



ESTRUTURA DAS DISCIPLINAS QUE DEVEM SER AGREGADAS NA FORMAÇÃO DE TÉCNICOS E ENGENHEIROS DEDICADOS À PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3954

Julio Cesar Marques de Lima - juliocml@uol.com.br
PUC Minas

Paulo Sergio Pereira - paulosergiopsp@hotmail.com.br
Comprove Engenharia

Paulo Sergio Pereira Junior - paulo.junior@conprove.com.br
Comprove Engenharia

Resumo: *Este trabalho apresenta uma análise das disciplinas ofertadas atualmente para a formação de engenheiros no Brasil, identifica os principais vetores que definem as mudanças tecnológicas que estão ocorrendo e sugere conteúdos de disciplinas que devem ser inseridos nas grades curriculares existentes para que as universidades possam melhor contribuir para a formação de equipes de proteção e automação de sistemas elétricos com foco em engenharia, manutenção e operação. Acredita-se que a proposta servirá de base para que as universidades realizem discussões internas para adequar seus programas, e os gestores das empresas poderão planejar o crescimento de suas equipes.*

Palavras-chave: *Ensino superior, treinamento, IEC 61850, ondas viajantes, transformadores de instrumentos não convencionais, PMU, energia renovável, proteção do sistema de energia.*



ESTRUTURA DAS DISCIPLINAS QUE DEVEM SER AGREGADAS NA FORMAÇÃO DE TÉCNICOS E ENGENHEIROS DEDICADOS À PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

1. INTRODUÇÃO

As universidades possuem autonomia e tradicionalmente mantiveram na grade curricular de engenharia elétrica (focada em sistemas de energia elétrica) disciplinas consideradas clássicas. Essas grades contêm normalmente temas de conceitos básicos para a formação dos profissionais, como circuitos elétricos, conversão de energia, eletromagnetismo etc., além de conteúdos mais aplicados às instalações elétricas, envolvendo sistemas de energia, transmissão etc. Durante muitos anos, a evolução dos sistemas de proteção se deu de acordo com a tecnologia empregada em sua construção (eletromecânicos, estáticos, numéricos) e não na forma como o processo de concepção e integração desses equipamentos ao sistema elétrico acontecia. Assim as grades curriculares das universidades não precisaram sofrer grandes transformações e, através da oferta de algumas disciplinas optativas, as instituições conseguiam atender as necessidades do mercado. Nessa época as empresas já recebiam os engenheiros com quase todo o embasamento necessário, possuindo uma formação básica universitária que atendia em mais de 90% a demanda. Posteriormente esses jovens eram encaminhados pelas empresas a treinamentos específicos de produtos para atender algumas necessidades bem definidas.

Nos últimos 15 a 20 anos, tem-se percebido uma mudança muito grande no conceito de geração, onde as tradicionais usinas hidráulicas (fontes fortes) estão deixando espaço para a geração distribuída (fontes fracas), chamadas de energias renováveis. Este fato impacta diretamente as redes de distribuição, alterando o nível e a direcionalidade do curto-circuito e o funcionamento dos sistemas de proteção. Paralelo a isso, percebeu-se a entrada em serviço de unidades de medição fasorial (PMU's) e de sistemas de detecção e localização de faltas com ondas viajantes. E com o advento da Norma IEC 61850 ganharam importância os TC's e TP's não convencionais, *Merging Units* e as redes de dados dentro das subestações. É preciso esclarecer que essa lacuna não é um problema particular do Brasil e que o mundo inteiro está vivendo essa realidade em que as empresas clamam por alterações nas grades curriculares universitárias. A proposta desse trabalho é endereçar sugestões nessa direção.

Para enfrentar essas mudanças temos visto algumas universidades, em decisões isoladas e pontuais, ofertarem alguns tópicos da Norma IEC 61850, de forma optativa, mas percebe-se que a ação tem sido limitada e não está atendendo as necessidades das concessionárias. Em contraste a isso, muitas empresas têm se antecipado e contratado



programas de treinamentos dedicados visando a formação dos profissionais que atuam na área de proteção, automação e controle.

