



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
CAMPUS DE PALMAS**

**PROJETO**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM ÊNFASE EM  
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

**PALMAS - TO**

**2019**

## PROGRAMA DE DISCIPLINA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E REDES INTELIGENTES

### INFORMAÇÕES GERAIS

<b>Código:</b> XXX0000	<b>Créditos:</b> 02	<b>Carga Horária:</b> 30 horas-aula	<b>Tipo:</b> Obrigatória
<b>Professor:</b> Gisele Souza Parmezani Marinho			<b>Matrícula:</b> 2361327

### 1 EMENTA

Definições e considerações sobre a Geração Distribuída e legislação vigente no Brasil. Conceitos de Redes Inteligentes, seus desafios atuais e futuros.

### 2 OBJETIVOS

Apresentar os conceitos básicos de Geração Distribuída, considerando os aspectos econômicos, técnicos e operacionais. Mostrar os conceitos de Smart Grids

### 3 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Conceitos de geração distribuída;
2. Fontes primárias de energia e tecnologias utilizadas em geração distribuída;
3. Legislação vigente no Brasil e em outros países;
4. Características de operação de redes de distribuição de energia elétrica;
5. Aspectos econômicos, técnicos e operacionais da integração da geração distribuída nos sistemas elétricos;
6. Geração distribuída e armazenamento de energia (tendências no Brasil e no mundo);
7. Conceitos de redes elétricas inteligentes (smart grids);
8. Desafios presentes e futuros na transmissão e distribuição de energia elétrica;
9. Perspectivas das redes elétricas inteligentes;
10. Tarifas inteligentes (Regulação e tendência tarifárias no Brasil).

### 4 METODOLOGIA

#### 4.1 Ensino

Aulas expositivas dialogadas com uso de quadro branco e apresentações multimídia, técnicas de estudo dirigido, técnicas de trabalhos em pequenos grupos e debates de estudos de caso. Em sala de aula são utilizados os recursos visuais disponíveis (datashow) para melhor transmitir o conhecimento aos estudantes.

## 4.2 Avaliação

A forma de avaliação desta disciplina consiste na entrega de trabalho realizado em forma escrita que será avaliada pelo professor e a este será atribuída uma Nota (de zero a dez).

Considera-se aprovado o aluno cuja nota final for maior ou igual a 7,0 (sete) e tiver frequência obrigatória maior ou igual que 75%.

Reprovado quando a nota final for menor que 7,0 (sete) ou tiver frequência obrigatória menor que 75% Não está prevista realização de qualquer atividade de recuperação.

## 5 BIBLIOGRAFIA

### 5.1 Básica

DUGAN Roger C., MCDERMOTT Thomas E. **Distributed Generation: Operating conflicts for Distributed Generation Interconnected with Utility Distribution System.** IEEE Industry Applications Magazine, março/abril de 2002.

SALESSE, AntonioVitor ; MARQUES, Ronaldo Fernandes . **Aspectos Relativos à Conexão de Geração Distribuída nos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica.** International Congress on Electricity Distribution- CIDEL 2006 – Argentina.

BORTONI, Edson da Costa; HADDAD, Jamil. **Interconexão de Sistemas de Geração Distribuída.** 1ª.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

### 5.2 Complementar

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. “**Resolução Normativa N° 414**, de 9 de setembro de 2010”.

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. “**Resolução Normativa N° 482**, de 17 de abril de 2012”. (atualizada pela REN 687 e REN 786)

CIGRÉ Working group 37.23, “**Impact of increasing contribution of dispersed generation on the power system,**” CIGRÉ, Relatório Técnico, 1999.

MITRA, P. **The impact of distributed photovoltaic generation on residential distribution systems.** Arizona StateUniversity, submittedto IEEE, 2012.

Ministério de Minas e Energia - MME. **Portaria Interministerial n° 1.007**,de 31 de Dezembro de 2010 - Regulamentação Específica que Define os Níveis Mínimos de Eficiência Energética de Lâmpadas Incandescentes. Diário Oficial da União nº4, 6 janeiro 2011, ISSN 1677-7042.2010.

COGEN. ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA. **Geração Distribuída – Novo Ciclo de Desenvolvimento.** Disponível em: [http://www.cogen.com.br/workshop/2013/Geracao\\_Distribuida\\_Calabro\\_22052013.pdf](http://www.cogen.com.br/workshop/2013/Geracao_Distribuida_Calabro_22052013.pdf). Acesso em 10 out 2013.

EPE. **EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.** Legislação. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/quemsomos/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 10 set 2013.

