



MÓDULO 3: Projecto Avançado em Energia Solar Fotovoltaica

1. Fundamentos de Electrotecnia. Normas técnicas e legislação aplicável:

(MÓDULO OPCIONAL – Recomendado para não Electrotécnicos)

(60min)

1.1 Adquirir/relembrar alguns fundamentos de electrotecnia:

- 1.1.1. Conhecer quais os riscos eléctricos e o RTIEBT (Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão).
- 1.1.2. Saber o conceito de corrente eléctrica: força electromotriz; tensão eléctrica; resistência eléctrica; factores que influenciam a resistividade; lei de Ohm; potência eléctrica; associação de receptores em série e em paralelo; efeito de joule; exercícios de aplicação;
- 1.1.3. Compreender a 1ª e a 2ª Lei de Kirchhoff, através da aplicação de exercícios;
- 1.1.4. Compreender a corrente AC/DC: entender o sentido da corrente eléctrica (convencional e real); formas de onda alternada periódica (período, frequência);
- 1.1.5. Compreender a corrente alternada sinusoidal: tensão instantânea máxima; valor eficaz; valor médio; desfasamento entre correntes; circuito resistivo, capacitivo e indutivo; potências em C.A. em circuito monofásico resistivo puro, monofásico indutivo e monofásico capacitivo; resolução de exercícios;
- 1.1.6. Entender a corrente alternada trifásica: arranque em estrela-triângulo (vantagens/desvantagens);
- 1.1.7. Compreender que tipo de dispositivos são os díodos, quais as suas características bem como os tipos de díodos semicondutores que existem (led); pontes rectificadoras: rectificação de meia onda, rectificação de onda completa, rectificação em sistemas trifásicos; experiência em sala;
- 1.1.8. Saber o que são transístores assim como tirístores;
- 1.1.9. Entender as Séries de Fourier: conceito e exemplos;
- 1.1.10. Entender as distribuições gaussianas, como base para estudo e análise de bases de dados de irradiação;
- 1.1.11. Saber como ocorre a transmissão de energia em corrente alternada e resolução de exercícios;
- 1.1.12. O que são transformadores e como funcionam;



- 1.1.13. Adquirir noções básicas de instrumentação e medidas;
- 1.1.14. Abordagem de software de simulação de circuitos;
- 1.2 Conhecer qual a legislação actual.
- 1.3 Exercícios de revisão

2. Análise do estado da arte. Filosofia de projecto: (60min)

- 2.1. Introdução à energia solar e respectivas vantagens face a outras formas de energia convencionais e renováveis;
- 2.2. Diferentes tipos de energia solar;
- 2.3. Resenha histórica da Energias Solar Fotovoltaica.
- 2.4. Mitos sobre a energia fotovoltaica.

3. Quadro legal, incentivos e estatística: (120min)

- 3.1. Compreender o potencial do mercado Internacional e Nacional;
- 3.2. Conhecer as estatísticas actuais;
- 3.3. Conhecer a legislação que regulamenta a actividade: directivas e decretos-lei actuais, PNAEE, regime remuneratório geral, regime remuneratório bonificado, registo e ligação à rede, pedido de certificação de exploração, contrato de compra e venda de electricidade, pagamento e financiamento, IRS, IRC, IVA, qual a tarifa actual de venda de energia no regime bonificado;
- 3.4. Conhecer o quadro de subsídios e incentivos existentes em Portugal e em contexto internacional.

(Mini-teste de 20min)



4. Tecnologia de Módulos Fotovoltaicos:

(240min)

4.1. Tecnologia das células fotovoltaicas:

- 4.1.1. Ter conhecimento das propriedades da luz;
- 4.1.2. Compreender o efeito fotoelétrico;
- 4.1.3. Descrever o efeito fotovoltaico, com base no efeito fotoelétrico e nas propriedades físico-químicas dos materiais;
- 4.1.4. Saber o que são semicondutores intrínsecos e extrínsecos: junção PN e modelo matemático;
- 4.1.5. Eficiência da célula PV;
- 4.1.6. Conhecer quais as tecnologias actuais e emergentes:
 - 4.1.6.1. 1ª Geração – “wafers” de Si: célula de Si monocristalino, célula de Si policristalino,
 - 4.1.6.2. 2ª Geração – filmes finos de Si amorfo, filmes finos de CdTe, filmes finos de Cu(InGa)Se₂, filmes finos de GaAs e Cl(G)s;
 - 4.1.6.3. 3ª Geração: DSST, Orgânicas;
- 4.1.7. Vantagens e desvantagens de cada tecnologia;
- 4.1.8. Compreender a evolução do mercado das células fotovoltaicas, com base em dados estatísticos, identificando os fatores que contribuem para o custo das diversas tecnologias e identificar tendências futuras;

