



MÓDULO 2: Projecto Avançado de Sistemas Solares Térmicos

Formador: Eng.º Hugo Barbosa

1. Análise do estado da arte. Filosofia de projeto: (20 min)

- 1.1. Resenha histórica;
- 1.2. Introdução à energia solar;

Formador: Eng.º Hugo Barbosa

2. Quadro legal, incentivos e estatística: (40min)

- 2.1. Compreender o potencial do mercado Internacional e Nacional;
- 2.2. Conhecer as estatísticas atuais;
- 2.3. Conhecer a legislação em vigor: diretiva (2099/28/EC) e decretos-lei (80/2006 de 4 de Abril; 363/2007 de 2 de Novembro);
- 2.4. Conhecer o quadro de subsídios e incentivos existentes;
- 2.5. Compreender o Protocolo de Kyoto/ PNAEE/PNALE/PNAC; diretiva europeia 2020;
- 2.6. Compreender como é feita a venda de energia solar;

Formador: Eng.º Hugo Barbosa

3. Fundamentos de hidráulica e eletrotecnia: (40 min)

- 3.1. Adquirir/rever conhecimentos de hidráulica: definição de volume específico, massa específica, peso específico, caudal volúmico, caudal mássico, perdas de carga;
- 3.2. Adquirir/rever conhecimentos de eletrotecnia: conceito de intensidade de corrente; diferença de potencial; resistência elétrica; potência elétrica; efeito Joule;



Formador: Eng.º André Cruz

4. Tecnologia de sistemas solares térmicos (240 min)

4.1. Tecnologia de coletores solares:

- 4.1.1.** Conhecer a história do coletor solar térmico e a sua evolução;
- 4.1.2.** Compreender a conversão térmica de baixa temperatura: radiação e interação com matérias; lei de Stefan-Boltzmann; efeito de estufa; coberturas transparentes e superfícies seletivas;
- 4.1.3.** Identificar os diferentes tipos de coletores solares existentes, compreendendo o seu funcionamento e constituição, bem como quais as vantagens/desvantagens de cada um:
- 4.1.4.** Coletores planos;
- 4.1.5.** Coletores sem cobertura;
- 4.1.6.** Coletores parabólicos compostos – CPC;
- 4.1.7.** Coletores planos em vácuo;
- 4.1.8.** Coletores tubos de vácuo – fluxo direto;
- 4.1.9.** Coletores tubos de vácuo – heat pipe;
- 4.1.10.** Coletores híbridos;
- 4.1.11.** Coletores com seguimento solar;
- 4.1.12.** Coletores como elemento de construção;
- 4.1.13.** Coletores de média/alta temperatura;

4.2. Estudo energético do coletor:

- 4.2.1.** Ensaios normalizados: certificação; coletores solares, sistemas solares tipo kit; auditorias; listagem de coletores térmicos certificados; métodos de ensaio: steady-state test procedure, dynamic test procedure;
- 4.2.2.** Compreender as curvas de rendimento/modelo 1ª ordem: rendimento do coletor;
- 4.2.3.** Compreender as curvas de rendimento/modelo 2ª ordem;
- 4.2.4.** Temperatura de estagnação;
- 4.2.5.** Identificar quais os fluidos térmicos utilizados;
- 4.2.6.** CRUA – Caudal Recomendado por Unidade de Área;
- 4.2.7.** Abordagem do balanço energético em SOLTERM 5.0; POLYSUN;

4.3. Conhecer as distintas formas de ligação de coletores e baterias de coletores em série, paralelo e mista:

- 4.3.1.** Compreender como é feita a ligação de coletores: captação; ligação em série; ligação em paralelo; ligação em paralelo de canais; ligação mista de coletores;



- 4.3.2. Identificar quais os principais componentes destas instalações;
- 4.3.3. Válvulas de equilíbrio hidráulico dinâmico;

4.4. Apresentação dos tipos de sistemas solares térmicos: Sistema termossifão e Sistema de circulação forçada.

(NOTA: Mini teste (20 min))

Formador: Bruno Caramelo

5. Perdas de carga, equilíbrio hidráulico e electrocirculadores: (140 min)

5.1. Compreender o conceito de perda de carga: perda de carga normal; perda de carga localizada:

- 5.1.1. Perda de carga no campo de coletores (série, paralelo e mista): associação de resistências; perdas de carga nas ligações em série e em paralelo;
- 5.1.2. Calcular a perda de carga no campo de coletores;

5.2. Saber e compreender o funcionamento de bombas:

- 5.2.1. Bombas centrífugas: conceitos base (peso específico; massa específica; densidade; viscosidade; pressão; caudal; deslocamento; perda de carga; altura manométrica);
- 5.2.2. Bombas circuladoras: soluções de mercado; alimentação AC/DC; tipos de bombas circuladoras (com rotor esférico; com separador de ar; circulação do circuito secundário);
- 5.2.3. Bombas de enchimento do circuito primário pressurização dos sistemas;
- 5.2.4. Bombas de recirculação/anéis de água;
- 5.2.5. Bombas de recirculação/aquecimento;
- 5.2.6. Bombas de velocidade variável;