LORA, Electo Eduardo Silva; HADDAD, Jamil (Coord.). **Geração distribuída: aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais.** Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

## PROGRAMA DE DISCIPLINA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### INFORMAÇÕES GERAIS

<b>Código:</b> XXX0000	<b>Créditos:</b> 04	<b>Carga Horária:</b> 60 horas-aula	<b>Tipo:</b> Obrigatória
<b>Professor:</b> Alex Vilarindo Menezes			<b>Matrícula:</b> 2892130

### 1 EMENTA

1. Introdução. 2. Recurso solar. 3. Tipos de sistemas. 4. Módulo Fotovoltaico. 5. Inversor. 6. Equipamentos de controle e proteção. 7. Dimensionamento de SFCR. 8. Dimensionamento de sistemas isolados. 9. Análise de desempenho. 10. Análise técnico-econômica.

### 2 OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo Geral

Apresentar os principais tópicos que se relacionam com a área de sistemas fotovoltaicos, de tal forma que o aluno possa estar capacitado para atuar nessa área.

#### 2.2 Objetivos Específicos

- Compreender a dinâmica e disponibilidade do recurso solar.
- Conhecer a estrutura física construtiva e dinâmica de funcionamento de módulos fotovoltaicos e inversores isolados, conectados à rede e híbridos.
- Apresentar de maneira organizada e produtiva os principais conceitos para modelagem, dimensionamento e análise de desempenho de sistemas fotovoltaicos.
- Realizar análise técnica e econômica baseada nos custos e equipamentos presentes no mercado nacional.
- Relacionar o conteúdo teórico visto dentro da sala de aula com aplicações reais.

### 3 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

#### 1. Introdução

- a) Justificativas
- b) Objetivos
- c) Temas para trabalho

#### 2. Recurso solar

- a) Disponibilidade energética
- b) Energia solar: conceituação
- c) Equipamentos de medição
- d) Movimento aparente do Sol

#### 3. Tipos de sistemas

- a) Sistema Fotovoltaico Isolado (SFI)
- b) Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR)
- c) Sistema Fotovoltaico Híbrido (SFH)

4. Módulo Fotovoltaico
  - a) Efeito fotovoltaico
  - b) Estrutura física
  - c) Processo de fabricação
  - d) Modelagem matemática
  
5. Inversor.
  - a) Funcionalidades
  - b) Topologias: visão geral
  - c) Estrutura física
  - d) Modelagem matemática
  - e) Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI)
  
6. Equipamentos de controle, armazenamento e proteção.
  - a) Controlador de carga
  - b) Acumuladores
  - c) Dispositivo de Proteção contra Surto (DPS)
  - d) Chave seccionadora
  - e) Fusíveis
  - f) Quadro de proteção (*Stringbox*)
  
7. Dimensionamento de SFCR.
  - a) Análise da fatura de energia elétrica
  - b) Recurso solar disponível
  - c) Módulos fotovoltaicos
  - d) Inversor
  - e) Proteção
  - f) Exemplos de dimensionamento: Grupo A e B
  
8. Dimensionamento de SFI.
  - a) SFI para consumo de energia elétrica
  - b) SFI para bombeamento de água
  - c) Exemplos de dimensionamento
  
9. Análise de desempenho.
  - a) Produtividade do sistema
  - b) Fator de capacidade
  - c) Desempenho global
  - d) Custo da energia produzida
  
10. Análise técnico-econômica.
  - a) Dinheiro e o tempo
  - b) Juros simples e compostos
  - c) Sistemas de amortização
  - d) Fluxo de caixa
  - e) Retorno simples e descontado
  - f) Valor Presente Líquido (VPL)
  - g) Taxa Interna de Retorno (TIR)
  - h) Estudo de caso

## 4.1 Ensino

A metodologia a ser implantada será baseada em aulas expositivas, por meio da utilização de projetor digital, e artigos técnicos e científicos de revistas e periódicos conceituados da área, sempre contextualizando com os desafios e experiências encontrados em campo através de dados oriundos da base de dados da literatura da área e de sistemas reais em operação há pelo menos 4 anos.

## 4.2 Avaliação

- Elaboração de artigo técnico-científico dentro dos temas a serem apresentados no primeiro encontro das aulas acerca de sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

Item avaliativo	Valor	Peso
Artigo	10,0	10,0
Total	10,0	10,0

## 5 BIBLIOGRAFIA

### 5.1 Básica

MENEZES, A. V. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição de energia elétrica**. Apostila de disciplina do curso de especialização em sistemas fotovoltaicos conectados à rede da Universidade Federal do Tocantins, 2019.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. B.; OLIVEIRA, S.H. F. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2012.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB, 2014. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_Fv\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_Fv_2014.pdf)>. Acesso em 26 setembro 2018.

### 5.2 Complementar

MACÊDO, W. N. **Análise do fator de dimensionamento do inversor aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 2006. Tese (Doutorado em Energia) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia - PIPGE, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-29112006-153307/publico/TeseWilson1.pdf>> . Acesso em 26 setembro 2018.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas Brasileiro de Energia Solar - 2ª edição**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2017.

