



INTEGRAÇÃO DE
SISTEMAS



ANÁLISE E
PROJETO



SEGURANÇA E
NORMAS



INSTALAÇÃO E
COMISSIONAMENTO



OPERAÇÃO E
MANUTENÇÃO



GESTÃO DE
ENERGIA



SUSTENTABILIDADE
E IMPACTO



QUALIDADE E
CONFIABILIDADE

MANUAL DE PRÁTICAS EM ENERGIA FOTOVOLTAICA

Apoio aos formadores do Certificado Vocacional V em Electricidade Fotovoltaica

Versão de trabalho – GFA / GIZ PEPE – Capacitar para Empregar



Implementado por:



ÍNDICE

1. Apresentação do manual.....	2
2. Como utilizar este manual.....	2
3. Alinhamento com o CV5 em Energia Fotovoltaica	2
4. Princípios pedagógicos das aulas práticas	3
5. Equidade de género no ensino técnico CV5	3
6. Estrutura padrão das práticas	4
7. Kit do Formador	4
8. Fichas de Avaliação.....	5
9. Matriz geral de avaliação	6
Prática 0: Género, inclusão e profissionalismo em aulas de energia fotovoltaica.....	7
Prática 1: Análise de cargas e priorização para uma residência de elevado consumo	16
Prática 2: Conceito do sistema e decisão de arquitectura para residência híbrida com backup.....	21
Prática 3: Levantamento do local, recurso solar e análise de sombreamento para uma instalação residencial ...	26
Prática 4: Dimensionamento do gerador fotovoltaico e planeamento das strings para uma instalação residencial	32
Prática 5: Dimensionamento do banco de baterias e definição da estratégia de operação para uma instalação residencial	38
Prática 6: Selecção do inversor e definição do conceito de protecção para uma instalação residencial.....	43
Prática 8: Comissionamento e documentação de uma instalação fotovoltaica residencial.....	54
Prática 9: Análise de consumo baseada em dados para um pequeno edifício de escritórios	59
Prática 10: Infra-estrutura crítica — priorização de cargas e plano de alimentação mínima para um centro de saúde.....	64
Prática 11: Optimização de layout fotovoltaico em grande cobertura plana para centro comercial.....	70
Prática 12: O&M, diagnóstico e análise de performance de uma instalação fotovoltaica.....	76
Prática 13: Diagnóstico de subdesempenho e pesquisa de falhas numa instalação fotovoltaica comercial	82
Prática 14: Planeamento de mini-rede fotovoltaica e conceito de operação para uma comunidade	88
Prática 15: Dimensionamento e estratégia de operação para uma estação de bombagem de água fotovoltaica	94
Prática 16: Capstone — Comparação de propostas e elaboração de relatório técnico para decisão final	100

1. Apresentação do manual

Este manual transforma conteúdos técnicos de energia fotovoltaica em práticas pedagógicas aplicáveis em oficina, sala de aula, laboratório e contexto real de trabalho. O seu objectivo é apoiar formadores do **Certificado Vocacional V em Energia Fotovoltaica** a planear aulas práticas avançadas, orientar formandos na análise e execução de tarefas técnicas, promover tomada de decisão fundamentada e avaliar evidências de aprendizagem de forma clara, justa e consistente.

O manual está organizado em práticas progressivas e integradas. Parte de temas transversais fundamentais, como **género, inclusão, ética profissional, segurança e qualidade**, e avança para **análise de sistemas, dimensionamento, instalação, ensaios, operação, manutenção, diagnóstico, comissionamento, avaliação de desempenho, relação com o utilizador final e melhoria contínua**.

As práticas foram desenhadas para o nível CV5: os formandos não devem apenas executar tarefas técnicas, mas também **planear procedimentos, interpretar dados, justificar decisões, identificar riscos, diagnosticar falhas, propor medidas correctivas, documentar evidências e comunicar resultados técnicos**. O formador actua como facilitador e avaliador, promovendo autonomia progressiva, rigor técnico, segurança e profissionalismo. A prática inicial sobre **género, inclusão e profissionalismo** abre o manual porque estabelece uma regra transversal para todas as práticas seguintes: todas as pessoas devem ter oportunidade real de assumir funções técnicas, liderar equipas, tomar decisões, usar instrumentos, interpretar dados, apresentar resultados e ser avaliadas pelos mesmos critérios. A competência técnica deve ser demonstrada por evidências, argumentação e qualidade do trabalho, não presumida por género, confiança, força física, idade ou experiência anterior. Este manual não substitui o currículo, os módulos da qualificação ou outros manuais técnicos de referência. A sua função é ajudar o formador a converter esses documentos em actividades de aprendizagem observáveis, avaliáveis, contextualizadas à realidade moçambicana e alinhadas com exigências profissionais de nível CV5.

Para apoiar a implementação, cada prática é acompanhada por dois anexos:

Anexo	Finalidade
Kit do Formador	Apoia a preparação e facilitação da aula, incluindo orientações metodológicas, materiais, cartões pedagógicos, exemplos de intervenção, notas de segurança, critérios de qualidade, sugestões de adaptação e estratégias para promover autonomia técnica.
Fichas de Avaliação	Apoiam o registo das evidências produzidas pelos formandos, a observação do desempenho, a avaliação da tomada de decisão, a auto-avaliação da equipa e a decisão final do formador sobre competência.

2. Como utilizar este manual

O manual deve ser usado como instrumento de planificação, facilitação, supervisão e avaliação das aulas práticas. Cada prática apresenta uma situação real ou simulada, orienta a análise do problema, propõe uma sequência de trabalho e define evidências que permitem ao formador verificar se o formando actuou com segurança, autonomia, rigor técnico e profissionalismo.

Momento de utilização	Acção do formador
Antes da aula	Seleccionar a prática, verificar a unidade de competência relacionada, preparar materiais, instrumentos, EPI, dados técnicos, local de trabalho, papéis técnicos, fichas de registo, critérios de qualidade e rubrica de avaliação.
Durante a aula	Apresentar o cenário, clarificar o problema técnico, orientar a análise inicial, organizar equipas com papéis rotativos, supervisionar a execução, questionar decisões técnicas e intervir quando houver risco, erro crítico ou comportamento inadequado.
Depois da aula	Recolher evidências, aplicar a ficha de avaliação, analisar a qualidade da documentação, dar feedback individual ou por equipa, discutir decisões alternativas e registar necessidades de reforço.
Ao longo do curso	Utilizar as práticas como portefólio de evidências para confirmar progressão técnica, autonomia, segurança, qualidade de análise, comunicação profissional, liderança e trabalho em equipa.

No CV5, o formador deve evitar que a prática se limite à execução mecânica de procedimentos. A actividade deve exigir que os formandos **expliquem por que escolheram determinado procedimento, justifiquem valores ou parâmetros, interpretem resultados, avaliem riscos e proponham melhorias**.

3. Alinhamento com o CV5 em Energia Fotovoltaica

As práticas foram alinhadas com o perfil de saída do CV5 em Energia Fotovoltaica, incluindo segurança avançada, análise técnica, dimensionamento, selecção de componentes, instalação, diagnóstico, manutenção, comissionamento, avaliação de desempenho, documentação técnica, comunicação profissional e liderança de pequenas equipas.

4. Princípios pedagógicos das aulas práticas

Cada prática deve combinar apresentação do problema, análise técnica, planeamento da intervenção, execução supervisionada, controlo de qualidade, documentação, feedback e reflexão. No CV5, a aula prática deve evidenciar não apenas se o formando consegue executar, mas se consegue **decidir, justificar, interpretar e melhorar**.

Princípio pedagógico	Aplicação na aula prática CV5
Aprendizagem por problema	Começar com uma situação realista de campo que exige análise, decisão técnica e justificação.
Aprendizagem por evidência	Cada actividade deve gerar produto verificável: relatório, medição, esquema, cálculo, checklist, diagnóstico, plano de manutenção ou proposta técnica.
Erro como aprendizagem técnica	O formador deve preparar falhas típicas e pedir que os formandos identifiquem causa, consequência, risco e medida correctiva.
Supervisão graduada	O formador demonstra apenas o necessário, depois exige análise em equipa, execução supervisionada e defesa técnica das decisões.
Rotação de papéis técnicos e de liderança	Os formandos alternam funções de liderança técnica, segurança, medição, análise, documentação, apresentação e controlo de qualidade.
Linguagem de cliente e linguagem técnica	O formando deve explicar tanto para um utilizador final como para um técnico ou supervisor.
Feedback técnico específico	O feedback deve incidir sobre procedimento, segurança, decisão técnica, qualidade da evidência, interpretação e comunicação.
Inclusão, liderança e respeito profissional	Todas as pessoas devem assumir também papéis de decisão, liderança, apresentação e resolução de problemas.

5. Equidade de género no ensino técnico CV5

No nível CV5, a equidade de género deve ir além da participação básica em tarefas técnicas. Deve incluir acesso igual a **decisões técnicas, liderança de equipa, interpretação de dados, comunicação com clientes, supervisão de tarefas e resolução de problemas**.

O princípio é simples: todas as pessoas devem ter oportunidade de demonstrar competência de nível CV5, incluindo análise, autonomia, responsabilidade e comunicação profissional. A equidade de género não significa facilitar a avaliação; significa garantir que ninguém seja excluído de oportunidades de desenvolver e demonstrar competência avançada.

Orientação para o formador	Aplicação prática em CV5
Formar equipas equilibradas e atribuir papéis de liderança de forma rotativa.	Garantir que formandas e formandos liderem análise técnica, segurança, diagnóstico, apresentação e tomada de decisão.
Evitar que a liderança técnica seja assumida sempre pelas mesmas pessoas.	Registar quem decide, quem mede, quem interpreta, quem apresenta e quem valida a qualidade.
Intervir perante comentários ou atitudes que reduzam autoridade técnica de mulheres.	Corrigir frases como “chama o técnico homem” ou “ela pode apresentar, mas ele explica a parte técnica”.
Usar exemplos profissionais diversos.	Incluir mulheres em funções de técnica sénior, supervisora, responsável de O&M, projectista, empreendedora e gestora de energia.
Avaliar todos com a mesma rubrica técnica.	Aplicar critérios iguais para segurança, análise, decisão, execução, documentação, liderança e comunicação.
Garantir participação em decisões técnicas.	Não basta que todos executem; todos devem justificar escolhas, interpretar dados e propor medidas.
Tratar segurança como competência profissional.	Segurança não deve excluir; deve ser planeada, supervisionada e aplicada de forma igual.
Observar comunicação com clientes e equipa.	Garantir que a autoridade técnica de todas as pessoas seja respeitada em simulações de cliente, supervisor ou equipa.
Momento da aula	Acção concreta de equidade de género em CV5
Início	Distribuir papéis técnicos e de liderança: coordenador/a técnico/a, responsável de segurança, analista de dados, responsável de

	medições, responsável de qualidade, relator/a e apresentador/a.
Análise do problema	Garantir que diferentes pessoas proponham hipóteses, expliquem riscos e defendam decisões técnicas.
Execução	Observar quem mede, quem decide, quem autoriza, quem corrige e quem documenta.
Diagnóstico	Pedir que formandas e formandos formulem causas prováveis e medidas correctivas.
Avaliação	Aplicar a mesma rubrica técnica a todos, incluindo qualidade da argumentação e liderança.
Feedback	Dar feedback sobre análise, decisão, segurança, documentação e comunicação profissional, sem estereótipos.

6. Estrutura padrão das práticas

Todas as práticas seguem uma estrutura semelhante para facilitar a preparação, implementação, avaliação e comparação entre turmas, escolas e formadores.

Elemento da prática	Função no manual CV5
Título da prática	Identifica o tema técnico ou transversal da actividade.
Tópico e nível	Situa a prática no percurso do CV5 e indica o grau de complexidade esperado.
Cenário / história	Apresenta uma situação realista que exige análise técnica e decisão fundamentada.
Pergunta orientadora	Ajuda a turma a compreender o desafio principal da prática.
Unidade de competência relacionada	Mostra a ligação entre a prática e o currículo.
Resultado de aprendizagem esperado	Define o que o formando deve demonstrar ao final da prática.
Critérios de desempenho associados	Indica como o desempenho será observado e avaliado.
Duração estimada	Ajuda na planificação da aula.
Materiais, ferramentas, equipamentos, dados e EPI	Lista recursos físicos e dados técnicos necessários.
Requisitos de segurança e qualidade	Define cuidados obrigatórios, critérios de paragem e controlo de qualidade.
Situação real / cenário prático	Contextualiza o problema técnico em ambiente de oficina, laboratório ou campo.
Problema técnico a resolver	Explicita o desafio que exige análise, execução e justificação.
Tarefas para os formandos	Indica o que a equipa deve analisar, executar, documentar e apresentar.
Procedimento passo a passo	Organiza a sequência da actividade.
Evidências a produzir	Define produtos observáveis como relatório, cálculo, checklist, medição, diagnóstico ou plano de acção.
Critérios de avaliação	Orienta a decisão do formador sobre competência técnica e profissional.
Erros típicos a observar	Ajuda o formador a antecipar dificuldades técnicas e comportamentais.
Perguntas de reflexão	Estimula análise crítica, interpretação e melhoria contínua.
Adaptação em contexto de baixo recurso	Sugere alternativas quando não há equipamentos completos ou dados reais.
Kit do Formador	Reúne materiais de apoio à facilitação da prática.
Fichas de Avaliação	Permite registar evidências, observações, auto-avaliação e decisão de competência.

7. Kit do Formador

Cada prática inclui um **Kit do Formador** em anexo. Este kit foi concebido para facilitar a preparação, condução e avaliação da aula. No nível CV5, o kit também deve apoiar o formador a promover autonomia, análise crítica, tomada de decisão e documentação técnica.

Componente do Kit do Formador	Finalidade
-------------------------------	------------

Orientações de preparação	Ajudam o formador a organizar materiais, instrumentos, dados técnicos, EPI, espaço, tempo e critérios de qualidade.
Roteiro pedagógico	Sugere a sequência de facilitação, desde a apresentação do cenário até à defesa técnica das decisões.
Cartões pedagógicos	Apresentam situações curtas para simulação, análise de decisão, diagnóstico ou intervenção profissional.
Exemplos de intervenção	Apoiam o formador na correcção de erros técnicos, riscos, falhas de raciocínio ou atitudes inadequadas.
Notas de segurança e qualidade	Reforçam cuidados obrigatórios, critérios de paragem e controlo de qualidade.
Sugestões de perguntas	Ajudam o formador a estimular justificação técnica, análise de alternativas e reflexão crítica.
Adaptações de baixo recurso	Propõem alternativas com desenhos, dados simulados, componentes inactivos ou estudos de caso em papel.
Critérios de observação	Indicam o que deve ser observado durante análise, execução, documentação e apresentação.

8. Fichas de Avaliação

Cada prática inclui fichas de avaliação em anexo. Estas fichas ajudam o formador a transformar a actividade prática em evidência verificável. Devem ser usadas durante e depois da aula para registar desempenho técnico, qualidade da decisão, segurança, documentação, comunicação e participação profissional.

Componente das Fichas de Avaliação	Finalidade
Identificação da prática	Regista equipa, data, formador, local e prática realizada.
Registo do cenário	Permite descrever a situação apresentada e o problema técnico a resolver.
Análise inicial	Regista hipóteses, riscos, dados disponíveis, critérios de decisão e plano de trabalho.
Observação da execução	Regista como os formandos executaram a tarefa, incluindo segurança, procedimento, qualidade e organização.
Registo de medições ou resultados	Guarda valores, cálculos, esquemas, checklist, diagnóstico ou produtos técnicos gerados.
Justificação técnica	Permite avaliar se a equipa consegue explicar escolhas, interpretar dados e defender decisões.
Critérios de desempenho	Ajuda o formador a avaliar competência, competência parcial ou ainda não competência.
Auto-avaliação da equipa	Permite que os formandos reflectam sobre decisões, erros, desempenho e melhoria.
Feedback do formador	Regista ponto forte, erro principal, acção de melhoria e necessidade de repetição.
Decisão final	Indica se o formando ou a equipa está competente, parcialmente competente ou ainda não competente.

9. Matriz geral de avaliação

A avaliação deve combinar observação directa, análise do produto técnico, qualidade da decisão e reflexão do formando. A classificação sugerida é: **Competente**, **Parcialmente competente** ou **Ainda não competente**. O formador deve registar a decisão com base em evidências concretas.

Dimensão	Competente	Parcialmente competente	Ainda não competente
Segurança e análise de risco	Identifica riscos, usa EPI, organiza o posto, define critério de paragem e executa procedimento seguro.	Reconhece riscos principais, mas precisa de lembretes ou apoio para aplicar todos os controlos.	Ignora riscos, energiza indevidamente, trabalha sem EPI ou coloca a equipa em perigo.
Planeamento técnico	Define sequência lógica, selecciona ferramentas, prevê dados necessários e distribui funções de forma adequada.	Planeia parcialmente, mas esquece etapas, instrumentos ou responsabilidades.	Inicia a tarefa sem plano claro ou depende totalmente do formador.
Execução técnica	Realiza ligação, medição, montagem, cálculo, diagnóstico ou verificação de forma correcta, limpa e segura.	Conclui a tarefa com correcções do formador ou apoio frequente da equipa.	Não conclui a tarefa, cria ligação insegura ou demonstra procedimento incorrecto.
Interpretação e diagnóstico	Explica valores, identifica causas prováveis, relaciona dados e propõe medidas correctivas coerentes.	Interpreta parcialmente, com lacunas ou hipóteses pouco justificadas.	Não relaciona dados, procedimento e conclusão técnica.
Registo de evidências	Apresenta ficha, valores, esquema, checklist, relatório ou plano de acção completo e claro.	Apresenta registo incompleto, pouco claro ou sem unidades/informações essenciais.	Não apresenta evidência verificável da aprendizagem.
Justificação técnica	Defende escolhas com base em critérios, dados, segurança, normas ou boas práticas.	Justifica algumas escolhas, mas sem fundamentação suficiente.	Não consegue explicar por que escolheu determinado procedimento ou solução.
Trabalho em equipa e liderança	Participa, lidera quando necessário, respeita colegas, distribui funções e apoia a aprendizagem da equipa.	Participa, mas assume pouca responsabilidade ou liderança limitada.	Evita responsabilidades, impede participação de colegas ou prejudica o trabalho da equipa.
Comunicação profissional	Explica o procedimento e os resultados de forma clara para técnico, supervisor ou utilizador final.	Comunica parcialmente, com pouca clareza ou vocabulário técnico impreciso.	Não consegue explicar o que fez ou comunica de forma desrespeitosa.
Equidade e inclusão	Garante participação técnica e decisória equilibrada, respeita colegas e aplica critérios iguais.	Reconhece a importância da inclusão, mas precisa de orientação para aplicá-la.	Reproduz exclusão, estereótipos ou impede acesso de colegas a tarefas técnicas e decisões.

Prática 0: Género, inclusão e profissionalismo em aulas de energia fotovoltaica

Tópico: Integração da igualdade de género, participação técnica equilibrada, inclusão, comunicação profissional e respeito no ensino prático de energia fotovoltaica.

Nível: CV2 elevado / Introdução transversal ao Manual

Área transversal: Ética profissional, trabalho em equipa, comunicação, segurança, empregabilidade e qualidade na formação técnica.

A igualdade de género numa formação técnica não é apenas um princípio social. É uma condição para a qualidade da aprendizagem, para a segurança na oficina e para a preparação real para o mercado de trabalho. Numa instalação fotovoltaica profissional, todas as pessoas devem ser capazes de medir, montar, verificar, interpretar resultados, comunicar com clientes, trabalhar em equipa e respeitar normas de segurança.

Esta prática abre o manual porque define uma regra fundamental para todas as outras práticas: **a competência técnica deve ser demonstrada por evidências, não presumida por género, força física, confiança, voz alta ou experiência anterior.** Formandas e formandos devem ter oportunidade real de executar tarefas técnicas, cometer erros em ambiente seguro, receber feedback técnico e melhorar o seu desempenho.

A equidade de género não significa reduzir exigências. Pelo contrário, significa garantir que **todas as pessoas sejam expostas aos mesmos desafios técnicos, aos mesmos critérios de segurança e aos mesmos padrões de qualidade profissional.**

Todos medem ✓

Rodízio de tarefas

Todos montam ✓

Todos verificam ✓

Feedback técnico ✓

Segurança igual

Respeito

Inclusão

Competência por evidência

EPI OBRIGATÓRIO

- Capacete
- Óculos
- Luvas
- Calçado
- Proteção auditiva

PRINCÍPIOS

- Igualdade
- Participação
- Segurança
- Qualidade
- Comunicação

COMPETÊNCIA POR EVIDÊNCIA

☐ Planeia	☒ Regista
☐ Monta	☒ Comunica
☐ Verifica	☒

TÉCNICO/A COMPETENTE

O Cenário — A História

No primeiro dia de práticas em energia fotovoltaica, a turma é organizada em equipas para conhecer os principais componentes de uma instalação FV: módulo, cabos, conectores, controlador, bateria didáctica, inversor, carga e instrumentos de medição.

Durante a actividade, o formador observa que alguns formandos assumem rapidamente as tarefas de ligação, medição e explicação técnica. Algumas formandas ficam encarregadas de registar valores, organizar a bancada ou observar. Uma formanda tenta pegar no multímetro, mas um colega diz: “Deixa, eu faço. Isto é mais complicado.” Outro formando comenta que “trabalho eléctrico é pesado e perigoso para mulheres”. A turma ri, e a actividade continua.

Mais tarde, quando o formador pergunta quem realizou a medição, apenas dois formandos levantam a mão. Quando pergunta quem sabe explicar o valor medido, várias pessoas dizem que apenas copiaram o resultado.