Esse trabalho analisa as disciplinas ofertadas atualmente no curso de engenharia elétrica nas universidades brasileiras e as principais tendências de inovação que estão exigindo mudanças na formação dos novos engenheiros. Também sugere conteúdos que devem ser tratados nas universidades para que os jovens engenheiros possam chegar ao mercado com uma preparação mais próxima da necessidade das empresas. O trabalho propõe que alguns tópicos sejam inseridos em algumas disciplinas já existentes e outros que deverão ser ofertados através de novas disciplinas.

Sabe-se que a mudança implicará em uma maior dedicação dos professores, que deverão preparar esses novos conteúdos (pela não existência no momento de um livro texto) e os autores desse trabalho antecipam que algumas disciplinas deverão ser ministradas por vários docentes a fim de melhor aproveitar as competências de cada um dos professores envolvidos. É também esperado que esse trabalho represente um novo esforço para as universidades, todavia a elas tem sido delegado o futuro tecnológico do país, sendo certo que não deixarão de dar a sua contribuição a esse novo desafio tecnológico.

2 ANÁLISE DAS GRADES CURRICULARES EXISTENTES, IDENTIFICAÇÃO DE NECESSIDADES E PROPOSTAS DE NOVOS CONTEÚDOS

Esse item é subdividido em três partes: a primeira analisa o conteúdo que está sendo ofertado hoje nas universidades, a segunda apresenta as mudanças tecnológicas que estão acontecendo e o conhecimento requerido dos jovens engenheiros para desempenhar as funções nos departamentos de engenharia, manutenção e operação, e a terceira define o conteúdo a ser inserido para atender a demanda identificada.

2.1 Análise das grades curriculares de graduação hoje existente

As universidades brasileiras possuem autonomia para montar suas grades curriculares, porém os títulos das disciplinas oferecidas acabam, às vezes, sendo diferentes de uma instituição para outra, todavia o trabalho procurou pautar-se nos conteúdos delas. Sem mencionar as disciplinas das áreas complementares (economia, administração, direito e mecânica), temas do ciclo básico (estudos da matemática, passando pelas funções, equações diferenciais, equações diferenciais parciais, transformadas de Laplace, funções de Bessel, além dos conhecimentos da física dedicando-se ao eletromagnetismo) e a parte básica de engenharia elétrica (circuitos elétricos, medidas elétricas, sistemas lineares e de controle, eletricidade industrial, eletrônica básica e digital e microprocessadores), as disciplinas profissionalizantes para a formação de engenheiros eletricitas com foco em potência tem as seguintes disciplinas, em caráter obrigatório ou optativo, que o estudante deve cursar:



a. Máquinas elétricas e transformadores [MAQ]

No nível de graduação, o estudo de transformadores passa pelo aprendizado dos princípios de funcionamento, ensaios a vazio, curto-circuito e tensão aplicada e induzida, identificação das impedâncias do transformador incluindo as impedâncias de sequência positiva, negativa e zero, grupos de defasagem, modelagem do transformador para estudo permanente e transitório. Para as máquinas elétricas, o estudo dos vários tipos de máquinas: síncrona, assíncrona, corrente contínua, e especiais, envolvendo os princípios básicos e a modelagem em estado permanente e transitório. Detalhamento dos regimes subtransitório, transitório e permanente e a contribuição ao curto. Modelagem em regime permanente e transitório, envolvendo os eixos d , q , 0 .

b. Análise de sistemas elétricos (Curto-circuito) [ASE]

Nesta disciplina é fundamental a aprendizagem da modelagem e dos equacionamentos de cálculos de curto-circuito a mão, curtos trifásicos e desequilibrados fase-terra e fase-fase, e apresentação da transformada de Fortescue (componentes de sequência positiva, negativa e zero). De forma complementar deve ser estudado o equacionamento para a formulação por matrizes para que os alunos possam desenvolver e utilizar os programas de computadores. Algumas universidades procuram realizar exemplos nessa disciplina como a utilização do curto-circuito na definição da especificação de disjuntores e alguns exemplos relacionados aos esforços em cabos e os efeitos da sequência negativa em geradores e motores.

c. Fluxo de potência [FLP]

O fluxo de potência é normalmente lecionado iniciando pela modelagem das cargas, definição e conceituação da transferência de potência entre duas barras, equacionamento simplificado e matricial do fluxo de potência. São apresentados exemplos com os métodos matemáticos de Newton-Raphson, Gauss e outros para o melhor entendimento das convergências. São abordados os modelos pelo método desacoplado e a caracterização das barras PV, PQ, SWING. As disciplinas normalmente contêm estudos de casos em sala e para os alunos realizarem as simulações em trabalhos complementares, visando fortalecimento do aprendizado.