**PROGRAMA DE DISCIPLINA  
ELETRÔNICA DE POTÊNCIA APLICADA A CONVERSORES PARA SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS**

**INFORMAÇÕES GERAIS**

<b>Código:</b> XXX0000	<b>Créditos:</b> 3	<b>Carga Horária:</b> 45 horas-aula	<b>Tipo:</b> Obrigatória
<b>Professor:</b> Priscila da Silva Oliveira			<b>Matrícula:</b> 2892130

## 1 EMENTA

1. Tipos de Sistemas Solares Fotovoltaicos; 2. Inversor fonte de tensão; 2. Inversor fonte de Corrente; 3. Técnicas de modulação; 4. Estruturas Inversoras para sistemas fotovoltaicos; 5. Principais métodos para rastreamento de máxima potência (MPPT); 6. Principais algoritmos de anti-ilhamento.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo da disciplina é apresentar ao aluno o emprego da Eletrônica de Potência dentro dos sistemas fotovoltaicos de energia, através da conversão de energia CC-CA que estes sistemas empregam.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar as principais estruturas conversoras empregadas no inversor para sistemas fotovoltaicos.
- Apresentar o funcionamento das estruturas conversoras aplicadas a sistemas fotovoltaicos.
- Mostrar os principais métodos para rastreamento de máxima potência (MPPT).
- Apresentar os principais algoritmos de antiilhamento.

## 3 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Esquema de sistema solar fotovoltaico ligado à rede;
2. Esquema de sistema solar fotovoltaico isolado;
3. Inversor fonte de tensão
4. Inversor fonte de corrente;
5. Técnicas de modulação;
6. Estruturas Inversoras derivadas da topologia *H-Bridge*;
7. Estruturas Inversoras derivadas da topologia *NPC (Neutral Point Clamped)*;
8. Principais métodos de MPPT: razão cíclica fixa, tensão constante; perturbação e observação (P&O), condutância incremental, método beta, oscilação do sistema, correlação de ripple.
9. Principais Algoritmos de antiilhamento: método da injeção de reativo, método do desvio ativo de frequência (AFD), Método do Desvio de Frequência no modo Escorregamento (SMS), Método do Desvio Ativo de Frequência com realimentação positiva (Sandia Frequency Shift - SFS), Método da realimentação positiva da tensão (Sandia Voltage Shift - SVS), Método da medição de Impedância em uma frequência específica.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Ensino

As aulas serão expositivas com a utilização de quadro branco e outros recursos (computador, projetor digital, softwares de simulação, etc.).

### 4.2 Avaliação

- O conteúdo será avaliado através de um trabalho parcial e um final, sendo que a média final será a média aritméticas dos trabalhos apresentados.
- Para aprovação na disciplina a média do aluno deverá ser maior ou igual a 7,0 (sete).

Item avaliativo	Valor	Peso
Trabalho	10,0	10,0
Prova	0	0
Total	10,0	10,0

## 5 BIBLIOGRAFIA

### 5.1 Básica

TEODORESCU, Remus; LISERRE, Marco e RODRIGUES, Pedro. **GRID CONVERTERS FOR PHOTOVOLTAIC AND WIND POWER SYSTEMS**. 1 ed. John Wiley& Sons, Ltd. 2011.

RASHID, Muhammad H. **ELETRÔNICA DE POTÊNCIA: DISPOSITIVOS, CIRCUITOS E APLICAÇÕES**. 4 ed. Pearson. 2014.

OGATA, Katsuhiko. **ENGENHARIA DE CONTROLE MODERNO**. 5. ed. Pearson, 2011.

### 5.2 Complementar

MARTINS, Denizar Cruz e BARBI, Ivo. **INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CONVERSORES CC-CA**. 2 ed. Ed. dos autores. 2008.

DORF, Richard C.; BISHOP, Robert H. **SISTEMAS DE CONTROLE MODERNOS**. 12. ed. LTC, 2013.

Robert Erickson, “**FUNDAMENTALS OF POWER ELECTRONICS**”, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-412-08541-0.

Monteiro, Alcy Jr. **Modelagem da Usina Fotovoltaica do Estádio do Mineirão para Estudos de Propagação Harmônica**. 2014. 116f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

Brito, Moacyr A. G. **Inversores Integrados Monofásicos e Trifásicos para Aplicações Fotovoltaicas: Técnicas para obtenção de MPPT, detecção e proteção de ilha, sincronização e paralelismo com a rede de distribuição de energia elétrica**. 2013. 220f. Tese de doutorado - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.



