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M. J. M.; TAMUSIUNAS, F. R. **Reusabilidade de objetos educacionais**. 2003. Disponível em: <http://www.nuted.ufrgs.br/oficinas/criacao/marie_reusabilidade.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.

TAVARES, R. **Aprendizagem significativa, codificação dual e Objetos de Aprendizagem**. 2006. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/2006-IVESUD.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2013.

VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimento**: repensando a educação. Campinas: Gráfica Central da Unicamp, 1993.

VALENTE, J. A. A comunicação e a educação baseada no uso das tecnologias digitais de informação e comunicação. **Revista UNIFESO – Humanas e Sociais**, Alto Teresópolis, v. 1, n 1 p. 141-166, 2014.

WATKINS, J.; MAZUR, E. Retaining students in science, technology, engineering, and mathematics (STEM). **Journal of College Science Teaching**, Arlington, v. 42, n. 5, p. 36-41, 2013. Disponível em: <<http://www.cssia.org/pdf/20000243-RetainingStudentsinSTEMMajors.pdf>> Acesso em: 25 maio 2015.

WILEY, D. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy. In: WILEY, D. (Ed.). **The instructional use of learning**. Bloomington. Indiana: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology. 2002. P. 1-35. Disponível em: <<http://www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 12 abr. 2013.

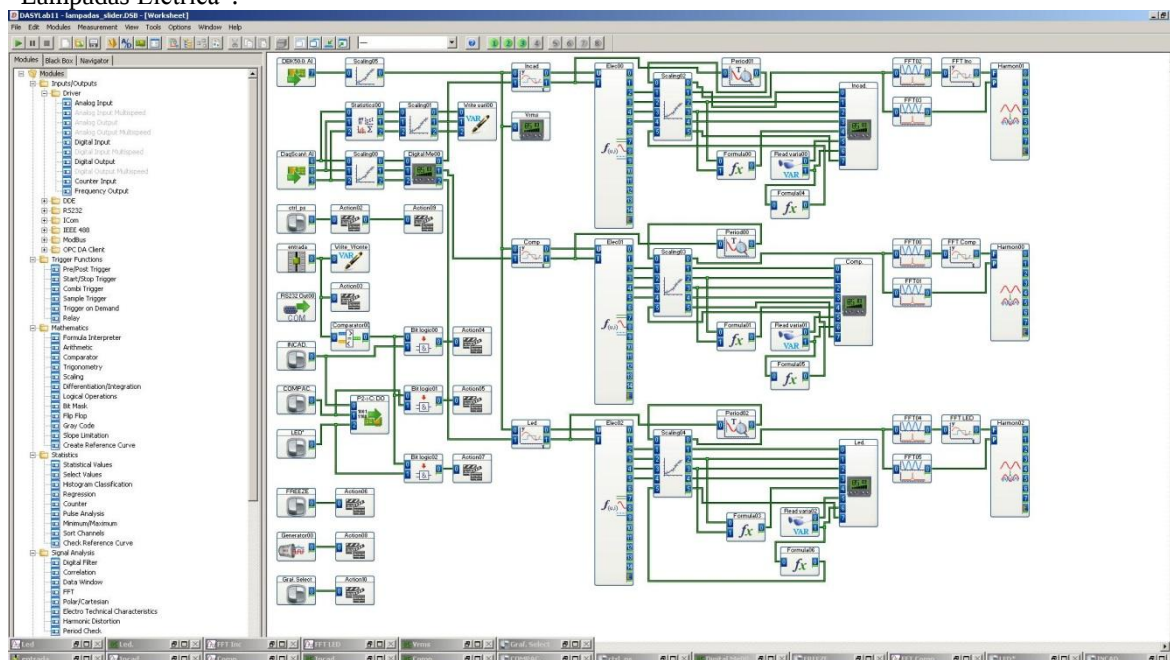
WILEY, D. **Learning object design and sequencing theory**. Thesis (Doctor in Philosophy) - Brigham Young University, Provo, 2000.

ZEILMANN, R. P.; SILVA Jr, J. M. G.; PEREIRA, C. E. ; BAZANELLA, A. S. Uma estratégia para controle e supervisão de plantas industriais através da internet. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE - SBAI, 5, Canela. 2001. **Anais...** Canela: [S.n.], 2001.

APÊNDICE A

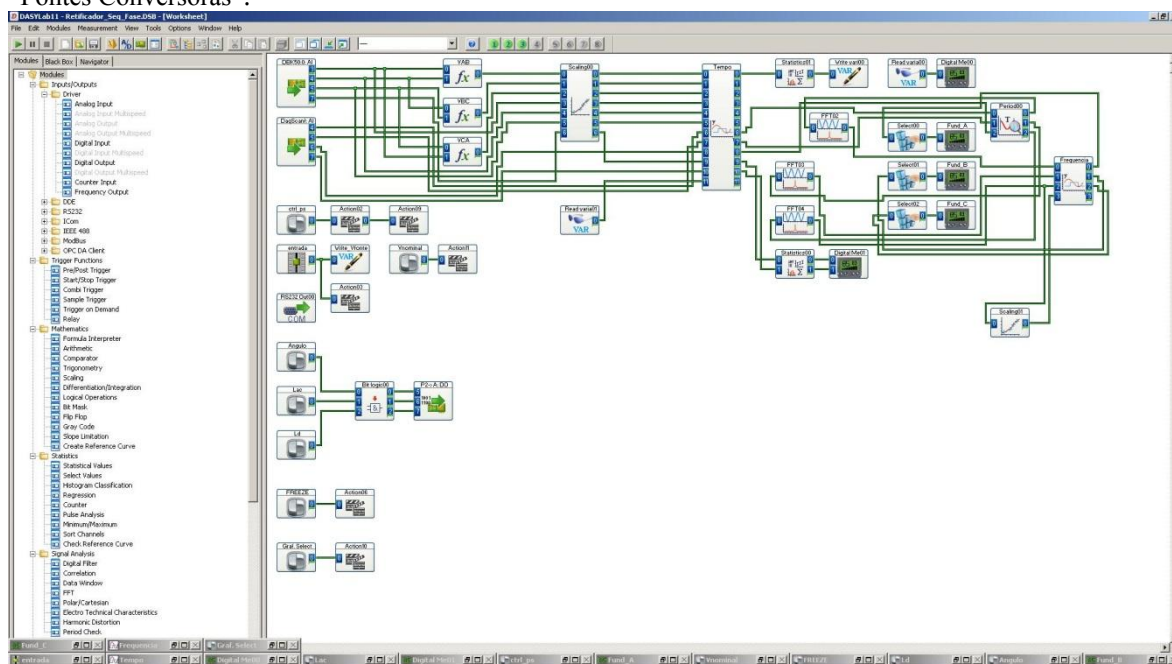
Apresenta-se neste Apêndice os diagramas de processamento de sinais desenvolvidos no ambiente *DasyLab*, relacionado com os objetos de aprendizagem utilizados nas pesquisas de aceitação. Além do processamento dos sinais elétricos captados pelos transdutores de tensão e corrente o aplicativo também gera as telas interativas para o controle da fonte de alimentação, acionamentos dos dispositivos e apresentação gráfica dos resultados.

A.1 Diagrama de fluxo do aplicativo computacional desenvolvido em *DasyLab*, do Objeto de Aprendizagem “Lâmpadas Elétrica”.



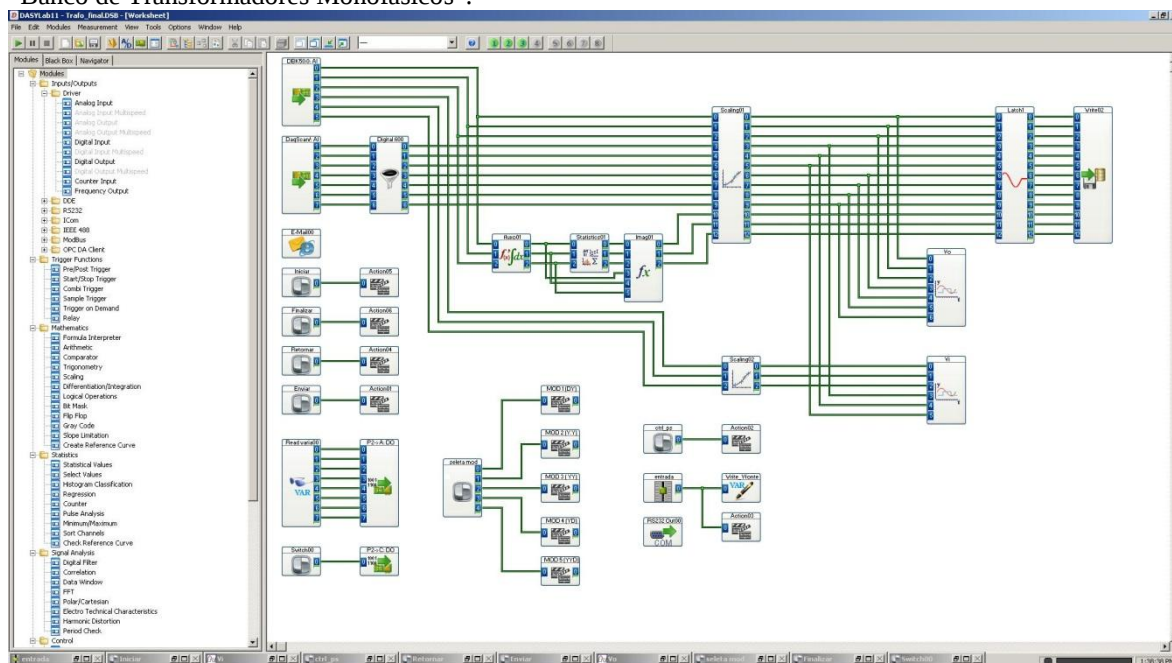
Fonte: Elaboração da própria autora.

A.2 Diagrama de fluxo do aplicativo computacional desenvolvido em *DasyLab*, do Objeto de Aprendizagem “Pontes Conversoras”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

A.3 Diagrama de fluxo do aplicativo computacional desenvolvido em *DasyLab*, do Objeto de Aprendizagem “Banco de Transformadores Monofásicos”.