A equipa deve resolver o seguinte desafio técnico-pedagógico: **transformar a aula inicial numa prática segura, inclusiva e profissional, na qual todas as pessoas executem tarefas técnicas reais, usem ferramentas, interpretem resultados e sejam avaliadas com os mesmos critérios.**

Pergunta:

Como organizar uma aula prática de energia fotovoltaica para garantir participação técnica igualitária, segurança, respeito profissional e evidências reais de aprendizagem para todas as pessoas?

Campo	Descrição
Módulo / Unidade de competência relacionada	Transversal a todas as unidades técnicas do CV5 em Energia Fotovoltaica; especialmente segurança, ferramentas, medições eléctricas, montagem básica, comunicação profissional, trabalho em equipa e empregabilidade.
Resultado de aprendizagem esperado	O formando reconhece situações de desigualdade ou exclusão numa aula técnica, reorganiza a participação da equipa, aplica regras de comunicação respeitosa e demonstra comportamento profissional durante tarefas fotovoltaicas.
CrITÉrios de desempenho associados	Participa em tarefas técnicas rotativas; utiliza ferramentas e instrumentos com segurança; respeita colegas; intervém perante comentários discriminatórios; regista evidências de participação; aplica critérios técnicos iguais para todas as pessoas.
Duração estimada	3 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Módulo FV didáctico ou imagem técnica, controlador de carga, bateria didáctica, inversor ou carga DC, multímetro, cabos, conectores, EPI, cartões de papéis técnicos, cartões de situações críticas, checklist de equidade, ficha de observação e quadro para registo.
Requisitos de segurança e EPI	Todos devem usar EPI adequado ao tamanho e à tarefa. A área deve estar organizada. Nenhum circuito deve ser energizado sem autorização. A segurança deve ser aplicada igualmente a todos e nunca usada como argumento para excluir alguém de uma tarefa técnica.
Situação real / cenário prático	Numa aula inicial de energia fotovoltaica, a distribuição espontânea das tarefas torna-se desigual: alguns executam as medições e ligações, enquanto outros ficam apenas no registo, limpeza ou observação.
Problema técnico-pedagógico a resolver	Garantir que todas as pessoas tenham acesso real a ferramentas, medições, montagem, interpretação de resultados e comunicação técnica, sem estereótipos de género ou exclusão.
Tarefas para os formandos	Identificar desigualdades de participação; distribuir papéis técnicos; executar tarefas rotativas; praticar uma intervenção profissional perante comentários inadequados; preencher checklist de equidade; apresentar uma conclusão técnica e comportamental.
Procedimento passo a passo para a aula prática	1) Apresentar o cenário. 2) Observar a distribuição inicial de tarefas. 3) Diagnosticar quem faz o quê. 4) Distribuir papéis técnicos rotativos. 5) Executar uma actividade FV simples. 6) Simular situações críticas. 7) Aplicar checklist de equidade e segurança. 8) Apresentar conclusões e compromisso de melhoria.
Evidências que os formandos devem produzir	Mapa de papéis técnicos, registo de rotação, checklist preenchida, evidência de uso de ferramenta ou instrumento por cada pessoa, resposta a uma situação crítica, conclusão da equipa e compromisso para as próximas práticas.
CrITÉrios de avaliação para o formador	Todos participaram em tarefas técnicas reais; os papéis foram rotativos; a linguagem foi respeitosa; comentários inadequados foram corrigidos; o feedback foi técnico; a avaliação foi baseada em evidência e não em comportamento esperado por género.
Erros típicos a observar	Formandas ficam no registo e formandos nas ligações; alguém monopoliza o multímetro; comentários discriminatórios são ignorados; segurança é usada como desculpa para excluir; feedback às formandas foca coragem e aos formandos foca competência; tarefas pesadas são retiradas automaticamente das mulheres.
Perguntas de reflexão	Quem usou o multímetro? Quem fez uma ligação? Quem explicou o resultado? Quem liderou a segurança? Quem ficou apenas a observar? O que mudou depois da rotação? A avaliação foi baseada em competência técnica ou em expectativas de género?
Adaptação em contexto de baixo recurso	Usar cartões, desenhos de componentes FV, simulações de papéis, dramatizações curtas, observação de aulas anteriores e checklist em papel quando não houver equipamento real disponível.

Objectivos da prática

Objectivo	Descrição
Objectivo técnico	Garantir que todas as pessoas executem pelo menos uma tarefa técnica simples relacionada com energia fotovoltaica: identificar componente, medir tensão, verificar polaridade, ligar carga ou explicar funcionamento.

Objectivo comportamental	Desenvolver respeito, comunicação profissional, escuta activa, colaboração e intervenção adequada perante comentários ou atitudes discriminatórias.
Objectivo pedagógico	Transformar a igualdade de género em evidência observável dentro da prática técnica, e não apenas em discurso teórico.
Objectivo de segurança	Aplicar os mesmos critérios de segurança, EPI, supervisão e autorização técnica a todas as pessoas.
Objectivo de empregabilidade	Preparar formandas e formandos para ambientes profissionais onde competência, responsabilidade, precisão e respeito são requisitos fundamentais.

Conceitos-chave para a aula

Conceito	Explicação
Igualdade de género	Todas as pessoas têm os mesmos direitos, dignidade e oportunidades de aprendizagem e trabalho, independentemente do género.
Equidade de género	Ajustar condições, papéis, apoio e oportunidades para que todas as pessoas possam participar de forma justa e real.
Participação técnica igualitária	Todas as pessoas executam tarefas técnicas relevantes, e não apenas tarefas de apoio, registo ou observação.
Evidência de aprendizagem	Prova concreta de que uma pessoa executou, mediu, ligou, verificou, interpretou ou explicou uma tarefa técnica.
Comunicação profissional	Forma de falar e agir que respeita colegas, clientes, formadores e normas de trabalho.
Estereótipo de género	Ideia pré-concebida de que certas tarefas, capacidades ou profissões pertencem a homens ou mulheres.
Ambiente seguro de aprendizagem	Espaço onde todas as pessoas podem aprender, errar, corrigir e demonstrar competência sem humilhação, discriminação ou exclusão.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático**Objectivo****pedagógico:**

Transformar uma situação comum de oficina — participação desigual e comentários baseados em género — numa prática estruturada de profissionalismo, segurança, inclusão e competência técnica.

A turma deve compreender que uma formação fotovoltaica de qualidade exige mais do que saber ligar componentes. Exige também saber organizar equipas, comunicar com respeito, distribuir tarefas, corrigir comportamentos inadequados e avaliar todas as pessoas com base nos mesmos critérios técnicos.

Preparação do cenário pelo formador

Preparação	Descrição
Preparar a bancada técnica	Organizar uma bancada com módulo FV didáctico ou fonte DC, controlador, bateria didáctica, carga, cabos, conectores e multímetro.
Preparar papéis técnicos	Criar cartões com funções: líder técnico, responsável de segurança, técnico/a de medição, técnico/a de montagem, responsável de registo, apresentador/a técnico/a e observador/a de equidade.
Preparar situações críticas	Criar cartões com situações como comentário discriminatório, monopolização da ferramenta, formanda excluída da medição, EPI inadequado, erro técnico transformado em riso ou cliente que questiona competência da técnica.
Definir regra central	Todas as pessoas devem executar pelo menos uma tarefa técnica real e receber feedback técnico específico.
Preparar checklist	Imprimir ou desenhar no quadro uma checklist simples para verificar participação, segurança, linguagem e evidência técnica.
Explicar o critério profissional	Competência técnica será avaliada por segurança, procedimento, qualidade, medição, interpretação e comunicação, não por género.

Roteiro de implementação sugerido para 3 horas

Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Entrada pelo cenário — 15 min	Apresentar a história da aula inicial em que algumas pessoas assumem ferramentas e outras ficam apenas a observar ou registar. Pedir à turma que identifique o problema sem atacar pessoas individualmente.	Lista inicial de problemas observados.

2. Diagnóstico de participação — 20 min	Perguntar quem costuma medir, ligar, registar, limpar, apresentar e liderar. Registrar no quadro a distribuição real das funções.	Mapa “quem faz o quê” preenchido.
3. Introdução dos conceitos — 20 min	Explicar igualdade, equidade, participação técnica, estereótipos, evidência de aprendizagem e comunicação profissional.	Conceitos-chave compreendidos pela turma.
4. Distribuição de papéis técnicos — 25 min	Dividir a turma em equipas e atribuir papéis técnicos rotativos. Informar que os papéis devem mudar durante a prática.	Papéis distribuídos e rotação planeada.
5. Execução técnica inicial — 35 min	Realizar uma tarefa FV simples: identificar componentes, verificar polaridade, medir tensão DC, ligar uma carga ou interpretar um valor.	Registo técnico feito por diferentes membros da equipa.
6. Rotação obrigatória — 25 min	Trocar funções: quem mediu passa a registar; quem registou passa a medir; quem observou passa a explicar; quem liderou passa a apoiar.	Evidência de rotação real de tarefas.
7. Simulação de situações críticas — 30 min	Usar cartões de situações de desigualdade. Cada equipa deve responder de forma profissional e propor uma correcção.	Resposta pedagógica e profissional apresentada.
8. Avaliação técnica e de equidade — 20 min	Aplicar checklist comum: segurança, participação, linguagem, ferramenta, medição, interpretação e respeito.	Checklist preenchida.
9. Apresentação e compromisso — 10 min	Cada equipa apresenta uma regra concreta para garantir igualdade nas próximas práticas.	Compromisso de melhoria da equipa.

Papéis técnicos rotativos

Papel técnico	Responsabilidade	Evidência esperada
Líder técnico	Organiza a sequência da actividade e garante que todos participem.	Sequência clara e participação equilibrada.
Responsável de segurança	Verifica EPI, organização da bancada, autorização antes de energizar e critério de paragem.	Checklist de segurança preenchida.
Técnico/a de medição	Configura o multímetro, mede, lê o valor e indica a unidade correcta.	Valor medido e registado com unidade.
Técnico/a de montagem	Liga componentes, verifica polaridade e segue instruções de segurança.	Ligação realizada correctamente.
Responsável de registo	Regista valores, papéis, rotação e evidências de participação.	Ficha de registo preenchida.
Apresentador/a técnico/a	Explica o procedimento, o resultado e a conclusão da equipa.	Apresentação clara e fundamentada.
Observador/a de equidade	Observa quem usa ferramentas, quem fala, quem decide e se há respeito.	Observações registadas e melhoria proposta.

Actividade técnica simples sugerida

Etapas técnicas	Procedimento	Critério de qualidade
Identificação dos componentes	Identificar módulo FV, cabos, controlador, bateria, carga e multímetro.	Componentes nomeados correctamente.
Verificação visual	Observar cabos, conectores, polaridade, estado dos componentes e organização da bancada.	Riscos ou problemas identificados.
Preparação do multímetro	Seleccionar escala DC adequada e confirmar ligação das pontas de prova.	Instrumento configurado correctamente.
Medição de tensão	Medir tensão nos terminais indicados pelo formador.	Valor lido com unidade correcta.
Ligação simples	Ligar carga DC ou componente didáctico conforme orientação.	Ligação segura e funcional.
Interpretação	Explicar o que o valor medido indica.	Explicação técnica coerente.
Registo	Escrever valor, unidade, pessoa responsável e observações.	Registo completo e legível.

Exemplos concretos de tratamento da questão de género na aula

Situação observada na aula	Resposta inadequada	Resposta recomendada do formador	Evidência de melhoria
Formandas ficam a registar e formandos fazem as ligações.	“Elas escrevem melhor; eles têm mais jeito para ferramentas.”	“Vamos rodar os papéis. Quem registou agora vai medir ou ligar. Quem mediu agora vai registar.”	Todas as pessoas executam uma tarefa técnica crítica.
Um formando diz que electricidade é trabalho de homens.	Ignorar, rir ou mudar de assunto.	“Esse comentário não é profissional. Competência em electricidade é demonstrada por segurança, procedimento e resultado, não por género.”	A linguagem melhora e a pessoa excluída executa a tarefa com supervisão.
Uma formanda hesita em usar o multímetro.	“Deixa, o colega faz.”	“Vamos rever a sequência: escala correcta, pontas nos terminais, leitura e unidade. Eu observo, tu executas.”	Medição realizada pela formanda e registada com unidade.
Um formando monopoliza o multímetro.	“Ele é rápido, deixa terminar.”	“A rapidez não substitui a aprendizagem da equipa. Entrega o multímetro ao próximo colega e explica sem tirar a tarefa.”	A ferramenta circula e todos praticam.
O EPI não serve bem em algumas pessoas.	“Usa assim mesmo.”	“Sem EPI adequado não há prática segura. Vamos ajustar o tamanho ou adaptar a tarefa até haver protecção correcta.”	EPI adequado confirmado ou actividade ajustada.
A tarefa envolve levantar um painel ou bateria didáctica.	“As mulheres não precisam pegar nisso.”	“Usamos técnica segura: duas pessoas, postura correcta, trajecto livre e supervisão. Segurança para todos, exclusão para ninguém.”	Tarefa feita em dupla com participação equilibrada.
O formador elogia uma formanda dizendo “muito corajosa”.	Valorizar coragem em vez de competência técnica.	“Seleccionaste correctamente a escala DC, mediste em paralelo e registaste o valor com unidade.”	Feedback técnico, específico e igual.
Um cliente simulado só quer falar com um técnico homem.	Trocar imediatamente a apresentadora.	“Nesta equipa, a responsável pela explicação técnica é ela. Pode colocar a pergunta, e a equipa responde com base na medição.”	A formanda apresenta a solução com apoio técnico da equipa.
O grupo ri quando alguém erra a polaridade.	Rir junto ou ignorar.	“O erro será corrigido tecnicamente. Vamos parar, identificar a polaridade e repetir o procedimento com segurança.”	O erro é transformado em aprendizagem.
Pessoas tímidas ficam sem participar.	Dar oportunidade apenas a quem se oferece.	“Agora cada pessoa deve executar uma etapa e explicar uma decisão técnica, mesmo que seja curta.”	Participação distribuída e evidência individual registada.

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



Passo 1 Turma observando uma bancada FV com componentes, ferramentas e EPI antes da actividade.



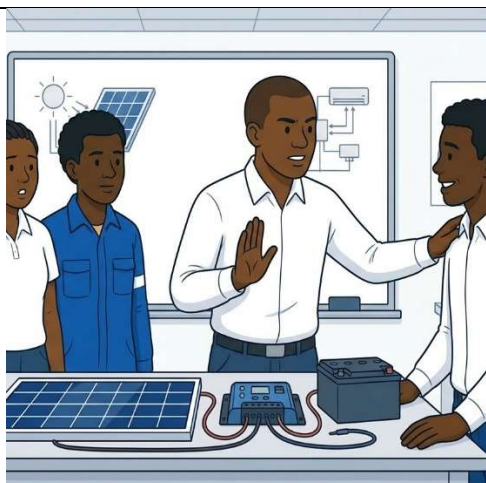
Passo 2 Quadro com mapa “quem faz o quê” mostrando medição, ligação, registo, segurança e apresentação.



Passo 3 Cartões de papéis técnicos sendo distribuídos entre formandas e formandos.



Passo 4 Formanda e formando usando multímetro e cabos em tarefas rotativas.



Passo 5 Formador interrompendo comentário desvalorizador, reforçando norma profissional e orientando a equipa para uma resposta respeitosa.

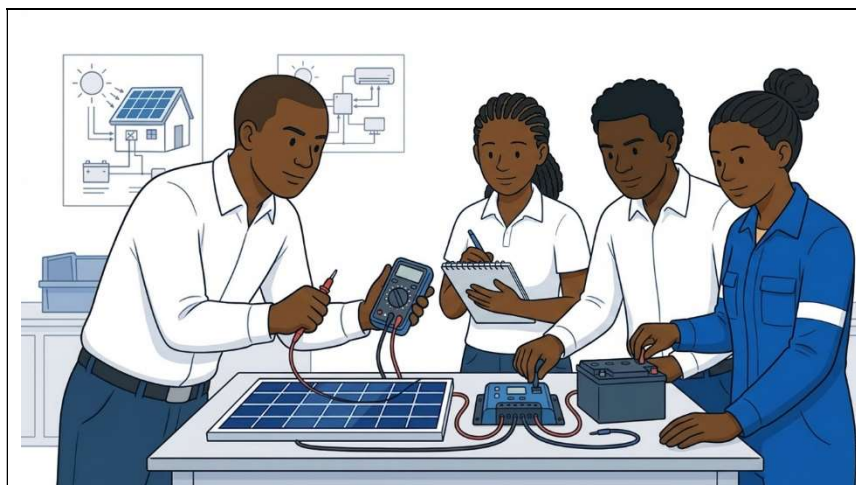


Passo 6 Equipa preenchendo checklist de equidade, segurança e evidência técnica, apresentando um compromisso final para garantir rotação, respeito e avaliação justa nas próximas práticas.

Ficha rápida de equidade na aula prática

Campo da ficha	Conteúdo esperado
1. Papéis técnicos definidos	Indicar quem foi líder técnico, responsável de segurança, medição, montagem, registo, apresentação e observação de equidade.
2. Rotação realizada	Indicar que papéis mudaram durante a prática e quem executou cada tarefa técnica.
3. Acesso a ferramentas	Registar quem manuseou multímetro, cabos, conectores, EPI e componentes.
4. Evidência técnica individual	Cada pessoa deve registar uma medição, uma ligação, uma verificação ou uma explicação técnica.
5. Linguagem e respeito	Registar comentários inadequados observados, intervenção feita e regra profissional reforçada.
6. Feedback recebido	Registar se o feedback foi técnico, específico e igual para todos.
7. Segurança aplicada	Indicar se todos usaram EPI adequado e se a prática foi conduzida sem exposição desnecessária ao risco.
8. Ajuste para próxima aula	Definir uma medida concreta para melhorar participação, igualdade e qualidade técnica.
9. Conclusão da equipa	Indicar se a aula permitiu participação técnica igual. Responder Sim / Não, com observações.

Cartões pedagógicos sugeridos para a prática



Cartão 1:

Situação para simulação: Uma formanda fica apenas como relatora enquanto os formandos fazem medições e ligações.

Resposta esperada: Rodar papéis imediatamente e garantir que ela execute uma tarefa técnica crítica, como medir tensão, verificar polaridade ou ligar um componente.



Cartão 2:

Situação para simulação: Um formando pega no multímetro antes de todos e não deixa colegas praticar

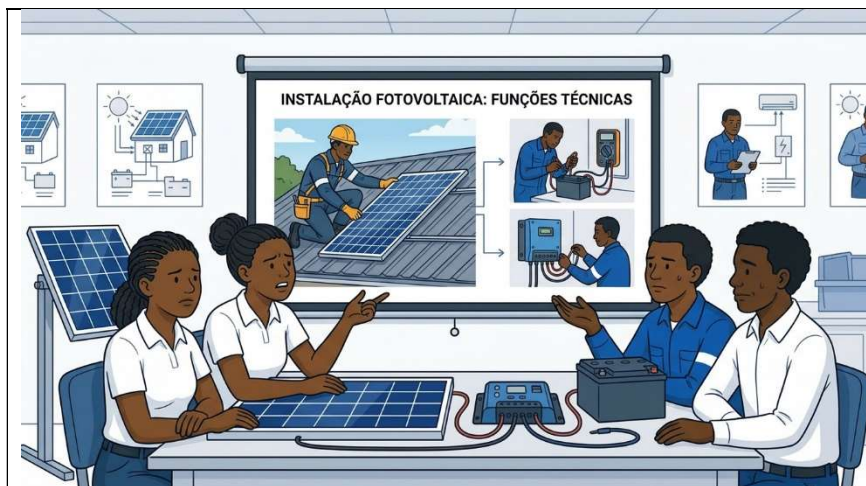
Resposta esperada: Aplicar a regra de ferramenta partilhada: cada pessoa deve manusear o multímetro, realizar uma medição e registar o valor com unidade



Cartão 3:

Situação para simulação: O grupo ri quando uma colega ou colega erra a polaridade na primeira tentativa.

Resposta esperada: Interromper o riso, corrigir o procedimento com respeito e repetir a tarefa com supervisão, transformando o erro em aprendizagem técnica

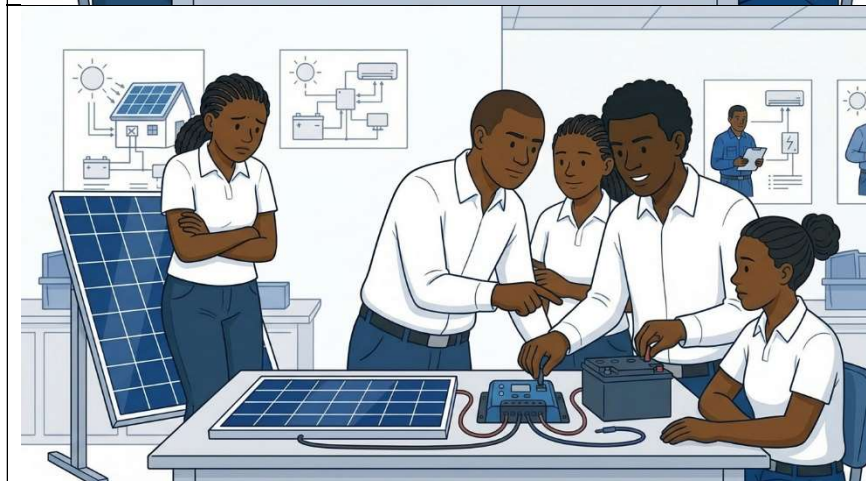


Cartão 4:

Situação para simulação: Uma imagem, exemplo ou explicação da aula mostra apenas homens em funções técnicas fotovoltaicas.

Resposta esperada:

Complementar com exemplos de mulheres e homens em funções técnicas, discutindo que competência profissional não depende do género.