## PROGRAMA DE DISCIPLINA PROCESSAMENTO DE SINAIS

### INFORMAÇÕES GERAIS

<b>Código:</b> XXX0000	<b>Créditos:</b> 02	<b>Carga Horária:</b> 30 horas-aula	<b>Tipo:</b> Obrigatória
<b>Professor:</b> Humberto Xavier de Araujo			<b>Matrícula:</b> 1971818

### 1 EMENTA

Teoria básica de processamento de sinais: análise espectral de sinais, amostragem, frequência de Nyquist, sinais e sistemas discretos, Transformada Z. Análise de sinais no domínio do tempo e da frequência. Análise e projeto de filtros. Transdutores e condicionamentos de sinais. Conversão analógico/digital e digital/analógico. Utilização de microcomputadores em processamento de sinais. Método de aquisição de dados. Processamento digital de sinais em sistemas de energia solar.

### 2 OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo Geral

Entender de maneira geral a importância de um processamento de sinais eficientes nos sistemas de energia solar fotovoltaica. Entender a aplicação das ferramentas matemáticas e computacionais com suas aplicações na engenharia.

#### 2.2 Objetivos Específicos

- Capacitar o profissional para a caracterização, projeto e implementação de filtros digitais, análise espectral de sinais usando DFT e desenvolvimento de algoritmos para processamento digital de sinais;
- Estabelecer relações entre a disciplina Processamento Digital de Sinais e o sistema de energia solar fotovoltaico;
- Conscientizar os profissionais sobre a importância do processamento digital de sinais.

### 3 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Revisão de processamento de sinais contínuos; introdução ao processamento digital de sinais; fundamentos matemáticos de sinais e sistemas discretos; análise em frequência de sinais; Processo de digitalização de sinais analógicos: conversão A/D, teorema de Nyquist amostragem, quantização, codificação e reconstrução do sinal analógico (Conversão D/A); Transformada Rápida de Fourier (FFT); Filtros Digitais: análise, estruturas, técnicas de projeto, aspectos práticos e tratamento computacional. Aplicações do Processamento Digital de Sinais em Sistemas de Energia Solar Fotovoltaico.

### 4 METODOLOGIA

#### 4.1 Ensino

Aulas expositivas em projetor e quadro branca.

Discussões sobre o Estado da Arte na utilização e no desenvolvimento de novos materiais. Utilização de laptops para projeto de sistemas práticos.

## 4.2 Avaliação

Trabalho apresentado em forma oral e escrita que será avaliada pelo professor e a este será atribuída uma Nota (de zero a dez).

Considera-se aprovado o aluno cuja nota final for maior ou igual a 7,0 (sete) e tiver frequência obrigatória maior ou igual que 75%.

Reprovado quando a nota final for menor que 7,0 (sete) ou tiver frequência obrigatória menor que 75%. Não está prevista realização de qualquer atividade de recuperação.

## 5 BIBLIOGRAFIA

### 5.1 Básica

LYONS, Richard G. **Understanding digital signal processing**. Pearson Education, 2006.

HAYES, Monson; **Processamento Digital de Sinais**, 1 edicao, Editora Bookman, 2006.

Lathi, Bhagwandaspannalal; **Linear systems and signals**, 2.ed, Oxford University Press, New York, NY, USA, 2005

### 5.2 Complementar

STEPHEN J.C., **Programação em Matlab para Engenheiros**. Thomson Learning, 2003

MATSUMOTO, ÉliaYathie. **Matlab 7: Fundamentos**. Érica 2004.

HSU, P. Hwei; **Teoria e Problemas de Sinais e Sistemas**, 1 Ed., Porto Alegre: Bookman, 2004.

GIROD, B., RABENSTEIN, R., STENGER, A., **Sinais e Sistemas**, Editora LTC, 2003.

OPPENHEIM, Alan V.; SCHAFER, Ronald W. **Discrete time signal processing**. 2 nd. Edition, Prentice Hall, 1999.

## PROGRAMA DE DISCIPLINA MODELAGEM E ANÁLISE DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

### INFORMAÇÕES GERAIS

<b>Código:</b> XXX0000	<b>Créditos:</b> 04	<b>Carga Horária:</b> 60 horas-aula	<b>Tipo:</b> Obrigatória
<b>Professor:</b> Sergio Manuel Rivera Sanhueza			<b>Matrícula:</b> 1481863

### 1 EMENTA

Caracterização do sistema de distribuição. Modelagem dos elementos do sistema de distribuição. Fluxo de potência no âmbito da distribuição. Curto circuito.

### 2 OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo Geral

Conhecer a operacionalidade do sistema de distribuição no contexto dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

#### 2.2 Objetivos Específicos

- Uso do fluxo de potência voltado à distribuição.
- Realizar a modelagem matemática dos elementos que compõe um sistema de distribuição.
- Utilizar programas computacionais do CEPTEL para estudo de redes de distribuição.
- Promover a capacidade de análise e expositiva do aluno referente assuntos pertinentes a redes de distribuição.

