



Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias 2

Henrique Ajuz Holzmann
Micheli Kuckla
(Organizadores)

Atena
Editora

Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
Micheli Kuckla
(Organizadores)

Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P856 Possibilidades e enfoques para o ensino das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Micheli Kuckla. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-273-9

DOI 10.22533/at.ed.739192204

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 3. Prática de ensino. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Kuckla, Micheli.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias Volume 1 e Volume 2 abordam os mais diversos assuntos sobre a aplicação de métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação ensino-aprendizado, sendo por meio de levantamentos teórico-práticos de dados referentes aos cursos ou através de propostas de melhoria nestas relações.

O Volume 1 está disposto em 26 capítulos, com assuntos voltados a relações ensino-aprendizado, envolvendo temas atuais com ampla discussão nas áreas de Ensino de Ciência e Tecnologia, buscando apresentar os assuntos de maneira simples e de fácil compreensão.

Já o Volume 2 apresenta uma vertente mais prática, sendo organizado em 24 capítulos, nos quais são apresentadas propostas, projetos e bancadas, que visam melhorar o aprendizado dos alunos através de métodos práticos e aplicados as áreas de tecnologias e engenharias.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

Micheli Kuchla

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO NO ENSINO DE GESTÃO DA PRODUÇÃO	
Daniel Antonio Kapper Fabricio Lisiane Trevisan	
DOI 10.22533/at.ed.7391922041	
CAPÍTULO 2	10
CULTURA DE SEGURANÇA – FATOR DETERMINANTE PARA A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	
Lucass Melo Renata Evangelista Alexandre Bueno Débora Vasconcelos Carla Souza André Souza	
DOI 10.22533/at.ed.7391922042	
CAPÍTULO 3	23
ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS BRASILEIROS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Gabriella Cavalcante de Souza Isadora Cristina Mendes Gomes Gustavo Fernandes Rosado Coêlho Ciliana Regina Colombo	
DOI 10.22533/at.ed.7391922043	
CAPÍTULO 4	35
ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NUMA EMPRESA RECUPERADA POR TRABALHADORES: UMA EXPERIÊNCIA PARA O EXERCÍCIO DA INDISSOCIABILIDADE ENSINO-PESQUISA-EXTENSÃO	
Beatriz Mota Castro de Abreu Alice Oliveira Fernandes Tarcila Mantovan Atolini	
DOI 10.22533/at.ed.7391922044	
CAPÍTULO 5	47
PROTÓTIPO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE BUSCA E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS PARA FINS DIDÁTICOS	
Walber Márcio Araújo Morais Wesley de Almeida Souto	
DOI 10.22533/at.ed.7391922045	

CAPÍTULO 6 58

LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DE ROBÓTICA BÁSICA APLICADA NO ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Márcio Mendonça
Lucas Botoni de Souza
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Paulo Henrique Arizono Lima
Marília Gabriela de Souza Fabri
José Augusto Fabri

DOI 10.22533/at.ed.7391922046

CAPÍTULO 7 71

ROBÓTICA EDUCACIONAL NA ENGENHARIA – SUMÔ DE ROBÔS

Alessandro Bogila
Denis Borg
Fernando Deluno Garcia
Ivan Luiz de Camargo Barros Moreira
Joel Rocha Pinto
Thales Prini Franchi
Thiago Prini Franchi

DOI 10.22533/at.ed.7391922047

CAPÍTULO 8 84

BR.INO: UMA FERRAMENTA PARA ENSINO DE PROGRAMAÇÃO EM ARDUINO PARA APLICAÇÕES EM ROBÓTICA USANDO LINGUAGEM NATIVA

Gabriel Rodrigues Pacheco
Mateus Berardo de Souza Terra
Rafael Mascarenhas Dal Moro
Víctor Rodrigues Pacheco
Carlos Humberto Llanos

DOI 10.22533/at.ed.7391922048

CAPÍTULO 9 94

RELATO DE EXPERIÊNCIA: USO DE TÉCNICAS GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS

Caio Sanches Bentes
Ronaldo de Freitas Zampolo

DOI 10.22533/at.ed.7391922049

CAPÍTULO 10 105

LABORATÓRIO DE SISTEMAS HIDRELÉTRICOS APLICADO À FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE ENERGIA – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CONTROLE DE SISTEMAS DINÂMICOS

Kariston Dias Alves
Rudi Henri Van Els

DOI 10.22533/at.ed.73919220410

CAPÍTULO 11 117

A IMPORTÂNCIA DO LABORATÓRIO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ NO DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS E FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS

Francisco Jeandson Rodrigues da Silva
Douglas Aurélio Carvalho Costa
Obed Leite Vieira
Fellipe Souto Soares
Paulo Cesar Marques de Carvalho
Magna Livia Neco Rabelo
Pollyana Rodrigues de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.73919220411

CAPÍTULO 12 129

AValiação DO USO DA TECNOLOGIA SOFTPLC PARA APRENDIZAGEM DE TÉCNICAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Deliene Costa Guimarães
Reberth Carolino de Oliveira
Renata Umbelino Rêgo

DOI 10.22533/at.ed.73919220412

CAPÍTULO 13 140

CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE BAIXO CUSTO PARA ENSINO DE SISTEMAS DE CONTROLE

Everton Machado
Alexsandro dos Santos Silveira
João Artur de Souza

DOI 10.22533/at.ed.73919220413

CAPÍTULO 14 152

PAINEL DIDÁTICO PARA ENSINO-APRENDIZAGEM DE INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA APLICADA À MANUTENÇÃO ELÉTRICA