Fonte: Elaboração da própria autora.

APÊNDICE B

B. Objeto de Aprendizagem sobre Magnetização de Transformadores Trifásicos Tipo Banco

B.1 Objetivos

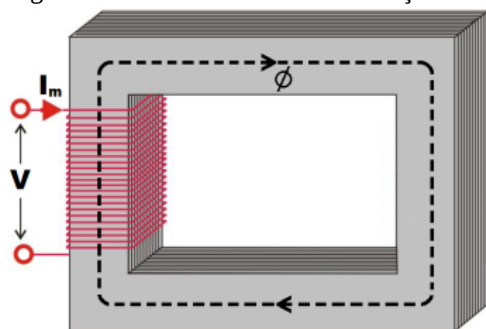
Análise do comportamento harmônico das correntes magnetizantes em um banco de transformadores monofásicos, considerando-se as diferentes conexões dos seus enrolamentos primários secundários e terciários.

B.2 Fundamentos teóricos

A não linearidade entre o fluxo magnético e a corrente de magnetização necessária pra criá-lo, I_m , é uma característica operacional intrínseca associada ao uso de materiais ferromagnéticos na construção dos núcleos dos transformadores, (Figura 81). Para garantir um comportamento senoidal das tensões induzidas, o respectivo fluxo magnético, deve também possuir o mesmo comportamento senoidal, a menos da defasagem angular.

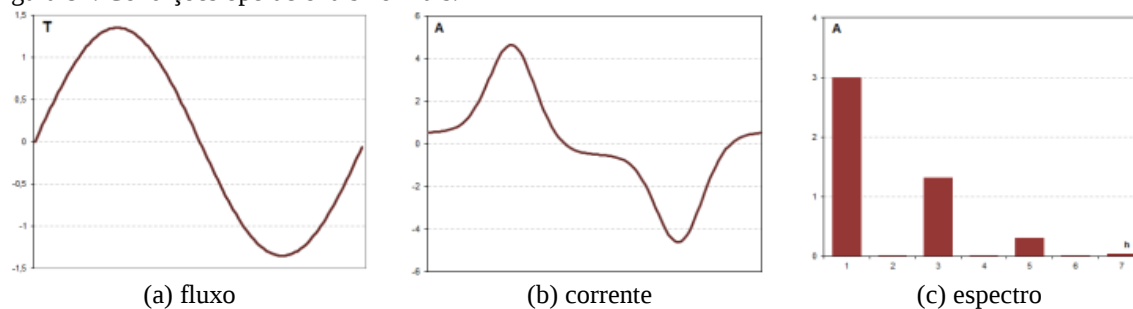
Nessas condições, devido a não linearidade intrínseca, a respectiva corrente de magnetização possui uma substancial distorção harmônica, (Figura 82). Se, por alguma razão, alguma componente harmônica não puder circular pelo enrolamento de excitação, os reflexos serão diretamente observados na forma de onda achatada e a respectiva tensão induzida terá uma forma de onda pontiaguda, (Figura 83), se comparadas a uma forma de onda puramente senoidal.

Figura 81: Fluxo e corrente de excitação.



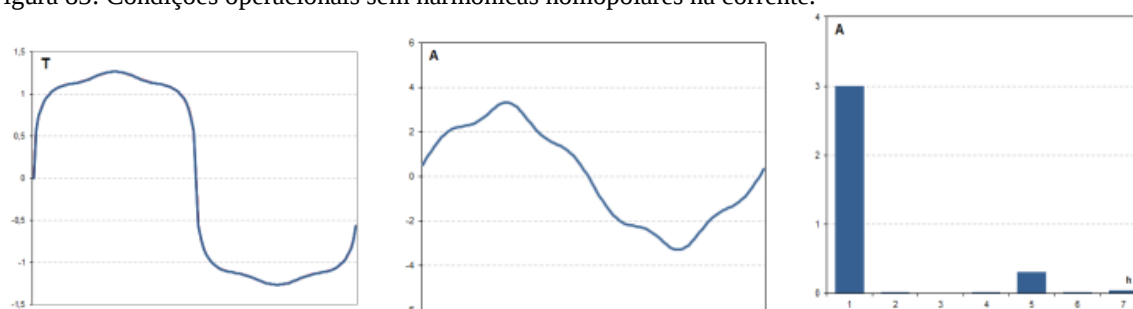
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 82: Condições operacionais normais.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 83: Condições operacionais sem harmônicas homopolares na corrente.



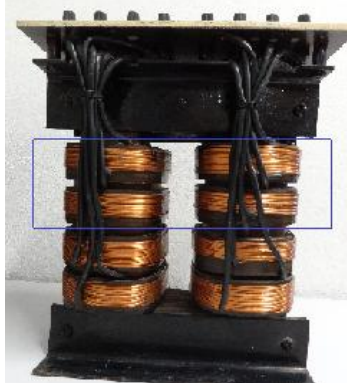
Fonte: Elaboração da própria autora.

Nos transformadores trifásicos, existem situações nas quais o tipo de conexão empregada na interligação dos enrolamentos impede a circulação das componentes harmônicas homopolares da corrente de magnetização, notadamente as componentes múltiplas de três, *triplens*. Nestas condições os reflexos sobre os fluxos magnéticos nos núcleos de cada unidade monofásica faz com que as respectivas tensões induzidas apresentem uma severa distorção harmônica.

B.3 Constituição Física da plataforma experimental

O objeto de aprendizagem foi concebido a partir de três unidades monofásicas, cujas características físicas estão ilustradas na Figura 84. Para tanto, utilizou-se apenas quatro bobinas da unidade monofásica, destacadas na figura.

Figura 84: Unidade monofásica e dados nominais.

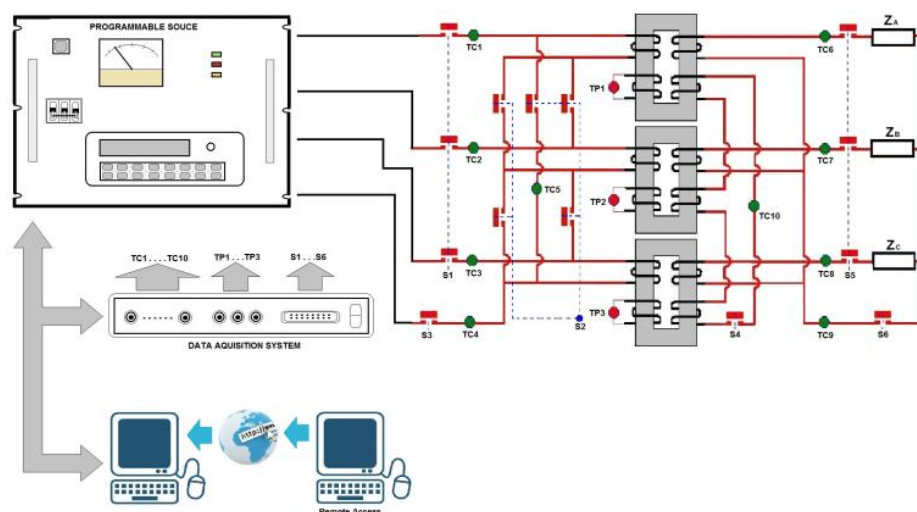


Potência nominal: 1 kVA
 Tensão nominal por bobina: 55 V
 Número de bobinas: 8
 Número de espiras por bobina: 90
 Número de bobinas ativadas: 4

Fonte: Elaboração da própria autora.

Para a configuração física dos diferentes arranjos trifásicos a serem investigados, as unidades monofásicas são interligadas remotamente pelo usuário por meio de relés eletromagnéticos, conforme figura 85.

Figura 85: Diagrama esquemático do arranjo experimental.



Fonte: Elaboração da própria autora.

B.3 Resultados Obtidos

Apresentam-se, a título de ilustração, alguns resultados obtidos durante a fase de teste de desempenho do objeto de aprendizagem. São destacadas as principais grandezas

elétricas que ilustram o comportamento dos bancos de transformadores trifásicos, considerando as diferentes conexões dos enrolamentos primários, secundários e terciários.

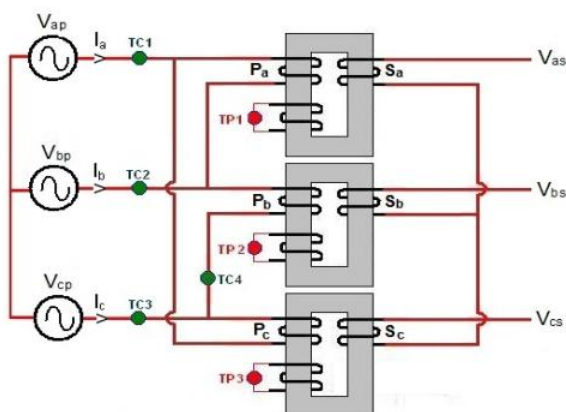
Com o objetivo de investigar, isoladamente, apenas o comportamento do transformador como possível fonte geradora de harmônicas, as tensões de alimentação foram rigorosamente mantidas com distorções harmônicas desprezíveis. Essa característica é assegurada com o uso da fonte de alimentação programável.

Para cada caso investigado experimentalmente por meio do arranjo experimental disponível no LrQEE, encaminha-se uma breve avaliação, objetivando sua contextualização quanto às expectativas de resultados sob o ponto de vista teórico.

B.3.1 – Conexão por meio primário em triângulo e secundário em estrela isolada

A Figura 86 mostra o diagrama esquemático do circuito resultante após o chaveamento dos relés de configuração ilustrados no diagrama geral, (Figura 85), bem como, os sensores de corrente e tensão ativos.