d. Estabilidade de sistemas elétricos [ESE]

A disciplina de estabilidade em muitas universidades é ofertada de forma optativa. O programa da disciplina enfoca o conceito que envolve a dinâmica das máquinas e a transferência de potência quando da ocorrência de um distúrbio que podem levar máquinas a acelerar e assim perder a capacidade do sistema manter-se estável. A disciplina inicia com a modelagem do sistema, as equações de transferência de potência, modelagem das máquinas e seus reguladores de tensão e velocidade, e o equacionamento de casos simples. Na sequência o curso progride com o equacionamento a nível matricial e a partir daí são realizados os estudos com simulação de aberturas de linhas reduzindo a potência transferida e casos de curtos-circuitos para se detectar o tempo limite que a proteção deve atuar para que a estabilidade não seja comprometida. Exercícios complementares de estudos de casos são normalmente feitos.

e. Eletrônica de potência (Industrial) [ELP]

Nesta disciplina são normalmente contemplados o funcionamento dos diodos de potência, tiristores e chaves (MOSFETS). Seus conhecimentos são dirigidos para o estudo de conversores, retificadores, inversores, e a composição em ponte. São normalmente analisados casos industriais aplicados a controle de motores e às vezes algumas universidades trabalham exemplos dirigidos à transmissão em corrente contínua. De grande importância para a área de proteção, é necessário que o aluno possa realizar simulações contendo as malhas de controle dos conversores, pois é uma base que pode ser aproveitada para estudos de fontes renováveis. Em alguns casos são feitas simulações utilizando softwares como ATP, PS SIMUL e MATLAB.

f. Linhas de energia elétrica [LEE]

Nem todas as universidades incluem em seu currículo uma disciplina dedicada ao estudo de linhas, todavia as instituições que trabalham este tema normalmente recorrem ao livro do Professor Rubens Dario Fuchs. O conteúdo de seu trabalho cobre desde os tipos de estruturas, torres, as cadeias de isoladores, as definições do isolamento, até a modelagem das linhas, incluído as matrizes de indutância, capacitância e de acoplamentos. Como exemplos são feitos cálculos de parâmetros para várias topologias de linhas.

g. Estudo de transitórios eletromagnéticos [ETE]

Essa disciplina é oferecida normalmente de forma optativa, não fazendo parte da grade mínima. Nos casos avaliados ela incorpora a modelagem dos componentes do sistema, incluindo as capacitâncias existentes em transformadores, reatores, linhas, geradores, motores etc., que são normalmente desprezíveis nos estudos de curto-circuito. Ênfase é dada na técnica de integração usada para a solução das equações em função dos modelos adotados, pela precisão exigida nos estudos. A partir desse embasamento é apresentado um software de simulação que normalmente é o ATP ou PS Simul e inicia-se o estudo de casos. São estudados transitórios devido ao *inrush* em transformadores, passando pela simulação de inversores e evoluindo até o estudo de fenômenos de TRV's, que acontecem durante manobras no sistema.

h. Proteção de sistemas elétricos [PSE]

Essa disciplina é muito importante no foco desse trabalho, e basicamente o conteúdo tem sido estruturado iniciando-se pelo estudo das funções de proteção: sobrecorrente, subcorrente, sobretensão, subtensão, direcionais, diferenciais, distância etc. Na sequência são apresentados tópicos sobre transformadores de corrente e potencial até o curso evoluir para aplicações por elemento protegido, com foco na proteção de transformadores, reatores, motores, geradores, linhas, esquemas de teleproteção etc. Normalmente, análises de oscilografia e PMU's não fazem parte da grade e tem-se conhecimento que algumas universidades têm tratado o assunto no nível de pós-graduação.



