

# Estrutura das Disciplinas que devem ser agregadas na formação de Técnicos e Engenheiros dedicados à Proteção de Sistemas Elétricos

**Área: 02. Gestão de Cursos, Projetos Pedagógicos e Avaliações de Cursos e Institucionais**

Júlio César Marques de Lima

Paulo Sérgio Pereira

Paulo Sérgio Pereira Júnior



# Introdução

- ✓ O trabalho apresenta uma análise das disciplinas ofertadas atualmente na formação dos engenheiros eletricitistas no Brasil.
- ✓ Realça as mudanças tecnológicas que estão ocorrendo no sistema elétrico, analisa as grades curriculares existente e propõe a inclusão de conteúdos em disciplinas existentes e também sugere novas disciplinas para que as universidades possam agregar valor na formação de engenheiros para as equipes de Proteção visando atender as necessidades das áreas de:
  - Engenharia;
  - Manutenção;
  - Operação.

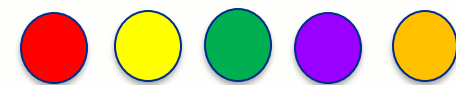
# Contextualização

## ✓ Até 20 anos atrás:

- O reflexo da evolução tecnológica acontecia à medida que os fabricantes disponibilizavam os produtos (eletromecânicos, estáticos e numéricos de primeira geração), e isso implicava em treinamentos específicos desses equipamentos.
- As universidades ofereciam disciplinas optativas, complementavam o currículo e assim atendiam as necessidades do mercado.
- O Engenheiro chegava ao mercado com conhecimentos que atendiam a mais de 90% da demanda das empresas.

## Contextualização

- ✓ Modelo tradicional da participação das universidades na formação do conhecimento dos engenheiros para as empresas do setor elétrico.



- TREINAMENTOS EM RELÉS ESPECÍFICOS.
- CONTEÚDO RELATIVAMENTE PEQUENO COMPARADO AO CONTEÚDO ENSINADO NAS UNIVERSIDADES.

# Contextualização

## ✓ Situação dos últimos 20 anos e atual:

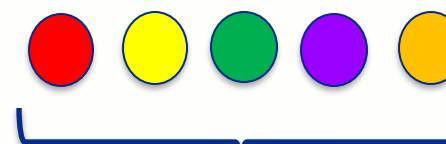
➤ Nos últimos 20 anos, a integração de fontes de energia renováveis e a integração da tecnologia de processamento digital de sinais no sistema elétrico levaram a grandes mudanças:

1. Mudanças no conceito de geração (fontes renováveis, geração distribuída).
2. Medição sincronizada de fasores (PMU's).
3. Detecção e localização de faltas por ondas viajantes (TW).
4. Transformadores de corrente e potencial não convencionais.
5. Digitalização das Subestações: *Merging Units*, Barramento de Processos, Norma IEC 61850, etc.

# Contextualização

✓ Nos últimos 20 anos aumentaram as demandas por formação em novos conteúdos.

Não se alterou  
muito a base de  
disciplinas das  
universidades.



TREINAMENTOS EM  
NOVOS CONTEÚDOS

## Metodologia: Análise das Grades Curriculares Existentes

- ✓ Este trabalho sugere conteúdos de disciplinas e como inseri-los nos currículos das universidades para que os jovens engenheiros possam chegar ao mercado com uma formação mais próxima da necessidade das empresas.
- ✓ Foram analisadas as grades curriculares de 8 cursos de Engenharia Elétrica: PUC Minas, Universidade de Brasília, USP, Universidade Estadual de Campinas, UERJ, UNIFEI, UFRJ e UFU.
- ✓ No geral, o currículo mínimo para a formação de engenheiros eletricitas com ênfase em sistemas de energia inclui disciplinas do ciclo básico, disciplinas básicas e do ciclo profissionalizante da Engenharia Elétrica e disciplinas de áreas complementares.



# Metodologia: Análise das Grades Curriculares Existentes

a) **Disciplinas de áreas complementares:** Administração, direito, economia, etc.

b) **Disciplinas do ciclo básico:** Matemática, Física e Química:

- **Matemática:** Funções, equações diferenciais, diferenciais parciais, transformada de Laplace, Funções de Bessel, etc.
- **Física:** Campos elétricos e magnéticos.
- **Química:** Conceitos gerais, materiais.

c) **Disciplinas da parte básica de Engenharia Elétrica:** Circuitos elétricos, Medidas elétricas, sistemas lineares, eletricidade industrial, eletrônica analógica e digital, microprocessadores.