### 3 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Caracterização do sistema de distribuição.  
Regulamentação do sistema de distribuição perante a ANEEL;
2. Modelagem dos elementos do sistema de distribuição.  
Linhas;  
Transformadores;  
Cargas;  
Reguladores de tensão;  
Sistemas fotovoltaicos.
3. Fluxo de potência no âmbito da distribuição.  
Método da soma de corrente;  
Método da soma de potências;  
Método da soma de potências modificado.
4. Curto circuito.  
Faltas simétricas;  
Faltas assimétricas;  
Programa ANAFAS.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Ensino

O ensino se dará por aulas expositivas com a apresentação do conteúdo aos alunos e após toda exposição o aluno deverá trazer um artigo, já publicado, voltado ao assunto da disciplina. A partir do referido artigo o aluno deverá preparar um seminário, onde será avaliada a capacidade escrita e oral;

### 4.2 Avaliação

- Seminário expositivo;
- Relatório escrito no formato de artigo.

Item avaliativo	Valor	Peso
Trabalho	10	5
Apresentação	10	5
Total	10,0	10,0

## 5 BIBLIOGRAFIA

### 5.1 Básica

1. William H. Kersting. Distribution System Modeling and Analysis. CRC Press, Taylor & Francis Group, Third Edition, 2012.
2. Kagan, N. Oliveira, C. C. B. Robba, E. J. Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica. Editora Edgard Blucher. 2º Edição, 2010.
3. Monticelli, Alcir. Introdução à sistemas de energia elétrica. Editora da UNICAMP, 1999.

### 5.2 Complementar

1. John J. Grainger & William D. Stevenson Jr. Power System Analysis. Editora: McGraw Hill, 1994.
2. Gomez-Expósito, Antonio; Conejo, Antonio J., Cañizares, Claudio. Sistemas de Energia Elétrica. Análise e Operação. Editora: LTC; Edição: 1ª (1 de janeiro de 2011).

## PROGRAMA DE DISCIPLINA PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

### INFORMAÇÕES GERAIS

<b>Código:</b>	<b>Créditos:</b> 04	<b>Carga Horária:</b> 60 horas-aula	<b>Tipo:</b> Obrigatória
<b>Professor:</b> Adelicio Maximiano Sobrinho			<b>Matrícula:</b> 1999566

## 1 EMENTA

1. Filosofia da proteção. 2. Princípios e Características Fundamentais do Funcionamento de Relés. 3. Relés de Corrente, Tensão, Direcionais, de Equilíbrio de Corrente ou Tensão e Diferenciais. 4. Transformadores de Corrente: Introdução, Simbologia e polaridade do TC, ensaios, relação de transformação do TC, diferenças entre tcs de medição e proteção. 5. Transformadores de potencial: Introdução, Simbologia e polaridade do Tp, ensaios, relação de transformação do tp. 6. Proteção e coordenação das proteções de subestações para consumidores particulares, conforme normas de distribuição local.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo da disciplina é fornecer aos estudantes base teórica e prática para dimensionar e coordenar os dispositivos de proteção para sistemas de geração distribuída de energia de acordo com as exigências das concessionárias.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Proteção na Média Tensão;
- Tabela ANSI das proteções  
Dimensionamento os transformadores de corrente para proteção e medição;
- Coordenação dos relés com os demais dispositivos de proteção da distribuição (elos fusíveis, seccionadoras, religadores na RDU e na subestação);
- Ajustar as proteções de sobrecorrente temporizadas (51) e instantâneas (50) de fase e neutro;
- Coordenar as proteções da subestação particular com os elos da derivação e da primeira proteção a montante da concessionária;
- Ajustar os sistemas de proteção contra as correntes referentes aos pontos ANSI e NANSI dos transformadores;

## 3 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Filosofia da proteção de sistemas elétricos de Potência;
- Transformadores de Corrente: Introdução, Simbologia e importância da determinação da polaridade do TC no sistema de proteção;
- Transformadores de potencial: Introdução, Simbologia e polaridade do Tp, ensaios, relação de transformação do tp;

- Rele de Sobrecorrente: Introdução, classificação dos relés, relés eletromecânicos, relés eletrônicos ou estáticos, relés digitais, ajustes dos relés, tipos de curvas dos relés e o seu tempo de atuação, função de religamento e coordenação dos relés;
- Chave/Elo Fusível: Escolha dos pontos de instalação; Dimensionamento; Tipos de elos; Curvas e faixas de operação; Coordenação fusível x fusível; Coordenograma da proteção;
- Funcionamento de diagramas de comando para as chave reversíveis de acionamento manual, elétrico e/ou automático com intertravamento mecânico;
- Rele Direcional: Introdução, relé de sobrecorrente direcional, princípio de funcionamento, polaridade dos tcs, ensaios dos relés e coordenação dos relés.
- Conceitos de disjuntores, chaves seccionadoras e procedimentos de manobras em sistemas de média tensão;
- Fornecimento de energia para todo o sistema de proteção e demais equipamentos da subestação.
- Relés com função de sincronismo (25), intertravamento;
- Relé com funções de subtensão (27);
- Funcionamento do Dispositivo de Seccionamento Visível;
- Detalhamento das funções do disjuntor de média tensão e ensaios de comissionamento;
- Relés com funções de sobrecorrente instantânea e temporizada (50/51) e (50/51) N;
- Relé com função de religamento com supervisão de linha morta;
- Relé de Reversão ou Desbalanceamento de Corrente (46);
- Relé com funções de Reversão ou Desbalanceamento de Tensão (47);
- Relé de Sobrecorrente com Restrição de Tensão (51V);
- Relé de Sobretensão de fase e Neutro (59 e 59N);
- Relé de Sobrecorrente Direcional de Fase e Neutro (67 e 67N);
- Relé de medição de ângulo de fase / proteção contra falta de sincronismo (78);
- Relé de Frequência (sub ou sobre) 81 (O/U);
- Elemento de Proteção Anti-ilhamento
- Importância dos Sistemas auxiliares de alimentação AC e DC.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Ensino