2.2 Programas de Pós-Graduação (lato e stricto sensu) ofertados no Brasil para proteção, automação e controle

Em nível de pós-graduação e especialização em Proteção de Sistemas Elétricos, algumas universidades têm oferecido cursos focados em proteção, outras oferecem cursos com foco em automação, além de instituições com ofertas de cursos com enfoque misto envolvendo proteção e automação dos sistemas elétricos. Essa oferta acontece para atender a demanda das empresas por uma formação mais dedicada em proteção devido à lacuna que existe nos cursos de graduação. Existem muitas universidades que estão atendendo essa demanda no país entre as quais pode-se mencionar a PUC MINAS, UNIFEI, INATEL e outras.

2.3 Cursos de aperfeiçoamento

No Brasil determinadas entidades possuem tradição em ofertar cursos de aperfeiçoamento como: CIGRÉ, CONPROVE, FUPAI, SEL etc., que durante décadas tem procurado trazer cursos de curta duração, com tópicos de vanguarda visando completar os conhecimentos dos engenheiros brasileiros. Esses cursos têm contribuído significativamente na formação dos profissionais e auxiliado a minimizar as carências identificadas pelas empresas brasileiras.

2.4 Efeito no ensino técnico

A formação tradicional do ensino técnico que vinha sendo feita no Brasil cumpria o seu papel, todavia com o advento da Norma IEC 61850 essa formação está sendo insuficiente. O que se percebe pela experiência de anos de dedicação ao ensino superior é que as mudanças feitas nas universidades sempre produzem seus reflexos nos cursos técnicos, visto que muitos professores das escolas técnicas são em geral engenheiros recém-formados das universidades. Desta forma os jovens engenheiros absorverão as mudanças aqui sugeridas na grade universitária brasileira, e em poucos anos isso irá provocar reflexos e as alterações necessárias nos programas das escolas técnicas. Sabe-se que uma análise detalhada deverá ser feita definindo as disciplinas e as cargas horárias para os cursos técnicos, todavia isso vai acontecer naturalmente, e não há espaço para trabalhar esse tópico nesse trabalho. Tem-se, no entanto, a certeza (de quem já testemunhou esses reflexos no passado) de que as adaptações feitas nas universidades provocarão imediato reflexo nas grades dos cursos técnicos.

3 AS MUDANÇAS TECNOLÓGICAS E AS NECESSIDADES DOS DEPARTAMENTOS DE ENGENHARIA, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

As mudanças tecnológicas que vêm ocorrendo são aqui agrupadas como vetores, sendo elas: 1 - implantação de fontes alternativas contendo retificadores e inversores com pequenos e grandes parques de geração distribuída, aqui caracterizados por renováveis,



2 - instalação de Unidades de Medição Fasorial (PMU's), 3 - uso de ondas viajantes para localização de defeitos e proteção, 4 - transformadores de Instrumentos não convencionais, 5 – Norma IEC 61850 e a implantação do barramento de processos. Essas mudanças têm tido grandes reflexos nas concessionárias de energia elétrica.

As equipes de proteção, automação e controle das empresas tem sido muito impactadas pelas mudanças tecnológicas. Tanto nos departamentos de engenharia e estudos, onde o conhecimento sobre as novas tecnologias deve ser adquirido para nortear os investimentos, quanto nos setores de operação que precisam interpretar o comportamento do sistema elétrico ou no departamento de manutenção, que responde pelas atividades de parametrização, testes e manutenção dessas novas tecnologias, nota-se a carência de informações e formação. Após ter identificado esses vetores, o trabalho sugere tópicos e cargas horárias a serem integrados à grade curricular hoje existente, visando eliminar as lacunas identificadas.

4 CONTEÚDOS A SEREM INCORPORADOS NAS GRADES CURRICULARES VISANDO AS NOVAS TECNOLOGIAS

Nas tabelas abaixo é apresentada a grade sugerida visando atender às mudanças tecnológicas, onde as células cinzas representam adição proposta para disciplinas existentes e brancas sugestões de novos tópicos:

Tabela 1 - Fontes de Energias Renováveis (Smart Grids, Impacto na Proteção e Automação)