Priscila Ribeiro Amorim de Almeida
Pablo Rodrigues Muniz

DOI 10.22533/at.ed.73919220414

CAPÍTULO 15 165

PROPOSTA DE KIT DIDÁTICO PARA ESTUDO DE INTEGRIDADE DE SINAL EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Pablo Dutra da Silva
Giovane Rodrigues de Oliveira
Gustavo Melsi Floriani

DOI 10.22533/at.ed.73919220415

CAPÍTULO 16 177

ANÁLISE E ATENUAÇÃO DE RISCOS DE INCÊNDIOS E CHOQUE ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM MORÁDIAS DE BAIXA RENDA

Márcio Mendonça
Lucas Botoni de Souza
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Giovanni Bruno Marquini Ribeiro
Marco Antônio Ferreira Finocchio
José Augusto Fabri

DOI 10.22533/at.ed.73919220416

CAPÍTULO 17	190
SIMULADOR COMPUTACIONAL PARA ENSINO DE PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA	
Luiz Guilherme Riva Tonini Oureste Elias Batista Augusto César Rueda Medina Andrei Carlos Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.73919220417	
CAPÍTULO 18	203
CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA CARACTERIZAÇÃO DE COMPRESSORES	
Alexsandro dos Santos Silveira João Artur de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.73919220418	
CAPÍTULO 19	215
DESENVOLVIMENTO DE UM PÓRTICO INSTRUMENTADO DIDÁTICO	
Matheus Berghetti Albino Moura Guterres Alexsander Furtado Carneiro	
DOI 10.22533/at.ed.73919220419	
CAPÍTULO 20	226
AUTOMAÇÃO DOS PROCESSOS DE VERIFICAÇÃO DE PERFIS DE AÇO LAMINADO SOLICITADOS À FLEXÃO NORMAL SIMPLES E AXIALMENTE CONFORME CRITÉRIOS DA ABNT NBR 8800:2008	
Lucas Tarlau Balieiro Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro Roberto Racanicchi	
DOI 10.22533/at.ed.73919220420	
CAPÍTULO 21	241
ENSAIO DE FLEXÃO DE UMA VIGA COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE TRANSFORMAÇÕES DE TENSÕES	
Bruno Eizo Higaki Fernando Cesar Dias Ribeiro Marcello Cherem	
DOI 10.22533/at.ed.73919220421	
CAPÍTULO 22	251
UTILIZAÇÃO DE PROJETOS DE DIMENSIONAMENTO DE ADUTORAS E CANAIS NA DISCIPLINA HIDRÁULICA DO CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL	
Kelliany Medeiros Costa José Leandro da Silva Duarte Maria Leandra Madeiro de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.73919220422	
CAPÍTULO 23	259
MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO ATRAVÉS DA INOVADORA METODOLOGIA SIX SIGMA: UM ESTUDO EMPÍRICO	
André Luis Martins de Souza Pedro de Freitas Silva	
DOI 10.22533/at.ed.73919220423	

CAPÍTULO 24	287
UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DE DEFORMAÇÕES EM PAINÉIS DE MADEIRA DE <i>PINUS OCCARPA</i>	
Eduardo Hélio de Novais Miranda	
Rodrigo Allan Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.73919220424	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	295

SIMULADOR COMPUTACIONAL PARA ENSINO DE PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Luiz Guilherme Riva Tonini

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – ES

Oureste Elias Batista

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – ES

Augusto César Rueda Medina

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – ES

Andrei Carlos Bastos

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – ES

ABSTRACT: This article conceptualizes a digital simulation platform of electrical power systems, focusing on protection and didactic use. Existing systems and their characteristics will be listed; showing the benefits and difficulties of its use in the classroom and how the proposed simulator stands out in relation to them. Next, the platform topology covering its functionality and interfaces will be explored, which can be found at www.kvaflow.com. Finally, future proposals and acknowledgments will be presented.

KEYWORDS: Electrical Power Systems, Virtual Learning Platform, Power flow, Short circuit.

RESUMO: Este artigo conceitua uma plataforma digital de simulação de sistemas elétricos de potência, com foco em proteção e uso didático. Serão listados os sistemas existentes, bem como suas características; mostrando os benefícios e dificuldades de seu uso na sala de aula e como o simulador proposto se destaca em relação a eles. Em seguida se explorará a topologia da plataforma abrangendo sua funcionalidade e interfaces, que pode ser encontrada no endereço www.kvaflow.com. Por fim, serão apresentados as futuras propostas e agradecimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas Elétricos de Potência, Plataforma Didática Virtual, Fluxo de potência, Curto-circuito.

1 | INTRODUÇÃO

Proteção de Sistema Elétrico de Potência (SEP) é uma disciplina dos cursos de engenharia elétrica cujo aprendizado está muito relacionado ao contato dos alunos com as tecnologias utilizadas dentro desta área. Dada à importância deste tema na operação confiável e econômica do Setor Elétrico e, em vista da crescente modernização tecnológica deste, é crescente o uso de dispositivos inteligentes digitais. Assim, para permitir uma melhor compreensão deste vasto assunto é de grande importância que no decorrer do aprendizado ocorram aulas práticas. Porém, devido ao custo, dimensão e/ou acesso aos SEP, há grande dificuldade de

proporcionar esta experiência de campo aos alunos.