4.2. Identificar as principais características técnicas de um módulo fotovoltaico:

- 4.2.1. Identificar quais as principais variantes na associação de células:
- 4.2.2. Compreender a ligação física entre células de silício cristalino e entre células de silício amorfo;
- 4.2.3. Estudar o impacto de ter módulos com diferente número de strings e da distribuição de strings a nível de sombreamento;
- 4.2.4. Distinguir os três tipos diferentes de soluções de encapsulamento:
 - 4.2.4.1. Encapsulamento em etileno vinil acetato (EVA);
 - 4.2.4.2. Encapsulamento em Teflon;
 - 4.2.4.3. Encapsulamento e resina fundida;
 - 4.2.4.4. Principais aspetos relacionados com o encapsulamento dos módulos de filme fino, bem como tolerância a sombreamentos;



- 4.2.5. Identificar quais as variantes de suporte mecânico e saber como são feitos os contactos eléctricos e caixa de junção;
- 4.2.6. Saber o que são díodos bypass e como funcionam;
- 4.2.7. Compreender o funcionamento dos díodos de bloqueio: quais as características técnicas e quais os factores que afectam as características eléctricas dos módulos de película fina, bem como o efeito Staebler Wronski e o NOCT;
- 4.2.8. Compreender as características que diferenciam os módulos flexíveis, tubulares, específicos e híbridos;
- 4.2.9. Conhecer os processos de fabrico dos módulos fotovoltaicos;
- 4.2.10. Compreender como é feita a reciclagem de módulos PV;
- 4.2.11. Saber que tipo de certificação de qualidade existe;
- 4.2.12. Resolução de exercícios;
- 4.3. Compreender os sistemas concentradores e o seu desempenho:
 - 4.3.1. Motivação para o CPV;
 - 4.3.2. LCPV - Low Concentration Photovoltaic;
 - 4.3.3. MCPV – Medium Concentration Photovoltaic;
 - 4.3.4. HCPV – High Concentration Photovoltaic;
 - 4.3.5. Conhecer quais as perspectivas de crescimento;
 - 4.3.6. Conhecer os modelos comerciais que existem no mercado.
- 4.4. Análise comparativa entre as diversas tecnologias. Vantagens e Desvantagens.

(Mini-teste de 20min)



5. Seguidores Solares e Estruturas Fixas:

(120min)

- 5.1. Conhecer os sistemas de fixação de painéis fotovoltaicos para telhados de telha, telhados em chapa metálica, telhados de placas de fibrocimentos onduladas, telhado trapezoidal, telhados planos, montagem no solo;
- 5.2. Conhecer as diversas tecnologias de seguidores solares, seguidores termo-hidráulicos, seguidores com eixo horizontal e vertical, seguidores com eixo inclinado, seguidores com 2 eixos/2 actuadores independentes, seguidores com 2 eixos/1 actuador eléctrico, seguidores de 2 eixos com inclinação repartida;
- 5.3. Compreender as considerações técnicas de instalação a ter em conta;
- 5.4. Conhecer quais as várias soluções de mercado existentes;
- 5.5. Conhecer as diferenças a nível de produção energética através de um exemplo prático.

6. Cablagem, equipamentos de controlo e protecção:

(60min)

- 6.1. Conhecer as características dos materiais utilizados numa instalação:
 - 6.1.1. Cabos de fileira;
 - 6.1.2. Tomadas de encaixe;
 - 6.1.3. Cabo principal DC;
 - 6.1.4. Cabos de ligação de baterias;
 - 6.1.5. Caixa de junção geral DC: conceito de fusíveis, quais os modelos e características, quais os sistemas de ligação aos equipamentos, mecanismos para evitar a condensação, interruptor principal DC, díodos de bloqueio das fileiras;
 - 6.1.6. Equipamentos de protecção AC: conceito de sobreintensidade, quais os aparelhos de protecção contra sobreintensidade, conceito de disjuntores e princípio de funcionamento, curva característica e protecção contra sobrecargas e contra curto-circuitos, sistemas de distribuição para instalações e selectividade entre aparelhos de protecção;
- 6.2. Conhecer quais os aparelhos de medida existentes;
- 6.3. Entender o que são descarregadores de sobretensões: qual o funcionamento e quais as normas e directivas actuais.