As aulas serão ministradas através de aulas expositivas com a utilização de quadro branco e outros recursos (computador, projetor digital, softwares de simulação, etc.)

Levantamento das curvas corrente x tempo dos relés instantâneos e temporizado para os diversos tipos de curvas: Normalmente Inversa (NI), Muito Inversa (MI) e Extremamente Inversa (EI). Modelamento destas curvas em softwares para verificação visual da coordenação das proteções e equipamentos;

Ensaio de transformadores de corrente e potencial: resistência de enrolamento, relação de transformação, polaridade, isolamento Dc, etc;

Análise de diagramas unifilares e dos sistemas AC e DC para os serviços de alimentação em subestações;

Conceitos dos equipamentos e procedimentos de segurança para execução de manobras em subestações de média tensão;

Visitas técnica em sistemas implantados.

#### 4.2 Avaliação

- Relatório contemplando memorial descritivo, ensaios necessários para comissionamento da subestação, elaboração de diagramas, ajustes e coordenogramas das proteções conforme exigências da concessionária local;
- Prova.

Item avaliativo	Valor	Peso
Relatório	10	0,5
Prova	10	0,5
Total	10,0	10,0

## 5 BIBLIOGRAFIA

### 5.1 Básica

MAMEDE FILHO, João; MAMEDE, Daniel Ribeiro. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. Rio de Janeiro: LTC, 2016;

CAMINHA, Amadeu Casal. **Introdução à proteção dos sistemas elétricos**. 11. reimpr. -. São Paulo: E. Blucher, 2009;

KINDERMANN, Geraldo. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. Volume 1, UFSC, 2ª Edição modificada e ampliada, Florianópolis – SC.

### 5.2 Complementar

ENERGISA TOCANTINS. **Norma de Distribuição Unificada – NDU 015** - “Critérios para Conexão de acessantes de geração distribuída ao sistema de Distribuição da Energisa – Conexão em Média Tensão.

ENERGISA TOCANTINS. **Norma de Distribuição Unificada NDU 002** - "Fornecimento de Energia Elétrica em tensão primária. Revisão 5.1, abril de 2018.

ENERGISA TOCANTINS. **Norma de Distribuição Unificada NDU 013** - "Critérios para a Conexão de acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição da Energisa Conexão em baixa tensão. Versão 2.0, março de 2016.

## PROGRAMA DE DISCIPLINA MODELAGEM DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (OPENDSS)

### INFORMAÇÕES GERAIS

<b>Código:</b>	<b>Créditos:</b> 04	<b>Carga Horária:</b> 60 horas-aula	<b>Tipo:</b> Obrigatória
<b>Professor:</b> Alcy Monteiro Júnior			<b>Matrícula:</b> 2740603

## 1 EMENTA

Modelos Trifásicos dos Elementos do Sistema Elétrico; Montagem da Matriz de Admitâncias Nodais dos Elementos de Rede: Transformadores, Geradores, Cargas, linhas; Construção da Matriz de Admitâncias Nodais da Rede Completa; Fluxo de Potência; Métodos para a Transmissão de Energia; Métodos para a Distribuição de Energia; Estudo de caso de Rede de Distribuição no OpenDSS; Modelagem dos Equipamentos de Geração Distribuída Conectados na Rede Elétrica; Modelo do Sistema Armazenador de Energia; Sistema de Distribuição Real;

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Apresentar os principais tópicos que se relacionam a modelagem de geração distribuída com o foco em sistemas fotovoltaicos conectados à rede, de tal forma que o aluno possa estar capacitado para compreender o comportamento do funcionamento de uma geração distribuída usando ferramentas computacionais gratuitas.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Compreender os modelos dos componentes do sistema elétricos;
- Conhecer a dinâmica do funcionamento e operação da microgeração distribuída;
- Apresentar de maneira organizada e produtiva os principais conceitos para modelagem de usinas fotovoltaicas;
- Compreender o comportamento de harmônicos em usinas fotovoltaicas;
- Compreender a modelagem de sistema de distribuição real.