Cartão 5:

Situação para simulação: Um formando com pouca confiança evita todas as tarefas técnicas.

Resposta esperada: Atribuir uma etapa simples, supervisionada, com feedback técnico positivo e específico.



Cartão 6:

Situação para simulação: Uma pessoa é corrigida de forma humilhante perante a turma.

Resposta esperada: Corrigir o procedimento sem humilhar e transformar o erro em aprendizagem.

Produto final da prática

Checklist de equidade preenchido, mapa de papéis técnicos, registo de rotação, evidência individual de participação em ferramentas ou medições, resposta profissional a situações críticas, auto-avaliação da equipa, compromisso de melhoria e decisão do formador sobre participação igualitária, segurança e comportamento profissional.

Prática 1: Análise de cargas e priorização para uma residência de elevado consumo

Tópico

Análise profissional de cargas eléctricas numa residência de elevado consumo, com rede eléctrica disponível e elevada exigência de conforto. A prática introduz a lógica CV5 desde o início: não se trata apenas de contar aparelhos, mas de organizar cargas por grupos, identificar cargas críticas, interpretar perfis de utilização, distinguir carga de base e picos, propor deslocamento de cargas e documentar hipóteses técnicas.

Nível

CV5 (Introdução ao pensamento profissional: requisitos, dados, hipóteses e justificação)

Esta prática inicia a sequência com um cenário residencial, mas evita repetir uma abordagem básica de CV2. O foco está no raciocínio técnico: compreender necessidades do utilizador, transformar informações incompletas em dados úteis, formular hipóteses explícitas, justificar decisões e preparar uma base sólida para o dimensionamento fotovoltaico, bateria, inversor e estratégia de operação nas práticas seguintes.



O Cenário (A História)

Uma família com elevado poder económico vive numa moradia grande com ligação à rede eléctrica. A casa possui muitos equipamentos de conforto: ar condicionado, piscina, bombas, equipamentos de cozinha, sistemas de segurança, internet, portão eléctrico, iluminação exterior, frigoríficos, congeladores, máquinas de lavar, pequenos electrodomésticos e possível carregador de veículo eléctrico.

O cliente não quer apenas reduzir a conta de electricidade. Quer também aumentar a segurança de fornecimento, manter conforto durante falhas da rede e garantir que cargas importantes continuam a funcionar. No entanto, nem todas as cargas precisam de estar ligadas durante um apagão. Algumas podem ser deslocadas para o horário solar, outras podem ser temporariamente desligadas.

A equipa técnica deve analisar as cargas, criar perfis diários para dia útil e fim-de-semana, identificar carga de base, picos de consumo, cargas críticas e cargas flexíveis, e preparar uma lista de prioridades. O resultado servirá como base para as próximas práticas: dimensionamento do gerador FV, bateria, inversor, protecções e estratégia de operação.

Pergunta

Como analisar profissionalmente o consumo eléctrico de uma residência de elevado consumo, distinguindo cargas críticas, cargas flexíveis, carga de base, picos e perfis de utilização, para fundamentar decisões futuras de dimensionamento FV e backup?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos residenciais; 2. Dimensionar e avaliar sistemas fotovoltaicos; 3. Avaliar perfis de consumo, operação, monitorização e gestão de energia

Resultado de aprendizagem esperado	O formando elabora uma análise profissional de cargas residenciais, com tabela de cargas, perfis diários para dia útil e fim-de-semana, identificação de carga de base, picos, cargas críticas, cargas flexíveis e documentação de hipóteses.
Crítérios de desempenho associados	Agrupa cargas por função; distingue carga crítica e não crítica; estima energia diária; identifica picos e carga de base; constrói perfis horários; propõe deslocamento de cargas; documenta hipóteses; justifica prioridades de fornecimento.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Lista de equipamentos da residência; facturas de energia, se disponíveis; dados de potência nominal; entrevistas simuladas com cliente; calculadora; folha de cálculo; quadro branco; cartões de cargas; modelo de tabela de cargas e perfil diário.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade principalmente analítica. Caso haja levantamento real na residência, não abrir quadros eléctricos sem qualificação; não tocar em partes energizadas; respeitar privacidade do cliente; registar dados sem alterar instalações.
Situação real / cenário prático	Residência de elevado consumo com rede eléctrica disponível e elevada exigência de conforto.
Problema técnico a resolver	Transformar uma lista de equipamentos e hábitos de uso em perfis de consumo, prioridades e hipóteses técnicas úteis para dimensionamento.
Tarefas para os formandos	Levantar cargas; agrupar por categorias; estimar potência e energia; identificar carga de base e picos; criar perfis de dia útil e fim-de-semana; classificar prioridades; propor deslocamento de cargas; documentar hipóteses.

Procedimento passo a passo para a aula prática

1. Apresentar o cenário da residência de elevado consumo.
2. Explicar que a análise não é apenas listar aparelhos, mas compreender comportamento de consumo.
3. Levantar os grupos de carga da residência.
4. Identificar cargas permanentes, cargas de pico e cargas flexíveis.
5. Estimar potência e tempo de uso de cada grupo.
6. Calcular energia diária para dia útil.
7. Calcular energia diária para fim-de-semana.
8. Construir perfil horário simplificado para dia útil.
9. Construir perfil horário simplificado para fim-de-semana.
10. Identificar carga de base e horários de pico.
11. Classificar cargas por prioridade.
12. Definir cargas críticas para backup.
13. Propor deslocamento de cargas para horário solar.
14. Documentar hipóteses e incertezas.
15. Preparar a tabela final de cargas, perfis e lista de prioridades.

Evidências que os formandos devem produzir

- Lista de cargas agrupadas por função.
- Tabela de estimativa de consumo para dia útil.
- Tabela de estimativa de consumo para fim-de-semana.
- Perfil horário simplificado para dia útil.
- Perfil horário simplificado para fim-de-semana.
- Identificação da carga de base.
- Identificação dos horários de pico.
- Lista de cargas críticas.
- Lista de cargas flexíveis.
- Lista de prioridades de fornecimento.
- Estratégias de deslocamento de carga.
- Documento de hipóteses e incertezas.

- Conclusão técnica para apoiar as práticas seguintes.

Critérios de avaliação para o formador

- Agrupa cargas por função e não apenas por aparelho isolado.
- Identifica correctamente carga de base, picos e cargas flexíveis.
- Distingue cargas críticas de cargas de conforto.
- Calcula energia diária de forma coerente.
- Constrói perfis diferentes para dia útil e fim-de-semana.
- Propõe deslocamento de cargas com lógica técnica.
- Documenta hipóteses e incertezas.
- Justifica prioridades com base em segurança, conforto e operação.
- Prepara dados úteis para dimensionamento FV, bateria e inversor.
- Comunica resultados de forma clara e profissional.

Erros típicos a observar

- Fazer apenas uma lista de aparelhos sem interpretar o perfil.
- Somar todas as potências nominais como se funcionassem ao mesmo tempo.
- Ignorar carga de base nocturna.
- Não diferenciar dia útil e fim-de-semana.
- Classificar ar condicionado inteiro como crítico sem discutir limites.
- Considerar EV como carga obrigatória em backup.
- Esquecer cargas pequenas mas permanentes, como router e segurança.
- Não documentar hipóteses.
- Não propor deslocamento de cargas.
- Fazer cálculos sem unidades.
- Usar valores exactos demais para dados que são estimativas.
- Não perguntar ao cliente quais cargas são realmente importantes.

Perguntas de reflexão

1. Por que esta prática não deve ser apenas uma lista de aparelhos?
2. Qual é a diferença entre carga de base e pico de carga?
3. Que cargas devem ser consideradas críticas numa residência de elevado consumo?
4. Por que o perfil de fim-de-semana pode ser diferente do dia útil?
5. Como o carregamento de veículo eléctrico afecta o perfil de consumo?
6. Que cargas podem ser deslocadas para o horário solar?
7. Por que não é realista alimentar todas as cargas durante uma falha da rede?
8. Como as hipóteses influenciam o dimensionamento futuro?
9. Que dados reais poderiam melhorar esta análise?
10. Como explicar ao cliente a diferença entre conforto total e backup crítico?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Usar cartões para representar grupos de carga.
- Desenhar a linha do dia no quadro e posicionar cargas por horário.
- Trabalhar com perfis simplificados de 3 ou 4 períodos do dia.
- Usar valores redondos para potência e tempo.
- Simular entrevista com o cliente.
- Fazer grupos: um grupo calcula dia útil, outro fim-de-semana, outro prioridades.
- Construir gráfico manual de carga horária.
- Discutir quais cargas seriam desligadas em caso de falha de rede.
- Usar facturas fictícias para validar consumo mensal.

- Apresentar a análise como se fosse para um cliente real.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar descrição da residência e hábitos do cliente.
- Fornecer lista inicial de cargas com valores incompletos.
- Preparar perguntas de entrevista simulada.
- Preparar tabelas vazias para dia útil, fim-de-semana e prioridades.
- Definir algumas incertezas para os formandos documentarem.
- Preparar cartões de carga para actividade em grupo.
- Disponibilizar quadro ou papel grande para construir o perfil diário.
- Preparar modelo de entrega final.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

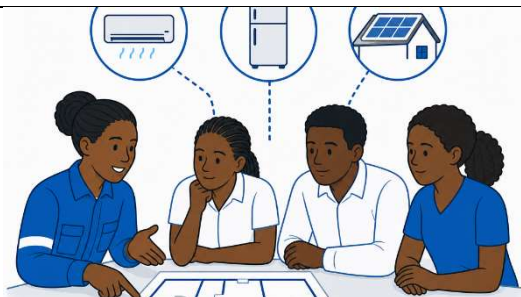
Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Apresentação do cenário (20 min)	Explicar a residência, o cliente e o objectivo da análise.	Cenário compreendido.
2. Agrupamento das cargas (30 min)	Organizar equipamentos por grupos funcionais.	Lista de cargas agrupada.
3. Estimativa de consumo — dia útil (35 min)	Calcular energia diária por grupo.	Tabela de dia útil.
4. Estimativa de consumo — fim-de-semana (35 min)	Calcular energia diária com outro perfil de uso.	Tabela de fim-de-semana.
5. Perfis horários (40 min)	Construir perfil simplificado por períodos do dia.	Perfil diário dia útil e fim-de-semana.
6. Prioridades e backup (35 min)	Classificar cargas críticas, importantes, flexíveis e não essenciais.	Lista de prioridades.
7. Deslocamento de cargas e hipóteses (30 min)	Propor gestão de cargas e documentar incertezas.	Estratégias e hipóteses.
8. Apresentação final (35 min)	Apresentar tabela, perfis, prioridades e justificativa.	Entrega final validada.

Notas de facilitação e segurança

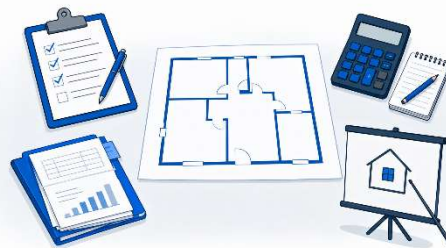
- O formador deve reforçar que CV5 começa com análise e justificação, não apenas cálculo.
- Os formandos devem aprender a transformar informação incompleta em hipóteses claras.
- Toda hipótese importante deve ser documentada.
- O cliente pode desejar conforto total, mas o técnico deve explicar limites técnicos e económicos.
- A carga crítica deve ser definida por necessidade, não por luxo.
- O carregamento EV deve ser tratado como carga flexível de alto impacto.
- O perfil de carga deve distinguir energia total e potência de pico.
- A prática deve preparar directamente as práticas seguintes: FV, bateria, inversor e operação.
- Segurança e privacidade devem ser respeitadas em levantamentos reais.
- O resultado deve ser compreensível tanto para o técnico como para o cliente.

Ilustrações dos passos pedagógicos

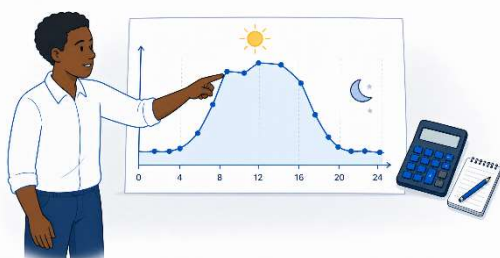
As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



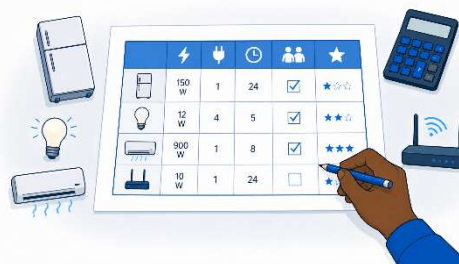
Passo 1: Levantamento dos requisitos do cliente e organização das cargas por grupos funcionais.



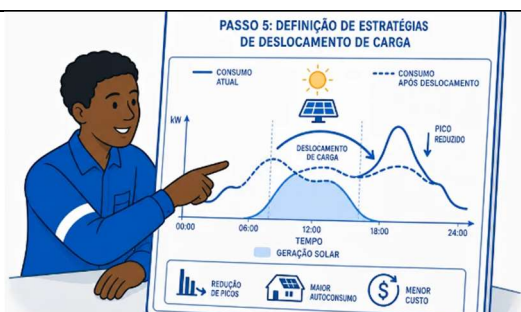
Passo 2: Construção da tabela de cargas para dia útil e fim-de-semana, com potência, horas de uso e energia.



Passo 3: Criação dos perfis diários, identificando carga de base, picos e horários de maior consumo.



Passo 4: Classificação das cargas por prioridade: críticas, importantes, conforto, flexíveis e não essenciais.



Passo 5: Definição de estratégias de deslocamento de carga para aumentar autoconsumo e reduzir picos.



Passo 6: Documentação das hipóteses, incertezas e justificativas para uso nas práticas seguintes.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Residência de alto consumo precisa de análise profissional de cargas e prioridades.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Agrupamento de cargas, cálculo de energia, perfis, prioridades e hipóteses.	Sequência lógica e completa.
3. Registos técnicos	Tabelas de cargas, perfis diários, picos, carga de base, backup e deslocamento.	Registos completos e coerentes.
4. Segurança e qualidade	Considera privacidade, segurança, limites técnicos e dados verificáveis.	Crítérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Entrega final apoia dimensionamento FV, bateria, inversor e estratégia de operação.	Explicação clara, realista e fundamentada.

Produto final da prática

Tabela profissional de cargas para uma residência de elevado consumo, contendo agrupamento funcional, estimativas de energia para dia útil e fim-de-semana, perfis horários simplificados, identificação de carga de base e picos, lista de cargas críticas e flexíveis, lista de prioridades de fornecimento, estratégias de deslocamento de carga e documentação explícita das hipóteses e incertezas utilizadas.

Prática 2: Conceito do sistema e decisão de arquitectura para residência híbrida com backup

Tópico

Definição do conceito técnico de uma instalação fotovoltaica residencial híbrida com backup, para a mesma residência de elevado consumo analisada na Prática 1. A prática concentra-se na decisão e justificação da arquitectura do sistema: ligação à rede simples, sistema híbrido com bateria, painel de backup, separação de cargas críticas e estratégia de operação durante funcionamento normal e falha da rede.

Nível

CV5 (Decisão técnica, arquitectura de sistema e justificação profissional)

Esta prática situa-se antes dos cálculos detalhados de potência FV, bateria e inversor. O objectivo é mostrar que, em projectos profissionais, a topologia do sistema deve ser definida antes do dimensionamento. O formando deve justificar a escolha técnica com base nas necessidades do utilizador, perfil de consumo, objectivos de autonomia, segurança, conforto, custo e operação.



O Cenário (A História)

Na Prática 1, a equipa técnica analisou uma residência de elevado consumo, com rede eléctrica disponível, cargas de conforto significativas, cargas críticas e possibilidade de deslocamento de cargas. O cliente agora esclarece os seus objectivos principais: deseja elevada auto-suficiência energética durante o dia, redução da dependência da rede e continuidade de fornecimento para cargas importantes durante falhas de energia.

O cliente inicialmente pergunta se pode simplesmente instalar muitos módulos fotovoltaicos ligados à rede. A equipa técnica deve explicar que um sistema apenas grid-tied pode reduzir a factura, mas normalmente desliga durante falha da rede por razões de segurança. Para manter cargas críticas durante apagões, é necessário considerar uma arquitectura híbrida com bateria, saída de backup, painel de cargas críticas e regras de operação.

A equipa deve comparar conceitos possíveis, seleccionar a arquitectura recomendada, desenhar um esquema unifilar simplificado e definir a lógica de operação em funcionamento normal, falta de rede e retorno da rede.

Pergunta

Qual arquitectura de sistema é mais adequada para uma residência de elevado consumo que pretende elevada auto-suficiência e backup durante falhas da rede, e como justificar tecnicamente essa decisão antes do dimensionamento detalhado?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos residenciais; 2. Instalar e testar sistemas FV; 3. Aplicar segurança eléctrica; 4. Dimensionar sistemas FV; 5. Definir operação, backup, monitorização e documentação técnica
Resultado de aprendizagem esperado	O formando compara arquitecturas FV residenciais, selecciona uma solução híbrida com backup quando justificado, define painel de cargas críticas, descreve lógica de

	operação e apresenta um conceito unifilar simplificado com fundamentação técnica e orientada ao utilizador.
Critérios de desempenho associados	Compara grid-tied e híbrido; justifica escolha da arquitectura; define cargas em backup; propõe painel de backup; descreve fluxo de energia; explica comportamento em falha de rede; considera segurança anti-ilhamento; documenta limitações e expectativas do utilizador.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Resultado da Prática 1; lista de cargas e prioridades; quadro branco; cartões de componentes; exemplos de inversores grid-tied e híbridos; modelos de esquema unifilar simplificado; fichas técnicas resumidas; folha de decisão; marcadores.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade de planeamento. Não realizar ligações reais sem qualificação. Discutir anti-ilhamento, separação de circuitos, protecções DC/AC, aterramento e transferência segura entre rede, inversor e backup.
Situação real / cenário prático	A mesma residência de alto consumo quer elevada auto-suficiência e continuidade de cargas importantes durante falha da rede.
Problema técnico a resolver	Escolher e justificar a arquitectura do sistema antes de calcular potência FV, bateria e inversor.
Tarefas para os formandos	Comparar topologias; escolher arquitectura; definir painel de backup; seleccionar cargas em backup; desenhar 1-line simplificado; definir lógica de operação; justificar decisão técnica e de utilizador.

Evidências que os formandos devem produzir

- Comparação entre arquitecturas possíveis.
- Decisão de arquitectura recomendada.
- Lista de cargas incluídas no painel de backup.
- Lista de cargas excluídas do backup.
- Conceito unifilar simplificado.
- Descrição da operação normal com rede.
- Descrição da operação durante falha da rede.
- Regras operacionais por SOC.
- Justificação técnica da decisão.
- Justificação orientada ao utilizador.
- Lista de limitações a comunicar ao cliente.
- Conclusão preparada para o dimensionamento das práticas seguintes.

Critérios de avaliação para o formador

- Compara correctamente grid-tied, híbrido e off-grid.
- Justifica a arquitectura escolhida com base nos objectivos do cliente.
- Entende que backup exige separação de cargas e anti-ilhamento.
- Define painel de backup realista.
- Exclui cargas de alto consumo não críticas.
- Explica o comportamento em falha da rede.
- Considera operação por SOC e gestão de energia.
- Produz 1-line simplificado coerente.
- Comunica limitações ao cliente de forma clara.
- Prepara uma base adequada para dimensionamento FV, bateria e inversor.

Erros típicos a observar

- Prometer que sistema grid-tied funcionará durante apagão.
- Colocar todas as cargas da casa no backup sem avaliar potência.
- Incluir EV, piscina e secadora no backup como se fossem críticas.

- Ignorar anti-ilhamento.
- Não separar painel de cargas críticas.
- Escolher bateria antes de definir que cargas serão alimentadas.
- Misturar cargas normais e críticas sem lógica de operação.
- Não explicar ao cliente limitações do backup.
- Desenhar 1-line sem rede, medidor, inversor, bateria e painel de backup.
- Definir arquitectura apenas pelo preço.
- Não considerar retorno da rede e reconexão segura.
- Confundir autonomia energética com independência total da rede.

Perguntas de reflexão

1. Por que a arquitectura deve ser definida antes dos cálculos detalhados?
2. Qual é a principal limitação de um sistema grid-tied simples durante falha da rede?
3. Por que é necessário separar um painel de backup?
4. Que cargas da residência devem ficar fora do backup?
5. Como explicar ao cliente que nem toda a casa funcionará no apagão?
6. Que papel tem a bateria no autoconsumo e no backup?
7. Por que a lógica de operação por SOC é importante?
8. O que acontece quando a rede volta depois de uma falha?
9. Em que caso faria sentido considerar um gerador auxiliar?
10. Como a arquitectura escolhida influencia o dimensionamento FV, bateria e inversor?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Usar cartões de componentes: módulos FV, inversor, bateria, rede, quadro principal e painel de backup.
- Desenhar o 1-line no quadro com setas.
- Usar cartões de cargas e pedir aos formandos para moverem entre “backup” e “não backup”.
- Simular falha da rede e perguntar que cargas continuam ligadas.
- Comparar arquitecturas com uma tabela simples.
- Usar apenas três estados de SOC: alto, médio e baixo.
- Fazer grupos: um grupo defende grid-tied, outro híbrido, outro off-grid.
- Pedir uma apresentação curta ao “cliente” explicando limitações.
- Substituir fichas técnicas por descrições simplificadas.
- Fazer o resultado final em uma folha A3.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para definir e justificar a arquitectura de um sistema FV residencial híbrido com backup, antes dos cálculos detalhados, considerando objectivos do cliente, cargas críticas, separação de circuitos, lógica de operação, segurança anti-ilhamento e comunicação clara de limitações.