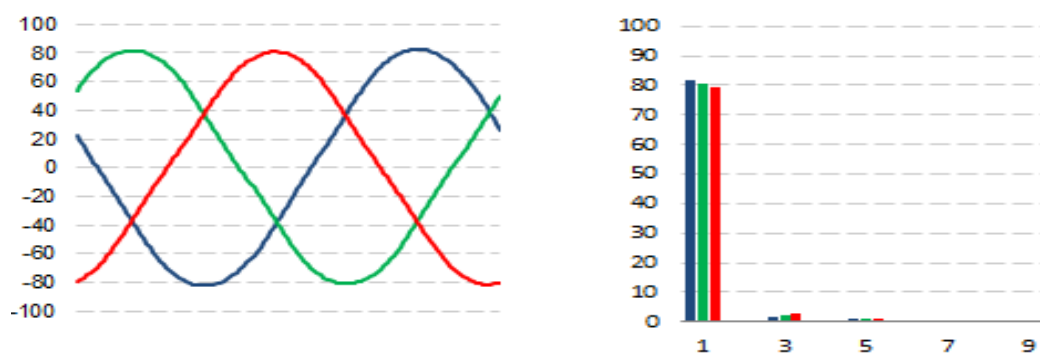
Figura 86: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número1.



Fonte: Elaboração da própria autora.

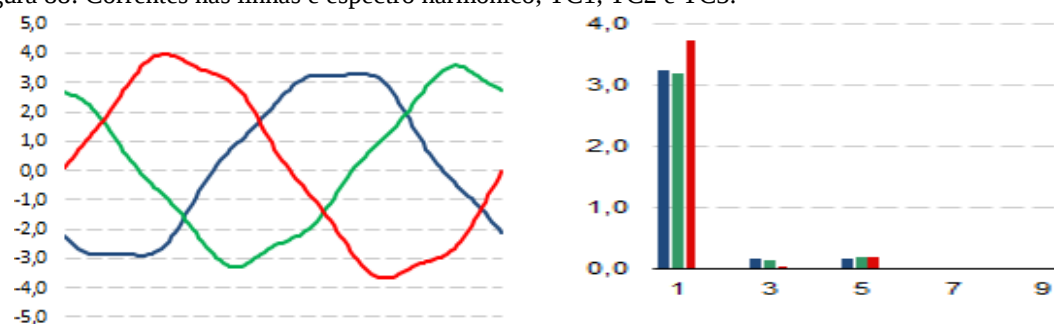
Os sinais captados pelos sensores são processados pelo aplicativo computacional e ilustrados graficamente, conforme Figuras de 87 a 90.

Figura 87: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 88: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3.



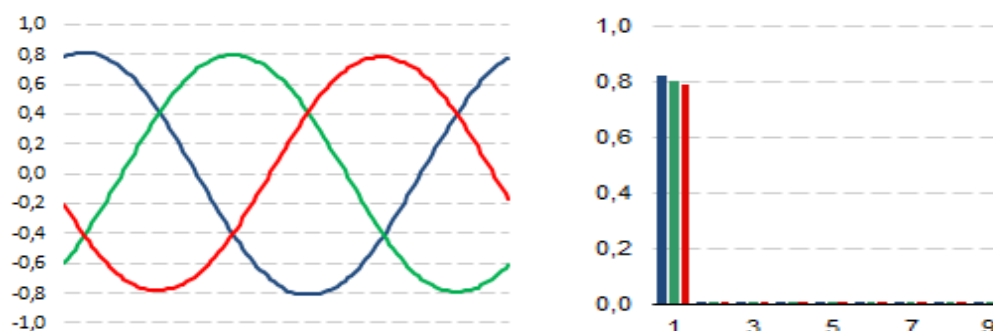
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 89: Corrente e espectro harmônico pelo TC4.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 90: Fluxos magnéticos e espectro harmônico TP1 , TP2 e TP3.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Nesse caso, o uso da conexão em triângulo no enrolamento primário garante a circulação das componentes homopolares das correntes magnetizantes no caminho fechado formado pelos enrolamentos de cada uma das unidades monofásicas que forma o triângulo. A corrente em um dos enrolamentos que compõe o triângulo, captada pelo TC4, é ilustrada na Figura 89 e Tabela 6(a).

Observa-se, como previsto, que a componente harmônica de ordem três, notadamente com característica homopolar, fica confinada ao circuito em triângulo, e não se propaga pela linha de alimentação, como ilustrado na Figura 88, obtida a partir dos sinais captados em TC1, TC2 e TC3. Os resíduos de terceira harmônica, constatados na Figura 88, são provenientes dos desequilíbrios intrínsecos entre as unidades monofásicas utilizadas e possuem sequencias de fase negativa e positiva, (Tabela 6 (b)).

Tabela 6: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes.

h	Correntes TC sondagem (A)			
	TC4	TC5	TC6	TC7
1	2,2	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,7	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0
RMS	1,61	0,00	0,00	0,00
PICO	2,93	0,00	0,00	0,00

(a) Correntes no TC4

h	Componentes Por Fase (A)			Componentes Sequenciais (A)		
	TC1	TC2	TC3	F+	F-	Fo
1	3,2	3,2	3,7	3,4	0,3	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RMS	2,3	2,3	2,6	2,4	0,3	0,0
DHT(%)	7,7	7,2	5,5			
PICO	3,3	3,6	4,0			

(b) Correntes na linha

Fonte: Elaboração da própria autora.

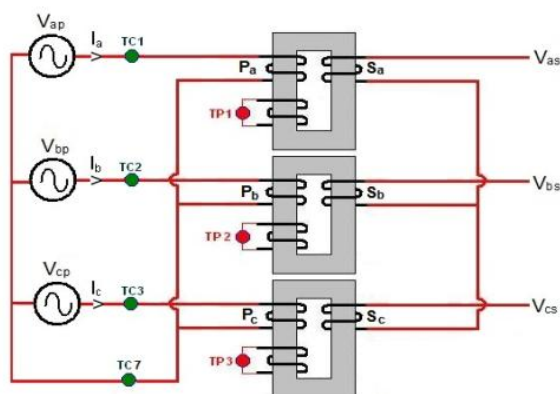
Naturalmente, de forma idealizada, utilizando unidades monofásicas idênticas, tais resultados não seriam esperados. Assim, o fluxo magnético nos diferentes núcleos monofásicos são senoidais, (Figura 90) e, conseqüentemente, às respectivas tensões induzidas também o serão. Os resultados nos TP's (Figura 87), refletem o comportamento das tensões induzidas, que nesse caso se apresentam com características bem próximas a senoidal.

Destaca-se novamente que os resíduos de harmônicas múltiplas de três, bem como, o pequeno desequilíbrio nas componentes fundamentais das tensões induzidas são motivados pela não uniformidade construtiva entre as unidades monofásicas. A presença da componente harmônica de quinta ordem, embora de valor substancialmente menor que a componente fundamental, deve ser esperada, mesmo em condições idealizadas, (Figura 87). Tal fato se sustenta na constatação de que uma parcela significativa da mesma se deve a queda de tensão produzida na reatância de dispersão pela circulação da componente de quinta harmônica presente na corrente de magnetização, (Figura 88).

B.3.2 – Conexão primário em estrela aterrada e secundário em estrela isolada.

A Figura 91 mostra o diagrama esquemático do circuito resultante após o chaveamento dos relés de configuração.

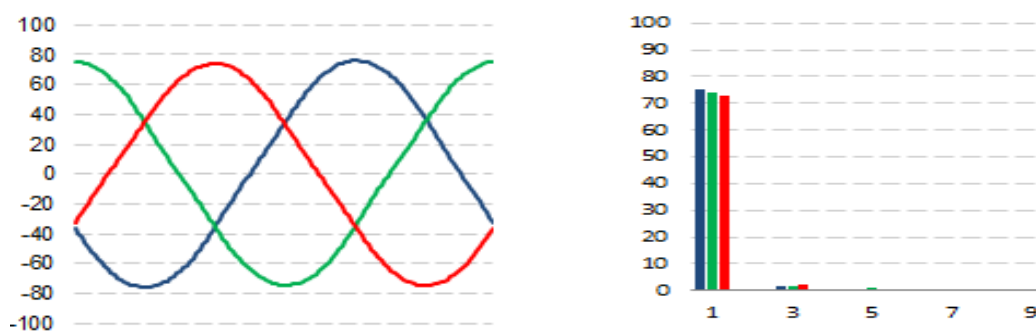
Figura 91: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número 2.



Fonte: Elaboração da própria autora.

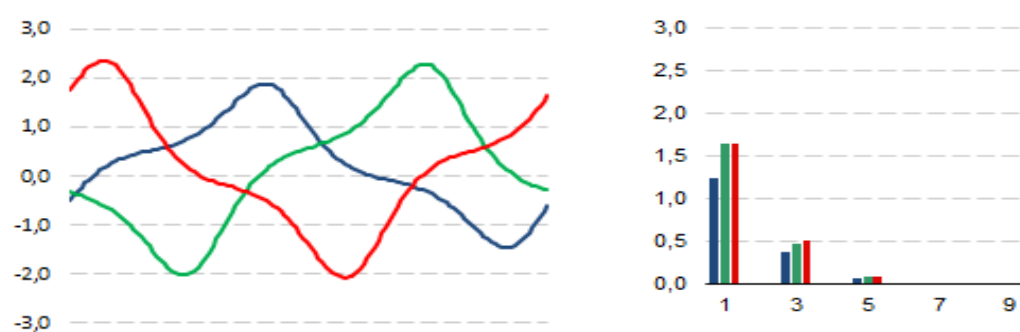
Os sinais captados pelos sensores são ilustrados nas Figuras de 92 a 95.

Figura 92: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.



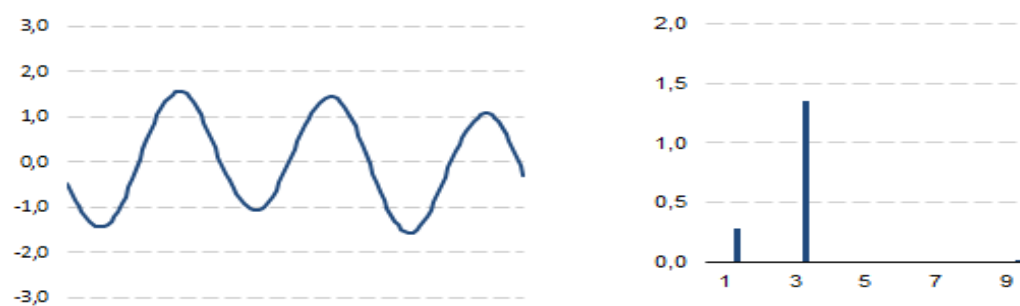
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 93: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3.