# Metodologia: Análise das Grades Curriculares Existentes

d) Disciplinas **profissionalizantes** com ênfase em **sistemas de energia** (em caráter obrigatório ou optativo):

- Máquinas Elétricas e Transformadores [MAQ];
- Análise de Sistemas Elétricos (Curto Circuito) [ASE];
- Fluxo de Potência [FLP];
- Estabilidade de Sistemas Elétricos [ESE];
- Eletrônica de Potência (Industrial) [ELP];
- Linhas de Energia Elétrica [LEE];
- Estudo de Transitórios Eletromagnéticos [ETE];
- Proteção de Sistemas Elétricos [PSE].

# A PROPOSTA SUGERIDA

## Impacto nas Grades Curriculares

Tabela 1

**Fontes de Energias Renováveis  
(Smart Grids, Impactos na Proteção  
e Automação)**

**Nova Disciplina Tópicos I = 32 hs.  
Inserir nas disciplinas existentes:**

*Eletrônica de Potencia: 8hs*

*Curto Circuito : 4hs*

*Estabilidade: 4hs.*

*Proteção : 8hs.*

**Total: 56 hs.**

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

## Impacto nas Grades Curriculares

Tabela 2 - PMU's

**Nova Disciplina: Tópicos II**

**Total 32 hs.**

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
<p><b>Conteúdo comum a todos: Engenharia, Operação e Manutenção</b></p> <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</p>		
<p><b>Disciplina: Tópicos Especiais II</b></p>		
<p>Definição dos parâmetros que definem a especificação para compra dos sistemas baseados em PMU's.</p> <p>Carga horária: 4 horas</p>	<p>Ferramentas para testes de PMU's em campo e em laboratório.</p> <p>Carga horária: 4 horas</p>	<p>Ferramentas (software) para captação de dados das PMU's a distância.</p> <p>Carga horária: 4 horas</p>
Disciplina: Tópicos Especiais II	Disciplina: Tópicos Especiais II	Disciplina: Tópicos Especiais II
<p>Procedimentos para testes em fabrica de PMU's. Normas.</p> <p>Carga horária: 4h</p>	<p>Procedimentos para testes de manutenções periódicas em PMU's.</p> <p>Carga horária: 4h</p>	<p>Utilização dos dados das PMU's para interpretação de distúrbios no sistema.</p> <p>Carga horária: 4h</p>
Disciplina: Tópicos Especiais II	Disciplina: Tópicos Especiais II	Disciplina: Tópicos Especiais II

## Impacto nas Grades Curriculares

**Tabela 3**  
**IEDs que Trabalham**  
**com Ondas Viajantes**

**Nova Disciplina:**  
Tópicos III - 36 hs.  
**Inserir na Disciplina Proteção: 4hs.**  
**Total= 40 hs.**

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

## Impacto nas Grades Curriculares

**Tabela 4**  
**Transformadores de**  
**Instrumentos**  
**Não-Convencionais**

**Nova Disciplina:**

Tópicos IV- 56 hs.

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

## Impacto nas Grades Curriculares

**Tabela 5**  
**IEC-61850 e**  
**Segurança Cibernética**

**Nova Disciplina:**  
Tópicos V - 56 hs.

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
<b>Conteúdo comum a todos: Engenharia, Operação e Manutenção</b>  Principais aspectos e princípios definidos na 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. Carga horária: 8 horas  <b>Disciplina: Tópicos Especiais V</b>		
Aspectos da especificação dos componentes da rede para a compra. Carga horária: 8 horas  <b>Disciplina: Tópicos Especiais V</b>	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. Carga horária: 8 horas <b>Disciplina: Tópicos Especiais V</b>	Ferramentas para parametrizar, montar e ler os arquivos SCL. Ferramentas de simulação de IED's. Captação de informações pela rede. Carga horária: 8 horas <b>Disciplina: Tópicos Especiais V</b>
Definição dos principais pontos a serem testados e avaliação da segurança cibernética Carga horária: 8 horas <b>Disciplina: Tópicos Especiais V</b>	Ferramentas para avaliação da segurança cibernética. Carga horária: 8 horas <b>Disciplina: Tópicos Especiais V</b>	Avaliação dos resultados de operação e análise do desempenho, comunicação com o IED a partir do escritório. Carga horária: 8 horas <b>Disciplina: Tópicos Especiais V</b>