Preparação do cenário pelo formador

- Disponibilizar os resultados da Prática 1.
- Preparar descrição dos objectivos actualizados do cliente.
- Fornecer cartões de componentes e cargas.
- Preparar exemplos de topologias grid-tied, híbrida e off-grid.
- Preparar modelo de 1-line simplificado.
- Preparar tabela para seleccionar cargas de backup.
- Definir perguntas orientadoras sobre falha de rede.
- Preparar uma simulação de reunião com cliente.
- Disponibilizar modelo de justificação técnica.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

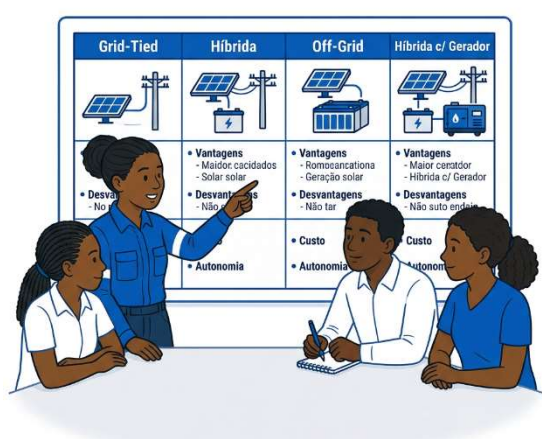
Passo / tempo	Ação pedagógica	Evidência esperada
1. Revisão da Prática 1 (20 min)	Rever cargas, picos, carga de base e prioridades.	Dados de consumo reactivados.
2. Objectivos do cliente (20 min)	Traduzir desejos do cliente em requisitos técnicos.	Lista de requisitos.
3. Comparação de arquitecturas (40 min)	Analisar grid-tied, híbrido, off-grid e híbrido com gerador.	Tabela comparativa.
4. Decisão de arquitectura (30 min)	Escolher solução recomendada e justificar.	Decisão documentada.
5. Painel de backup (40 min)	Definir cargas incluídas e excluídas.	Lista de cargas backup/não backup.
6. 1-line simplificado (40 min)	Desenhar fluxo FV, inversor, bateria, rede e painéis.	Esquema unifilar simplificado.
7. Lógica de operação (40 min)	Descrever operação normal, falha e retorno da rede.	Regras operacionais.
8. Apresentação ao cliente (30 min)	Explicar decisão, benefícios e limitações.	Justificação técnica e do utilizador.

Notas de facilitação e segurança

- Reforçar que a topologia define o que será possível calcular depois.
- O formando deve evitar promessas técnicas que o sistema não pode cumprir.
- Um sistema híbrido não significa automaticamente backup de toda a casa.
- O painel de backup deve ser limitado, claro e documentado.
- Anti-ilhamento é obrigatório para segurança da rede e dos técnicos.
- O cliente deve receber uma lista simples: “funciona no apagão” e “não funciona no apagão”.
- Cargas de conforto podem ser parcialmente permitidas, mas com regras.
- A lógica por SOC ajuda a preservar autonomia e vida útil da bateria.
- A prática deve terminar com uma decisão, não apenas com discussão.
- O resultado será usado directamente nas práticas de dimensionamento seguintes.

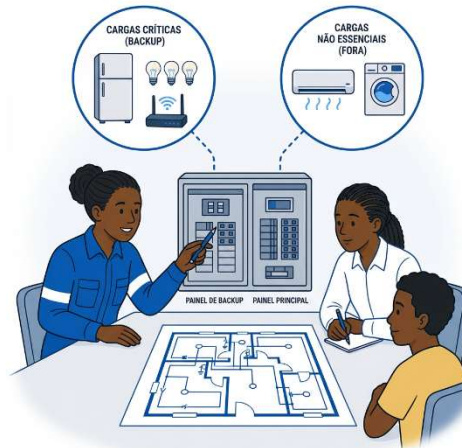
Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.

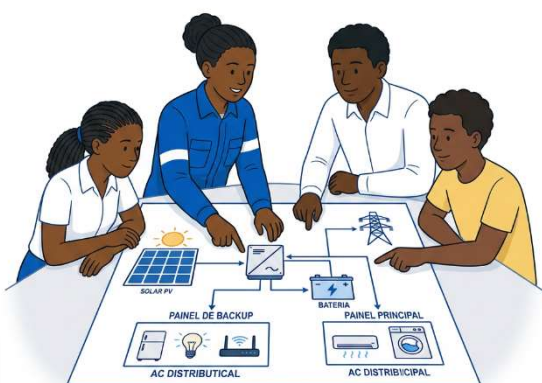
 Passo 1: Rever os resultados da análise de cargas e traduzir os objectivos do cliente em requisitos técnicos.	 Passo 2: Comparar arquitecturas possíveis: grid-tied, híbrida, off-grid e híbrida com gerador auxiliar.
--	---



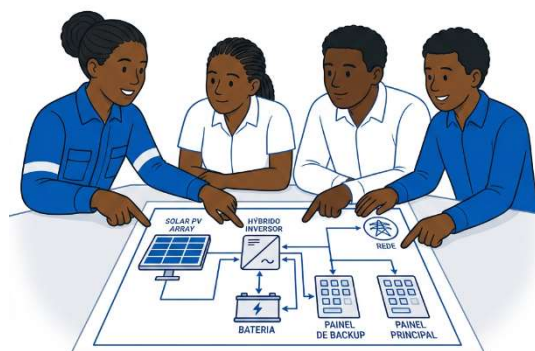
Passo 3: Seleccionar o sistema híbrido com bateria e painel de backup, justificando a decisão técnica.



Passo 4: Definir quais cargas entram no painel de backup e quais ficam fora durante falha da rede.



Passo 5: Desenhar o conceito unifilar simplificado com FV, inversor híbrido, bateria, rede e painéis AC.



Passo 6: Definir a lógica de operação em modo normal, falha da rede, SOC baixo e retorno da rede.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Cliente quer alta auto-suficiência e backup, mas a topologia ainda não está definida.	Problema correctamente formulado.
2. Procedimento executado	Comparação de arquitecturas, decisão, painel de backup, 1-line e lógica de operação.	Sequência lógica e profissional.
3. Registos técnicos	Arquitectura escolhida, cargas de backup, cargas excluídas, operação normal/falha.	Registos completos e coerentes.
4. Segurança e qualidade	Considera anti-ilhamento, separação de circuitos, protecções e comunicação de limites.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Sistema híbrido com backup selectivo é recomendado e justificado.	Explicação clara para técnico e cliente.

Produto final da prática

Conceito técnico de arquitectura para uma residência híbrida com backup, contendo comparação entre opções grid-tied, híbrida e off-grid, decisão justificada pela solução híbrida com bateria, painel de cargas críticas, lista de cargas incluídas e excluídas do backup, esquema unifilar simplificado, lógica de operação em funcionamento normal e falha da rede, regras por SOC e explicação técnica orientada ao utilizador.

Prática 3: Levantamento do local, recurso solar e análise de sombreamento para uma instalação residencial

Tópico

Levantamento técnico do local de instalação para uma residência, com avaliação da cobertura disponível, orientação, inclinação, sombreamento, área útil, obstáculos, acessos, condições estruturais básicas e recurso solar. A prática introduz o uso de dados climáticos e ferramentas como PVGIS ou equivalente para estimar a produção mensal e anual antes do dimensionamento detalhado do sistema fotovoltaico.

Nível

CV5 (Levantamento técnico, análise de restrições reais e fundamentação de hipóteses)

Esta prática consolida o pensamento profissional iniciado nas Práticas 1 e 2. Antes de calcular o tamanho do gerador FV, é necessário compreender as condições reais do local: área disponível, orientação do telhado, inclinação, sombras, caminhos de manutenção, segurança de acesso, recurso solar e limitações físicas. O objectivo é transformar uma visita técnica ou levantamento simulado em dados verificáveis para o projecto.



O Cenário (A História)

A mesma residência de elevado consumo analisada nas Práticas 1 e 2 pretende instalar um sistema fotovoltaico híbrido com bateria e backup selectivo. O cliente possui uma moradia grande, mas a cobertura não é totalmente livre. Existem águas de telhado com orientações diferentes, uma chaminé, antenas, árvores próximas e uma zona parcialmente sombreada no fim da tarde.

A equipa técnica não pode simplesmente assumir que toda a cobertura é aproveitável. Deve fazer uma avaliação do local, medir ou estimar orientação e inclinação, identificar obstáculos, delimitar áreas úteis, considerar afastamentos mínimos, analisar janelas de sombreamento e usar uma ferramenta como PVGIS para obter uma estimativa inicial de produção mensal e anual.

O resultado desta prática será usado directamente na Prática 4 para o dimensionamento do gerador fotovoltaico e planeamento das strings.

Pergunta

Como realizar um levantamento técnico do local e avaliar o recurso solar, a área útil e o sombreamento de uma cobertura residencial, para estimar a produção FV mensal e anual antes do dimensionamento detalhado?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos residenciais; 2. Aplicar segurança no levantamento e instalação; 3. Dimensionar sistemas FV; 4. Avaliar desempenho, recurso solar, monitorização e documentação técnica

Resultado de aprendizagem esperado	O formando elabora um levantamento técnico do local, identifica orientação, inclinação, área útil, obstáculos e sombreamento, consulta dados de recurso solar e produz uma estimativa mensal e anual de produção FV.
Crítérios de desempenho associados	Regista dados do local; mede ou estima azimuth e inclinação; identifica sombras e obstáculos; calcula área útil; define hipóteses; usa PVGIS ou ferramenta equivalente; interpreta produção mensal/anual; documenta limitações para o dimensionamento.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Planta ou croqui do telhado; fita métrica; bússola ou aplicação de orientação; inclinómetro ou aplicação móvel; câmara fotográfica; formulário de site survey; computador ou telemóvel com acesso ao PVGIS ou ferramenta equivalente; calculadora; ficha de levantamento.
Requisitos de segurança e EPI	Em visita real: capacete, calçado de segurança, arnês quando aplicável, avaliação de risco de queda, escada adequada, não subir ao telhado sem autorização e sem condições de segurança. Em simulação: discutir riscos de queda, fragilidade da cobertura, cabos existentes e acesso seguro.
Situação real / cenário prático	Moradia com cobertura limitada, orientações diferentes e possíveis sombras de árvores, chaminé e antenas.
Problema técnico a resolver	Determinar quais áreas do telhado são realmente utilizáveis e qual produção FV é plausível antes do dimensionamento.
Tarefas para os formandos	Levantar dados do local; identificar áreas utilizáveis; analisar orientação, inclinação e sombras; consultar recurso solar; estimar produção mensal/anual; documentar hipóteses e restrições.

Procedimento passo a passo para a aula prática

1. Rever os objectivos da residência definidos nas Práticas 1 e 2.
2. Apresentar o cenário da cobertura com áreas limitadas e possíveis sombras.
3. Identificar as águas do telhado e respectivas orientações.
4. Medir ou estimar azimuth e inclinação.
5. Identificar obstáculos e áreas de exclusão.
6. Estimar a área bruta e a área útil disponível.
7. Avaliar janelas de sombreamento durante manhã, meio-dia e tarde.
8. Classificar o nível de sombreamento por área.
9. Definir quais áreas são prioritárias para módulos FV.
10. Estimar número aproximado de módulos possíveis.
11. Inserir dados no PVGIS ou ferramenta equivalente.
12. Obter produção mensal e anual para uma variante base.
13. Comparar pelo menos duas orientações ou variantes.
14. Documentar hipóteses, perdas e limitações.
15. Preparar a ficha técnica do local e a estimativa de produção.

Evidências que os formandos devem produzir

- Ficha técnica do local.
- Croqui ou descrição das áreas do telhado.
- Registo de azimuth e inclinação.
- Lista de obstáculos.
- Análise de janelas de sombreamento.
- Cálculo de área bruta, área excluída e área útil.
- Estimativa preliminar de número de módulos.
- Simulação PVGIS ou equivalente.
- Tabela mensal de produção estimada.

- Estimativa anual de produção.
- Comparação de pelo menos duas variantes de orientação.
- Lista de hipóteses e limitações.
- Conclusão técnica para uso no dimensionamento da Prática 4.

Critérios de avaliação para o formador

- Identifica correctamente as restrições físicas do local.
- Mede ou estima orientação e inclinação com coerência.
- Distingue área bruta de área útil.
- Reconhece impacto de obstáculos e sombreamento.
- Usa PVGIS ou ferramenta equivalente de forma adequada.
- Regista hipóteses de perdas e orientação.
- Interpreta produção mensal e anual.
- Compara variantes de orientação.
- Relaciona recurso solar com necessidades de consumo.
- Produz ficha de local clara e útil para dimensionamento posterior.
- Comunica incertezas e necessidade de verificação real.

Erros típicos a observar

- Assumir que toda a área do telhado é utilizável.
- Ignorar chaminés, antenas, clarabóias e bordas.
- Não considerar sombras de árvores ou edifícios vizinhos.
- Medir azimuth sem confirmar a convenção da ferramenta.
- Usar orientação óptima teórica sem respeitar a cobertura real.
- Não separar áreas com orientações diferentes.
- Misturar módulos sombreados e não sombreados na mesma string sem análise.
- Usar PVGIS sem documentar perdas e hipóteses.
- Apresentar produção anual sem produção mensal.
- Ignorar meses de menor produção.
- Confundir kW, kWp e kWh.
- Não deixar evidência fotográfica ou croqui do levantamento.

Perguntas de reflexão

1. Por que o levantamento do local deve ser feito antes do dimensionamento FV?
2. Qual é a diferença entre área bruta e área útil?
3. Como a orientação do telhado influencia a produção anual?
4. Por que o sombreamento entre 10:00 e 14:00 é especialmente crítico?
5. Quando uma área Este/Oeste pode ser interessante para uma residência?
6. Que dados devem ser inseridos no PVGIS para obter uma estimativa útil?
7. Por que a produção mensal é tão importante quanto a produção anual?
8. Que perdas devem ser consideradas numa simulação preliminar?
9. Como uma árvore a Oeste pode afectar o autoconsumo ao fim da tarde?
10. Que informações deste levantamento serão usadas na Prática 4?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Usar uma planta simples desenhada no quadro.
- Representar obstáculos com cartões ou objectos.
- Usar uma bússola simples ou direcções cardinais estimadas.
- Trabalhar com valores arredondados de área.
- Simular PVGIS com uma tabela de produção específica fornecida pelo formador.

- Pedir aos grupos que comparem três áreas: favorável, parcialmente sombreada e desfavorável.
- Fazer o mapa de sombras manualmente por horários.
- Usar fotografias impressas de telhados reais.
- Criar um “site survey” em sala de aula com maquete de telhado.
- Produzir ficha de local em papel A4.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para realizar um levantamento técnico do local, avaliar recurso solar e sombreamento, determinar área útil e produzir uma estimativa preliminar de produção FV mensal e anual antes do dimensionamento do gerador fotovoltaico.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar planta ou croqui da residência.
- Definir localização simulada ou real.
- Preparar dados de orientação e inclinação, ou pedir que os formandos estimem.
- Inserir obstáculos no cenário: chaminé, árvore, antena, clarabóia.
- Preparar fotografias ou imagens aéreas, se disponíveis.
- Garantir acesso a PVGIS ou fornecer dados equivalentes.
- Preparar ficha de levantamento do local.
- Preparar tabelas vazias para área útil, sombreamento e produção mensal.
- Definir pelo menos duas variantes de orientação para comparação.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Revisão do cenário residencial (15 min)	Relacionar Práticas 1 e 2 com o levantamento do telhado.	Objectivo do levantamento compreendido.
2. Leitura da planta/croqui (25 min)	Identificar águas do telhado, obstáculos e zonas possíveis.	Croqui anotado.
3. Medição de orientação e inclinação (30 min)	Registar azimute e inclinação de cada área.	Tabela de orientação/inclinação.
4. Área útil e exclusões (35 min)	Calcular área bruta, exclusões e área útil.	Tabela de área útil.
5. Análise de sombreamento (35 min)	Identificar fontes de sombra e janelas horárias.	Mapa simples de sombras.
6. Estimativa de módulos possíveis (25 min)	Calcular número preliminar de módulos e kWp.	Potência FV preliminar.
7. Simulação PVGIS ou equivalente (45 min)	Inserir dados e obter produção mensal/anual.	Tabela de produção.
8. Interpretação e entrega final (30 min)	Documentar hipóteses, limitações e conclusão.	Standortblatt / ficha do local.

Notas de facilitação e segurança

- Reforçar que um bom dimensionamento começa com um bom levantamento.
- A cobertura real raramente permite instalar módulos em toda a área disponível.
- Sombreamento pequeno pode causar impacto grande se afectar strings inteiras.
- Produção anual alta não garante bom desempenho em todos os meses.
- O formador deve mostrar que PVGIS é uma base de estimativa, não uma medição exacta.
- Orientações Este/Oeste podem ser úteis para alinhar produção com consumo.
- O resultado da prática deve alimentar directamente o layout e strings da Prática 4.
- Em visita real, segurança em altura é prioridade absoluta.

- Nenhum formando deve subir em telhado sem autorização, supervisão e EPI adequado.
- Toda hipótese deve ser documentada para futura revisão.

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



Passo 1: Levantar dados do local, identificar águas do telhado, orientação, inclinação e zonas disponíveis.



Passo 2: Marcar obstáculos, bordas, acessos e áreas de exclusão para determinar a área útil real.

Passo 1: Levantar dados do local, identificar águas do telhado, orientação, inclinação e zonas disponíveis.



Passo 3: Avaliar janelas de sombreamento ao longo do dia e classificar áreas com baixo, médio ou alto impacto.



Passo 4: Estimar número preliminar de módulos e potência FV possível com base na área ocupável.



Passo 5: Inserir localização, orientação, inclinação, potência e perdas no PVGIS ou ferramenta equivalente.



Passo 6: Registrar produção mensal/anual, documentar hipóteses e preparar a ficha técnica do local.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Telhado residencial tem área limitada, obstáculos e possíveis sombras antes do dimensionamento.	Problema correctamente identificado.
2. Procedimento executado	Levantamento do local, área útil, sombreamento, simulação de recurso solar e produção.	Sequência lógica e completa.
3. Registos técnicos	Azimute, inclinação, área útil, obstáculos, perdas, produção mensal e anual.	Dados coerentes e documentados.
4. Segurança e qualidade	Considera acesso seguro, restrições reais, sombreamento e necessidade de verificação estrutural.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Standortblatt/ficha de local fornece base realista para dimensionamento FV.	Explicação clara e fundamentada.

Produto final da prática

Ficha técnica do local para a residência, contendo dados de localização, orientação, inclinação, áreas brutas e úteis, obstáculos, janelas de sombreamento, classificação das áreas do telhado, estimativa preliminar de módulos possíveis, simulação PVGIS ou equivalente, produção mensal e anual estimada, produção específica, comparação de variantes de orientação e documentação das hipóteses e limitações a usar no dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Prática 4: Dimensionamento do gerador fotovoltaico e planeamento das strings para uma instalação residencial

Tópico

Dimensionamento preliminar do gerador fotovoltaico para uma residência com área de telhado limitada, considerando os objectivos de autoconsumo, apoio ao backup, disponibilidade de área útil, orientação dos módulos, número de módulos, potência instalada, configuração de strings, janela MPPT do inversor e verificação das tensões DC em função da temperatura.

Nível

CV5 — Dimensionamento técnico, análise de compatibilidade e planeamento do gerador FV

Esta prática representa a primeira etapa de dimensionamento “duro” do sistema fotovoltaico. Depois de avaliar o local, a área útil, o recurso solar e o sombreamento, os formandos devem transformar os dados do levantamento em uma configuração técnica concreta: número de módulos, potência FV, organização em strings, ligação aos MPPT do inversor e verificação preliminar das tensões de operação.



O Cenário (A História)

A residência analisada nas práticas anteriores tem consumo elevado e pretende instalar um sistema fotovoltaico híbrido com bateria e backup selectivo. O levantamento do local mostrou que a cobertura possui área útil limitada, com algumas zonas melhores para instalação e outras afectadas por orientação menos favorável ou sombreamento parcial.

O cliente deseja reduzir o consumo da rede durante o dia e garantir que a bateria possa ser recarregada de forma adequada para alimentar cargas críticas durante falhas da rede. No entanto, não é possível instalar módulos em toda a cobertura. A equipa técnica deve, portanto, escolher uma potência FV realista, compatível com a área disponível, com o inversor híbrido e com os limites eléctricos das strings.

Os formandos devem decidir quantos módulos instalar, como agrupá-los, quais áreas do telhado utilizar primeiro, como separar strings por orientação/sombreamento e como verificar se as tensões das strings permanecem dentro da janela MPPT e dos limites máximos DC do inversor.

Pergunta

Como dimensionar o gerador fotovoltaico de uma residência com área de telhado limitada e definir um plano de strings compatível com a janela MPPT, as condições de temperatura, a orientação do telhado e a lógica de autoconsumo/backup?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos residenciais; 2. Dimensionar sistemas FV; 3. Avaliar desempenho, recurso solar, monitorização e documentação técnica

Resultado de aprendizagem esperado	O formando dimensiona o gerador FV, define o número de módulos, organiza strings, atribui strings aos MPPT e verifica tensões DC em condições de temperatura.
Critérios de desempenho associados	Calcula potência FV-alvo; verifica área disponível; selecciona número de módulos; define strings por orientação; verifica Voc, Vmp e corrente; compara com limites do inversor; documenta hipóteses e lista de verificação DC.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Dados da Prática 3; ficha técnica do módulo FV; ficha técnica do inversor; calculadora; folha de cálculo; planta/croqui do telhado; dados de temperatura mínima e máxima; tabela de strings; software PVGIS ou equivalente, se disponível.
Requisitos de segurança e EPI	A prática é de projecto em sala. Em contexto real, aplicar segurança em altura, isolamento eléctrico, bloqueio/etiquetagem, protecção contra arco DC e normas locais de instalação.
Situação real / cenário prático	Residência com telhado limitado, sistema híbrido, necessidade de autoconsumo e apoio à bateria para backup selectivo.
Problema técnico a resolver	Determinar uma configuração FV viável, segura e compatível com inversor, área útil e objectivos de operação.
Produto final	Número de módulos, potência FV instalada, plano de strings, atribuição MPPT e checklist DC de verificação.