Esta prática pode ser obtida por meio da utilização de simuladores computacionais, ferramentas que permitem explorar diversas condições operacionais de um sistema real, bem como modelar sistemas hipotéticos na fronteira do conhecimento (DOMINGUES, 2016).

Há diversas ferramentas comerciais com licenças acadêmicas comercializadas a um custo inferior para instituições de ensino. Porém, tais ferramentas podem não serem adequadas aos objetivos da disciplina por apresentarem um viés mais de aplicação (MARINHO, 2008). Em contrapartida as plataformas livres não possuem interface amigável e não possibilitam a simulação de todos os estudos necessários para abranger todo o conteúdo (PAIVA, 2015).

Neste cenário, o presente trabalho busca conceituar uma plataforma livre que permita ao aluno simular diferentes sistemas de proteção, abrangendo tecnologias atuais e possuindo interface gráfica com elevado grau de didática.

2 | BENCHMARKING DOS SISTEMAS DE SIMULAÇÃO

Em se tratando de simuladores comerciais, os simuladores computacionais comerciais são os programas mais completos para representação em tempo real, pois permitem, por exemplo, inserir fenômenos transitórios em redes elétricas. Em se tratando deste tipo de simuladores, destaca-se o *Power Tools for Windows* (PTW), pertencente à empresa norte americana SKM Systems Analysis, com aplicações em diferentes segmentos industriais, desde montadoras de veículos a siderúrgicas. Em pesquisas acadêmicas, é utilizado para análise estática, principalmente em estudos de fluxo de potência e cálculo de curto-circuito. (SAID, 2003).

Com maior robustez e aplicabilidade, há o PowerFactory da alemã DigSILENT, que possui contínuos seminários de aplicação do produto, em função da maior complexidade de utilização. Estratégia seguida pela norte americana Electrocon, responsável pelo *Computer-Aided Protection Engineering* (CAPE), cujo diferencial é sua atualizada biblioteca de componentes, considerada a maior do gênero.

Na linha das plataformas de menor porte e preço de aquisição, é relevante citar o OneLiner da norte americana ASPEN, que devido à simplicidade de operação e assistência técnica global, em especial no Brasil, disputa mercado com os citados anteriormente.

Em se tratando de pesquisa e ensino, a plataforma de destaque é o MATLAB, da norte americana MathWorks, que com o módulo SimPowerSystems, permite simular transitórios por meio de uma interface familiar ao meio acadêmico (BREDA, 2009). Ressalta-se que há trabalhos que utilizam esta ferramenta para comunicar com relés digitais (BARROS, 2007).

Quanto aos nacionais, o destaque é para o Anarede do CEPEL, que permite a

simulação do fluxo de carga em regime permanente de forma amigável, possibilitando a realização de estudos sobre o comportamento desse sistema no intuito de garantir uma operação confiável e segura. Sua desvantagem decorre de apresentar viés de uso voltado exclusivamente ao ambiente industrial (PEQUENO, 2010).

Quanto aos programas livres, o ATP-EMTP, do coletivo multinacional EEUG, possui grande reconhecimento no meio científico, sendo referência em estudos de transitórios eletromagnéticos, porém com interface e configuração não convidativa, pois lhe falta opções de ajuda, exemplos e informações instrutivas de operação (ANANE, 2011).

O MatPower é um pacote de arquivos do MATLAB com capacidade de resolver problemas envolvendo fluxo de potência e fluxo de potência otimizado. Sua vantagem surge da facilidade de modificar o código, já que este fica exposto ao usuário, e possuir arquivos de exemplos de livros didáticos e do IEEE. Embora o MatPower seja gratuito e com código aberto, ele é executado no MATLAB, que requer uma licença, além de não possuir interface gráfica. Esta aplicação pertence ao grupo E&CE da universidade americana de Cornell (WANG, 2007).

Outra plataforma que depende do MATLAB é o *Voltage Stability Toolbox* (VST), que foi desenvolvida para investigar problemas de estabilidade e bifurcação em sistemas de energia, além de permitir a obtenção do fluxo de potência. Seu destaque em relação ao anterior é a presença de interface gráfica (AYASUN, 2006).

O *Power System Analysis Toolbox* (PSAT) é uma caixa de ferramentas do MATLAB baseada em GNU/Octave para análise de sistema elétricos de potência. Suas principais características são: cálculo do fluxo de potência, do fluxo de potência ótimo; estudo de estabilidade, permitir simulação no domínio do tempo; geração de diagramas fasoriais e modelos para geração distribuída, como turbinas eólicas (MILANO, 2008).

O *Internet Technology based Power System Simulator* (InterPSS) é um programa de código aberto, escrito em Java, com interface gráfica que permite montagem fácil de sistemas elétricos para cálculo do fluxo de potência. Está sendo desenvolvido por equipes nos Estados Unidos, China e Canadá (MILANO, 2013).

Dos nacionais, os trabalhos mais significativos são as plataformas STPO e STOP (SILVA, 2011), produzidas na Universidade Federal do Ceará (UFC), cuja proposta de aplicação é a capacitação à distância de profissionais do Operador Nacional do Sistema (ONS), pois permitem a simulação da operação de uma malha elétrica com parâmetros reais.