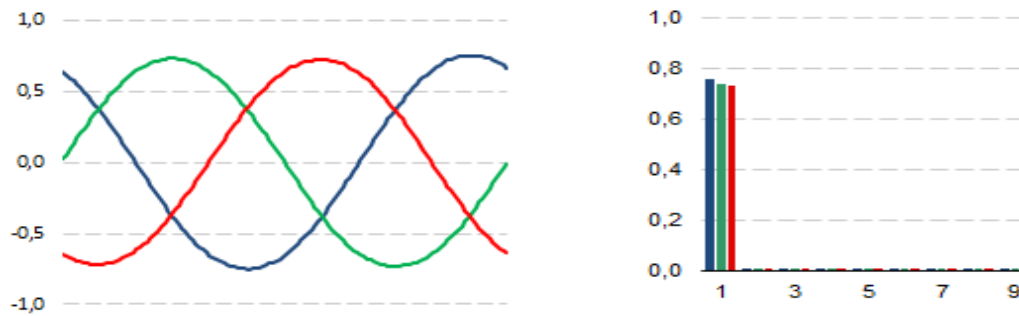
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 94: Corrente e espectro harmônico pelo TC7.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 95: Fluxos magnéticos e espectro harmônico T1, T2 e T3.



Fonte: Elaboração da própria autora.

A configuração em estrela aterrada nos enrolamentos primários das unidades monofásicas favorece a circulação das componentes de sequência zero das correntes, (Figura 93 e Tabela 6 (b)). Pelo condutor neutro circulam apenas as componentes homopolares, que nesse caso, são compostas pelas componentes harmônicas *triplens* e por uma parcela da componente fundamental, oriunda da não uniformidade entre as unidades monofásicas. Esta corrente captada pelo TC7 é ilustrada na Figura 94 e Tabela 6 (a). Como esperado, a componente de terceira harmônica pelo condutor neutro apresenta aproximadamente o triplo do registrado nas linhas.

A circulação das componentes homopolares garante uma característica senoidal para os fluxos pelos núcleos e conseqüentemente para as tensões induzidas, (Figuras 94 e 95, respectivamente).

Tabela 6: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes.

h	Correntes TC de sondagem (A)			
	TC4	TC5	TC6	TC7
1	0,0	0,0	0,0	0,3
2	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	1,4
4	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0
RMS	0,00	0,00	0,00	0,98
PICO	0,00	0,00	0,00	1,51

Correntes no TC7

h	Componentes Por Fase (A)			Componentes Sequenciais (A)		
	TC1	TC2	TC3	F+	F-	Fo
1	1,2	1,6	1,6	1,5	0,2	0,1
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,4	0,5	0,5	0,0	0,0	0,4
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RMS	0,9	1,2	1,2	1,1	0,1	0,3
DHT(%)	30,4	29,2	31,0			
PICO	1,9	2,3	2,4			

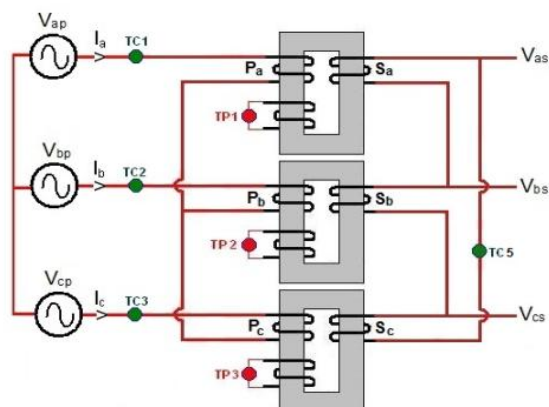
Correntes na linha

Fonte: Elaboração da própria autora.

B.3.3 – Conexão primário em estrela isolada e secundário em triângulo.

A Figura 96 mostra o diagrama esquemático do circuito resultante após o chaveamento dos relés de configuração.

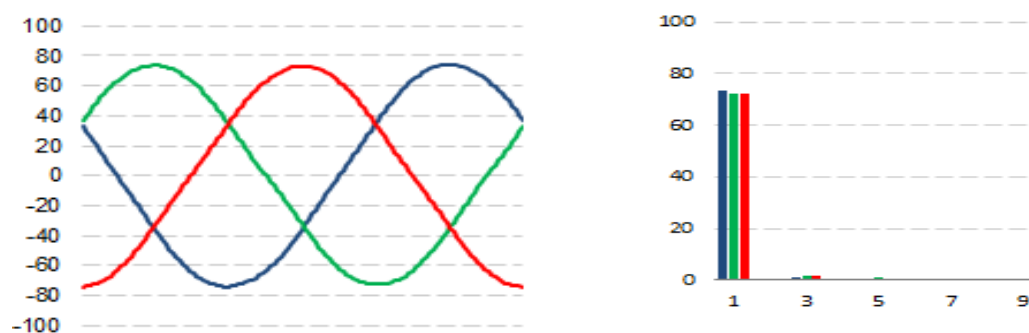
Figura 96: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número 3.



Fonte: Elaboração da própria autora.

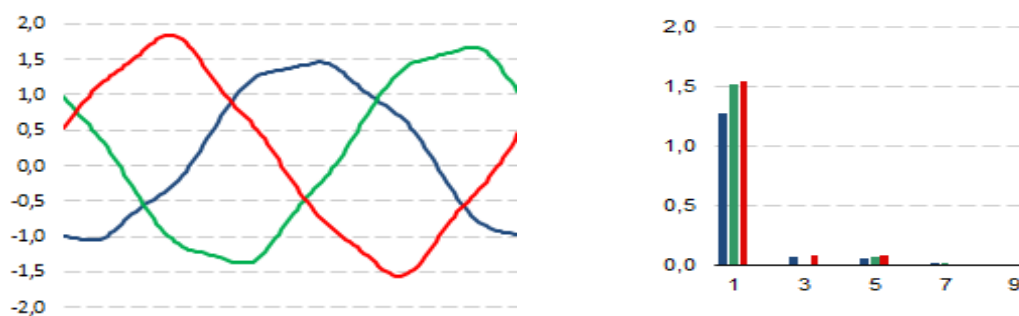
Os sinais captados pelos sensores são ilustrados nas Figuras 97 a 100.

Figura 97: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.



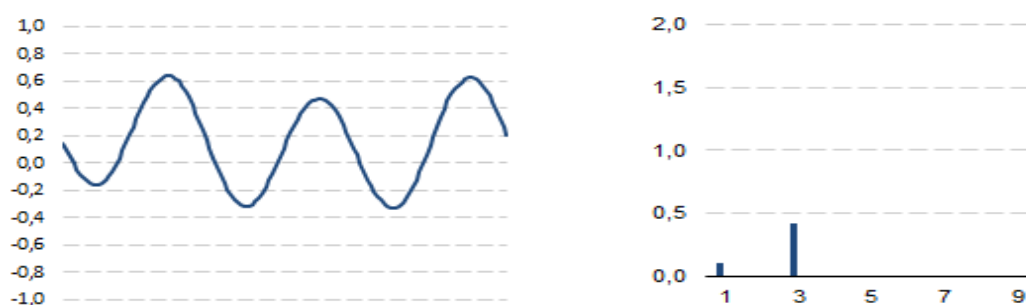
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 98: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3.



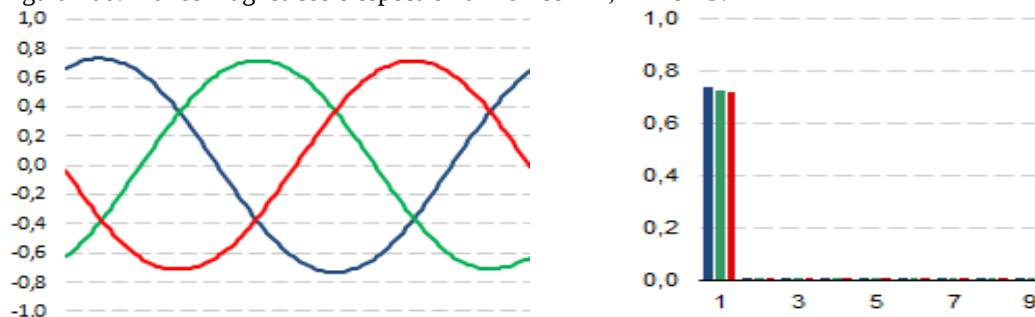
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 99: Corrente e espectro harmônico pelo TC5.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 100: Fluxos magnéticos e espectro harmônico T1, T2 e T3.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Nesse caso, a manutenção das características senoidais das tensões induzidas se deve a circulação das componentes homopolares internamente ao triângulo formado na conexão dos enrolamentos secundários, conforme registro do TC5, ilustrado na Figura 99 e

Tabela 7(a). As correntes de alimentação, (Figura 98 e Tabela 7(b)), não apresentam componentes de sequência zero devido a conexão estrela isolada no enrolamento primário. Portanto, as harmônicas residuais múltiplas de três estão relacionadas com a não uniformidade das unidades monofásicas.

Tabela 7: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes.

	Correntes pelos TC de sondagem (A)			
h	TC4	TC5	TC6	TC7
1	0,0	0,1	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,4	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0
RMS	0,00	0,31	0,00	0,00
PICO	0,00	0,64	0,00	0,00

Correntes no TC5

	Componentes Por Fase (A)			Componentes Sequenciais (A)		
h	TC1	TC2	TC3	F+	F-	Fo
1	1,3	1,5	1,5	1,4	0,2	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RMS	0,9	1,1	1,1	1,0	0,1	0,0
DHT(%)	7,6	4,9	7,5			
PICO	1,5	1,7	1,8			

Correntes na linha

Correntes no TC5

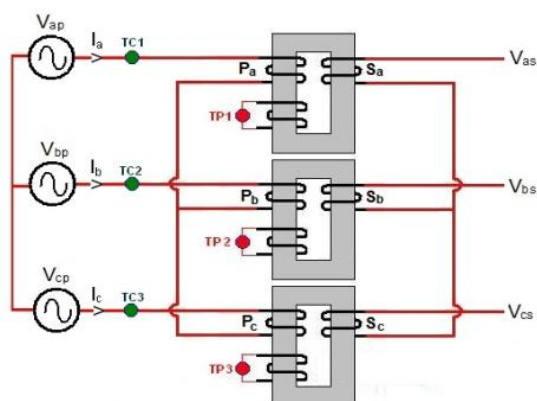
Correntes na linha

Fonte: Elaboração da própria autora.