Procedimento passo a passo para a aula prática

1. Rever os resultados da Prática 3: área útil, orientação, inclinação e sombreamento.
2. Definir a potência FV-alvo com base no consumo, autoconsumo e necessidade de carregar bateria.
3. Seleccionar o módulo FV de referência e registar os dados eléctricos principais.
4. Calcular o número máximo aproximado de módulos com base na área disponível.
5. Escolher uma configuração inicial de número de módulos.
6. Definir strings com número de módulos semelhante.
7. Atribuir strings às áreas do telhado conforme orientação e sombreamento.
8. Atribuir strings aos MPPT do inversor.
9. Calcular Voc e Vmp de cada string em STC.
10. Corrigir Voc para baixa temperatura.
11. Corrigir Vmp para alta temperatura.
12. Verificar se as tensões estão dentro dos limites do inversor.
13. Verificar corrente por string e por MPPT.
14. Identificar problemas e propor ajustes.
15. Preparar a ficha final de string plan e checklist DC.

Evidências que os formandos devem produzir

- Cálculo da potência FV-alvo.
- Justificação do número de módulos escolhido.
- Tabela de módulos por área do telhado.
- Plano de strings.
- Atribuição de strings aos MPPT.
- Cálculo de Voc por string.
- Cálculo de Voc corrigido em baixa temperatura.
- Cálculo de Vmp corrigido em alta temperatura.
- Verificação de corrente por string e por MPPT.
- Lista de limitações ou pontos de atenção.
- Checklist DC preenchida.
- Conclusão técnica sobre a viabilidade da configuração.

Critérios de avaliação para o formador

- O formando relaciona a potência FV com área útil e objectivos do cliente.
- O número de módulos é coerente com a área disponível.
- A potência FV total é correctamente calculada.
- As strings têm número de módulos adequado.
- A atribuição aos MPPT respeita orientação e sombreamento.
- Voc em baixa temperatura não ultrapassa o limite DC do inversor.
- Vmp em alta temperatura permanece dentro da janela MPPT.
- A corrente por MPPT é verificada.
- O formando identifica situações condicionais ou limites.
- A solução final é documentada de forma clara.

Erros típicos a observar

- Dimensionar apenas pela potência desejada, ignorando a área do telhado.
- Não considerar a orientação real dos módulos.
- Misturar strings de orientações diferentes no mesmo MPPT sem análise.
- Colocar módulos sombreados e não sombreados na mesma string.
- Verificar apenas potência e esquecer tensão.
- Não corrigir Voc para baixa temperatura.
- Não verificar Vmp em alta temperatura.
- Esquecer a corrente máxima por MPPT.
- Exceder a potência FV máxima admissível do inversor.
- Criar strings muito curtas que não entram bem na janela MPPT.
- Criar strings muito longas que ultrapassam o limite DC.
- Não documentar a localização física de cada string.

Perguntas de reflexão

1. Por que o dimensionamento do gerador FV deve começar pela área útil do telhado?
2. Qual é a diferença entre potência FV desejada e potência FV possível?
3. Por que strings em paralelo devem ter características semelhantes?
4. O que acontece se uma string exceder a tensão DC máxima do inversor?
5. Por que o Voc aumenta em dias frios?
6. Por que o Vmp diminui em dias quentes?
7. Que problema pode ocorrer se duas strings excederem a corrente máxima do MPPT?
8. Por que uma área com sombra parcial deve ser ligada a um MPPT separado?
9. Como o dimensionamento FV influencia o carregamento da bateria?
10. Que informações desta prática serão necessárias para seleccionar o inversor e as protecções?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Usar cartões para representar módulos e desenhar o telhado no chão ou no quadro.
- Representar cada string com uma cor diferente.
- Usar fichas técnicas simplificadas de módulo e inversor.
- Fornecer tabelas de temperatura já preparadas.
- Trabalhar com números arredondados para facilitar os cálculos.
- Fazer a verificação de tensão manualmente em grupos.
- Comparar duas configurações: uma correcta e uma com erro.
- Pedir aos formandos que descubram por que uma string não é aceitável.
- Usar um croqui simples em vez de software de layout.
- Simular MPPT como “entradas” desenhadas no quadro.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para transformar os dados do levantamento do local em uma configuração técnica do gerador fotovoltaico, incluindo potência instalada, número de módulos, organização de strings, atribuição aos MPPT e verificação preliminar das condições eléctricas DC.

Preparação do cenário pelo formador

- Fornecer os dados da cobertura obtidos na Prática 3.
- Fornecer ficha técnica simplificada do módulo FV.
- Fornecer ficha técnica simplificada do inversor.
- Definir temperatura mínima e máxima de projecto.
- Preparar uma planta ou croqui do telhado.
- Preparar tabela vazia para strings e MPPT.
- Preparar checklist DC vazia.
- Definir uma ou duas configurações com erros para análise.
- Confirmar se os formandos compreendem a diferença entre kW, kWp, kWh, V e A.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Revisão dos dados do local (20 min)	Rever área útil, orientação, inclinação e sombreamento.	Dados base identificados.
2. Definição da potência FV-alvo (25 min)	Relacionar objectivos do cliente com potência FV possível.	Potência preliminar escolhida.
3. Cálculo do número de módulos (30 min)	Usar área disponível e potência por módulo.	Nº de módulos e kWp total.
4. Distribuição no telhado (35 min)	Definir módulos por área e prioridade.	Layout lógico preliminar.
5. Planeamento de strings (40 min)	Organizar módulos em strings coerentes.	Plano de strings.
6. Atribuição MPPT (30 min)	Associar strings aos MPPT respeitando orientação e sombra.	Tabela MPPT.
7. Verificação eléctrica DC (50 min)	Calcular Voc, Vmp, corrente e limites.	Checklist DC preenchida.
8. Discussão e conclusão (30 min)	Identificar ajustes e justificar configuração final.	Relatório resumido da prática.

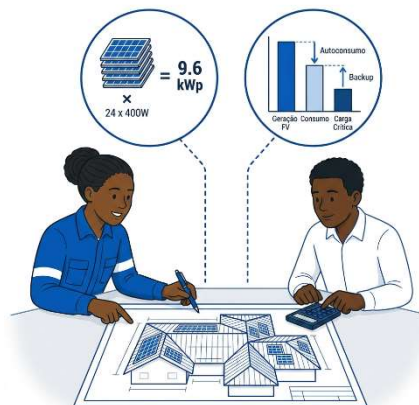
Notas de facilitação e segurança

- Explicar que a maior potência possível nem sempre é a melhor solução.
- Reforçar que a compatibilidade eléctrica é tão importante quanto a área disponível.
- Mostrar que tensão e corrente têm comportamentos diferentes.
- Destacar que a tensão aumenta em frio e pode criar risco de exceder o limite DC.
- Reforçar que strings em paralelo no mesmo MPPT devem ser semelhantes.
- Relacionar o plano de strings com manutenção, diagnóstico e segurança.
- Lembrar que o projecto final deve cumprir normas locais e instruções do fabricante.
- Em contexto real, qualquer trabalho DC deve ser tratado com máxima precaução, pois strings FV podem permanecer energizadas durante o dia.
- Esta prática prepara directamente a selecção do inversor, protecções DC/AC e comissionamento.

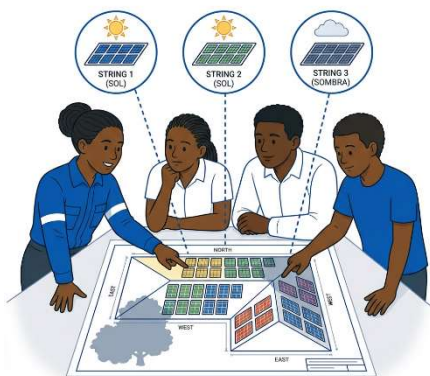
Ilustrações dos passos pedagógicos



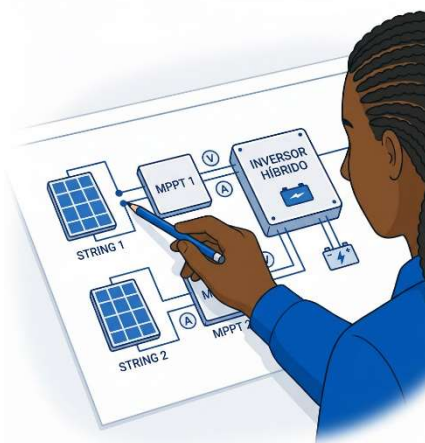
Passo 1: Usar os dados do levantamento do telhado para identificar áreas úteis, orientação, inclinação e zonas com sombra.



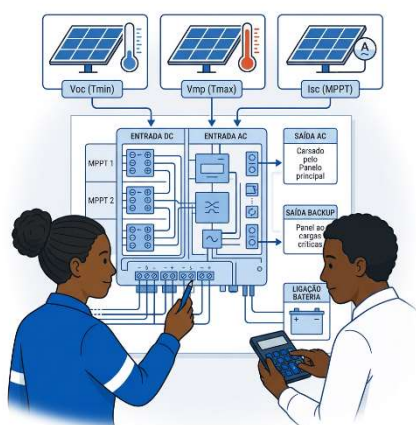
Passo 2: Calcular o número de módulos possível e definir a potência FV-alvo compatível com autoconsumo e backup.



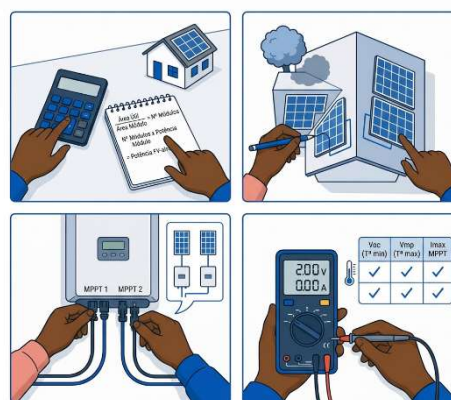
Passo 3: Organizar os módulos em strings coerentes, evitando misturar orientações ou zonas de sombra diferentes.



Passo 4: Atribuir cada string ao MPPT adequado, respeitando tensão, corrente e características semelhantes.



Passo 5: Verificar Voc em baixa temperatura, Vmp em alta temperatura e corrente máxima por MPPT.



Passo 6: Produzir o string plan final, a tabela MPPT e a checklist DC para uso nas práticas seguintes.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Área de telhado limitada e necessidade de gerador FV compatível com autoconsumo/backup.	Problema correctamente identificado.
2. Procedimento executado	Cálculo de módulos, potência FV, strings, MPPT e verificações DC.	Sequência lógica e completa.
3. Registos técnicos	Nº de módulos, kWp, Voc, Vmp, corrente, MPPT, orientação e sombreamento.	Dados coerentes e verificáveis.
4. Segurança e qualidade	Verificação de limites eléctricos, temperatura e agrupamento correcto de strings.	Critérios técnicos aplicados.
5. Conclusão e explicação	Configuração FV justificada e pronta para selecção do inversor/protecções.	Explicação clara e fundamentada.

Produto final da prática

Plano de dimensionamento do gerador fotovoltaico residencial, contendo número total de módulos, potência FV instalada, distribuição dos módulos por área do telhado, organização das strings, atribuição aos MPPT, verificação de tensões em STC, correcção de Voc para baixa temperatura, verificação de Vmp em alta temperatura, análise de corrente por MPPT e checklist DC final.

Prática 5: Dimensionamento do banco de baterias e definição da estratégia de operação para uma instalação residencial

Tópico

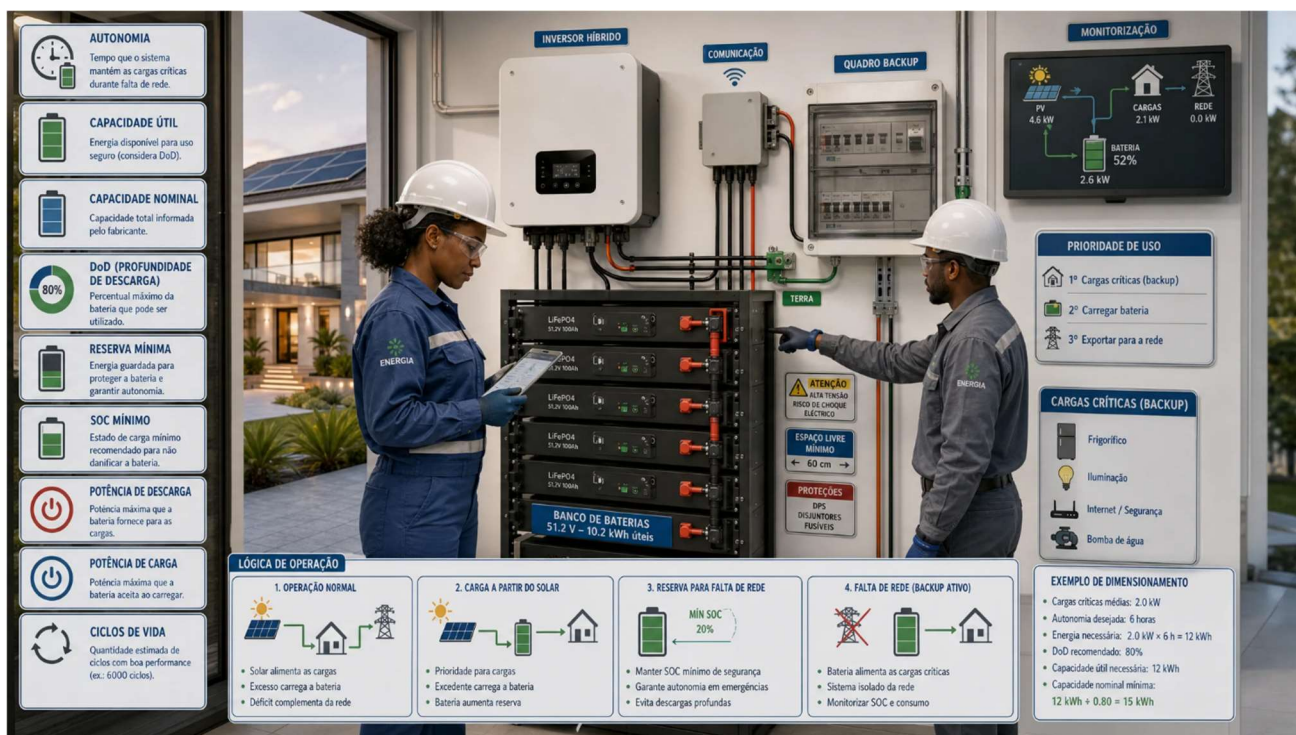
Dimensionamento de baterias para sistemas fotovoltaicos residenciais com necessidade de backup, considerando autonomia, profundidade de descarga, reserva mínima de energia, ciclos de vida, potência de carga e descarga, cargas críticas e regras básicas de operação do sistema.

Nível

CV5 (Avançado / Planeamento e dimensionamento)

Depois de dimensionar o gerador fotovoltaico e planejar as strings na Prática 4, a próxima etapa consiste em integrar o sistema de armazenamento. A bateria representa uma decisão técnica mais avançada, porque não depende apenas da energia consumida, mas também da autonomia desejada, da profundidade de descarga admissível, da potência necessária para alimentar cargas críticas, da vida útil esperada e da forma como o sistema será operado.

O formando deve ser capaz de transformar uma necessidade de backup numa capacidade útil e nominal de bateria, verificar se a bateria consegue fornecer a potência exigida pelas cargas críticas e definir regras de funcionamento, como o estado mínimo de carga, a reserva para falhas da rede e as prioridades de uso da energia.



O Cenário (A História)

A residência “Sol de Maputo”, analisada nas práticas anteriores, pretende agora incluir um sistema de baterias para garantir alimentação das cargas críticas durante falhas da rede eléctrica. O cliente não pretende alimentar toda a casa durante uma interrupção, mas quer manter em funcionamento os equipamentos essenciais, como iluminação, frigorífico, router de internet, carregamento de telemóveis, uma bomba pequena de água e alguns pontos de tomada.

A equipa técnica já dimensionou o gerador fotovoltaico e verificou a compatibilidade com o inversor. Agora deve definir a capacidade mínima da bateria, a potência de descarga necessária e uma estratégia de operação que proteja a vida útil da bateria e assegure que exista sempre uma reserva mínima para situações de emergência.

O sistema deverá funcionar em modo de autoconsumo durante o dia, carregar a bateria com energia solar quando houver excedente e manter uma reserva mínima para backup nocturno ou falhas inesperadas da rede.

Pergunta

Como dimensionar correctamente a bateria de uma instalação fotovoltaica residencial com backup, garantindo autonomia suficiente para cargas críticas, respeitando a profundidade de descarga e definindo regras de operação seguras para prolongar a vida útil do sistema?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Dimensionar e avaliar o desempenho dos componentes de sistemas solares de painéis fotovoltaicos (SSPFV); 2. Planejar projectos de sistemas fotovoltaicos domésticos

Resultado de aprendizagem esperado	O formando dimensiona a capacidade útil e nominal de uma bateria residencial, determina a potência mínima de descarga, define a reserva operacional, estabelece regras de SOC mínimo e justifica tecnicamente a estratégia de operação do sistema.
CrITÉrios de desempenho associados	Identifica correctamente as cargas críticas; calcula a energia necessária para o período de autonomia; aplica a profundidade de descarga admissível; considera reserva mínima de energia; verifica a potência de descarga; define regras de carregamento e descarregamento; documenta a solução proposta.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Resultados das Práticas 3 e 4; perfil de consumo da residência; lista de cargas críticas; fichas técnicas de baterias e inversor híbrido; calculadora científica; folha de dimensionamento; tabelas de DoD, ciclos e eficiência; software de simulação, opcional.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade essencialmente analítica. Se forem utilizados equipamentos reais, aplicar procedimentos de segurança eléctrica, evitar curto-circuitos, respeitar polaridades, utilizar EPI adequado e seguir as instruções do fabricante para baterias.
Situação real / cenário prático	Residência com sistema fotovoltaico e necessidade de backup para cargas críticas em caso de falha da rede.
Problema técnico a resolver	Dimensionar a bateria e definir uma estratégia de operação que garanta autonomia, preserve reserva mínima e respeite os limites técnicos da bateria e do inversor.
Tarefas para os formandos	Identificar cargas críticas; calcular a energia diária ou horária necessária; definir autonomia; aplicar DoD e eficiência; calcular capacidade útil e nominal; verificar potência de descarga; definir SOC mínimo; estabelecer regras de operação e preparar a ficha técnica da solução.

Evidências que os formandos devem produzir

- Lista das cargas críticas seleccionadas.
- Cálculo da energia necessária para o período de autonomia.
- Definição da autonomia pretendida.
- Aplicação da profundidade máxima de descarga.
- Cálculo da capacidade útil e nominal da bateria.
- Verificação da potência de descarga da bateria e do inversor.
- Definição do SOC mínimo e da reserva operacional.
- Estratégia de carregamento e descarregamento.
- Tabela de regras de operação do sistema.
- Justificação técnica da bateria seleccionada.

CrITÉrios de avaliação para o formador

- Identifica correctamente as cargas críticas e exclui cargas não essenciais.
- Calcula correctamente a energia de backup necessária.
- Aplica correctamente a eficiência do sistema.
- Considera a profundidade máxima de descarga da bateria.
- Define uma capacidade nominal coerente com a necessidade de autonomia.
- Verifica a potência de descarga necessária.
- Define regras claras de SOC mínimo e reserva.
- Relaciona DoD, ciclos e vida útil da bateria.
- Apresenta uma estratégia de operação tecnicamente justificada.
- Documenta correctamente os resultados e decisões tomadas.

Erros típicos a observar

- Dimensionar a bateria para alimentar toda a casa sem distinguir cargas críticas.
- Confundir capacidade da bateria em kWh com potência em kW.
- Ignorar a profundidade máxima de descarga.

- Não considerar perdas do inversor e da bateria.
- Definir uma bateria com energia suficiente, mas sem potência de descarga adequada.
- Não reservar energia para backup.
- Permitir descarga até 0% de SOC em operação normal.
- Não considerar ciclos e vida útil da bateria.
- Incluir cargas de alto consumo, como ferro eléctrico, chaleira ou ar condicionado, sem rever o dimensionamento.
- Não explicar a estratégia de operação ao cliente.

Perguntas de reflexão

1. Porque é importante separar cargas críticas das restantes cargas da residência?
2. O que acontece com a vida útil da bateria se ela for descarregada profundamente todos os dias?
3. Qual é a diferença entre capacidade da bateria em kWh e potência de descarga em kW?
4. Por que motivo se deve manter uma reserva mínima de SOC?
5. Como a autonomia desejada influencia directamente o custo do sistema?
6. Em que situações faria sentido aumentar a bateria de 3 kWh para 5 kWh ou mais?
7. Que cargas devem ser desligadas automaticamente durante uma falha da rede?
8. Como a época chuvosa pode alterar a estratégia de operação da bateria?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Utilizar uma lista simplificada de cargas críticas fornecida pelo formador.
- Trabalhar com valores típicos de potência para equipamentos domésticos comuns.
- Realizar os cálculos manualmente com calculadora científica.
- Utilizar uma bateria comercial pré-definida, por exemplo 3 kWh ou 5 kWh.
- Usar tabelas impressas com DoD, SOC e ciclos de vida.
- Comparar apenas duas estratégias: máxima autonomia ou maior vida útil.
- Trabalhar em grupos para discutir quais cargas devem ser consideradas críticas.
- Substituir software de simulação por folhas de cálculo simples.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para dimensionar um banco de baterias residencial com função de backup, considerando autonomia, cargas críticas, profundidade de descarga, reserva mínima, potência de descarga, ciclos de vida e regras de operação que assegurem segurança, continuidade de serviço e maior durabilidade do sistema.