Avaliando separadamente as principais plataformas levantadas acima identificam-se similaridades entre elas nos quesitos de funcionalidade e aquisição, assim como a ausência de propriedades essenciais para uma análise adequada, conforme Tabela 1.

Característica	PTW	Power Factory	MATLAB	Anarede	PSAT	InterPSS	STPO	STOP
Aquisição	Privado	Privado	Privado	Privado	Livre	Livre	Livre	Livre
Módulos necessários	5	2	10	1	MATLAB	MATLAB	-	-
Interface amigável	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Biblioteca adequada	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Cálculo de curto-circuito	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Cálculo do fluxo de carga	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Simulação em tempo real	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Filosofia de proteção	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Representação fasorial	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Documentação de ajuda	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Exemplo de simulação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Última data de atualização	2017	2017	2017	2016	2017	2017	2015	2011

Tabela 1 – Comparação entre as plataformas de simulação.

3 | KNOWLEDGE VIRTUAL ACADEMY (KVA)

Dadas as características apresentadas na Tabela 1, notasse a ausência de um programa voltado a proteção de sistemas elétricos com foco na sala de aula.

Buscando atender essa demanda foi desenvolvido o *Knowledge Virtual Academy* (KVA) (TONINI, 2018), acessível de forma virtual pelo endereço www.kvaflow.com, e com as características de um *Free Open Source Software* (FOSS) didático para SEP, que são: código aberto, uso intuitivo, confiável, com representação por malha monofásica e que obtenha os parâmetros do sistema (MILANO, 2009).

Para atender à demanda do meio educacional por um programa de ensino de proteção de SEP faz-se necessário que a plataforma realize os cálculos de Fluxo de Potência (FP) e Curto-Circuito (CC). As grandezas envolvidas nestas operações são parâmetros de dimensionamento de componentes de transmissão e proteção de sistemas de potência. Estes cálculos ocorrem na estrutura interna do programa.

4 | ESTRUTURA INTERNA DO KVA

4.1 Módulo de aquisição

A aquisição ocorrerá por meio de uma interface, com entrada de dados, de barra, linha e falta, pelo usuário ou carregando arquivo já montados por este. O aluno poderá selecionar os exemplos, inserir componentes, os parâmetros destes, a localização da falta e o tipo dela, conforme Figura 2.

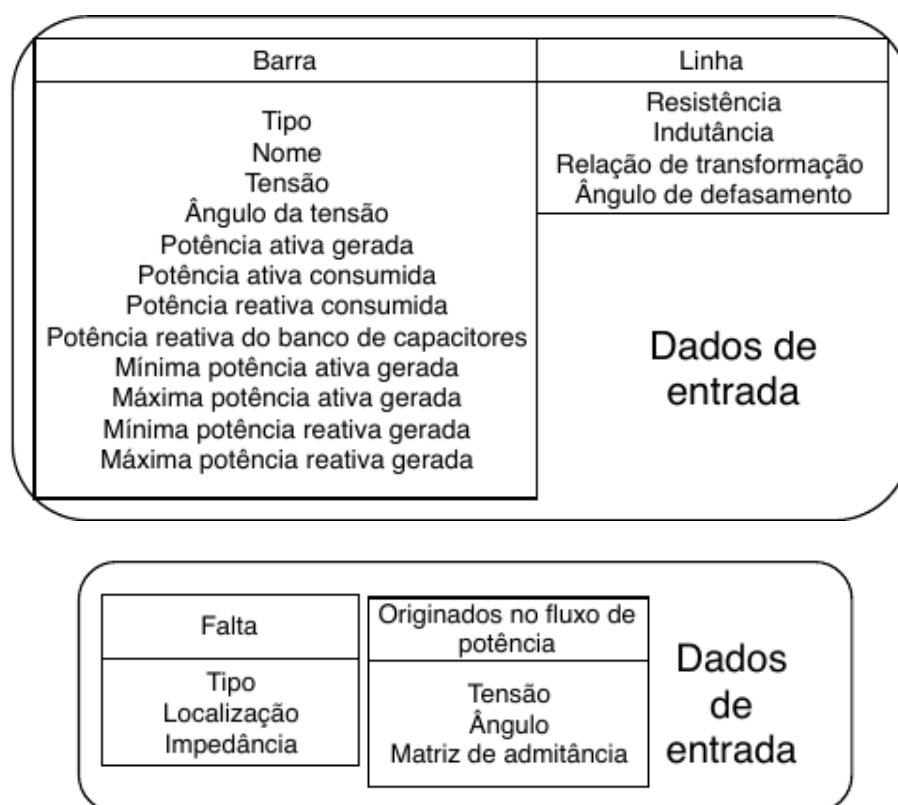


Figura 1 – Dados de entrada do FP e CC, respectivamente.

4.2 Topologia de cálculo

A programação irá carregar e analisar os parâmetros de entrada e com estes executar os algoritmos. No caso do fluxo de potência, utiliza Otimização com função objetiva *Dummy* e operador IPOPT para executar o cálculo (RUEDA, 2013), conforme o fluxograma apresentado na Figura 3.