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
Modelagem e características funcionais. Aspectos de projeto. Opções de oferta de equipamentos de energias renováveis. Normas associadas.		
Carga horária: 8 horas Disciplina: Eletrônica de Potência		
Aspectos de dimensionamento e especificação dos sistemas de energia renováveis.	Procedimentos de manutenção dos sistemas de proteção e controle desses novos sistemas. Instrumentação necessária.	Estudos dos impactos dos sistemas de energia renováveis na rede sob os aspectos de curto-circuito e estabilidade.
Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais I	Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais I	Carga horária: 8 horas Disciplinas: Curto-Circuito (4h) e Estabilidade (4h)
Aspectos a serem considerados para a especificação de compra, recepção e testes em fábrica de sistemas de energias renováveis.	Manutenções periódicas: Lista de tarefas, procedimentos e periodicidades a serem seguidas na manutenção dos sistemas de proteção e automação.	Análise de oscilografia dos transitórios causados pelas fontes renováveis e estudo de casos visando amadurecimento dos alunos nessas análises.
Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais I	Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais I	Carga horária: 8 horas Disciplina: Proteção

Tabela 2 - PMUs

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
<p>Conceito das PMU's, diagrama de blocos, aspectos construtivos e filosofia de aplicação. Definição de erros, e normas relacionadas. Estrutura do sistema envolvendo o PDC. Protocolos.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais II</p>		
<p>Definição dos parâmetros que definem a especificação para compra dos sistemas baseados em PMU's</p> <p>Carga horária: 4 horas Disciplina: Tópicos Especiais II</p>	<p>Ferramentas para testes de PMU's em campo e em laboratório.</p> <p>Carga horária: 4 horas Disciplina: Tópicos Especiais II</p>	<p>Ferramentas (software) para captação de dados das PMU's a distância.</p> <p>Carga horária: 4 horas Disciplina: Tópicos Especiais II</p>
<p>Procedimentos para testes em fábrica de PMU's.</p> <p>Carga horária: 4h Disciplina: Tópicos Especiais II</p>	<p>Procedimentos para testes de manutenções periódicas em PMU's.</p> <p>Carga horária: 4h Disciplina: Tópicos Especiais II</p>	<p>Utilização dos dados das PMU's para interpretação de distúrbios no sistema.</p> <p>Carga horária: 4h Disciplina: Tópicos Especiais II</p>

Tabela 3 – Relés de Proteção Digitais (IEDs) que Trabalham com Ondas Viajantes

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
<p>Princípio de funcionamento, ondas viajantes, localização da falta e estrutura dos IEDs.</p> <p>Carga horária: 4 horas Disciplina: Proteção</p>		
<p>Aspectos da especificação para a compra de novos IEDs.</p> <p>Carga horária: 4 horas Disciplina: Tópicos Especiais III</p>	<p>Ferramentas para Testes e parametrização de IEDs que trabalham com ondas viajantes.</p> <p>Carga horária: 4 horas Disciplina: Tópicos Especiais III</p>	<p>Ferramentas de comunicação a distância com IEDs de ondas viajantes.</p> <p>Carga horária: 4 horas Disciplina: Tópicos Especiais III</p>
<p>Procedimentos e parâmetros para testes de recepção de IEDs de onda viajantes em fábrica.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais III</p>	<p>Procedimentos para testes de comissionamento e de manutenção periódica. Parametrização</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais III</p>	<p>Técnica de análise das oscilografias fornecidas pelos IEDs de onda viajantes. Análise de desempenho.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais III</p>

Tabela 4 - Transformadores de Instrumentos Não Convencionais

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
<p>Conceitos e princípios de funcionamento dos TI's de corrente e tensão não convencionais.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais IV</p>		
<p>Estudo de aspectos de especificação de TI's não convencionais definidos na norma IEC 61869. Aspectos da especificação da compra.</p> <p>Carga horária 4 horas Disciplina: Tópicos Especiais IV</p>	<p>Ferramentas e métodos para testes dos transformadores de instrumentos não convencionais e para atender ao barramento de processos.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais IV</p>	<p>Avaliação do desempenho dos TI's não convencionais.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais IV</p>
<p>Aspectos dos testes de recepção em fábrica dos TI's não convencionais.</p> <p>Carga horária: 8 horas. Disciplina: Tópicos Especiais IV</p>	<p>Programas e planilhas de testes de comissionamento e manutenção periódica de TI's não convencionais.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais IV</p>	<p>Avaliação de oscilografias de TI's não convencionais.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais IV</p>