Preparação do cenário pelo formador

- Disponibilizar os resultados das Práticas 3 e 4.
- Preparar uma lista de cargas residenciais com potências típicas.
- Definir um cenário de falha de rede com autonomia pretendida.
- Fornecer fichas técnicas de baterias residenciais.
- Fornecer ficha técnica do inversor híbrido.
- Preparar uma folha de cálculo para o dimensionamento.
- Preparar exemplos de diferentes estratégias de SOC mínimo.
- Organizar os formandos em equipas.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Revisão do sistema fotovoltaico anterior (20 min)	Confirmar potência do gerador, inversor seleccionado e objectivos de backup.	Dados de base confirmados.
2. Identificação das cargas críticas (30 min)	Listar equipamentos essenciais e excluir cargas não prioritárias.	Lista de cargas críticas elaborada.

3. Cálculo da energia de backup (40 min)	Calcular potência, tempo de uso e energia necessária para cada carga.	Energia total de backup determinada.
4. Dimensionamento da capacidade da bateria (45 min)	Aplicar eficiência, DoD e reserva mínima para obter a capacidade nominal.	Capacidade da bateria calculada.
5. Verificação da potência de descarga (30 min)	Comparar potência simultânea das cargas críticas com a capacidade da bateria e do inversor.	Potência mínima validada.
6. Definição da estratégia de operação (35 min)	Definir SOC mínimo, prioridade de carregamento, reserva e regras de descarga.	Regras de operação documentadas.
7. Discussão sobre ciclos e vida útil (25 min)	Relacionar DoD, frequência de descarga e durabilidade da bateria.	Justificação técnica apresentada.
8. Apresentação da solução final (35 min)	Cada equipa apresenta bateria seleccionada, potência exigida e estratégia de operação.	Proposta técnica defendida.

Notas de facilitação e segurança

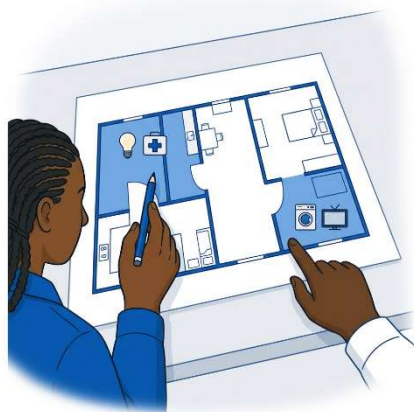
- O formador deve reforçar que a bateria não deve ser dimensionada apenas pela potência do sistema fotovoltaico.
- Deve ser explicada claramente a diferença entre energia, potência, autonomia e capacidade nominal.
- A profundidade de descarga deve ser relacionada com a vida útil da bateria.
- O SOC mínimo deve ser tratado como uma regra de protecção e não apenas como uma configuração opcional.
- As cargas críticas devem ser discutidas com base na realidade do cliente.
- Deve ser destacado que cargas resistivas de alta potência podem reduzir drasticamente a autonomia.
- Sempre que possível, utilizar fichas técnicas reais de baterias e inversores híbridos.
- Em caso de demonstração com baterias reais, evitar curto-circuitos, respeitar polaridade e seguir as recomendações do fabricante.

I

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.

 Passo 1: Revisão do sistema fotovoltaico já dimensionado e identificação da necessidade de backup.	 Passo 2: Separação entre cargas normais da residência e cargas críticas.
---	--



Passo 3: Cálculo da energia necessária para alimentar as cargas críticas durante a autonomia definida.



Passo 4: Aplicação de DoD, eficiência e reserva para determinar a capacidade nominal da bateria.



Passo 5: Verificação da potência de descarga e compatibilidade com o inversor híbrido.



Passo 6: Definição das regras de operação: SOC mínimo, reserva, carregamento e descarga.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Necessidade de garantir backup residencial para cargas críticas durante falhas da rede.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Identificação das cargas críticas, cálculo da energia, aplicação de DoD, reserva e verificação da potência.	Sequência lógica e coerente.
3. Registos técnicos	Lista de cargas, energia total, autonomia, eficiência, DoD, capacidade nominal, SOC mínimo e potência de descarga.	Registos completos e consistentes.
4. Segurança e qualidade	Respeito pelos limites da bateria, definição de reserva mínima e exclusão de cargas inadequadas.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Bateria seleccionada, potência mínima definida e estratégia de operação justificada.	Explicação clara e fundamentada.

Produto final da prática

Folha de dimensionamento do banco de baterias completa, contendo a lista de cargas críticas, cálculo da energia de backup, autonomia definida, profundidade máxima de descarga, capacidade útil e nominal da bateria, verificação da potência de descarga, SOC mínimo recomendado, reserva operacional e estratégia de carregamento e descarregamento para a residência.

Prática 6: Selecção do inversor e definição do conceito de protecção para uma instalação residencial

Tópico

Selecção de inversor para sistema fotovoltaico residencial com possibilidade de backup, considerando potência AC, potência de pico, capacidade de arranque de cargas, número de entradas MPPT, compatibilidade com strings, saída de backup, integração com baterias e definição dos principais dispositivos de protecção do lado DC e AC.

Nível

CV5 (Avançado / Planeamento e dimensionamento)

Depois de dimensionar o gerador fotovoltaico e o banco de baterias nas Práticas 4 e 5, a próxima etapa consiste em seleccionar o inversor adequado e definir o conceito básico de protecção eléctrica. O inversor é o equipamento que liga o lado DC do sistema fotovoltaico ao lado AC da residência, coordena o carregamento da bateria, gere o autoconsumo e, em sistemas híbridos, assegura a alimentação de cargas críticas durante falhas da rede.

O formando deve ser capaz de comparar diferentes opções de inversores, verificar a compatibilidade com o gerador fotovoltaico e a bateria, avaliar a potência nominal e a potência de pico, analisar a existência de saída de backup e definir uma lista coerente de protecções e dispositivos de seccionamento para o lado DC e AC.

PRÁTICA 6
Selecção de inversor e conceito de protecção para instalação FV residencial com backup

OBJECTIVO
Seleccionar o inversor mais adequado e definir o conceito de protecção para uma instalação FV residencial com backup e baterias.

CRITÉRIOS TÉCNICOS (não preço)

- ✓ Potência e desempenho
- ✓ Compatibilidade das strings
- ✓ Arranque de cargas
- ✓ Funcionalidades de backup
- ✓ Protecções integradas
- ✓ Fiabilidade e suporte

COMPARAÇÃO DE INVERSORES

	OPÇÃO A	OPÇÃO B	OPÇÃO C RECOMENDADO
Potência AC	5,0 kW	6,0 kW	6,0 kW
Potência de pico	7,5 kW (10 s)	9,0 kW (10 s)	12,0 kW (10 s)
Arranque de cargas	Limitado	Limitado	Sim, cargas pesadas
MPPT	2	2	2 MPPT independentes
Compatibilidade das strings	2 strings / MPPT 80 - 450 Vdc	2 strings / MPPT 120 - 550 Vdc	2 strings / MPPT 120 - 550 Vdc
Bateria	Compatível (alta tensão)	Compatível (alta tensão)	Compatível (48 V - LiFePO ₄)
Saída backup	Não dedicada / Manual	Dedicada até 3,0 kW	Dedicada até 6,0 kW
Protecções integradas	Básicas	Completas (DC/AC, SPD, DR)	Completas + Monitorização
Funcionamento fiável	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆

OPÇÃO C atende melhor aos requisitos técnicos da instalação.

CAMINHO DA ENERGIA – SISTEMA FV COM BACKUP

PERFIL DA INSTALAÇÃO

- Residência
- PV instalada: 5,0 kWp
- Bateria: 10,24 kWh (LiFePO₄)
- Cargas críticas: 2,0 kW

PROTEÇÕES DC (lado FV)

1. Seccionador DC
2. Fusível ou Disjuntor DC
3. DPS DC Tipo 2

PROTEÇÕES AC (lado rede e cargas)

1. Disjuntor AC (sobrecorrente)
2. DPS AC Tipo 2
3. DR Tipo A (30 mA)

LIGAÇÃO À TERRA

Barramento de terra
Condutor PE
Electrodo de terra

LABORATÓRIO ELÉCTRICO

INVERSOR HÍBRIDO

QUADRO DE PROTEÇÕES

INTERFÉNCIA DA BATERIA

SECCIONADORES DC / AC

DPS DC Tipo 2

DPS AC Tipo 2

DR Tipo A

LIGAÇÃO À TERRA

FUNÇÕES DE PROTECÇÃO

- Seccionamento
- Isolamento seguro
- Sobrecorrente
- Disjuntor / Fusível
- Sobretensão
- DPS Tipo 2
- DR
- Protecção diferencial
- Terra
- Segurança de pessoas e equipamentos

CHECKLIST DE SELECÇÃO

- ✓ Potência AC adequada
- ✓ Análise de cargas
- ✓ Tensão e correntes compatíveis
- ✓ Bateria compatível
- ✓ Saída backup dedicada
- ✓ Protecções DC e AC
- ✓ DR e ligação à terra
- ✓ Monitorização e suporte

BOAS PRÁTICAS

- ✓ Dimensionar cabos e protecções conforme norma
- ✓ Manter polaridades e torques correctos
- ✓ Identificar todos os circuitos
- ✓ Verificar terra e continuidade
- ✓ Testar DR e protecções antes da energização
- ✓ Registar resultados e entregar ao utilizador

O Cenário (A História)

A residência “Sol de Maputo” já possui uma proposta preliminar de gerador fotovoltaico e de bateria para backup. O cliente pretende um sistema seguro, capaz de maximizar o autoconsumo e manter as cargas críticas alimentadas durante falhas da rede.

A equipa técnica deve agora escolher o inversor mais adequado entre várias opções disponíveis no mercado. A escolha não pode ser feita apenas com base no preço ou na potência nominal. É necessário verificar se o inversor possui entradas MPPT suficientes, se suporta a tensão e corrente das strings, se é compatível com a bateria seleccionada, se tem potência suficiente para as cargas da residência e se dispõe de uma saída de backup adequada para as cargas críticas.

Além disso, a equipa deve preparar um conceito básico de protecção, incluindo dispositivos de seccionamento, protecção contra sobrecorrente, protecção contra sobretensões, protecção diferencial e ligação à terra, de acordo com boas práticas de segurança eléctrica.

Pergunta

Como seleccionar o inversor mais adequado para uma instalação fotovoltaica residencial com backup e definir um conceito de protecção DC/AC que garanta segurança, compatibilidade técnica e funcionamento fiável do sistema?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
-------	----------

Módulo / Unidade de competência relacionada	4.10. Dimensionar e avaliar o desempenho dos componentes de sistemas solares de painéis fotovoltaicos (SSPFV); 4.5. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos domésticos
Resultado de aprendizagem esperado	O formando compara diferentes opções de inversores, selecciona o equipamento mais adequado para uma instalação residencial, verifica compatibilidade com o gerador fotovoltaico, bateria e cargas críticas, e elabora uma lista básica de protecções e dispositivos de seccionamento DC/AC.
CrITÉrios de desempenho associados	Compara correctamente potência AC, potência de pico, número de MPPT, tensão e corrente DC admissíveis, compatibilidade com bateria, existência de saída de backup e requisitos de protecção; justifica tecnicamente a opção escolhida; elabora uma lista coerente de dispositivos de protecção e manobra.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Resultados das Práticas 4 e 5; fichas técnicas de 2 a 3 inversores; ficha técnica da bateria; plano das strings; lista de cargas críticas; esquema unifilar simplificado; calculadora científica; normas e guias técnicos aplicáveis; folha de comparação de equipamentos.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade essencialmente analítica. Em caso de demonstração com equipamentos reais, aplicar procedimentos de segurança eléctrica, utilizar EPI adequado, garantir ausência de tensão antes de intervenções e respeitar instruções do fabricante.
Situação real / cenário prático	Residência com sistema fotovoltaico, bateria e necessidade de backup para cargas críticas.
Problema técnico a resolver	Seleccionar o inversor adequado e definir o conceito básico de protecção DC/AC para garantir segurança, compatibilidade e continuidade de serviço.
Tarefas para os formandos	Comparar opções de inversores; verificar potência AC; verificar potência de pico e capacidade de arranque; confirmar número de MPPT; verificar compatibilidade com strings e bateria; analisar saída de backup; seleccionar o inversor; elaborar a lista de protecções DC e AC; justificar a solução proposta.

Evidências que os formandos devem produzir

- Lista dos critérios de selecção do inversor.
- Comparação de 2 a 3 opções de inversores.
- Verificação da potência AC nominal.
- Verificação da potência de pico ou surge.
- Verificação do número de MPPT.
- Verificação da compatibilidade com as strings fotovoltaicas.
- Verificação da compatibilidade com a bateria.
- Análise da saída de backup.
- Selecção justificada do inversor.
- Conceito básico de protecção DC.
- Conceito básico de protecção AC.
- Lista de dispositivos de protecção e manobra.
- Justificação técnica da solução proposta.

CrITÉrios de avaliação para o formador

- Compara correctamente as opções de inversores.
- Selecciona o inversor com base em critérios técnicos e não apenas no preço.
- Verifica a compatibilidade entre inversor, gerador FV e bateria.
- Considera potência nominal e potência de pico.
- Avalia correctamente a saída de backup.
- Define uma separação adequada das cargas críticas.
- Identifica os principais dispositivos de protecção DC.
- Identifica os principais dispositivos de protecção AC.
- Apresenta uma lista coerente de protecção e manobra.

- Justifica tecnicamente a escolha final.

Erros típicos a observar

- Escolher o inversor apenas pela potência nominal.
- Ignorar a potência de pico necessária para cargas com motor.
- Não verificar a janela MPPT e os limites DC.
- Seleccionar inversor sem compatibilidade com a bateria.
- Escolher inversor sem saída de backup para um sistema que exige backup.
- Ligar toda a residência à saída de backup sem separação de cargas críticas.
- Esquecer protecção contra sobretensões no lado DC ou AC.
- Não prever seccionamento para manutenção.
- Confundir disjuntor AC com protecção DC.
- Não verificar o tipo de interruptor diferencial recomendado pelo fabricante.
- Não considerar ligação à terra e equipotencialização.
- Não etiquetar quadros e circuitos.

Perguntas de reflexão

1. Porque a potência nominal AC do inversor não é o único critério de selecção?
2. Qual é a importância da potência de pico ou surge em instalações residenciais?
3. O que pode acontecer se a tensão da string ultrapassar a tensão máxima DC do inversor?
4. Por que motivo um sistema com bateria precisa de verificar a compatibilidade com o BMS?
5. Qual é a diferença entre a saída AC principal e a saída de backup de um inversor híbrido?
6. Por que não é recomendado ligar todas as cargas da casa à saída de backup?
7. Quais são as funções principais de um DPS no lado DC e no lado AC?
8. Em que situações é necessário utilizar fusíveis ou disjuntores DC nas strings?
9. Como a escolha do inversor influencia a segurança e a manutenção do sistema?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Utilizar fichas técnicas simplificadas de inversores preparadas pelo formador.
- Comparar apenas duas opções de inversores em vez de três.
- Trabalhar com um sistema residencial típico já definido.
- Usar tabelas impressas com os limites principais de tensão e corrente.
- Substituir software de dimensionamento por cálculos manuais.
- Utilizar cartões ou esquemas impressos dos dispositivos de protecção.
- Realizar a actividade em grupos, dividindo critérios de selecção e protecção.
- Preparar uma lista de verificação simples para DC e AC.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para seleccionar um inversor residencial adequado ao sistema fotovoltaico com bateria e backup, comparando opções técnicas e definindo um conceito básico de protecção e seccionamento nos lados DC e AC.

Preparação do cenário pelo formador

- Disponibilizar os resultados das Práticas 4 e 5.
- Fornecer 2 a 3 fichas técnicas de inversores.
- Fornecer ficha técnica da bateria seleccionada.
- Disponibilizar o plano das strings e lista de cargas críticas.
- Preparar uma folha de comparação de inversores.
- Preparar uma lista de dispositivos de protecção DC e AC.
- Organizar os formandos em equipas.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

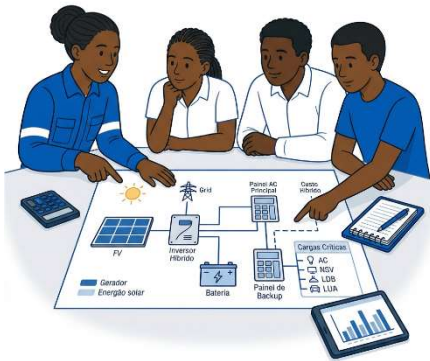
Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Revisão dos dados anteriores (20 min)	Confirmar potência FV, strings, bateria e cargas críticas.	Dados de base confirmados.
2. Definição dos critérios de selecção (30 min)	Identificar critérios mínimos: potência AC, surge, MPPT, bateria e backup.	Critérios definidos.
3. Comparação dos inversores (45 min)	Analisar 2 a 3 fichas técnicas e preencher a matriz comparativa.	Comparação técnica concluída.
4. Verificação de compatibilidade (45 min)	Confirmar limites DC, MPPT, bateria, potência AC e saída de backup.	Compatibilidade validada.
5. Definição do conceito de protecção (45 min)	Identificar protecções DC e AC necessárias.	Lista de protecção elaborada.
6. Apresentação da escolha final (35 min)	Defender a opção escolhida e justificar a lista de protecções.	Solução apresentada e fundamentada.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve reforçar que a selecção do inversor liga directamente o dimensionamento energético à segurança eléctrica.
- A comparação entre inversores deve ser feita com base em critérios técnicos verificáveis.
- Deve ser destacada a diferença entre potência nominal, potência de pico e energia armazenada.
- O número de MPPT deve ser relacionado com o plano de strings definido anteriormente.
- A saída de backup deve alimentar apenas cargas críticas, preferencialmente num quadro separado.
- Os dispositivos de protecção devem ser tratados como parte obrigatória do projecto, não como acessórios opcionais.
- Em caso de demonstração com equipamentos reais, garantir ausência de tensão antes de qualquer ligação ou manuseamento.

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.

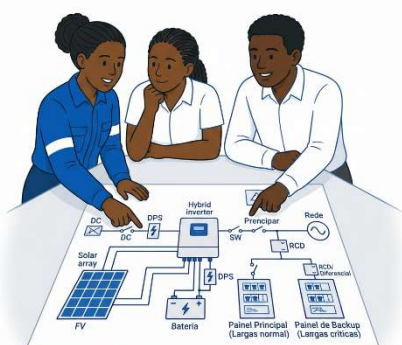
 Passo 1: Revisão dos dados das Práticas 4 e 5, incluindo gerador FV, strings, bateria e cargas críticas.	 Passo 2: Definição dos critérios de selecção do inversor: potência AC, surge, MPPT, bateria e backup.
--	--



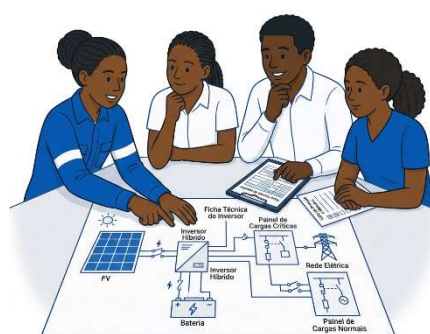
Passo 3: Comparação de 2 a 3 inversores com base nas fichas técnicas e nos requisitos do sistema.



Passo 4: Verificação da compatibilidade entre strings FV, bateria, entrada DC, saída AC e saída de backup.



Passo 5: Definição do conceito de protecção DC/AC com seccionadores, disjuntores, DPS, diferencial e terra.



Passo 6: Apresentação da escolha final do inversor e da lista de protecção e manobra.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Necessidade de seleccionar inversor compatível com FV, bateria, backup e segurança eléctrica.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Comparação de inversores, verificação técnica e definição de protecções DC/AC.	Sequência lógica e coerente.
3. Registos técnicos	Potência AC, surge, MPPT, limites DC, bateria, backup e dispositivos de protecção.	Registos completos e consistentes.
4. Segurança e qualidade	Inclusão de seccionamento, protecção contra sobrecorrente, DPS, diferencial, terra e quadro crítico.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Inversor seleccionado e conceito de protecção justificados tecnicamente.	Explicação clara e fundamentada.

Produto final da prática

Folha de comparação de 2 a 3 inversores, contendo critérios técnicos de selecção, verificação de compatibilidade com o gerador fotovoltaico, bateria e cargas críticas, escolha fundamentada do inversor mais adequado e lista de dispositivos de protecção e manobra para os lados DC e AC da instalação residencial.