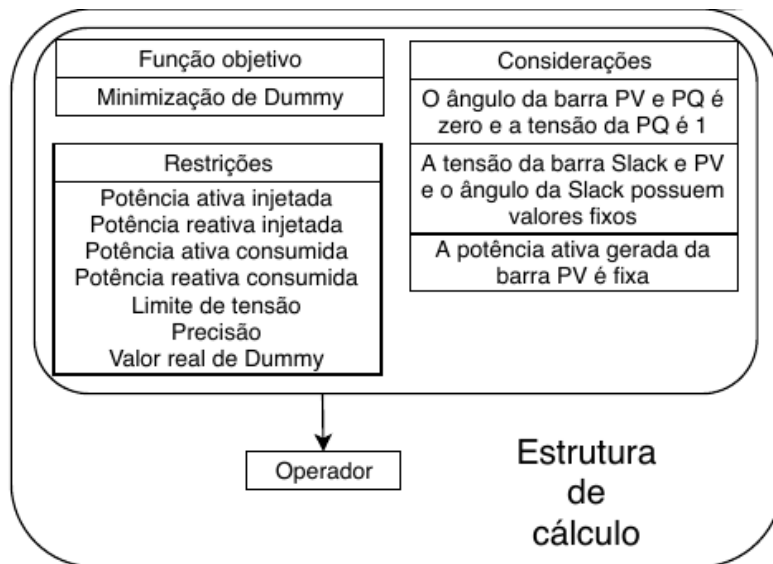


Figura 2 – Estrutura de cálculo do FP.

Enquanto o curto-circuito ocorre por interação simples e utiliza a matriz de admitância obtida no cálculo do FP (STEVENSON, 1994), conforme Figura 4.

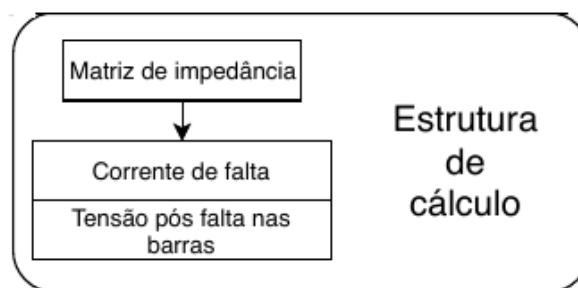
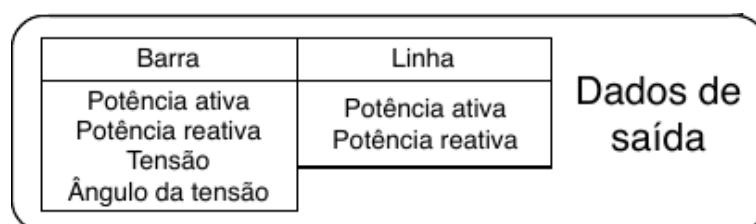


Figura 3 – Estrutura de cálculo do CC.

4.3 Módulo de saída

A saída de dados será por meio de uma interface gráfica (Interface Homem-Máquina ou IHM), com exibição dos parâmetros selecionados pelo aluno, na forma de uma tela de exibição. Estarão disponíveis opções das potências, tensões e ângulos das barras e da potência transmitida, para o FP, e a correntes e tensões, pós falta, de fase e em componentes simétricas para o CC. A unidade numérica das grandezas é dada em por unidade (pu).

A saída de dados dos cálculos consta na Figura 5.



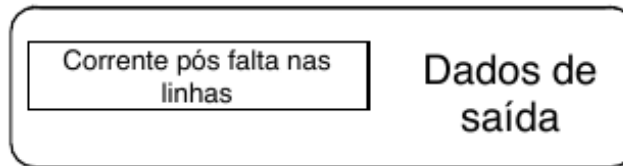


Figura 4 – Dados de saída do FP e CC, respectivamente.

5 | ESTRUTURA EXTERNA DO KVA (INTERFACE)

As plataformas de simulação do sistema elétrico de potência possuem interfaces gráficas funcionais divididas, em sua maioria, em Área de trabalho, Biblioteca e Ambiente de saída. Cujas utilizações se baseiam no usuário montar a topologia na Área de trabalho, utilizando componentes vindos da Biblioteca e, depois de executar a simulação, extrair os dados no Ambiente de saída.

O programa proposto reuniu a área de montagem e escolha de componentes em um mesmo local, chamado de área de trabalho, para tornar mais instintivo ao usuário os componentes disponíveis.

5.1 Área de trabalho

A área de trabalho é acessada, como informado previamente, no endereço www.kvaflow.com. O servidor da plataforma está hospedado no domínio da empresa GoDaddy, assim como o certificado de segurança da plataforma, *Secure Sockets Layer* (SSL). A visualização ideal do programa ocorre em 1920x1080 pixels com resolução de 100%. A área de trabalho com a identificação dos elementos está apresentada na Figura 4.