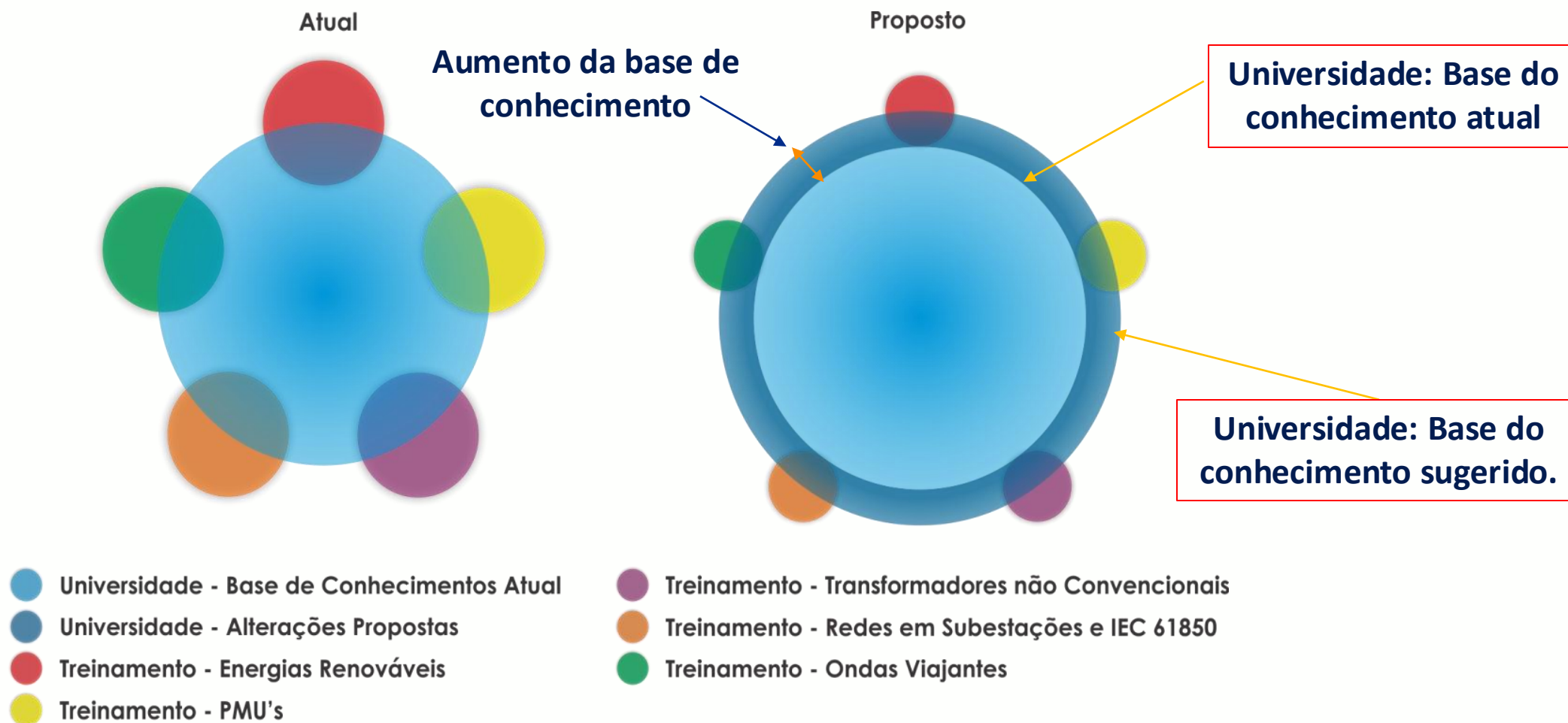


## Resumo da Carga Horária Proposta para Tópicos de Inovação

TÓPICO DE INOVAÇÃO	Inserir nas existentes 28 hs. CARGA HORÁRIA					
	Disciplinas Existentes				Novas Disciplinas	
	ELP	ASE	ESE	PSE	Título da Disciplina :	Horas
Renováveis	8	4	4	8	Tópicos Especiais I	32
PMU's	0	0	0	0	Tópicos Especiais II	32
Ondas viajantes	0	0	0	4	Tópicos Especiais III	36
TI's não convencionais	0	0	0	0	Tópicos Especiais IV	56
IEC 61850/Segurança Cibernética.	0	0	0	0	Tópicos Especiais V	56

**Novas  
Disciplinas  
212 hs.**

## Comparação de conhecimentos obtidos atualmente com o trabalho proposto



## Conclusões

- ✓ Este trabalho elencou os principais tópicos de inovação tecnológica que estão sendo implantados no Sistema Elétrico de Potência brasileiro.
- ✓ Com base nesse cenário é apresentada uma proposta de integração destes tópicos à grade curricular dos cursos de Engenharia Elétrica das universidades brasileiras para melhor atender às demandas do mercado. Alguns tópicos podem ser integrados às disciplinas atuais e outros através da criação de novas disciplinas.
- ✓ As mudanças propostas são relativamente pequenas, mas irão trazer grandes resultados para as empresas do país.
- ✓ Sendo uma sugestão, pode-se detalhar novos tópicos, diminuir ou alongar as cargas horárias sugeridas de acordo com a visão de cada universidade.

# MUITO OBRIGADO!!!

**Prof. Me. Júlio César Marques de Lima**



**(31) 99830-1413**



**juliocml@uol.com.br**



**www.pucminas.br**