B.3.4 – Conexão primário e secundário em estrela isolada.

A Figura 101 mostra o diagrama esquemático do circuito resultante após o chaveamento dos relés de configuração.

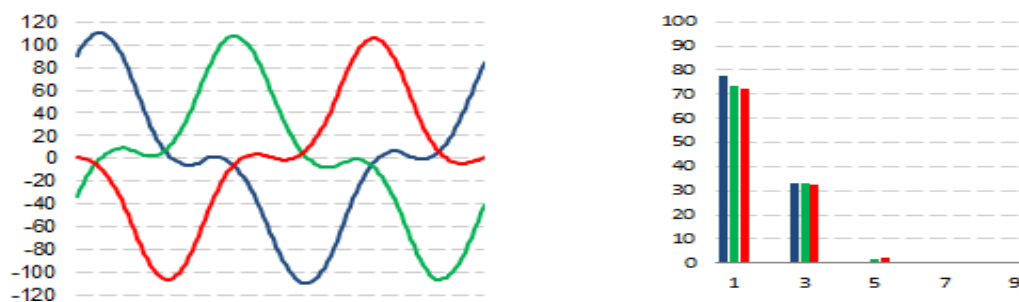
Figura 101: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número 4.



Fonte: Elaboração da própria autora.

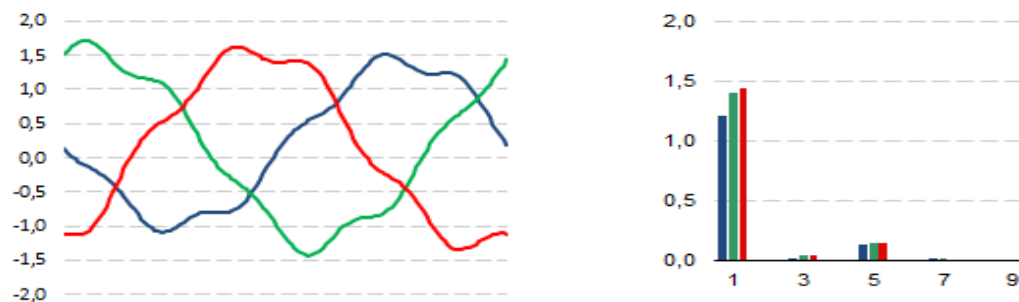
Os sinais extraídos dos diferentes sensores são ilustrados nas Figuras 102 a 104.

Figura 102: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.



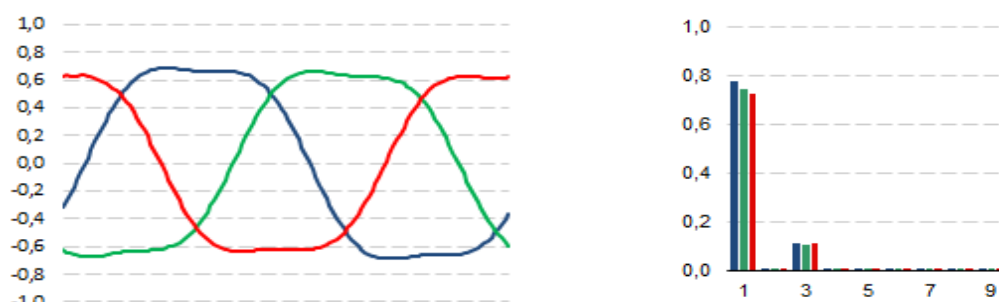
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 103: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 104: Fluxos magnéticos e espectro harmônico T1, T2 e T3.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Observa-se, para esta configuração da conexão dos enrolamentos, um comportamento substancialmente diferente para as correntes de alimentação e para as tensões induzidas quando comparados aos casos anteriores. Nas configurações apresentadas nos itens A, B e C, sempre foi possível prover um caminho de circulação das

componentes homopolares das correntes, seja pela conexão dos enrolamentos primários e/ou secundários. Naquelas condições operacionais, as formas de onda dos fluxos magnéticos nos núcleos de cada uma das unidades monofásicas são praticamente senoidais, a despeito das pequenas diferenças construtivas das unidades monofásicas.

Para o caso em pauta, não há caminho possível para circulação das componentes homopolares e tal restrição tem reflexos diretos sobre a forma de onda dos fluxos magnéticos, (Figura 104) e, conseqüentemente, sobre as tensões induzidas, (Figura 102 e tabela 8(a)), com severas distorções devidas, principalmente, às harmônicas *triplens*. Tais componentes harmônica, provocam as formas de onda achatada do fluxo magnético, bem como, as formas de onda pontiagudas das tensões induzidas. As correntes magnetizantes naturalmente não apresentam componentes de sequência zero e, conseqüentemente, as componentes harmônicas *triplens* são praticamente desprezíveis, (Figura 103 e Tabela 8(b)).

Tabela 8: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes.

h	Componentes Por Fase (V)			Componentes Sequenciais (V)		
	TP1	TP2	TP3	F+	F-	Fo
1	77,4	73,3	72,4	74,3	0,6	2,5
2	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1
3	33,2	32,9	32,4	0,1	0,4	32,8
4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,2
5	0,7	1,7	2,2	0,1	1,3	1,0
6	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
7	0,3	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1
8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,6	0,7	0,6	0,1	0,1	0,6
RMS	59,6	56,8	56,1	52,6	1,1	23,3
DHT(%)	42,9	45,0	45,0			
PICO	110,8	107,4	105,9			

h	Componentes Por Fase (A)			Componentes Sequenciais (A)		
	TC1	TC2	TC3	F+	F-	Fo
1	1,2	1,4	1,4	1,3	0,1	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RMS	0,9	1,0	1,0	1,0	0,1	0,0
DHT(%)	11,0	10,9	10,9			
PICO	1,5	1,7	1,6			

(a) Tensões induzidas

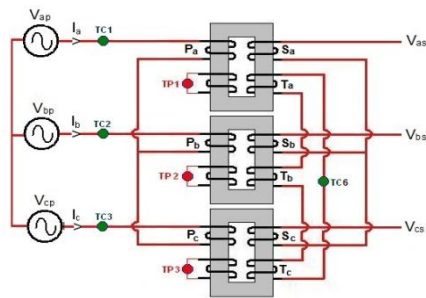
(b) Correntes na linha

Fonte: Elaboração da própria autora.

B.3.5 – Conexão primário e secundário em estrela isolada e terciário em triângulo.

A Figura 105 mostra o diagrama esquemático do circuito resultante após o chaveamento dos relés de configuração.

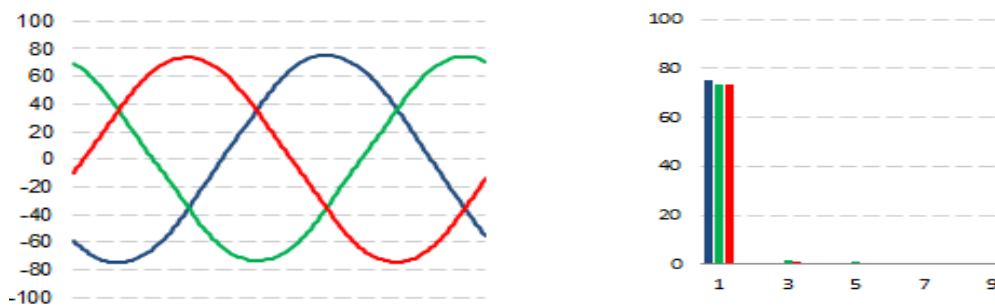
Figura 105: Configuração ativa para o objeto de aprendizagem número 5.



Fonte: Elaboração da própria autora.

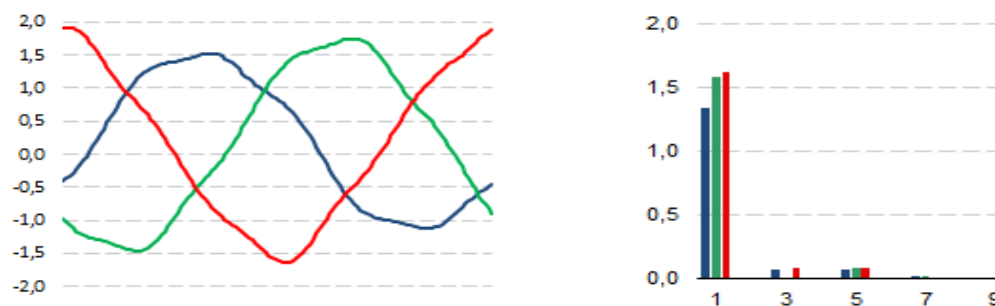
Os sinais captados pelos sensores são ilustrados nas Figuras de 106 a 109.

Figura 106: Tensões induzidas e espectro harmônico, TP1, TP2 e TP3.



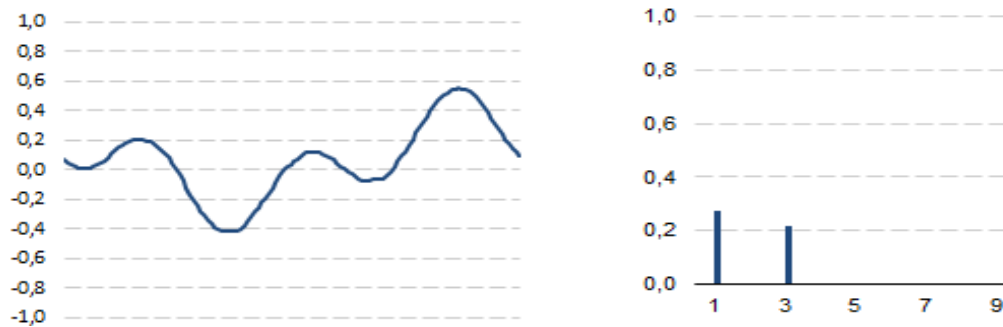
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 107: Correntes nas linhas e espectro harmônico, TC1, TC2 e TC3.



