PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

Plano de Ensino

DISCIPLINA: Interação entre Descargas Atmosféricas e Sistemas Elétricos	**CÓDIGO**:

Validade: A partir do 1º semestre de 2009.
Carga Horária: 60 horas-aula
Créditos: 04
Área de Concentração / Módulo: Sistemas Elétricos / Formação Específica

Ementa:

Introdução: considerações preliminares, efeitos principais das descargas atmosféricas e breve histórico. Aspectos do ambiente elétrico do planeta. Descrição fundamental do fenômeno físico: mecanismo básico de estabelecimento, tipificação e caracterização de parâmetros de descargas atmosféricas. Medição e detecção de descargas atmosféricas. Descargas atmosféricas diretas e indiretas: efeitos e aspectos de segurança. Princípios de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas – interação com edificações residenciais, industriais e em ambientes explosivos. Interações com linhas de distribuição e transmissão e subestações e aspectos de proteção.

INTERDISCIPLINARIDADES

Inter-relações desejáveis

É desejável que os conteúdos abordados na disciplina *Interação entre Descargas Atmosféricas e Sistemas Elétricos* tenham relações diretas, principalmente, com as seguintes disciplinas e linhas de pesquisa:

- **Disciplinas** ⇒ Métodos Numéricos, Modelagem de Sistemas Eletromagnéticos, Planejamento de Sistemas de Potência, Sinais e Sistemas, Teoria e Projeto de Sistemas Lineares, Teoria Eletromagnética, Transitórios Eletromagnéticos em Altas Frequências e Transitórios Eletromagnéticos para Baixas Frequências;

- **Linhas de Pesquisa** ⇒ Eletromagnetismo Aplicado e Planejamento e Operação de Sistemas Elétricos de Potência (área de concentração: Sistemas Elétricos); Análise e Modelagem de Sistemas (área de concentração: Modelagem e Controle de Sistemas).

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

Plano de Ensino

Objetivos - *Possibilitar ao estudante os seguintes conhecimentos*:
- Fenômeno físico associado às descargas atmosféricas, desde a sua formação, propagação e interação com sistemas elétricos e seres humanos; - Circuito elétrico global; - Técnicas de medição das ondas de corrente de descargas atmosféricas; - Técnicas de detecção e acompanhamento de tempestades; - Aspectos de segurança de seres humanos; - Técnicas de proteção de sistemas elétricos, com ênfase em linhas de distribuição e transmissão, edificações (residenciais e industriais) e subestações; - Instalação de para-raios, transformadores e aterramentos para proteção contra descargas atmosféricas.

Métodos Didáticos Utilizados

Marque com um X no quadro:

[ ]	Aula expositiva em quadro	[X]	Seminário
[X]	Aula com uso de *slides*	[X]	Pesquisa
[X]	Aula com uso de multimídia	[X]	Trabalho individual
[ ]	Aula prática	[X]	Trabalho em grupo
[ ]	Discussão de texto	[ ]	Visita técnica
[ ]	Filme	[ ]	Outros: _____

Plano de Ensino

	Unidades de ensino	Carga-horária Horas-aula
1	**Introdução às descargas atmosféricas.** • Considerações preliminares • Efeitos principais • Breve histórico	2
2	**Ambiente elétrico do planeta.** • Características elétricas da Terra • O circuito elétrico global • O processo de eletrificação de nuvens	4
3	**Fenômenos físicos e parâmetros associados às descargas atmosféricas.** • Mecanismo básico de estabelecimento da descarga atmosférica: indução de cargas elétricas; descargas elétricas em meios gasosos; poder das pontas; transferência de carga para o solo; descargas atmosféricas negativas, positivas e bipolares; componente contínua • Tipificação das descargas atmosféricas: percurso da descarga; direção de propagação do canal precursor da descarga; sinal da carga transferida para o solo • Frequência de ocorrência • Parâmetros característicos: parâmetros de incidência geográfica e físicos; formas de onda; amplitude da corrente; carga transferida; parâmetros de tempo típicos; derivada máxima; energia.	16
4	**Medição e detecção de parâmetros de descargas atmosféricas.** • Medição direta da corrente de descarga: transdutores; torres “instrumentadas”; foguetes; elos magnéticos • Medição indireta: nível ceráunico; contadores de descarga; sistemas de detecção e localização de descargas atmosféricas (indicação de direção, diferença no tempo de chegada e técnica interferométrica) • A rede brasileira de detecção • Satélites e radar	8