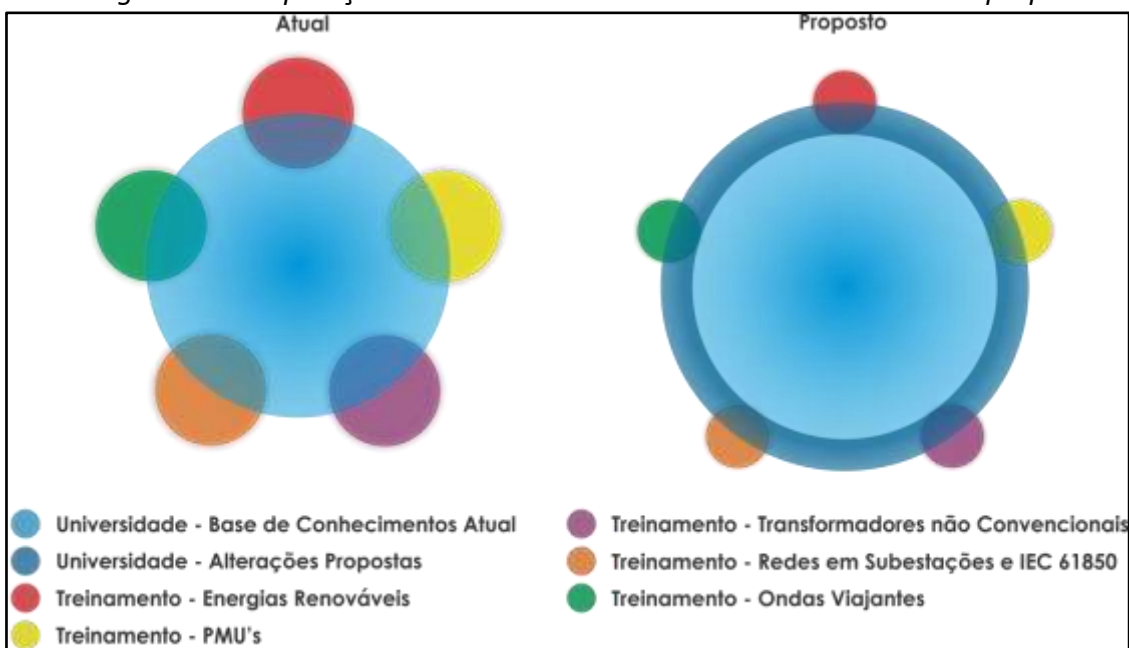
Tabela 5 - IEC-61850 e Segurança Cibernética

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
<p>Principais aspectos e princípios definidos na Norma IEC 61850, nomenclatura. Estrutura da rede, duplicação, topologias, confiabilidade nas SE's. <i>Merging Unit's</i>, <i>Switches</i>, fibras ópticas, sincronização de tempo, parametrização e monitoramento na rede. Mensagens GOOSE, <i>Sampled Values</i> e MMS.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais V</p>		
<p>Aspectos da especificação dos componentes da rede para a compra.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais V</p>	<p>Ferramentas para descarregar arquivos de parametrização e realizar testes com <i>Sampled Values</i>, GOOSE e MMS, durante comissionamento e manutenção periódica. Uso de software de rede para monitorar o tráfego.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais V</p>	<p>Ferramentas para parametrização, montar e ler os arquivos SCL. Ferramentas de simulação de LEDs. Captação de informações pela rede.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais V</p>
<p>Definição dos principais pontos a serem testados e avaliação da segurança cibernética</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais V</p>	<p>Ferramentas para avaliação da segurança cibernética.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais V</p>	<p>Avaliação dos resultados de operação e análise do desempenho, comunicação com o IED a partir do escritório.</p> <p>Carga horária: 8 horas Disciplina: Tópicos Especiais V</p>

Tabela 6 - Carga Horária Proposta para Tópicos de Inovação

TÓPICO DE INOVAÇÃO	CARGA HORÁRIA					
	Disciplinas Existentes				Novas Disciplinas	
	ELP	ASE	ESE	PSE	Título	Horas
Renováveis	8	4	4	8	Tópicos Especiais I	32
PMU's	0	0	0	0	Tópicos Especiais II	30
Ondas viajantes	0	0	0	4	Tópicos Especiais III	36
TI's não convencionais	0	0	0	0	Tópicos Especiais IV	52
IEC 61850	0	0	0	0	Tópicos Especiais V	56

Figura 1 - Comparação de conhecimentos obtidos atualmente com o proposto



5 CONCLUSÕES

O trabalho identifica os principais tópicos de inovação (vetores) que estão sendo implantados no sistema elétrico brasileiro e faz sugestões para integrá-los à grade dos cursos de engenharia elétrica das universidades brasileiras. Para cada item de inovação foram sugeridos tópicos e cargas horárias correspondentes, visando atender as necessidades das equipes de engenharia, operação e manutenção das empresas.