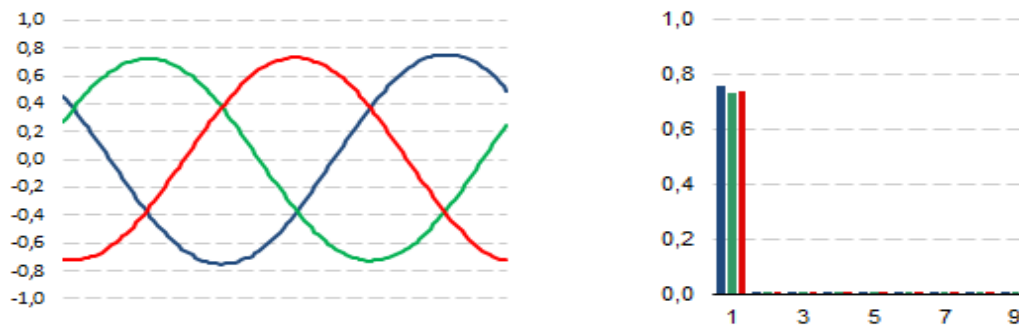
Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 108: Corrente e espectro harmônico pelo TC6.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Figura 109: Fluxos magnéticos e espectro harmônico T1, T2 e T3.



Fonte: Elaboração da própria autora.

Tabela 9: Componentes harmônicas e sequenciais das correntes.

h	Correntes pelos TC de sondagem (A)				Componentes Por Fase (A)			Componentes Sequenciais (A)		
	TC4	TC5	TC6	TC7	TC1	TC2	TC3	F+	F-	Fo
1	0,0	0,0	0,3	0,0	1,3	1,6	1,6	1,5	0,2	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RMS	0,00	0,00	0,25	0,00	0,9	1,1	1,1	1,1	0,1	0,0
DHT(%)					7,6	5,1	7,4			
PICO	0,00	0,00	0,55	0,00	1,5	1,8	1,9			

(a) Correntes no TC6

(b) Correntes na linha

Fonte: Elaboração da própria autora.

Mesmo mantendo os enrolamentos primários e secundários com conexões em estrela isolada, é possível prover um caminho para circulação das componentes homopolares pela utilização de um terceiro enrolamento com fechamento em triângulo. A forma de onda e o espectro harmônico da corrente no enrolamento terciário são apresentados na Figura 108 e Tabela 9(a). Nessas condições, pelos enrolamentos terciários, circulam apenas as componentes homopolares necessárias para manter o fluxo magnético com características praticamente senoidais. Dessa forma, garantem-se também tensões induzidas livres de distorções harmônicas. As Figuras 106 e 107 ilustram, respectivamente, as tensões induzidas, captadas pelos sensores TP1, TP2 e TP3, e os fluxos magnéticos associados.

Na corrente captada pelo TC6, (Figura 108), a parcela relacionada com a componente fundamental em condições idealizadas não deveria existir. Nesse caso, atribui-se novamente a circulação desse resíduo de sequência zero na componente fundamental às discrepâncias construtivas entre as unidades monofásicas.

Como esperado, as correntes magnetizantes não apresentam componentes homopolares e a distorção harmônica presente se deve praticamente às componentes de quinta harmônica e aos resíduos em sequências positiva e negativa das harmônicas múltiplas de três, originários das assimetrias entre as unidades monofásicas, (Figura 107 e Tabela 9(b)).

APÊNDICE C

Formatação dos questionários e comentários apresentados pelos discentes durante o processo de avaliação das práticas pedagógicas.

C.1 Questionário de avaliação para prática pedagógica de aula híbrida (utilizado em sala).



Questionário de Avaliação

Objetivo: Avaliar o grau de aceitação da prática pedagógica envolvendo a realização de experimentos de apoio com laboratório remoto. Pede-se que sejam ponderadas as afirmativas apresentadas na tabela abaixo, na seguinte conformidade:

1(Discordo totalmente) **2**(Discordo) **3**(Indiferente) **4**(Concordo) **5**(Concordo totalmente)

AFIRMAÇÕES	1	2	3	4	5
A realização do experimento <i>online</i> , durante a aula, é produtiva e oportuna.					
A realização do experimento <i>online</i> , durante a aula, é motivadora para busca de novos conhecimentos sobre o assunto abordado.					
A prática experimental ajudou na compreensão da teoria relacionada ao assunto.					
A prática pedagógica adotada favorece a fixação dos conceitos teóricos envolvidos.					
O experimento realizado de forma remota atende a expectativa quanto à percepção da realidade física.					
Uma simulação digital pode substituir o experimento real realizado remotamente, sem prejuízos quanto à interpretação dos resultados.					
A imagem em vídeo (<i>Webcam</i>), mostrando a plataforma experimental, é indispensável para esta prática pedagógica.					

Comentários: (use o quadro abaixo para encaminhar suas observações adicionais)

Fonte: Elaboração da própria autora.

C.2 Questionário de avaliação técnica do OA “Lâmpadas Elétricas”.



Avaliação Experimental de Lâmpadas Elétricas

(Projeto: Laboratório Remoto no Apoio ao Ensino)



CARACTERÍSTICAS	INCANDESCENTE	COMPACTA	LED
Luminância (lm / nominal)	790	790	790
Vida Útil (horas / nominal)	1000	8000	15000
Tensão (V)			
Corrente (A)			
Potencia Aparente (VA)			
Potencia Ativa (W)			
Potencia Reativa (Var)			
Fator de Deslocamento (FD)			
Distorção Harmônica (THD)			
Fator de Distorção (F_{dis})			
Fator de Potência (FP)			
Eficiência (lm/W)			
Eficiência (lm/VA)			
Eficiência (lm/A)			

Observações:

Fonte: Elaboração da própria autora.

C.3 Questionário de avaliação para prática pedagógica de aula híbrida (*Google Forms*).

Página 1 de 1

Questionário de Avaliação - 2016_pos_QEE_2T

Ano: 2016

Curso: Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Instituição: Unesp Ilha Solteira

Disciplina: Qualidade da Energia Elétrica.

2 Trimestre

OBJETIVO: Avaliar o grau de aceitação da prática pedagógica envolvendo a realização de experimentos de apoio com laboratório remoto.

1 (Discordo totalmente) 2 (Discordo) 3 (Indiferente) 4 (Concordo) 5 (Concordo totalmente)

Formação:

Avaliação da Utilização do Laboratório Título da pergunta Remoto

1 (Discordo totalmente) 2 (Discordo) 3 (Indiferente) 4 (Concordo) 5 (Concordo totalmente)

	1. Discordo totalmente	2. Discordo	3. Indiferente	4. Concordo	5. Concordo Totalmente
1. A realização do experimento online, durante a aula, é produtiva e oportuna.	☐	☐	☐	☐	☐
2. A realização do experimento online, durante a aula, é motivadora para a busca de novos conhecimentos sobre o assunto abordado.	☐	☐	☐	☐	☐
3. A prática experimental ajudou na compreensão da teoria relacionada ao assunto.	☐	☐	☐	☐	☐
4. A prática pedagógica adotada favorece fixação dos conceitos teóricos.	☐	☐	☐	☐	☐
5. O experimento realizado de forma remota atende a expectativa quanto à percepção de uma realidade física.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Uma simulação digital poderia substituir o experimento real realizado remotamente, sem prejuízos quanto à interpretação dos resultados.	☐	☐	☐	☐	☐
7. A imagem em vídeo (WebCam), mostrando a plataforma experimental, é indispensável nesta prática pedagógica.	☐	☐	☐	☐	☐

Fonte: Elaboração da própria autora.

C.4 Comentários encaminhados pelos discentes

- A utilização de melhor câmera para apresentação do laboratório remoto é uma boa opção, pois é a via de comunicação entre o usuário *online* e o experimento.
- Incorporação da imagem visual no layout dos dados do experimento facilitaria a visualização. Possibilidades de testar outros equipamentos seriam interessantes. Disponibilizar, em paralelo ao laboratório remoto, material sobre o tema "qualidade de energia".
- A realização do experimento *online* é muito interessante e motiva o aprendizado. Porém, considero muito importante também as experiências presenciais onde podemos montar o circuito e ver a teoria sendo concretizada.
- Apesar de achar a câmera um item indispensável para a aplicação, a câmera instalada no momento tem baixa resolução e ângulo de visão razoavelmente desfavorável. A aquisição de uma câmera melhor e o melhor posicionamento da mesma, ou melhor, campo de movimentação da câmera deixaria a observação do experimento muito mais agradável.
- Acredito que a utilização do laboratório remoto seja muito útil para o aprendizado, toda via, este não deve substituir o laboratório presencial de maneira alguma. Deve ser utilizado como um complemento para o aprendizado do aluno, tendo em vista que muitos aspectos não podem ser observados remotamente.
- A iniciativa é ótima e complementa a teoria com dados práticos e não teóricos fornecidos por *software*. Acredito que este laboratório não será usado para substituir as atuais práticas essenciais, por isso, o seu uso para complemento a aulas onde os laboratórios não fornecem acesso a todos deve ser reforçado.
- A movimentação da câmera poderia ser feita de maneira a proporcionar uma melhor visualização (o movimento da câmera é estática e somente rotacional em seu eixo. Uma ideia seria disponibilizar um meio de deslocá-la para os lados e para cima).
- O controle da interface do *software* pelo docente seria interessante para moldar a ferramenta em sua didática.
- Quanto ao acesso ao laboratório remoto, este deve ser bem controlado e regulamentado. A imagem em vídeo do experimento é interessante para verificar o real funcionamento dos equipamentos. Caso algo não esteja funcionando, é possível perceber.