## 3 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Fluxo de Potência no OpenDSS:
  - Métodos para a Transmissão de Energia;
  - Métodos para a Distribuição de Energia;
- Estudo de caso de Rede de Distribuição no OpenDSS;
  - Rede Teste IEEE 13 Barras;
  - Caracterização dos Arranjos e Linhas;
  - Caracterização dos Transformadores;
  - Caracterização dos Capacitores;
  - Caracterização do Regulador;
  - Caracterização das Cargas Concentradas;



- Caracterização da Carga Distribuída;
- Fluxo de Potência da Rede Teste IEEE 13 Barras;
- Conexão de GD.
- Modelagem dos Equipamentos de Geração Distribuída Conectados na Rede Elétrica:
  - Modelo do Sistema Fotovoltaico;
  - Curva de Irradiação e Temperatura;
  - Curva XY;
  - Modelo Conectado na Rede Teste 13 Barras;
  - Grandezas do Sistema Fotovoltaico;
  - Grandezas elétricas do sistema fotovoltaico;
- Modelo do Sistema Armazenador de Energia:
  - Sistema Armazenador de Energia;
  - Modelo Conectado na Rede Teste 13 Barras;
  - Simulação do sistema armazenador de energia;
- Sistema de Distribuição Real;
  - Modelo do alimentador;
  - Dados da transmissão e do transformador da subestação;
  - Dados do carregamento dos alimentadores;
  - Dados do controle dos bancos de capacitores.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Ensino

A metodologia a ser implantada será baseada em aulas expositivas, por meio da utilização de projetor digital, e artigos técnicos e científicos de revistas e periódicos conceituados da área, sempre contextualizando com os desafios e experiências encontrados em campo através de dados oriundos da base de dados da literatura da área e de sistemas reais em operação.

### 4.2 Avaliação

- Elaboração de artigo técnico-científico dentro dos temas a serem apresentados no primeiro encontro das aulas acerca de projeto e instalações de usinas fotovoltaicas.

Item avaliativo	Valor	Peso
Artigo	10,0	10,0
Total	10,0	10,0

## 5 BIBLIOGRAFIA

### 5.1 Básica

1. Dugan, Roger C., Montenegro, Davis. **Reference Guide: The Open Distribution System Simulator (OpenDSS)**. EPRI: Electric Power Research Institute, 2018.

2. EPRI. Electric Power Research Institute. “**Common Functions for Smart Inverters**”. 4th Edition, 170. 2016.
3. EPRI, Electric Power Research Institute. “**OpenDSSPVSystem Element Model**”. p.1–10. 2011.

## 5.2 Complementar

1. KERSTING, W. H. **Radial distribution test feeders**. In: IEEE. Power Engineering Society Winter Meeting, 2001. IEEE. [S.l.], 2001. v. 2, p. 908–912.
2. KERSTING, W. H. **Distribution System Modeling and Analysis**. CRC Press, Taylor & Francis Group, Third Edition, 2012
3. SUNDERMAN, W.; DUGAN, R. C.; SMITH, J. **Open source modeling of advanced inverter functions for solar photovoltaic installations**. In: IEEE. T&D Conference and Exposition, 2014 IEEE PES. [S.l.], 2014. p. 1–5.
4. A. Hariri, A. Newaz and M. O. Faruque, "**Open-source python-OpenDSS interface for hybrid simulation of PV impact studies**," in *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 11, no. 12, pp. 3125-3133, 24 8 2017. doi: 10.1049/iet-gtd.2016.1572
5. Monteiro Júnior, Alcy. **Modelagem da usina fotovoltaica do Estádio do Mineirão para estudos de propagação harmônica**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2014.
6. P. B. Kitworawut, D. T. Azuatalam and A. J. Collin, "**An investigation into the technical impacts of microgeneration on UK-type LV distribution networks**," *2016 Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)*, Brisbane, QLD, 2016, pp. 1-5. doi: 10.1109/AUPEC.2016.7749321

## PROGRAMA DE DISCIPLINA PROJETO E INSTALAÇÕES DE USINAS FOTOVOLTAICAS

### INFORMAÇÕES GERAIS

<b>Código:</b> XXX0000	<b>Créditos:</b> 03	<b>Carga Horária:</b> 45 horas-aula	<b>Tipo:</b> Obrigatória
<b>Professor:</b> Alcy Monteiro Júnior			<b>Matrícula:</b> 2740603

## 1 EMENTA

Legislação e Mercado: Modelos de empreendimentos; Como construir uma usina de minigeração distribuída; Dimensionamento de Usinas de Geração Distribuída; Sistema de gestão. Engenharia; Suprimento; Implantação; Entrega Final; Comissionamento; Sistema de Monitoramento; Operação e manutenção.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Apresentar os principais tópicos que se relacionam com a área de projetos e montagens de usinas fotovoltaicas, de tal forma que o aluno possa estar capacitado para atuar nessa área.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Compreender a legislação e modelos de empreendimentos fotovoltaicos.
- Conhecer a estrutura física construtiva e dinâmica microgeração distribuída.
- Apresentar de maneira organizada e produtiva os principais conceitos para modelagem, dimensionamento e análise de desempenho de usinas fotovoltaicas.
- Apresentar o sistema de gestão para planejamento e execução de obras;
- Apresentar os trâmites para recebimentos de obras e manutenção.