Os autores concluem deixando a mensagem que as mudanças sugeridas são relativamente pequenas, no entanto tem-se a certeza de que trarão grandes resultados ao país.



Reconhece-se que essa mudança irá requerer um esforço por parte dos coordenadores acadêmicos devido à gestão da implantação, uma vez que algumas disciplinas precisarão ser ministradas por vários docentes a fim de melhor aproveitar as competências de cada um e, sobretudo, porque não existem no momento livros texto de referência disponíveis. Caberão aos professores a preparação do texto teórico a partir de catálogos, normas técnicas, artigos de congressos e outros, periódicos, além da parte prática, recorrendo a recursos de softwares de fabricantes e simulações em laboratório.

Essas alterações certamente terão impactos imediatos nas grades curriculares das escolas técnicas, visto que muitos dos alunos de universidades acabam sendo professores de escolas técnicas e levarão essa visão.

Tem-se certeza de que essas adaptações podem ocorrer de forma rápida e o ensino superior do Brasil irá atender a esse novo desafio (ditado pela evolução tecnológica) de modo que os novos engenheiros recebam nas universidades a formação básica e estrutural e deixando somente a cargo das empresas a função de formar seus profissionais nos novos produtos que vão sendo inseridos no seu sistema elétrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS – PUC MINAS. **Grade Acadêmica**. Disponível em: <https://ipuc.pucminas.br/wp-content/uploads/2020/12/FLUXOGRAMA-416-ENGENHARIA-EL%C3%89TRICA.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2022.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA. **Grade Acadêmica**. Disponível em: <https://matriculaweb.unb.br/graduacao/fluxo.aspx?cod=6335>. Acesso em: 24 abr. 2022

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - ESCOLA POLITÉCNICA. **Grade Acadêmica**. Disponível em: http://www.pea.usp.br/wp-content/uploads/sites/21/2017/08/PPP-EC3-2017-PEA_v16agosto2017.pdf. Acesso em: 24 abr. 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA **Grade Acadêmica**. Disponível em: http://www.fee.unicamp.br/sites/default/files/graduacao/eng_eletrica/projeto_pedagogico/ProjPedEE_2012.pdf. Acesso em 24 abr. 2022.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO - FACULDADE DE ENGENHARIA. **Grade Acadêmica**. Disponível em: <http://www.eng.uerj.br/grad/dele.php>. Acesso em 24 abr. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA **Grade Acadêmica**. Disponível em: <https://sigaa.unifei.edu.br/sigaa/link/public/curso/curriculo/879740>. Acesso em 24 abr. 2022





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, ESCOLA POLITÉCNICA. **Grade Acadêmica.** Disponível em:

http://cpro16197.publiccloud.com.br/~eeufrj/dee/dmdocuments/Fluxograma_Curso_2015.pdf. Acesso em 24 abr. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA. **Grade Acadêmica.** Disponível em:

http://www.feelt.ufu.br/system/files/conteudo/ee_fluxograma_correto.pdf. Acesso em: 24 abr. 2022.

STRUCTURE OF SUBJECTS THAT MUST BE ADDED IN THE TRAINING OF TECHNICIANS AND ENGINEERS DEDICATED TO POWER SYSTEMS PROTECTION

Abstract: *This work presents an analysis of the subjects currently offered for the training of engineers in Brazil, identifies the main vectors that define the technological changes that are taking place and suggests content of subjects that should be inserted into the existing curriculum frameworks so that universities can better contribute to the formation of power systems protection and automation teams focused on engineering, maintenance, and operation. It is believed that the proposal will serve as a basis for universities to carry out internal discussions to adapt their programs, and company managers will be able to plan the growth of their teams.*

Keywords: *Higher education, training, IEC 61850, travelling waves, non-conventional instruments transformers, PMU, renewable energy, power system protection.*