Prática 7: Verificação e medições com tester de instalação — AC e ligação à terra

Tópico

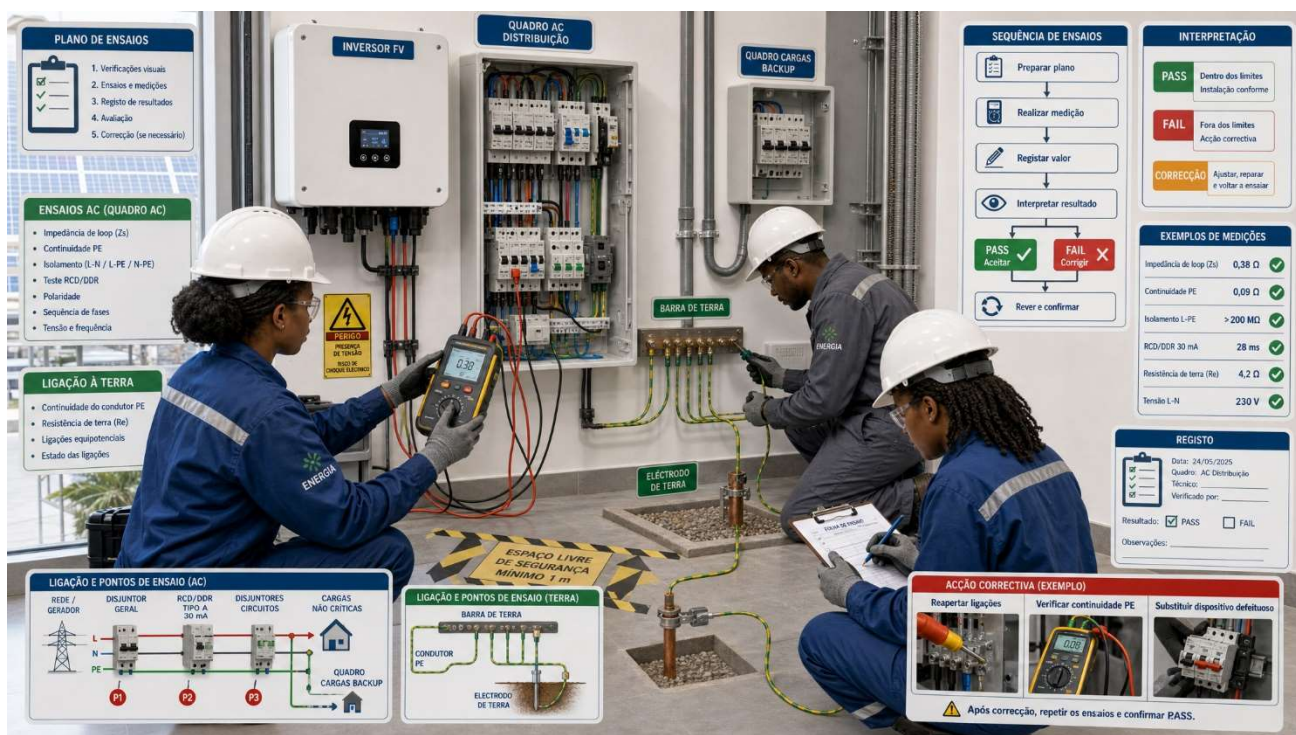
Verificação técnica de uma instalação fotovoltaica residencial ou de uma instalação de treino, com foco nas medições do lado AC e do sistema de ligação à terra. A prática inclui elaboração de plano de ensaios, medição e interpretação de impedância de loop, continuidade/n baixa resistência de condutores de protecção, resistência de isolamento quando aplicável, testes de RCD/DDR e definição de medidas correctivas em caso de resultado “Fail”.

Nível

CV5 (Avançado / Verificação, ensaio e aceitação técnica)

Depois de seleccionar o inversor e definir o conceito de protecção na Prática 6, a etapa seguinte consiste em verificar se a instalação executada está segura e conforme os critérios técnicos mínimos. No nível CV5, o formando não deve apenas dimensionar ou montar componentes, mas também deve ser capaz de testar, interpretar resultados, identificar riscos e decidir se a instalação pode ser aceite ou se necessita de correcções.

A verificação com tester de instalação permite confirmar se as protecções funcionam correctamente, se a ligação à terra é adequada, se os condutores de protecção apresentam continuidade, se os dispositivos diferenciais actuam dentro dos limites e se existem falhas de isolamento que possam comprometer a segurança de pessoas e equipamentos.



O Cenário (A História)

A residência “Sol de Maputo” ou uma instalação fotovoltaica de treino encontra-se montada e pronta para a verificação final. O gerador fotovoltaico, o inversor, o quadro AC, o quadro de cargas críticas e os dispositivos de protecção foram instalados de acordo com o projecto definido nas práticas anteriores.

Antes de entregar o sistema ao cliente ou permitir a sua operação regular, a equipa técnica deve realizar uma sequência de medições e ensaios. O objectivo é confirmar que o sistema está seguro, que as protecções actuam correctamente e que não existem falhas graves na ligação à terra, nos condutores de protecção ou no isolamento dos circuitos.

A equipa deve preparar um plano de medições, executar os testes com um installation tester ou instrumentos equivalentes, registar os valores obtidos, interpretar os resultados e propor medidas correctivas sempre que um ensaio não cumpra os critérios definidos.

Pergunta

Como elaborar e executar um plano de verificação AC e ligação à terra para uma instalação fotovoltaica residencial, interpretando correctamente os resultados dos testes e definindo medidas correctivas quando os valores obtidos não forem aceitáveis?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
-------	----------

Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Dimensionar e avaliar o desempenho dos componentes de sistemas solares de painéis fotovoltaicos (SSPFV); 2. Instalar e testar sistemas fotovoltaicos domésticos; 3. Aplicar procedimentos de segurança eléctrica em instalações fotovoltaicas
Resultado de aprendizagem esperado	O formando elabora um plano de ensaios para o lado AC e ligação à terra, realiza medições com tester de instalação, interpreta resultados, identifica situações de não conformidade e propõe medidas correctivas adequadas.
CrITÉrios de desempenho associados	Executa medições de continuidade/n baixa resistência, impedância de loop, resistência de isolamento quando aplicável e testes de RCD/DDR; regista correctamente os resultados; compara com critérios de aceitação; identifica resultados “Pass” e “Fail”; recomenda acções correctivas coerentes.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Tester de instalação multifunções; multímetro; pontas de prova; adaptadores de tomada; quadro de treino ou instalação existente; esquema unifilar; lista de circuitos; fichas técnicas dos dispositivos de protecção; EPI; formulário de protocolo de ensaio.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade prática com risco eléctrico. Utilizar EPI adequado, confirmar autorização para ensaios, respeitar procedimentos de bloqueio e etiquetagem quando necessário, verificar ausência/presença de tensão conforme o ensaio, não tocar em partes activas e seguir as instruções do fabricante do tester.
Situação real / cenário prático	Instalação fotovoltaica residencial ou instalação de treino pronta para verificação final do lado AC e ligação à terra.
Problema técnico a resolver	Confirmar se a instalação está segura para operação, verificando protecção contra choque eléctrico, continuidade da terra, funcionamento de RCD/DDR, impedância de loop e isolamento dos circuitos.
Tarefas para os formandos	Preparar plano de ensaio; identificar circuitos a medir; seleccionar funções do tester; realizar medições; registar valores; interpretar resultados; classificar Pass/Fail; propor medidas correctivas; preencher protocolo de verificação.

Evidências que os formandos devem produzir

- Plano de medições AC e ligação à terra.
- Identificação dos circuitos e pontos de ensaio.
- Lista dos equipamentos de medição utilizados.
- Registo dos ensaios de continuidade/n baixa resistência.
- Registo das medições de impedância de loop.
- Registo dos testes de RCD/DDR.
- Registo da resistência de isolamento, quando aplicável.
- Interpretação dos resultados com classificação Pass/Fail.
- Lista de medidas correctivas para resultados não conformes.
- Protocolo final de verificação preenchido.
- Conclusão técnica sobre aceitação ou não aceitação da instalação.

CrITÉrios de avaliação para o formador

- Prepara correctamente o plano de ensaios antes de medir.
- Identifica os pontos de medição relevantes.
- Utiliza o tester de instalação de forma segura.
- Distingue ensaios realizados com tensão e sem tensão.
- Mede correctamente continuidade e baixa resistência.
- Interpreta a impedância de loop em relação à protecção instalada.
- Executa testes RCD/DDR com sequência correcta.
- Realiza isolamento apenas quando seguro e aplicável.
- Regista valores de forma clara e organizada.

- Classifica correctamente os resultados como Pass ou Fail.
- Propõe medidas correctivas coerentes.
- Compreende que a aceitação da instalação depende dos resultados dos ensaios.

Erros típicos a observar

- Medir sem plano de ensaio.
- Não consultar o esquema unifilar antes da verificação.
- Realizar ensaio de isolamento com equipamentos electrónicos conectados.
- Confundir continuidade PE com resistência de terra.
- Interpretar impedância de loop sem considerar o disjuntor instalado.
- Não compensar a resistência das pontas de prova em medições de baixa resistência.
- Não avisar antes de testar RCD/DDR.
- Considerar “Pass” apenas porque o valor parece baixo, sem critério definido.
- Não repetir o ensaio depois de uma correcção.
- Não registar as condições do ensaio.
- Ignorar resultados instáveis.
- Trabalhar em circuitos energizados sem autorização e sem procedimento de segurança.

Perguntas de reflexão

1. Porque é necessário realizar medições antes de aceitar uma instalação fotovoltaica residencial?
2. Qual é a diferença entre continuidade do condutor PE e resistência de aterramento?
3. O que uma impedância de loop elevada pode indicar?
4. Porque o teste RCD/DDR deve incluir diferentes níveis de corrente de ensaio?
5. Quais equipamentos devem ser desligados antes de uma medição de isolamento?
6. O que deve ser feito quando um ensaio apresenta resultado “Fail”?
7. Porque é importante registar não apenas o valor medido, mas também o ponto de medição e a condição do circuito?
8. Como os resultados dos ensaios influenciam a decisão de entregar ou não entregar o sistema ao cliente?
9. Que riscos existem se uma instalação for colocada em operação sem verificação adequada?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Utilizar uma bancada de treino em vez de uma instalação real.
- Simular resultados de medição com cartões preparados pelo formador.
- Trabalhar com formulários impressos de protocolo de ensaio.
- Utilizar multímetro e continuidade básica quando não houver tester multifunções disponível.
- Demonstrar o teste RCD com dispositivo dedicado, se disponível.
- Substituir medições reais de isolamento por estudo de casos quando houver risco para equipamentos.
- Trabalhar em grupos, atribuindo a cada grupo um tipo de ensaio.
- Utilizar esquemas simplificados para interpretar resultados Pass/Fail.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para planear, executar e interpretar ensaios de verificação no lado AC e no sistema de ligação à terra de uma instalação fotovoltaica residencial, utilizando tester de instalação e preenchendo um protocolo técnico de aceitação com medidas correctivas em caso de não conformidade.

Preparação do cenário pelo formador

- Disponibilizar uma instalação de treino ou uma instalação existente autorizada para ensaio.
- Fornecer o esquema unifilar e a lista de circuitos.
- Preparar o tester de instalação e verificar o seu estado.
- Preparar fichas de protocolo de ensaio.
- Definir critérios orientativos de aceitação para cada medição.

- Preparar situações de “Pass” e “Fail” para análise.
- Garantir condições de segurança, EPI e supervisão.
- Organizar os formandos em equipas.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

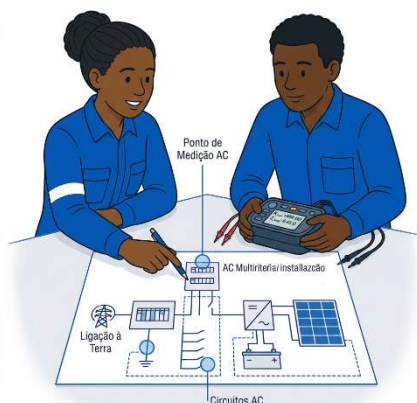
Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Revisão do esquema e segurança inicial (25 min)	Identificar quadro AC, inversor, circuitos críticos, ligação à terra e riscos eléctricos.	Pontos de ensaio identificados e condições de segurança confirmadas.
2. Preparação do plano de medições (30 min)	Definir sequência de ensaios, instrumentos, circuitos e critérios de aceitação.	Plano de ensaio preparado.
3. Ensaios de continuidade e baixa resistência (40 min)	Medir continuidade do PE e equipotencialidade nos pontos definidos.	Valores registados no protocolo.
4. Ensaios de impedância de loop e polaridade (40 min)	Realizar medições em circuitos AC seleccionados e verificar tensão/polaridade.	Resultados interpretados em relação às protecções.
5. Testes de RCD/DDR (35 min)	Executar testes a $0,5 \times I_{\Delta n}$, $1 \times I_{\Delta n}$ e, se aplicável, $5 \times I_{\Delta n}$.	Tempo de disparo e comportamento registados.
6. Ensaio de isolamento e análise de Fail (35 min)	Realizar ou simular ensaio de isolamento quando aplicável e discutir resultados não conformes.	Causas prováveis e medidas correctivas definidas.
7. Preenchimento do protocolo final (25 min)	Organizar valores, classificar Pass/Fail e completar observações.	Protocolo de ensaio preenchido.
8. Apresentação e decisão de aceitação (30 min)	Cada equipa apresenta resultados, interpretação e decisão técnica.	Instalação aceite, rejeitada ou aceite após correcções justificadas.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve reforçar que medir é uma actividade técnica e também uma actividade de segurança.
- A sequência de ensaios deve ser planeada antes da utilização do instrumento.
- Nem todos os ensaios são feitos com o circuito energizado; os formandos devem distinguir claramente cada caso.
- A medição de isolamento só deve ser realizada quando for seguro e quando os equipamentos sensíveis estiverem desligados.
- O teste RCD/DDR pode desligar cargas, por isso a equipa deve ser avisada antes da execução.
- Resultados “Fail” não devem ser ignorados; devem originar investigação, correcção e novo ensaio.
- O protocolo de ensaio deve ser tratado como evidência técnica de aceitação da instalação.
- Em instalações reais, seguir sempre normas locais, instruções do fabricante e autorização do responsável técnico.

Ilustrações dos passos pedagógicos Remaining:

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



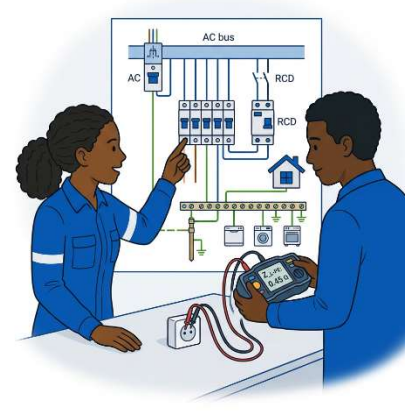
Passo 1: Revisão do esquema unifilar, identificação dos circuitos AC, ligação à terra e pontos de medição.



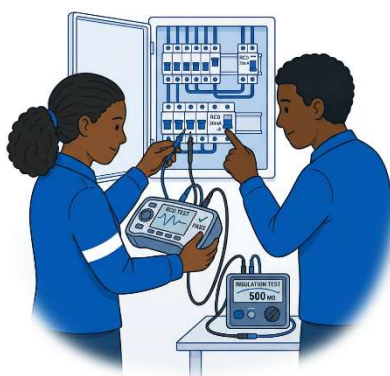
Passo 2: Preparação do plano de ensaios, selecção do tester de instalação e definição dos critérios Pass/Fail.



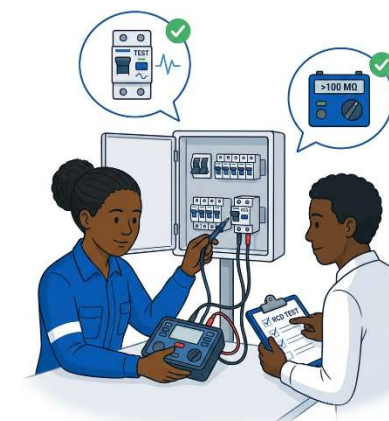
Passo 3: Execução das medições de continuidade PE, baixa resistência e equipotencialidade.



Passo 4: Medição da impedância de loop, verificação de polaridade e interpretação em relação aos disjuntores.



Passo 5: Realização dos testes RCD/DDR e, quando aplicável, medição da resistência de isolamento.



Passo 6: Preenchimento do protocolo, interpretação dos resultados e definição de medidas correctivas em caso de Fail.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Necessidade de verificar se a instalação AC e a ligação à terra estão seguras antes da aceitação.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Plano de ensaios, medições com tester, registo de valores e classificação Pass/Fail.	Sequência lógica e segura.
3. Registos técnicos	Continuidade PE, baixa resistência, loop, RCD/DDR, isolamento quando aplicável, tensão e polaridade.	Registos completos e consistentes.
4. Segurança e qualidade	Ensaio realizados com EPI, distinção entre circuitos energizados e desenergizados, e protecção de equipamentos sensíveis.	Critérios de segurança aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Protocolo final com decisão de aceitação, rejeição ou aceitação após correcções.	Explicação clara e fundamentada.

Produto final da prática

Protocolo de verificação e ensaio completo para o lado AC e ligação à terra, contendo plano de medições, identificação dos circuitos testados, valores medidos, critérios de interpretação, classificação Pass/Fail, medidas correctivas para resultados não conformes e conclusão técnica sobre a aceitação da instalação.

Prática 8: Comissionamento e documentação de uma instalação fotovoltaica residencial

Tópico

Comissionamento final de uma instalação fotovoltaica residencial como encerramento do projecto, incluindo checklist de entrada em serviço, verificação funcional, simulação de falha da rede, confirmação da operação do backup, verificação de etiquetas e sinalização, documentação “as-built” simplificada e entrega técnica ao cliente.

Nível

CV5 (Avançado / Comissionamento, documentação e entrega ao cliente)

Depois de dimensionar o sistema, seleccionar os principais equipamentos, definir protecções e realizar ensaios eléctricos, a etapa final consiste em colocar a instalação em serviço de forma controlada e documentada. O comissionamento é o momento em que a equipa confirma que o sistema foi instalado conforme o projecto, funciona correctamente, está seguro, está identificado e pode ser entregue ao cliente.

No nível CV5, o formando deve compreender que uma instalação fotovoltaica profissional não termina com a montagem dos equipamentos. É necessário verificar o funcionamento real, testar modos de operação, simular uma falha de rede quando aplicável, registar parâmetros importantes, preparar documentação final e explicar ao utilizador como operar o sistema em segurança.



O Cenário (A História)

A instalação residencial “Sol de Maputo” encontra-se concluída. O gerador fotovoltaico foi instalado, as strings foram ligadas ao inversor híbrido, a bateria foi configurada, o quadro de cargas críticas foi separado e os dispositivos de protecção DC e AC foram instalados.

A equipa técnica já realizou as medições principais de verificação e agora deve executar o comissionamento final. O cliente deseja receber o sistema em funcionamento, entender como acompanhar a produção solar, saber o que acontece durante uma falha da rede e conhecer as regras básicas de uso da bateria.

A equipa deve preparar o relatório de comissionamento, actualizar o esquema “as-built” simplificado, verificar etiquetas e sinalização, testar a operação normal e o modo backup, e entregar ao cliente uma folha simples de orientação de uso e manutenção básica.

Pergunta

Como realizar o comissionamento final de uma instalação fotovoltaica residencial, garantindo que o sistema funciona correctamente, está documentado, identificado e pronto para ser entregue ao cliente?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	4.5. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos domésticos; 4.6. Instalar e testar sistemas fotovoltaicos domésticos; 4.8. Aplicar procedimentos de segurança eléctrica em instalações fotovoltaicas; 4.10. Dimensionar e avaliar o desempenho dos componentes de sistemas solares de painéis fotovoltaicos (SSPFV)

Resultado de aprendizagem esperado	O formando executa uma checklist de comissionamento, realiza testes funcionais, simula falha de rede quando aplicável, verifica etiquetas e documentação, prepara relatório final e entrega orientações básicas de operação ao cliente.
CrITÉrios de desempenho associados	Confirma que a instalação corresponde ao projecto; verifica protecções e etiquetas; executa testes de funcionamento normal e backup; regista parâmetros de operação; prepara documentação “as-built” simplificada; comunica ao cliente regras de uso, segurança e manutenção básica.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Checklist de comissionamento; resultados das práticas anteriores; esquema unifilar; relatório de ensaios; fichas técnicas dos equipamentos; aplicação ou portal de monitorização do inversor; etiquetas de segurança; multímetro; tester de instalação; EPI; formulário de entrega ao cliente.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade prática com risco eléctrico. Utilizar EPI adequado, seguir sequência segura de energização, respeitar procedimentos de bloqueio e seccionamento, evitar acesso a partes activas, comunicar a simulação de falha de rede e seguir instruções do fabricante.
Situação real / cenário prático	Instalação fotovoltaica residencial concluída e pronta para entrada em serviço e entrega ao cliente.
Problema técnico a resolver	Confirmar que o sistema está instalado, testado, identificado, funcional e documentado antes da entrega final.
Tarefas para os formandos	Executar checklist de comissionamento; confirmar dados dos equipamentos; verificar etiquetas; testar funcionamento normal; testar backup; simular falha de rede; registar parâmetros; actualizar as-built simplificado; preparar relatório de comissionamento; preparar folha de entrega ao utilizador.

Evidências que os formandos devem produzir

- Checklist de comissionamento preenchida.
- Confirmação dos equipamentos instalados.
- Registo de etiquetas e sinalização.
- Registo da sequência de energização.
- Resultados dos testes funcionais.
- Registo da simulação de falha da rede.
- Confirmação do funcionamento da saída de backup.
- Confirmação do retorno ao modo normal.
- Relatório de comissionamento.
- Esquema “as-built” simplificado.
- Folha de entrega ao utilizador.
- Lista de pendências e medidas correctivas, se existirem.

CrITÉrios de avaliação para o formador

- Executa o comissionamento de forma organizada e segura.
- Utiliza checklist antes da entrega.
- Confirma que a instalação corresponde ao projecto.
- Verifica etiquetas, protecções e identificação dos circuitos.
- Realiza testes funcionais de operação normal.
- Simula falha de rede de forma controlada e segura.
- Verifica correctamente a operação do backup.
- Regista parâmetros principais de funcionamento.
- Identifica pendências e propõe correcções.
- Prepara relatório de comissionamento completo.
- Elabora as-built simplificado coerente.
- Explica ao utilizador regras básicas de operação e segurança.