5.3. Perceber o funcionamento dos vasos de expansão, bem como identificar as principais diferenças:

- 5.3.1. Vasos de expansão abertos;
- 5.3.2. Vasos de expansão fechados;
- 5.3.3. Saber dimensionar vasos de expansão fechados (circuito solar, circuito de aquecimento, circuito de AQS)
- 5.3.4. Software de apoio: REFLEX;

5.4. Saber e compreender o que são golpes de aríete e cavitação;



- 5.5. Saber o que são caudalímetros;
- 5.6. Conceito de grupo autónomo;
- 5.7. Resolução de exercícios com apoio ao software SF Pressure Drop;
- 5.8. A Recirculação de AQS e como proceder às respetivas ligações.

(NOTA: Mini teste (20 min))

Formador: Eng.º Gonçalo Calcinha

6. Tanque de armazenamento de AQS e volume de inércia: (120 min)

- 6.1. Compreender as características que diferenciam os tanques de AQS e os tanques de inércia;
- 6.2. Conhecer quais as características e o rendimento de um tanque de armazenamento de AQS bem como:
 - 6.2.1. Fatores a ter na seleção do material do depósito acumulador (corrosão, temperatura, pressão);
 - 6.2.2. Permutadores (tanque de armazenamento solar standard; tanque de armazenamento solar com possibilidade de extração por permutadores);
 - 6.2.3. Sensores de temperatura;
- 6.3. Conhecer quais os vários materiais de fabrico bem como as vantagens/desvantagens: depósito em chapa de aço vitrificada; depósitos em chapa de aço estanhada; depósitos em chapa de aço inoxidável; depósitos em chapa de aço revestida a plástico; cobre;
- 6.4. Aprender algumas noções sobre promoção da estratificação: deflector; redistribuidor; redução das pontes térmicas; isolamento; posição do depósito e condutibilidade do material; dimensões;
 - 6.4.1. Identificar as proteções anti corrosão que existem;
 - 6.4.2. Identificar os diferentes tanques combinados que existem.
 - 6.4.3. Identificar tanques de estratificação forçada e tanques em série;
 - 6.4.4. Reconhecer o perigo que representa a Bactéria Legionella;

Formador: Eng.º Hernany Silva

7. Tecnologia para controlo dos sistemas: (120 min)

- 7.1. Conhecer as funções básicas do TDC bem como os princípios de funcionamento: controlo da diferença de temperatura, histerese;
- 7.2. Sensores de temperatura: termo-resistência (vantagens/desvantagens); alojamento dos sensores e cabos de ligação;

- 7.3. Saber como se processam algumas funções especiais como: medição da quantidade de calor; controlador com sinalização de erros; monitorização do sistema através da avaliação contínua dos cabos do sistema;
- 7.4. Conhecer algumas soluções típicas de controlo através da abordagem de casos de estudo;
 - 7.4.1. Utilização de um software de simulação: SOREL;

(NOTA: Mini teste (20 min))

Formador: Eng.º Hernany Silva

**8. Equipamentos e Acessórios:
(120 min)**

- 8.1. Perceber o funcionamento, quais as principais diferenças dos vários permutadores existentes, bem como calcular o de rendimento e a eficácia de um permutador:
 - 8.1.1. Permutadores de camisa;
 - 8.1.2. Permutadores internos de serpentina lisos e rugosos;
 - 8.1.3. Permutadores externos de placas:
 - 8.1.3.1. Permutadores externos de placas soldados;
 - 8.1.3.2. Permutadores externos de placas desmontáveis;
 - 8.1.3.3. Permutadores externos tubulares;
 - 8.1.4. Saber como funciona as válvulas e identificar principais características de cada tipo:
 - 8.1.4.1. Válvulas anti-retorno;
 - 8.1.4.2. Válvulas de corte;
 - 8.1.4.3. Válvulas de três vias;
 - 8.1.4.4. Válvulas termostática misturadora;
 - 8.1.4.5. Válvulas de segurança;
 - 8.1.4.6. Válvula reguladora de caudal;
- 8.2. Saber quais as principais características dos dissipadores de calor, bem como os cálculos para o seu dimensionamento;
- 8.3. Identificar as principais características de um purgador;
- 8.4. Conhecer quais as características dos desaeradores assim como separadores de microbolhas, termómetros e equipamentos de purga;
- 8.5. Conhecer as características principais dos grupos de circulação;
- 8.6. Conhecer as características principais dos separadores hidráulicos;



8.7. Saber como funciona um contador de calorias;

8.8. Reconhecer a simbologia existente para alguns equipamentos;

Formador: Eng.º Artur Varanda

9. Sistemas de apoio: (140 min)

9.1. Compreender as características das caldeiras a gás, gasóleo, condensação, pellets;

9.2. Compreender como funcionam os recuperadores e as bombas de calor: esquemas de integração;

9.3. Compreender como funcionam as resistências elétricas;

9.4. Utilização racional de água;

(NOTA: Mini teste (20 min))