- É importante a convicção da calibração dos equipamentos e parâmetros em paralelo com os erros que podem ser obtidos. Por se tratar de uma prática nova, há abertura de espaço ao desenvolvimento de *softwares* pelos alunos.
- Um melhoramento do layout, individualizando os circuitos para visualizar o comportamento em diferentes tensões.
- Acredito que seja técnica muito válida, porém receio que em alguns laboratórios de maiores complexidade, alguns itens sejam deixados de lado. Deve-se ter este cuidado para que seja uma experiência completa, rica em detalhes e que talvez nos permita "cometer erros" indicando assim onde estamos errando.
- Creio que seja imprescindível o aluno ter acesso às instalações físicas do laboratório, reforçando os conceitos envolvidos na montagem do experimento. O laboratório remoto ganha frente a uma simulação pela fidelidade nos resultados, carece no didatismo da montagem experimental.
- Nem todos os alunos devem ter livre acesso, uma vez que poderiam "atrapalhar" os alunos que estiverem realizando pesquisa no assunto e necessite do uso do experimento remoto. Portanto, o acesso moderado (regulado) a todos os alunos, dando prioridade aos que necessitam do experimento remoto.
- Achei sensacional a ideia e a conclusão da montagem do experimento, porém achei que a montagem deveria se feita pelo aluno com noção de voltímetros e amperímetros.
- A vivência em um laboratório de ensino é fundamental na formação de engenheiro, visto que no mercado de trabalho é necessário certo domínio para um bom desempenho. Os laboratórios que possibilitam experimentos *online* seriam uma excelente ferramenta para complementar os experimentos presenciais, porém sem substituí-los.
- O experimento está sendo muito produtivo da maneira com que está sendo apresentado.
- Achei bastante interessante a experiência realizada, pois além de contribuir com a compreensão do assunto, trouxe para o estudo uma nova tecnologia, as lâmpadas LED.
- A facilidade de realizar o experimento é sem dúvida um ponto forte sobre o assunto, mas, talvez gere uma carência no contato com experimentos práticos.
- O experimento remoto, por ser uma aquisição real, passa uma maior satisfação quanto a credibilidade com os resultados por ser de uma forma prática. Motivando uma comprovação teórica mais eficiente e com objetivo que podem ser alcançados, e com menos probabilidade de erros desde que seja atento.

- Práticas de laboratório devem compor e auxiliar a fixação de conhecimento quanto mais presencial possível. Quando inviável, a prática de utilização remota consegue atender de forma eficiente, dando amparo a teoria aplicada.
- O experimento real remoto torna a aula mais interessante, interativa, descarta qualquer subjetividade. Provoca o aluno a adotar mais este método como forma de aprendizado.
- Uma simulação não poderia substituir o experimento real porque os conhecimentos práticos ajudam o estudante a esclarecer e fortalecer os conhecimentos teóricos.
- Em relação à simulação digital, pode-se perceber que os dados coletados geralmente favorecem resultados perfeitos, o que na vida real nem sempre são aceitos pois os experimentos proveem dados mais próximos do que acontece nas questões reais.
- Acho que uma simulação digital não poderia substituir o experimento real, já que na simulação não têm-se em conta todos os parâmetros do evento na vida real.
- O experimento real é indispensável para a melhor compreensão e para sanar possíveis dúvidas de conceituação teórica. Permite visualizar de forma concreta os conceitos teóricos de forma mais clara do que uma simulação. O experimento real agrega mais credibilidade do que qualquer simulação desenvolvida.
- O experimento real permite uma compreensão do ambiente real, mesmo que o sistema crie uma rede elétrica exclusiva, ela permite a análise das condições adversas e efeitos dos componentes incorporados ao sistema.
- Acredito que uma simulação digital não pode substituir totalmente um experimento real. Acredita-se que deva, na medida do possível, haver uma interação entre a simulação digital e o experimento real.
- Trazer para a sala de aula um caso real, mesmo que hipotético é muito significativo e impactante no processo de aprendizado. Parabéns pela iniciativa. Talvez, se houvesse um auxiliar de laboratório interagindo com os comandos, aumentaria a credibilidade.
- A simulação digital pode ser usada em um primeiro momento, finalizando com o experimento real. Dessa forma, permite evidenciar as diferenças entre a resolução de um problema virtual (simulação) e a resolução do problema real.
- A simulação digital pode substituir o experimento em casos onde há a possibilidade de se modelar todas as variáveis físicas envolvidas, o que, em grande parte dos experimentos é muito difícil.

- Achei importante existir a plataforma, independente de ser *online*, já que a plataforma oferece recurso para compreender os dados/resultados. Importante também poder variar os valores/premissas e verificar a influencia nos resultados.
- O experimento realizado com o apoio do laboratório remoto auxilia na compreensão e fixação dos conceitos abordados em aula e motiva na busca de maior conhecimento sobre o assunto abordado.
- O apoio do laboratório remoto tem grandes produtividades para os alunos, mas acredito que não substitui totalmente o laboratório presencial.
- Sugiro que para aumentar a interatividade do aluno com o laboratório remoto, utilizar web cam com controle habilitado ao aluno para movimento e zoom para visualizar os componentes e equipamentos.
- A prática é totalmente viável nos dias atuais. Precisamos que mais professores façam uso dessa prática.
- A ferramenta utilizada é muito interessante e poderia se expandir para outras áreas, além de ser compartilhada com outras instituições.
- Ótima ferramenta para apoio e fixação de conteúdo quando houver periculosidade no ensaio ou ausência de laboratório prático.
- A ferramenta auxilia muito nas aulas, pois nem sempre será possível ir até o local para analisar os dados, claro que o contato físico no local é sempre indispensável para os alunos conhecerem como funcionam nas práticas. Mas, com a ferramenta é possível obter os mesmos dados à distância.
- Gostei da ferramenta e consta que tem muitos elementos visuais que dão para entender melhor os conceitos teóricos. Trabalho bem feito, aplicado e consistente com o objetivo do dia-a-dia do curso. Parabéns.
- Ainda não tinha visto este tipo de abordagem pedagógica. Se bem trabalhada pelo professor irá ajudar muito na compreensão do conteúdo. Pois serão vistos exemplos práticos em tempo real na sala de aula. Só tenho elogios para este trabalho. Parabéns!
- Muito bom essa ferramenta. Acredito que todo final de conteúdo deveria ser feito uma experiência como essa. Mas a experiência física também é muito importante, pois dessa forma são identificados problemas eventuais. "Bem vindo ao mundo real".

APÊNDICE D

Artigos desenvolvidos e publicados em anais de eventos, a partir dos resultados de pesquisa obtidos nesta tese.

MORAIS, E. V.; TEIXEIRA, M. C. M.; SCHULÜNZEN, K, J.; OLIVIEIRA, L. C. O.; ASSUNÇÃO, E. O ensino construtivista de Engenharia Elétrica baseado em laboratórios remotos. In Anais do VII International Conference on Engineering and Computer Education. 2011, Guimarães, Portugal.

MORAIS, E. V.; BOVOLATO, L. F; OLIVEIRA, L. C. O.; OLIVEIRA, R. A. N.. Objetos de Aprendizagem para Laboratório Remoto em Atividades de EaD. In: Anais do Simposio Ibero-Americano de Aplicaciones y Tecnologias de Informacion y Comunicaciones (ATIC) - Orlando - EUA. Aplicaciones y Tecnologías de Información y Comunicaciones, 2012. p. 155-160.

MORAIS, E. V.; BOVOLATO, L. F.; OLIVEIRA, L. C. O.; OLIVEIRA, R. A. N. Laboratório Remoto Como Suporte ao Ensino e Pesquisa na Área de Qualidade da Energia Elétrica. In: VIII International Conference on Engineering and Computer Education, 2013, Luanda – Angola – Africa. Anais do ICECE'2013. Luanda: COPEC Science and Education Research Council, 2013. p. 263-267.

MORAIS, E. V.; BOVOLATO, L. F.; OLIVEIRA, L. C. O.; OLIVEIRA, R. A. N. Harmônicas em Transformadores de Potência: Investigação Experimental com Acesso Remoto. In: Anais do X Latin-American Congress on Electric Power Generation Transmission and Distribution (CLAGTEE 2013), 2013, Viña Del Mar, Chile

MORAIS, E. V.; BOVOLATO, L. F. O; OLIVEIRA, L. C. O.; OLIVEIRA, R. A. N. Laboratório Remoto na Investigação Científica e na Atualização Profissional. In: Anais do XIII International Conference on Engineering and Technology Education (INTERTECH 2014), 2014, Guimarães, Portugal.

MORAIS, E. V.; BOVOLATO, L. F.; OLIVEIRA, L. C. O; OLIVEIRA, R. A. N. Práticas Experimentais no Ensino à Distância e na Pesquisa Cooperativa em Engenharia Elétrica. In: Anais do XIII International Conference on Engineering and Technology Education (INTERTECH 2014), 2014, Guimarães, Portugal.

MORAIS, E. V.; BOVOLATO, L. F.; OLIVEIRA, L. C. O.; OLIVEIRA, R. A. N. Evolução dos Laboratórios Experimentais de Engenharia Elétrica: Premissas para o Ensino à Distância e Pesquisa Cooperativa. Décima Terceira Conferencia em IberoAmericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2014), 2014, Orlando, EUA.

MORAIS, E. V.; BOVOLATO, L. F.; OLIVEIRA, L. C. O.; OLIVEIRA, R. A. N. Plataforma Experimental para Estudo das Pontes Conversores da HVDC em Atividades de EaD. Décima Terceira Conferencia em IberoAmericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2014), 2014, Orlando, EUA.

OLIVEIRA, R. A. N.; OLIVEIRA, L. C. O.; MORAIS, E. V.; BOVOLATO, L. F.O. Protótipo de Ponte Conversora com Acesso Remoto para Estudos Experimentais em HVDC. In: Anais do IX International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE'2015) – Zilina – Slovakia. 10 – 13 de maio, 2015. (Digital).

APÊNDICE E

Boletins técnicos apresentados junto ao Grupo de Estudos da Qualidade de Energia Elétrica da FEIS-UNESP, como meio de divulgação dos trabalhos de pesquisa em curso. Os boletins constam também na página de divulgação das atividades do grupo de pesquisa e podem ser acessados no endereço: www.feis.unesp.br/LAQEE.