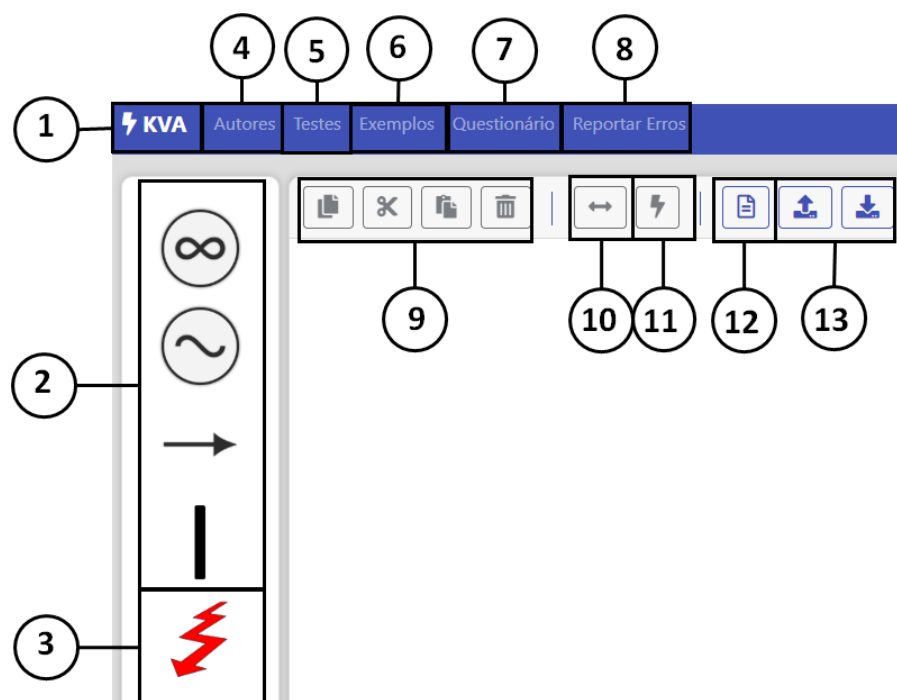


Figura 4 – Área de trabalho do KVA

Os elementos da área de trabalho são:

1. Atualizar a tela; estando em outra tela do programa, volta à área de trabalho;
2. Barras de referência, geração e carga, com e sem potência; elementos presentes no SEP e obrigatórios para calcular o FP;
3. Falta; Elemento obrigatório para cálculo do CC;
4. Autores; mostra os envolvidos com a plataforma, bem como seus currículo Lattes e redes sociais;
5. Testes; área de envio de arquivos de barra, linha e falta para cálculo do FP e CC sem ter a necessidade de se montar a malha;
6. Exemplos; exhibe 10 exemplos resolvidos de diferentes livros de proteção e SEP para graduação e pós;
7. Questionário; exhibe uma lista de perguntas para alimentar os desenvolvedores com sugestões, comentários e críticas dos usuários sobre o programa;
8. Reportar Erro; permite ao usuário informar aos desenvolvedores sobre desvios na utilização da plataforma;
9. Funções de copiar, recortar, colar e deletar; permitem ao usuário manipular barras, linhas e malhas conforme o próprio nome informa;
10. Fluxo de potência; realiza o cálculo do fluxo de potência com a malha informada pelo usuário;
11. Curto-circuito; realiza o cálculo do curto-circuito, com a malha e a falta informada pelo usuário;
12. Informações do sistema; mostra ao usuário os dados de entrada, barra e linhas, e saída, tensões, correntes, potência e matrizes, de susceptância e reatância, tabuladas;
13. Importar e exportar; permite ao usuário carregar um sistema previamente montado, bem como exportá-lo, mantendo as características de barra, linha e falta.

Os parâmetros de entrada dos elementos aparecem na parte inferior quando estes são selecionados. É permitido apenas a exibição de um tipo de elemento por vez. Os dados da entrada da barra, no caso tipo referência, linha e falta aparecem para o usuário conforme apresentado na Figura 05.

Informações de Barra

ID	Tipo	Tensão	P Gerada	P Carga	P Gerada Max	Q Gerada Max	Q Shunt
barra_1	Slack	1	0	0	10	10	0

Nome: Slack

Ângulo	Q Gerada	Q Carga	P Gerada Min	Q Gerada Min	Susceptância
0	0	0	0	0	1

Atualizar Excluir Cancelar

Informações de Linha

ID	r	Tap	Reatância Transformador	Reatância de Sequência Zero
linha_1	0	1	0	0,5

Nome: Linha 1,2

x	Âng	Tipo Transformador
1	0	Estrela Estrela

Atualizar Excluir Cancelar

Informações de Falta

xg	x0	Porcentagem	Tipo de Falta
1	1	1	Trifasica

Atualizar Excluir Cancelar

Figura 5 – Entrada de dados na APP

5.2 Relatório de saída

A saída de dados é acessada no ícone Informações do sistema, número 12 do item Área de trabalho. Tomando como exemplo uma malha de 2 barras, sendo uma de referência e outra de carga, com uma falta nesta, e os dados iniciais de barra, linha e falta, presentes na Figura 5, obtém-se a saída presente na Figura 6.

Informações do Sistema

Linhas										
ID	De	Para	r	x	Tap	Ângulo	Reatância do Trafo	Reatância Zero	Tipo de Trafo	
1	1	2	0	1	1	0	0	0.5	2	

Barras										
Item	Tipo	Nome	Tensão (pu)	Ângulo (θ)	Potência Ativa Gerada (pu)	Potência Reativa Gerada (pu)	Potência Ativa Carga (pu)	Potência Reativa Carga (pu)	Potência Reativa Shunt (pu)	Susceptância Gerador (b)
1	3	barra_1	1	0.000000	0.471584	0.233444	0.000000	0.000000	0	1
2	0	barra_2	0.9	-31.59976	0.000000	0.000000	1	0.000000	0	1