Formadores: Eng.º Gonçalo Calcinha, Eng.º Artur Varanda e Eng.º André Cruz

10. Projeto de sistemas solares térmicos: (480 min)

10.1. Levantamento das necessidades do cliente;

10.2. Princípios básicos de dimensionamento (fundamento de projeto);

10.3. Classificar e compreender os diferentes sistemas solares:

10.3.1. Sistemas Individuais:

10.3.1.1.1. Termossifão;

10.3.1.1.2. De circulação forçada;

10.3.2. Sistemas forçados coletivos:

10.3.2.1.1. Sistemas e circuitos das instalações;

10.3.2.1.2. Sistemas com permutadores independentes;

10.3.2.1.3. Sistemas com acumuladores com permutador interno;

10.3.2.1.4. Sistemas com permutadores externos e internos;

10.3.2.1.5. Sistemas de instalações com consumo múltiplo;

10.3.2.1.6. Sistemas de instalações com múltiplos permutadores;



10.4. Análise de soluções de projeto baseadas no aproveitamento da energia solar, nos diferentes sistemas solares:

- 10.4.1.** Instalações individuais termossifão;
- 10.4.2.** Instalações individuais circulação forçada;
- 10.4.3.** Instalações de AQS e climatização ambiente;
- 10.4.4.** Instalações individuais para AQS + climatização de piscinas;
- 10.4.5.** Instalações coletivas com acumuladores AQS;
- 10.4.6.** Instalações coletivas com acumuladores de inércia;
- 10.4.7.** Instalações industriais;
- 10.4.8.** District heating;

10.5. Abordagem de casos de estudo, utilizando software de apoio: POLYSUN, TRANSOL; 40

(NOTA: Mini teste (20 min))

Formador: Hernany Silva.

**11. Planeamento geral de obra, execução e manutenção:
(90 min)**

- 11.1.** Identificar os processos prévios à instalação, acondicionamento e manipulação de equipamentos bem como: revalidação da instalação; encomenda do arterial; montagem do estaleiro de obra; transporte do material e receção em obra, acondicionamento e manipulação do material;
- 11.2.** Conhecer quais as normas técnicas e a legislação aplicável: normas de construção e diretivas;
- 11.3.** Saber qual a documentação técnica necessária assim como qual a programação dos trabalhos de execução e ainda o out-sourcing;
- 11.4.** Conhecer quais as ferramentas utilizadas para instalação e operação de sistemas solares térmicos: corta-tubos, escareador, flangeador/abocardador, curva-tubos, expansor, extractor de tês, diversos, maçarico de botija descartável e metal de enchimento;
- 11.5.** Conhecer quais as ferramentas de manutenção de sistemas solares térmicos;
- 11.6.** Saber quais as técnicas de interligação de componentes: soldadura ou brasagem, engate rápido, juntas dielétricas;



- 11.7. Conhecer quais os constituintes de circuitos hidráulicos: corrosão galvânica, aço inoxidável, cobre, aço galvanizado, aço negro, dilatações térmicas;
- 11.8. Circuito hidráulicos primários e secundários;
- 11.9. Tipos de isolamentos e proteções mecânicas;
- 11.10. Conhecer que tipos de estruturas e esforços existem bem como as normas de segurança dos coletores;
- 11.11. Saber como é feita uma instalação e o arranque de um sistema de circulação forçada;
- 11.12. Saber quais os condicionamentos e o arranque das instalações;
- 11.13. Saber que como é feita a manutenção e reparação de avarias;
- 11.14. Abordar a segurança e higiene no trabalho

Formador: Eng.º Hugo Barbosa

12. Estudos de viabilidade económica: (40 min)

- 12.1. Saber quais são os fundamentos de análise financeira de projetos: conceito e determinação de VAL, TIR, PRI, IR, cash flow, capital investido, exemplos/exercícios de aplicação;
- 12.2. Identificar os critérios de seleção de investimento: cálculo de cash-flow ou rendimento líquido; importância do estudo económico; definição económica do projeto; break-even point;
- 12.3. Analisar quais as variáveis que influenciam as decisões;
- 12.4. Reconhecer quais os critérios de valorização e decisão: custos de instalação, exploração, manutenção, poupanças conseguidas, benefícios fiscais, incentivos;
- 12.5. Saber quais os critérios de seleção de investimentos: amortização do imobilizado bem como o período de retorno do investimento;
- 12.6. Saber fazer uma análise económica do SOLTERM, POLYSUN, Retscreen,

Formador: Eng.º Hugo Barbosa

13. Auditorias técnicas a sistemas solares térmicos: (90 min)

- 13.1. Compreender os princípios básicos de como se faz uma auditoria a um sistema solar;
- 13.2. Conhecer os requisitos para credenciação RSECE: TRF e TIM;



Formador: Eng.º Pedro Adão

**14. Simulação dinâmica de sistemas e projeto avançado:
(480 min)**

- 14.1.** 14.1 Saber simular em SOLTERM, POLYSUN, T-SOL;
- 14.2.** 14.2 Projeto integral: abordagem de casos de estudo;

(NOTA: Exame final (4h))