## 3 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Legislação e Mercado:

- Modelos de Empreendimentos.

Como construir uma usina de microgeração distribuída:

- Principais etapas;
- Pré-projeto de uma usina;
- Topologias e peculiaridades na construção de uma usina;
- Aspectos legais a serem considerados.

Dimensionamento de usina de geração distribuída para minigeração:

- Dimensionamento inteligente;
- Pré-projeto:
  - Unifilar e *layout*;
- Contratos:
  - Tópicos importantes.

Sistema de gestão:

- Tópico em *Project Management* (PMBOK);

- Gestão do planejamento;
- Gestão de escopo:
  - Entregáveis.
- Gestão de Custo e Risco:
  - Panorama geral;
  - Risco e Mitigações;
- Gestão de tempo:
  - Balizamento das expectativas;
  - Ajustes comuns.

#### Engenharia:

- Integração dos elementos:
  - Compreensão do escopo.
- Sugestão de lista de projetos;
- Requisitos adicionais comuns:
  - Medições específicas;
  - CCTV e alarmes.
- Reduções de custos.

#### Suprimentos:

- Logística e controle;
- Equipamento críticos.

#### Implantação:

- Equipe de obra;
- Cadência executiva:
  - Prática:
    - Caminho planejado;
    - Erros comuns.

#### Entrega final:

- Comissionamento:
  - Normas;
  - Especialidades;
  - Figuras de mérito.
- Teste adicionais ao cliente;
- Aceite provisório e final.

#### Sistema de monitoramento;

#### Operação e manutenção:

- Operação:
  - Avaliação de desempenho;
- Manutenção:
  - Rotina básica;
  - Limpezas;
  - Testes;
  - Rotinas específicas.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Ensino

A metodologia a ser implantada será baseada em aulas expositivas, por meio da utilização de projetor digital, e artigos técnicos e científicos de revistas e periódicos conceituados da área, sempre contextualizando com os desafios e experiências encontrados em campo através de dados oriundos da base de dados da literatura da área e de sistemas reais em operação.

## 4.2 Avaliação

- Elaboração de artigo técnico-científico dentro dos temas a serem apresentados no primeiro encontro das aulas acerca de Projeto e instalações de usinas fotovoltaicas.

Item avaliativo	Valor	Peso
Artigo	10,0	10,0
Total	10,0	10,0

## 5 BIBLIOGRAFIA

### 5.1 Básica

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. B.; OLIVEIRA, S.H. F. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2012.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. Sexta edição. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16149:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição**.

### 5.2 Complementar

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB, 2014. Disponível em:  
<[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_Fv\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_Fv_2014.pdf)>. Acesso em 26 setembro 2018.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas Brasileiro de Energia Solar - 2ª edição**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 62116:2012 - Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16150:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade Equipamentos e instalações de micro e mini geração distribuída – Normativas Técnicas**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho**.

### 13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414/2010**. Agência Nacional de Energia elétrica, 2010. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>. Acesso em: 20 de mar. 2019.

BRASIL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482/2012**. Agência Nacional de Energia elétrica, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 20 de mar. 2019.

BRASIL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687/2015**. Agência Nacional de Energia elétrica, 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 20 de mar. 2019.

GREENER. **Estudo Estratégico Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída - 1º Semestre 2019**. 2019. Disponível em: <https://www.greener.com.br/pesquisas-de-mercado/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-1o-semester-de-2019/>. Acesso em: 20 de mar. 2019.

GREENER. *Strategic Study Utility Scale – Brazilian PV Market 2019*. 2019. Disponível em: <https://www.greener.com.br/pesquisas-de-mercado/strategic-study-utility-scale-brazilian-pv-market-2019/>. Acesso em: 20 de mar. 2019.

INPE. **ATLAS BRASILEIRO SOLARIMÉTRICO DE ENERGIA SOLAR**. 2.ed. São José dos Campos : INPE, 2017. 88p.

PALMAS. Projeto de Desenvolvimento Pedagógico **RESOLUÇÃO Nº 06/2016**. Conselho Universitário da Universidade Federal do Tocantins - Consuni. Disponível em: <https://docs.uft.edu.br/share/s/RS16HHU0Que2MuIybdLJjw>. Acesso em: 21 de mar. 2019.