Fluxo de Potência										
ID	Nome	Tensão	Ângulo	P Gerada	Q Gerada	P Carga	Q Carga	Para	P Fluxo	Q Fluxo
1	barra_1	1	0.000000	0.471584	0.233444	0.000000	0.000000	2	0.471584	0.233444
2	barra_2	0.9	-31.59976	0.000000	0.000000	1	0.000000	1	-0.471584	0.043444

Corrente de Falta			
Local	Corrente A	Corrente B	Corrente C
na linha 1	2.700000∠90	2.700000∠90	2.700000∠90

Tensão Pós Falta			
Barra	Tensão A	Tensão B	Tensão C
1	1.800000∠0.000000C	1.800000∠-120.000000C	1.800000∠120.000000C
2	2.700000∠-31.59976	2.700000∠-151.599762	2.700000∠88.400238

Correntes Pós Falta da Barra	
para Barra	Corrente
2	1 0.900000∠90

Matrizes	
Matriz de Susceptância	
-2.000000	1.000000
1.000000	-2.000000
Matriz de Impedância de Sequência Positiva/Negativa	
-0.666667	-0.333333
-0.333333	-0.666667
Matriz de Sequência Zero	

Figura 6 – Saída de dados do exemplo de 2 barras

6 | RESULTADOS E CONCLUSÃO

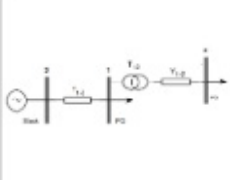
A opção escolhida para comprovar a assertividade dos cálculos realizados pelo programa foi simular diversos exemplos retirados de livros didáticos (GRAINER, 1994) (MONTICELLI, 1983) (STEVENSON, 2006) (STEVENSON, 1986), presentes nos cursos de graduação e pós em engenharia elétrica e afins.

Esta escolha foi motivada por esses apresentarem resultados para aferição e poderem servir de ferramenta de auxílio aos professores e alunos. A assertividade depende do módulo do erro obtido, onde estando este na faixa inferior à 0,5% é considerado excelente, entre 2 e 0,5% como aceitável e superior a 2% como insatisfatório (PAIVA, 2015).

Tais sistemas podem ser encontrados na plataforma KVA ao acessar a função Exemplos na parte superior da tela. Feito isso será exibido todos os 10 modelos, conforme Figura 7, e ao clicar em cada um, o exemplo será aberto na área de trabalho com os valores já parametrizados a partir do enunciado de cada livro.

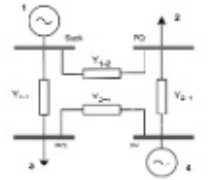
KVA Autores Testes Exemplos Questionário Reportar Erros

Exemplos



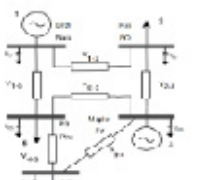
Exemplo 1
Livro: Fundamentos de Sistemas Elétricos de Potência - Zanetta - 2006, Exemplo: 6

[Baixar](#)



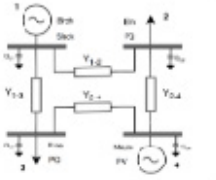
Exemplo 2
Livro: Fluxo de carga em redes de energia elétrica - Monticelli - 1988, Exemplo: 7

[Baixar](#)



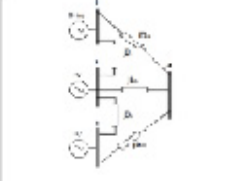
Exemplo 3
Livro: Elementos de Análise de Sistemas Elétricos de Potência - Grainger - 1982, Exemplo: 8

[Baixar](#)



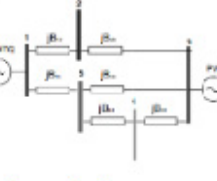
Exemplo 4
Livro: Power System Analysis - Grainger e Stevenson - 1994, Exemplo: 9.1

[Baixar](#)




Exemplo 5
Livro: Elementos de Análise de Sistemas Elétricos de Potência - Stevenson - 1982, Exemplo: 10.12.

[Baixar](#)



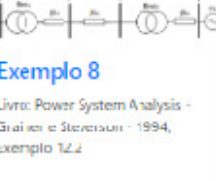
Exemplo 6
Livro: Elementos de Análise de Sistemas Elétricos de Potência - Stevenson - 1982, Exemplo: 10.14.

[Baixar](#)




Exemplo 7
Livro: Power System Analysis - Grainger e Stevenson - 1994, Exemplo: 12.1

[Baixar](#)




Exemplo 8
Livro: Power System Analysis - Grainger e Stevenson - 1994, Exemplo: 12.2

[Baixar](#)



Exemplo 9
Livro: Power System Analysis - Grainger e Stevenson - 1994, Exemplo: 12.3

[Baixar](#)



Exemplo 10
Livro: Power System Analysis - Grainger e Stevenson - 1994, Exemplos: 12.4 e 12.5

[Baixar](#)

Figura 7 – Exemplos presentes no KVA

O maior valor do erro encontrado em cada exemplo está listado na tabela 2.

Exemplo	1	2	3	4	5
Erro (%)	0,27	1,33	8,11	1,63	0,03
Exemplo	6	7	8	9	10
Erro (%)	10,72	0,00	1,78	0,04	0,50

Tabela 2 – Comparação entre os erros dos exemplos

Pela tabela acima, o programa apresenta taxa de erros para os exemplos na faixa de excelentes e aceitáveis, com exceção dos exemplos 3 e 6. Esta situação decorre das considerações que os livros fazem nestes.