7. Tecnologia de Inversores:

(120min)

- 7.1. Conhecer famílias de inversores e suas limitações técnicas: distinção entre conversores e inversores, símbolos eléctricos e função, MPP-tracking;
- 7.2. Conhecer as principais características de um inversor Off-Grid e Grid-Tied:
 - 7.2.1. Inversores Grid-Tied: comutadores de rede; autocontrolados/PWM; autocontrolados/PWM/compatibilidade electromagnética; autocontrolados/PWM/redes autónomas; autocontrolados com transformador LF; autocontrolados com transformador HF; autocontrolados sem transformador; comparativo, anti-islanding, classes de potência; classes de potência com unidades integradas inversor/módulo; classes de potência com cadeia de módulos; classes de potência com agrupamento de inversores; classes de potência com inversores centrais; opções de projecto/ mestre e escravo; inversores modulares;
 - 7.2.2. Inversores Off-Grid: sinusoidal puro, trapezoidal/sinusoidal modificado;
 - 7.2.3. Conhecer quais os parâmetros, curvas características e quais as propriedades dos inversores; eficiência nominal, eficiência de rastreio, eficiência de conversão, eficiência estática, eficiência euro, comportamento em caso de sobrecargas;
- 7.3. Registo de dados operacionais;
- 7.4. Saber seleccionar o inversor adequado a uma determinada instalação;
- 7.5. Saber dimensionar um inversor;
- 7.6. Exercícios de aplicação;

8. Tecnologia de Baterias e Controladores de Carga:

(120min)

- 8.1. Avaliar as diferentes tecnologias de baterias:
 - 8.1.1. Estudar a química das baterias de ácido-chumbo e quais as reacções químicas;
 - 8.1.2. Estudar a química das baterias de ácido-chumbo e quais os componentes constituintes: grelha, placas, elementos, caixa, electrólito;
 - 8.1.3. Estudar baterias solares húmidas;
 - 8.1.3.1. Bateria de automóvel vs baterias solares;
 - 8.1.4. Estudar baterias solares de gel: baterias VRLA;



- 8.1.5. Baterias estacionárias de bloco;
- 8.1.6. Baterias estacionárias tubulares OPzS e OPzV;
- 8.1.7. Compreender conceitos como capacidade, carga de bateria, vida útil da bateria e profundidade de descarga;
- 8.1.8. Conhecer quais os critérios de selecção e tipo de manutenção;
- 8.1.9. Compreender como é feita a ligação entre baterias e o seu armazenamento;
- 8.1.10. Abordar o impacto no ambiente e sua reciclagem;
- 8.2. Tecnologia de contadores de carga:
 - 8.2.1. Conhecer as funções básicas de um controlador de carga: sistemas sem controlador de carga;
 - 8.2.2. Distinguir as diversas tecnologias aplicáveis PWM e MPPT:
 - 8.2.2.1. Conhecer o princípio de funcionamento dos controladores de carga em série/PWM, bem como os controladores de carga Shunt/PWM, controladores de carga MPPT e mini-controladores;
 - 8.2.2.2. Quais as características técnicas: controlo remoto e monitorização “Datalogging”, equalização, ratet output current – ROC, maximum PV Open-Circuit Voltage, protecção por depleção, possibilidade de ligação de controladores de carga em paralelo.