Grupo de Estudo da Qualidade da Energia Elétrica
Boletim Informativo GEQEE
Edição N° 1 Outubro 2014

Laboratórios Experimentais no Ensino de Engenharia Elétrica

Erica Vasconcelos de Moraes

Laboratórios Experimentais

Um dos grandes obstáculos enfrentados pelos estudantes e pesquisadores na área de engenharia elétrica é o elevado grau de abstração com o qual muitas vezes são solicitados a trabalhar. A importância da prática experimental no processo de apropriação dos conceitos teóricos é inegável, pois a vivência com determinada experiência facilita a fixação do conteúdo a ela relacionado. No contexto do ensino de graduação e pós-graduação em Engenharia Elétrica, o laboratório experimental tem sido um poderoso recurso pedagógico para ajudar a transpor a barreira entre o conceito teórico e, muitas vezes abstrato, da sua real aplicação prática. Por outro lado, observa-se atualmente um substancial descompasso entre as quantidades de trabalhos baseados exclusivamente em simulações digitais e aqueles que envolvem testes experimentais. Tal fato se deve fundamentalmente aos custos reduzidos da infraestrutura computacional quando comparada aos laboratórios experimentais. Muitas publicações apresentam apenas resultados teóricos obtidos por meio de aplicativos computacionais, e, pouco se discute sobre confiabilidade dos mesmos. Na pesquisa, em geral, e especificamente no desenvolvimento de novos produtos, o laboratório é um meio catalisador no processo de aquisição de novos conhecimentos e um importante aliado na mediação entre o conhecimento vulgar e o conhecimento científico. A investigação experimental deve, portanto, ser incentivada no sentido de ancorar os aplicativos computacionais ao real comportamento das redes e/ou equipamentos elétricos, por meio de um processo sistemático de aperfeiçoamento dos modelos teóricos através de testes comparativos.

I fear and I forget; I use and I remember; I do and I understand. Confucius (312-250 BC)

A Evolução

Historicamente, até no final década de 80 podem ser identificadas três fases distintas na evolução dos laboratórios experimentais. Os aspectos mais relevantes nesta classificação compreendem: área de ocupação; equipamentos e instrumentos de medida; especificidade, flexibilidade e disponibilidade.

1ª Geração:
Equipamentos pesados e volumosos; único set experimental; instrumentação analógica; componentes auxiliares de potência elevada.

2ª Geração:
Equipamentos em consoles customizados; expansão do número de sets; instrumentação analógica e digital; componentes auxiliares de baixa potência.

3ª Geração:
Uso de computadores com sistemas de aquisição de dados; sets experimentais compactos; instrumentação digital, interfaces digitais e instrumentação virtual.



1ª Geração



2ª Geração



3ª Geração

O Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica (LrQEE)

Em geral, os problemas abordados nos estudos de qualidade da energia elétrica são produzidos por sistemas dinâmicos complexos, que podem ser variáveis no tempo, dependentes da frequência e na maioria das vezes não lineares. Desta forma, devido à complexidade dos fenômenos físicos envolvidos e às limitações dos modelos teóricos, uma análise teórica simplificada pode resultar em interpretações equivocadas, induzindo às soluções simplistas e mal formuladas.

Para atender as demandas experimentais no ensino, pesquisa e extensão na subárea de estudos da qualidade da energia elétrica, criou-se o Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica (LQEE), classificado como de 3ª geração. Recentemente, visando o atendimento das atividades de ensino à distância e pesquisas cooperativas com outras instituições, novas iniciativas vem sendo implantadas para viabilizar o seu acesso remoto (LrQEE). Para tanto, o GEQEE vem desenvolvendo as atividades relacionadas à implantação ou aperfeiçoamento dos requisitos necessários para atender esta expectativa. Entre elas destacam-se:

- Sistema de gerenciamento e controle de acesso de usuários remotos;
- Interfaces para medição, controle e acionamento remoto via Web.
- Objetos de aprendizagem experimentais para apoio ao ensino da QEE.
- Plataformas experimentais para apoio à pesquisa cooperativa.
- Testes de aceitação do uso do LrQEE no ensino e pesquisa.



LrQEE



Metodologias de Ensino com Laboratórios Remotos

Erica Vasconcelos de Moraes

Ensino a Distância na Engenharia Elétrica.

Entre as críticas sobre o uso intensivo de EaD nas áreas tecnológicas, notadamente de engenharia elétrica, reside no fato que normalmente as atividades de natureza prática experimental ficam prejudicadas. Um recurso frequentemente utilizado é um sistema de EaD semipresencial, onde as atividades experimentais são realizadas no local onde o laboratório encontra-se fisicamente instalado, exigindo portanto o deslocamento dos estudantes. Este procedimento, embora viável em muitos casos, praticamente restringe a abrangência de um curso de EaD, sendo esta limitada pela localização geográfica do laboratório experimental. Uma solução alternativa seria a replicação dos laboratórios capacitados no sentido de viabilizar a adesão grupos de estudantes. Entretanto, este procedimento implica muita vezes em substancial aumento dos custos operacionais, o que se contrapõe às premissas de utilização de EaD. Uma nova alternativa às iniciativas citadas é o uso de laboratórios remotos. Estas plataformas experimentais podem ser capacitadas para viabilizar a execução de um experimento à distância, dentro de um cenário mais realista e sem as limitações dos softwares de simulação. Nesta perspectiva de uso de laboratório é possível ainda direcionar os recursos financeiros na capacitação de um único laboratório para atender uma demanda extensa de experimentos dentro de padrões mais rigorosos de qualidade.

"B-learning" e Laboratórios Remotos.

O laboratório experimental tem sido utilizado nas práticas pedagógicas como um meio catalisador no processo de aquisição de novos conhecimentos sendo mediador entre o conhecimento vulgar e o conhecimento científico, sobretudo no campo das engenharias. Particularmente, o laboratório experimental com acesso remoto se apresenta como um excelente recurso pedagógico na perspectiva do ensino a distância. Neste contexto, pode-se viabilizar a adoção de um ambiente de aprendizagem híbrida (B-learning), constituída de atividades presenciais ou remotas, tanto teóricas quanto experimentais. Atualmente as principais modalidades desta prática são: Aula Híbrida (Hybrid Classroom) e Aula Invertida (Flipped Classroom), onde o Laboratório Remoto pode ser adotado como o principal pilar de sustentação das atividades extra classe. Para a prática da aula invertida, o Laboratório deve ser acessado remotamente pelos estudantes os quais realizarão os experimentos agendados pelo professor e os resultados observados serão objetos de discussão durante as aulas teóricas presenciais subsequentes. Na aula híbrida o professor, durante a exposição teórica presencial faz o acesso ao laboratório remoto e ilustra, de forma experimental, alguns aspectos sobre o tema abordado na aula.

Conceitualmente a metodologia de ensino referenciada como aula híbrida pode ser compreendida como um procedimento pedagógico, onde o professor utiliza na sala de aula algum recurso auxiliar com vistas à consolidação da aprendizagem. Estes recursos no ensino de engenharia elétrica normalmente são traduzidos como descrição de experiências práticas vivenciadas, solução de problemas práticos, realização de projetos e simulações digitais. Em um contexto mais atual estas atividades podem ser conduzidas também por meio da busca on-line na Internet de conteúdos específicos na forma de texto, vídeos, palestras, entre outros. Como complementação propõe-se o acesso a um laboratório experimental remoto a realização de alguma prática experimental associada ao conteúdo em pauta. O professor assume o controle do laboratório e executa uma experiência programada. Simultaneamente pode interagir com os alunos no sentido de discutir os resultados obtidos, acatar sugestões de variações experimentais e estabelecer uma base comparativa entre a teoria e a prática. Esta atividade pode ser um momento especial em uma sala onde os alunos têm a oportunidade de estabelecer uma conexão direta entre a teoria e a prática, introduzindo assim uma nova dinâmica de aula e um importante motivador para sedimentação dos conhecimentos.

Aula Híbrida (Hybrid Classroom)



Aula Invertida (Flipped Classroom)

No modelo clássico da prática da aula invertida, o aluno estuda conteúdo antes de ser apresentado pelo professor. Existem várias formas de se encontrar esses estudos preliminares, entre eles destacam-se a pesquisa bibliográfica e as "vídeo aulas". Embora estas últimas sejam muito utilizadas atualmente nesta metodologia de ensino, permanecem ainda algumas dificuldades de implementação, sobretudo com relação à motivação dos estudantes e falta de conectividade com a prática da engenharia. Para tanto propõem-se neste trabalho a realização de práticas experimentais específicas, propostas pelo professor, com o objetivo de observar fenômenos físicos, comportamento das variáveis envolvidas e realizar medições. Estas atividades podem ser realizadas individualmente ou em grupos por meio do acesso remoto a um laboratório experimental. Como estratégia, pretende-se que os alunos, a partir das experiências práticas executadas sejam estimulados a compreender os fenômenos observados. A aula subsequente torna-se um local de aprendizagem ativa e orgânica, onde os alunos apresentam suas dúvidas e questionam sobre resultados previamente obtidos durante as práticas experimentais.

O professor pode conduzir a aprendizagem apresentando inicialmente os fundamentos teóricos pertinentes, discutindo a consistência dos resultados experimentais obtidos e propondo atividades práticas complementares, tais como, resolução de problemas, elaboração de projetos e discussões em grupo. Neste contexto, estimulados pelas experiências práticas e reais, cria-se uma nova perspectiva para que o professor possa trabalhar as dificuldades dos alunos, ao invés de apenas apresentar o conteúdo da disciplina. Evidentemente nem todo conteúdo de uma disciplina pode ser tratado a partir de uma prática experimental inicial. Nestes casos os recursos a serem utilizados na aula invertida devem seguir os padrões convencionais, entretanto, sempre que possível a vivência experimental deve ser estimulada, pois é, sobretudo no campo das engenharias, uma importante ferramenta pedagógica para auxiliar.