No exemplo 3, que trata de fluxo de potência, o autor considerou que a barra de referência possuiria módulo de tensão diferente de 1 pu, que é uma consideração do programa. Para o exemplo 6, que trata de curto-circuito, o escritor usou como 1 pu os valores das tensões pré falta de barra, enquanto o KVA usa o valor originado no cálculo do FP.

Forçando o código a essas condições é obtido erro na faixa de excelente para os exemplos 3 e 6, 0,5 e 0,63 respectivamente.

7 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A plataforma KVA, no ambiente acadêmico, excluindo a área de pesquisa, atende à demanda do corpo escolar, visto a assertividade no cálculo do FP e do CC, e possuir exemplos que o usuário irá desenvolver durante seu aprendizado. Esse banco abrange os livros mais utilizados, que progressivamente irá receber cada vez mais sistemas.

O programa passa diariamente por atualizações e hoje é usada como ferramenta de auxílio no aprendizado de SEP nos treinamentos de mesmo nome que o autor ministra a engenheiros e técnicos, para elaboração de sistemas para trabalhos e avaliações; tendo sido usado e avaliado por cerca de 125 usuários, sendo este grupo formado por professores e alunos, de ensino técnico e superior.

8 | AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

Os autores autorizam os responsáveis pelo livro a utilizar as informações presentes neste trabalho e agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ANANE, Z.; BAYADI, A. **Implantation of a static model of the corona effect in the atp-empt software**. In: International Workshop on Systems, Signal Processing and their Applications, WOSSPA. [S.l.: s.n.], 2011. p. 39–42.

ANDERSON, P. M. **Faltes Power Systems**. 1995. ISBN 0-7803-1145-0.

AYASUN, S.; NWANKPA, C. O.; KWATNY, H. G. **Voltage stability toolbox for power system education and research**. IEEE Transactions on Education, v. 49, n. 4, p. 432–442, 2006. ISSN 00189359.

BARROS, H. M. de. **Integração entre os programas ATP e Matlab/Simulink em tempo de execução aplicável a estudo de transitório eletromagnético devido à manobra de equipamentos**. SNPTEE, v. 06, n. 021, p. 8, 2007.

BREDA, D. **Um modelo computacional para o relé digital de sobrecorrente empregado na proteção de sistemas elétricos de potência**. 1–107 p. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, 2009.

DOMINGUES, P. P. **Uso de Software Livre em Atividades de Ensino e Pesquisa em Microeletrônica**. n. October, 2016.

GRAINGER, J. J.; JR., W. D. S. **Power System Analysis**. 1994. ISBN 0-07 061293-5.

STEVENSON, L. C. Z. **Fundamentos de Sistemas Elétricos de Potência**. 2006. ISBN 85-88325-41-1.

STEVENSON, W. D. S. **Elementos de Análise de Sistema de Potência. Elementos De Análise De Sistemas De Potência**, p. 396–444, 1986.

MILANO, F.; VANFRETTI, L. **State of the Art and Future of OSS for Power Systems**. IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2005, 2009.

MILANO, F.; VANFRETTI, L.; MORATAYA, J. C. **An open source power system virtual laboratory: The PSAT case and experience**. IEEE Transactions on Education, v. 51, n. 1, p. 17–23, 2008. ISSN 00189359.

MILANO, F.; ZARATE-MINANO, R. **A Systematic Method to Model Power Systems as Stochastic Differential Algebraic Equations**. IEEE Transactions on Power Systems, v. 28, n. 4, p. 4537–4544, 2013. ISSN 0885-8950.

MONTICELLI, A. J. **Fluxo de carga em redes de energia elétrica**. 1983. 166 p.

PAIVA, R. R. da C.; RUEDA-MEDINA, A. C.; MANTOVANI, J. R. S. **Short-term electrical distribution systems planning considering distributed generation and reliability**. Journal of Control, Automation and Electrical Systems, Springer, v. 28, n. 4, p. 552–566, 2017.

PEQUENO, L. E. B. **Novas Facilidades de Operação do Programa ANAREDE**. 92 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

RUEDA-MEDINA, A. et al. **A mixed-integer linear programming approach for optimal type, size and allocation of distributed generation in radial distribution systems**. Electric Power Systems Research, v. 97, 2013. ISSN 03787796.

SILVA, D. C. **Desenvolvimento de um Laboratório Virtual para Capacitação Tecnológica a Distância em Proteção de Sistemas Elétricos**. 2–7 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Ceará, 2011.

TONINI, L. BATISTA, O. RUEDA, A. BASTOS, A. **Online Platform for learning of Electrical Power Systems**. 3º ICAEEDu. Porto Iguazu. Argentina. 2018.

WANG, H. et al. **On computational issues of market-based optimal power flow**. IEEE Transactions on Power Systems, IEEE, v. 22, n. 3, p. 1185–1193, 2007.

SOBE OS ORGANIZADORES

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

MICHELI KUCKLA Professora de Química na Rede Estadual do Paraná - Secretaria de Estado de Segurança do Paraná. Graduada em Licenciatura Química pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Especialista em Educação do Campo pela Faculdades Integradas do Vale do Ivaí. Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Doutoranda em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Trabalha com os temas relacionados ao Ensino de Ciência e Tecnologia e Sociedade.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-273-9