(Mini-teste de 20min)

9. BIPV - Building Integrated Photovoltaic:

(240min)

- 9.1. Enquadramento legal em diversos países. Apoios e subsídios
- 9.2. Conhecer as técnicas de construção mais vulgares de telhados e fachadas;
- 9.3. Reconhecer vantagens e desvantagens de soluções aditivas e soluções integrativas:
 - 9.3.1. Compreender o que é uma solução aditiva:
 - 9.3.1.1. Formas e revestimento de um telhado: telhados inclinados, telhados planos;
 - 9.3.2. Compreender o que é uma solução integrativa: em cobertura plana, fachadas (frias e quentes), telhas solares, coberturas envidraçadas, dispositivo de sombreamento;
 - 9.3.3. Compreender a importância económica das soluções aditiva e integrativa, com base em enquadramentos legais específicos.
 - 9.3.4. Principais soluções comerciais disponíveis. Casos de estudo.

(Mini-teste de 20min)



10. Sistemas Grid-Tied:

(120min)

- 10.1. Requisitos legais para técnicos e entidades.
- 10.2. Conhecer/compreender soluções de ligação da unidade de microprodução e miniprodução à RESP;
- 10.3. Orçamentação, Planeamento e Execução de obra. Dificuldades práticas de uma instalação.
- 10.4. Requisitos para inspeção CERTIEL.
- 10.5. Casos de estudo.
- 10.6. Dimensionamento rápido de diversas instalações de micro e minigeração recorrendo a PVSYST.
- 10.7. Simulação de integração arquitectónica e estudo de sombreamentos recorrendo a Google Sketchup.

11. Sistemas Off-Grid:

(60min)

- 11.1. Avaliar as potenciais aplicações de sistemas fotovoltaicos isolados, bem como conhecer os principais equipamentos associados a um sistema fotovoltaico isolado:
 - 11.1.1. Bombagem solar: qual a metodologia, dimensionamento e quais os tipos de bombagem solar; resolução de exercícios;
 - 11.1.2. Compreender o que são sistemas de protecção catódica;
 - 11.1.3. Compreender o funcionamento da iluminação fotovoltaica DC e DC/exterior;
 - 11.1.4. Climatização;
 - 11.1.5. Refrigeração;
 - 11.1.6. Outros equipamentos;
 - 11.1.7. Compreender o dimensionamento rápido gerador: quais os factores de correcção a ter em conta (inclinação e temperatura), conceito de perdas de linha, de conversão química/eléctrica e de desajuste de MPP;
- 11.2. Compreender como é feita a instalação numa vivenda solar DC e AC;
- 11.3. Compreender o que são sistemas híbridos bem como sistemas autónomos em paralelo com a RESP.



12. Projecto avançado de sistemas fotovoltaicos Off-Grid e Grid-Tied:

(180min)

- 12.1. Exercícios de avaliação: Dimensionamento completo com PVSYSY.
- 12.2. Análise de resultados com diversos títulos de software PV SOL, HOMER, PVGIST, SOLTERM.

13. Planeamento geral de obra, execução e manutenção:

(240min)

- 13.1. Saber como se faz um levantamento das características do local;
- 13.2. Saber elaborar um questionário para a caracterização do prédio;
- 13.3. Conhecer quais os documentos necessários;
- 13.4. Conhecer quais as ferramentas a utilizar;
- 13.5. Saber quais as condições técnicas a ter;
- 13.6. Vistoria e licença de exploração;
- 13.7. Out-sourcing;
- 13.8. Normas técnicas e legislação aplicável.

14. Comissionamento de sistemas, teste, monitorização de performance e Diagnóstico e reparação de avarias:

(180min)

- 14.1. Compreender alguns dos procedimentos de teste, medições PR.
- 14.2. Diagnóstico e reparação de avarias.
 - 14.2.1. Soluções técnicas existentes no mercado para monitorização local e remota dos sistemas.
 - 14.2.2. Ferramentas usadas para diagnóstico de avarias.
 - 14.2.3. Software de monitorização e sistemas de alerta.
 - 14.2.4. Técnicas de diagnóstico de avarias.



15. Estudos de viabilidade económica:

(120min)

15.1. Entender os fundamentos de análise financeira de projectos: conceito de VAL, TIR, PRI, cash flow, VF, VA, capital investido; custos evitados;

15.1.1. Saber como determinar o VAL de um projecto;

15.1.2. Casos de estudo;

15.2. Reconhecer as principais condicionantes à viabilidade económica de uma instalação fotovoltaica.

16. Auditorias a sistemas solares fotovoltaicos:

(60min)

16.1. Compreender quais os passos necessários para fazer uma auditoria a estes sistemas.

(NOTA: Exame final (4h))