Plano de Ensino

5	**Efeitos das descargas atmosféricas e aspectos de segurança.** • Descarga direta: influência dos parâmetros energia e valor de pico da corrente; incidência direta em linha de transmissão – mecanismos de flashover e *backflashover* – no topo da torre e nos cabos fase e para-raios • Descarga indireta: tensão induzida em linhas de transmissão – modelos de acoplamento eletromagnético entre o canal da descarga atmosférica e a linha de transmissão • Descargas atmosféricas em linhas de distribuição aéreas • Descargas atmosféricas em subestações • Aspectos de proteção: instalação de para-raios; transformadores; aterramentos elétricos; centelhadores. • Aspectos de segurança: acidentes típicos, situações de exposição de risco e medidas preventivas	16
6	**Princípios de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.** • Conceito de sistemas de proteção de estruturas • Modelos de incidência: modelos eletrogeométrico (EGM) e de progressão do líder • Filosofias de sistemas de proteção: Franklin e Gaiola de Faraday • SPDA e sistemas híbridos • Estudo e aplicação de normas técnicas	14
	Total	60

Métodos de Avaliação
Listas de exercícios, trabalhos computacionais, provas e projetos com aplicação de normas técnicas e análise crítica.

Informações adicionais
A disciplina será realizada de forma híbrida com base na **Instrução normativa PPGEL 003/2023, DE 28 DE ABRIL DE 2023**.

Plano de Ensino

DIVISÃO DE HORAS:

i. **Atividades Presenciais:**
- **Total de Horas:** 8 horas/aula (2 encontros presenciais);
- **Local:** Campus Nova Gameleira do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), em sala informada pelo PPGEL;
- Dedicado às atividades avaliativas (seminário apresentado pelos alunos).
- A programação será informada no início do semestre com base no calendário da instituição.

ii. **Atividades Remotas:**
- **Total de Horas:** 52 horas (13 semanas);
  - **Síncronas:** 28 horas de encontros síncronos ministrados pelo docente;
  - **Assíncronas**: 24 horas para os alunos se prepararem para os encontros síncronos;
- Haverá disponibilização de material didático via SIGAA e os alunos deverão se preparar para os encontros síncronos.

PLATAFORMA A SER UTILIZADA:

As atividades síncronas serão realizadas na plataforma **Microsoft Teams**;

PRESENÇA:

É obrigatória a presença nos encontros presenciais e síncronos.

RECURSOS:

Nesta disciplina, o uso de áudio (microfone) é obrigatório nos encontros síncronos por parte dos discentes. Por outro lado, o uso de câmera é facultativo (mas recomendado).

CRITÉRIOS DE APROVAÇÃO:

O discente será aprovado se simultaneamente obtiver:
- Mínimo de 75% de presença;
- Mínimo de 60% da nota final, obtida por soma simples.

Plano de Ensino

Bibliografia Básica

1 – Silvério Visacro Filho. **Descargas Atmosféricas: uma abordagem de engenharia**. Ed. Artliber, São Paulo, 2005.

2 – Vladimir A. Rakov e Martin A. Uman. Lightning: Physics and Effects. Cambridge University Press, 2003.

Bibliografia Complementar

1 – Ary D'Ajuz, Cláudio S. Fonseca e outros. **Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento: Aplicação em Sistemas de Potência de Alta Tensão**. Furnas Centrais Elétricas, EdUFF, 1987.

2 – Luiz Cera Zanetta Jr.. **Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas de Potência**. EdUsp, São Paulo, 2003.

3 – A. Greenwood. **Electrical Transients in Power Systems**. Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1991.

4 – Antônio E. A. Araújo e Washington L. A. Neves. **Cálculo de Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas de Energia**. Ed. UFMG, Belo Horizonte, 2005.

5 – S. R. Naidu. **Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas de Potência**. Ed. Grafset, Co-ed. Eletrobrás/UFPb, 1985.

6 – Carlos M.J.C.M. Portela. **Sobretensões e Coordenação de Isolamento**. Volumes I, II e III, COPPE/UFRJ, 1983.

7 – Carlos M.J.C.M. Portela. **Regimes Transitórios**. Volumes I, II, III e IV, COPPE/UFRJ, 1983.

8 – Normas Técnicas - ABNT, IEEE e IEC – a serem indicadas durante o curso.

9 – Artigos Técnicos na área a serem indicados durante o curso.