Erros típicos a observar

- Entregar a instalação sem checklist final.
- Não confirmar se os equipamentos instalados correspondem ao projecto.
- Não testar o modo backup.
- Ligar cargas não críticas à saída de backup.
- Não verificar o SOC da bateria antes da simulação de falha.
- Não registar alarmes ou mensagens do inversor.
- Não configurar a monitorização.
- Não aplicar etiquetas de segurança.
- Não entregar documentação ao cliente.
- Não explicar limitações do sistema ao utilizador.
- Considerar a instalação concluída mesmo com ensaios “Fail” pendentes.
- Não actualizar o as-built quando há alterações em relação ao projecto.

Perguntas de reflexão

1. Porque o comissionamento é uma etapa diferente da instalação física?
2. Que riscos existem se o sistema for entregue sem teste de backup?
3. Por que é importante confirmar que apenas cargas críticas estão ligadas à saída de backup?
4. Qual é a função do relatório de comissionamento para o cliente e para o técnico?
5. O que deve constar num as-built simplificado?
6. Como a monitorização ajuda na operação e manutenção do sistema?
7. Que informações mínimas o cliente precisa receber para usar o sistema com segurança?
8. O que deve ser feito se surgir um alarme no inversor durante o comissionamento?
9. Em que situações a instalação não deve ser aceite?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Utilizar uma instalação de treino ou maquete em vez de uma residência real.
- Trabalhar com uma checklist impressa simplificada.
- Simular a aplicação de monitorização com capturas de ecrã.
- Simular falha da rede por meio de um cenário descrito, quando não for seguro realizar o teste real.
- Utilizar cartões com situações de não conformidade para discussão.
- Elaborar o as-built em papel, com desenho unifilar simplificado.
- Preparar uma folha de entrega ao cliente em linguagem simples.
- Trabalhar em grupos, atribuindo a cada grupo uma parte do relatório final.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático**Objectivo pedagógico**

Capacitar o formando para realizar o comissionamento final de uma instalação fotovoltaica residencial, verificando o funcionamento do sistema, confirmando a segurança, preparando documentação profissional e entregando orientações claras ao utilizador final.

Preparação do cenário pelo formador

- Disponibilizar uma instalação de treino ou cenário residencial simulado.
- Fornecer os documentos das práticas anteriores.
- Preparar checklist de comissionamento.
- Disponibilizar esquema unifilar e plano de protecções.
- Preparar formulário de relatório de comissionamento.
- Preparar modelo de as-built simplificado.
- Preparar modelo de folha de entrega ao utilizador.
- Preparar situações de teste, incluindo operação normal e falha da rede.
- Organizar os formandos em equipas.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

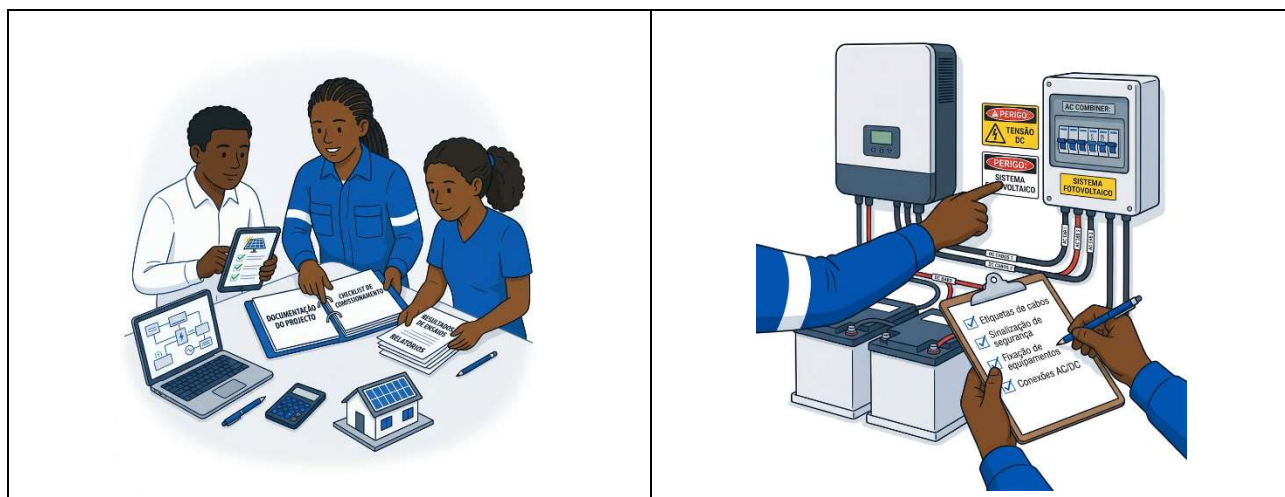
Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Reunião da documentação e revisão do projecto (25 min)	Confirmar dimensionamento, equipamentos, protecções e ensaios anteriores.	Documentação de base organizada.
2. Inspeção visual e checklist inicial (35 min)	Verificar equipamentos, cabos, protecções, etiquetas e estado geral.	Checklist preenchida parcialmente.
3. Sequência de energização e testes de operação normal (40 min)	Ligar o sistema conforme procedimento e verificar produção FV, cargas e bateria.	Parâmetros de operação registados.
4. Teste de bateria e simulação de falha da rede (45 min)	Confirmar SOC, simular falha da rede e verificar cargas críticas.	Funcionamento do backup validado.
5. Verificação de monitorização, alarmes e retorno da rede (30 min)	Confirmar app/portal, ausência de alarmes críticos e retorno ao modo normal.	Sistema operacional confirmado.
6. Preparação do relatório e as-built simplificado (35 min)	Registar dados finais, equipamentos, strings, protecções e alterações.	Relatório e as-built preparados.
7. Preparação da folha de entrega ao utilizador (25 min)	Elaborar instruções simples de uso, segurança e manutenção básica.	Folha de entrega concluída.
8. Apresentação final e aceitação do sistema (25 min)	Apresentar resultados, pendências e decisão de aceitação.	Sistema aceite ou pendências justificadas.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve reforçar que o comissionamento é uma etapa obrigatória para uma entrega profissional.
- A checklist deve ser preenchida antes da decisão de aceitação.
- A simulação de falha da rede só deve ser feita quando houver condições de segurança e autorização.
- A saída de backup deve ser testada apenas com cargas críticas adequadas.
- O cliente deve receber explicações simples, sem excesso de linguagem técnica.
- Alarmes, pendências e alterações ao projecto devem ser registados, não ignorados.
- O as-built deve representar a instalação real, não apenas o projecto inicial.
- A entrega técnica deve incluir limites do sistema, cuidados de segurança e recomendações de manutenção.

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



Passo 1: Reunião da documentação do projecto, resultados de ensaios e checklist de comissionamento.



Passo 3: Sequência de energização e verificação da operação normal do inversor, gerador FV e bateria.



Passo 5: Preparação do relatório de comissionamento, as-built simplificado e lista de pendências.

Passo 2: Inspeção visual da instalação, equipamentos, cabos, protecções, etiquetas e sinalização.



Passo 4: Simulação de falha da rede e confirmação da alimentação das cargas críticas pelo backup.



Passo 6: Entrega ao utilizador com explicação de funcionamento, segurança, monitorização e manutenção básica.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Necessidade de confirmar funcionamento, segurança, documentação e entrega profissional da instalação.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Checklist, testes funcionais, simulação de falha da rede, documentação e entrega ao utilizador.	Sequência lógica e segura.
3. Registos técnicos	Equipamentos instalados, parâmetros de operação, backup, monitorização, etiquetas e pendências.	Registos completos e consistentes.
4. Segurança e qualidade	Comissionamento feito com EPI, sequência segura, identificação correcta e sem falhas críticas pendentes.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Relatório final, as-built e folha de entrega apresentados e justificados.	Explicação clara e fundamentada.

Produto final da prática

Pacote de comissionamento residencial completo, contendo checklist de entrada em serviço, relatório de testes funcionais, registo da simulação de falha da rede, confirmação do modo backup, verificação de etiquetas e sinalização, esquema "as-built" simplificado, lista de pendências ou correcções e folha de entrega ao utilizador com instruções básicas de operação, segurança e manutenção.

Prática 9: Análise de consumo baseada em dados para um pequeno edifício de escritórios

Tópico

Análise técnica do consumo eléctrico de um pequeno edifício de escritórios com base em dados mensais, perfis horários ou leituras simplificadas, identificando carga de base, picos de consumo, horários de maior procura, potencial de autoconsumo fotovoltaico, dimensão-alvo do sistema FV e medidas de gestão de carga.

Nível

CV5 (Avançado / Análise de dados, planeamento energético e dimensionamento preliminar)

Com a Prática 9 inicia-se uma nova fase de aprendizagem. Depois de trabalhar com sistemas residenciais, o formando passa agora a analisar instalações de maior dimensão e com perfis de consumo diferentes, como escritórios, escolas, centros de saúde e pequenos edifícios comerciais.

Num edifício residencial, muitos consumos ocorrem no início da manhã, à noite e aos fins de semana. Num pequeno escritório, grande parte do consumo ocorre durante o dia, em horário de trabalho, coincidindo melhor com a produção solar fotovoltaica. Isto cria oportunidades importantes para autoconsumo directo, redução de custos e menor necessidade de bateria.

O formando deve ser capaz de passar de estimativas simples para uma análise baseada em dados reais ou simulados. Deve identificar a carga de base, os picos de consumo, os períodos de maior procura, o potencial de integração fotovoltaica e as medidas de gestão de carga que podem melhorar o desempenho do sistema.



O Cenário (A História)

A equipa técnica foi contactada para avaliar um pequeno edifício de escritórios localizado numa zona urbana. O edifício funciona principalmente de segunda a sexta-feira, entre as 08h00 e as 17h00. As principais cargas são computadores, impressoras, iluminação, ar condicionado, router, servidor pequeno, sistema de segurança e alguns equipamentos de cozinha.

O proprietário pretende reduzir a factura de electricidade e avaliar a instalação de um sistema fotovoltaico. Ao contrário da residência analisada nas práticas anteriores, este edifício apresenta maior consumo durante o dia, o que pode favorecer o autoconsumo directo da energia solar.

A equipa recebeu dados mensais de consumo e um perfil diário simplificado. A tarefa consiste em analisar esses dados, identificar padrões, estimar a dimensão-alvo do sistema fotovoltaico e propor medidas de gestão de carga para aumentar o aproveitamento da energia solar.

Pergunta

Como utilizar dados de consumo mensal e perfis de carga para estimar o potencial fotovoltaico de um pequeno edifício de escritórios, definindo uma dimensão-alvo do sistema e medidas de gestão de carga para melhorar o autoconsumo?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
-------	----------

Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos domésticos e pequenos sistemas comerciais; 2. Dimensionar e avaliar o desempenho dos componentes de sistemas solares de painéis fotovoltaicos (SSPFV); 3. Avaliar desempenho energético e consumo de sistemas fotovoltaicos
Resultado de aprendizagem esperado	O formando analisa dados de consumo de um pequeno escritório, identifica carga de base e picos, interpreta perfis horários, estima o potencial de autoconsumo fotovoltaico, propõe uma potência-alvo preliminar do sistema FV e recomenda medidas de gestão de carga.
CrITÉrios de desempenho associados	Organiza dados mensais; calcula consumo médio diário; identifica padrões de consumo; distingue carga de base e picos; relaciona perfil de consumo com produção solar; estima potência FV preliminar; propõe medidas coerentes de deslocamento ou redução de carga; apresenta relatório técnico claro.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Facturas de energia ou dados mensais simulados; perfil horário simplificado; folha de cálculo; calculadora científica; dados de produção solar média local; quadro branco; gráficos impressos ou digitais; ficha de análise de consumo; software PVGIS ou equivalente, opcional.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade essencialmente analítica. Caso seja realizada visita técnica ao edifício, aplicar regras de segurança, não abrir quadros eléctricos sem autorização e utilizar EPI adequado se houver inspecção visual.
Situação real / cenário prático	Pequeno edifício de escritórios com consumo concentrado em horário diurno e interesse em instalação fotovoltaica para autoconsumo.
Problema técnico a resolver	Analisar dados de consumo para identificar padrões, estimar a potência FV adequada e propor medidas de gestão de carga que aumentem o autoconsumo.
Tarefas para os formandos	Organizar dados mensais; calcular consumo médio diário; analisar perfil horário; identificar carga de base e picos; estimar coincidência com produção solar; propor dimensão-alvo do sistema FV; recomendar medidas de gestão de carga; elaborar relatório de análise.

Evidências que os formandos devem produzir

- Tabela de dados mensais organizada.
- Cálculo do consumo anual, médio mensal e médio diário.
- Identificação da carga de base.
- Identificação dos picos de consumo.
- Interpretação do perfil diário.
- Estimativa do consumo em horário solar.
- Estimativa preliminar da potência FV.
- Comparação de 2 a 3 opções de dimensão FV.
- Recomendação da potência-alvo do sistema.
- Lista de medidas de gestão de carga.
- Relatório técnico de análise de consumo.
- Justificação da estratégia de autoconsumo.

CrITÉrios de avaliação para o formador

- Organiza correctamente os dados de consumo.
- Calcula correctamente consumos médios.
- Identifica carga de base e picos.
- Interpreta diferenças entre perfil residencial e perfil de escritório.
- Relaciona consumo diurno com produção solar.
- Estima uma potência FV preliminar de forma coerente.
- Evita sobredimensionamento sem justificação.
- Propõe medidas realistas de gestão de carga.

- Apresenta conclusões técnicas claras.
- Justifica a recomendação com base em dados.

Erros típicos a observar

- Dimensionar o sistema apenas pelo consumo anual, sem analisar horários.
- Assumir que o perfil de escritório é igual ao perfil residencial.
- Ignorar o consumo nos fins de semana.
- Confundir carga de base com pico de consumo.
- Escolher a maior potência FV possível sem avaliar excedentes.
- Não considerar o impacto do ar condicionado.
- Não distinguir energia em kWh de potência em kW.
- Usar dados mensais sem calcular médias diárias.
- Ignorar medidas simples de gestão de carga.
- Apresentar uma potência FV sem justificação técnica.

Perguntas de reflexão

1. Porque o perfil de consumo de um escritório pode ser mais favorável ao autoconsumo fotovoltaico do que o de uma residência?
2. Qual é a diferença entre carga de base e pico de consumo?
3. Que riscos existem ao dimensionar um sistema FV apenas com base no consumo anual?
4. Por que os fins de semana devem ser considerados na análise de um escritório?
5. Como o ar condicionado influencia o perfil de carga?
6. Em que situações uma bateria faria sentido num pequeno escritório?
7. Que medidas de gestão de carga podem aumentar o autoconsumo sem aumentar a potência FV?
8. Por que é importante transformar dados mensais em indicadores diários?
9. Como dados horários reais poderiam melhorar o dimensionamento final?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Utilizar dados mensais simulados fornecidos pelo formador.
- Trabalhar com perfis horários simplificados em papel.
- Fazer os cálculos manualmente com calculadora.
- Utilizar gráficos desenhados no quadro em vez de software.
- Comparar apenas duas opções de potência FV.
- Usar valores fixos de HSP e performance ratio fornecidos pelo formador.
- Trabalhar em grupos, cada um analisando uma parte do perfil.
- Simular medidas de gestão de carga com cartões de equipamentos.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para analisar dados reais ou simulados de consumo de um pequeno edifício de escritórios, identificar padrões de carga, estimar o potencial de autoconsumo fotovoltaico e propor uma dimensão-alvo preliminar do sistema FV acompanhada de medidas de gestão de carga.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar dados mensais de consumo do pequeno escritório.
- Preparar um perfil diário simplificado de carga.
- Disponibilizar dados de produção solar média local.
- Fornecer uma ficha de análise de consumo.
- Preparar gráficos ou tabelas para interpretação.
- Definir valores de referência para HSP e performance ratio.
- Preparar exemplos de medidas de gestão de carga.
- Organizar os formandos em equipas.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

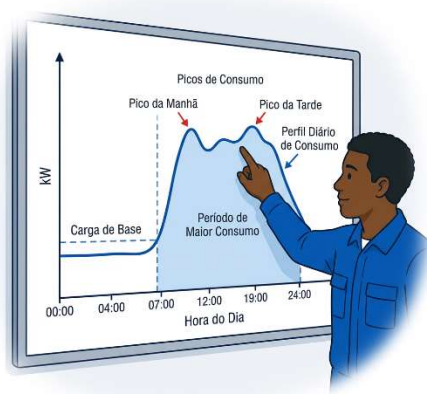
Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Apresentação do cenário e dados disponíveis (20 min)	Explicar o funcionamento do escritório, horários, cargas principais e objectivo do cliente.	Cenário compreendido e dados organizados.
2. Organização dos dados mensais (35 min)	Calcular consumo anual, médio mensal e médio diário.	Indicadores básicos calculados.
3. Análise do perfil diário de carga (45 min)	Identificar carga de base, picos e períodos de maior consumo.	Perfil interpretado tecnicamente.
4. Comparação com produção solar (40 min)	Relacionar horários de consumo com a curva típica de produção FV.	Potencial de autoconsumo estimado.
5. Estimativa da potência FV-alvo (45 min)	Calcular e comparar 2 a 3 opções de potência FV.	Dimensão-alvo proposta.
6. Proposta de gestão de carga (35 min)	Definir medidas para reduzir picos e aumentar autoconsumo.	Medidas operacionais recomendadas.
7. Preparação do relatório de análise (25 min)	Organizar resultados, gráficos simples e recomendações.	Relatório técnico elaborado.
8. Apresentação e discussão técnica (35 min)	Cada equipa apresenta a potência-alvo FV e as medidas propostas.	Solução justificada com base em dados.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve reforçar que a análise baseada em dados é diferente de uma estimativa genérica.
- Deve ser destacada a diferença entre energia mensal, energia diária e potência instantânea.
- O perfil horário é essencial para avaliar o autoconsumo.
- O formador deve compreender que o maior sistema FV nem sempre é a melhor solução.
- A gestão de carga deve ser considerada antes de aumentar a potência instalada.
- É importante discutir o impacto dos fins de semana e feriados no autoconsumo.
- Se houver visita técnica real, não abrir quadros eléctricos sem autorização e supervisão.
- O relatório final deve ser claro, com números, interpretação e recomendação.

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.

 Passo 1: Organização dos dados mensais do pequeno escritório e cálculo dos indicadores básicos de consumo.	 Passo 2: Análise do perfil diário para identificar carga de base, períodos de maior consumo e picos.
---	--



Passo 3: Comparação entre o perfil de consumo do escritório e a curva típica de produção solar fotovoltaica.



Passo 4: Estimativa de 2 a 3 opções de potência FV e avaliação do risco de excedentes.



Passo 5: Definição da potência-alvo recomendada para o sistema FV com base no autoconsumo diurno.



Passo 6: Proposta de medidas de gestão de carga para reduzir picos e aumentar o aproveitamento da energia solar.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Necessidade de avaliar o consumo de um pequeno escritório antes de dimensionar o sistema FV.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Organização de dados mensais, análise de perfil diário, estimativa FV e proposta de gestão de carga.	Sequência lógica e baseada em dados.
3. Registos técnicos	Consumo anual, consumo diário, carga de base, picos, consumo solar estimado e potência FV-alvo.	Registos completos e consistentes.
4. Segurança e qualidade	Análise feita sem intervenções eléctricas indevidas e com critérios técnicos claros.	Crítérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Relatório com dimensão-alvo FV e medidas de gestão de carga justificadas.	Explicação clara e fundamentada.

Produto final da prática

Relatório de análise de consumo para um pequeno edifício de escritórios, contendo dados mensais organizados, cálculo de indicadores energéticos, identificação da carga de base e dos picos, interpretação do perfil diário, estimativa do potencial de autoconsumo, recomendação de uma potência-alvo para o sistema fotovoltaico e lista de medidas de gestão de carga para melhorar o desempenho energético.

Prática 10: Infra-estrutura crítica — priorização de cargas e plano de alimentação mínima para um centro de saúde

Tópico

Análise e planeamento energético de uma infra-estrutura crítica de pequena escala, com foco num centro de saúde local. A prática aborda a classificação de cargas críticas e não críticas, a priorização do fornecimento eléctrico, a continuidade de serviço, a definição de uma estratégia simples de resiliência e a elaboração de um plano de alimentação mínima em caso de falha da rede.

Nível

CV5 (Avançado / Continuidade de serviço, cargas críticas e resiliência energética)

Nesta prática, o formando passa de uma lógica de redução de custos para uma lógica de continuidade de serviço. Em edifícios como centros de saúde, escolas, postos administrativos ou instalações comunitárias, a energia eléctrica não serve apenas para conforto ou poupança. Ela pode ser essencial para garantir atendimento, conservar medicamentos, manter comunicações, assegurar iluminação nocturna e permitir funcionamento mínimo em situações de emergência.

Em contexto moçambicano, pequenos centros de saúde são particularmente relevantes, pois podem enfrentar falhas de rede, longas distâncias de apoio técnico e necessidade de manter serviços essenciais mesmo com recursos limitados. Por isso, o dimensionamento e a operação do sistema fotovoltaico devem considerar não apenas o consumo total, mas também a prioridade das cargas e o tempo mínimo de funcionamento.



O Cenário (A História)

A equipa técnica foi chamada para apoiar um pequeno centro de saúde localizado numa zona semi-urbana. O centro presta atendimento básico durante o dia, mas também pode receber pacientes em situação de emergência durante a noite. Existem falhas ocasionais da rede eléctrica, especialmente em períodos de chuva ou sobrecarga local.

O centro possui iluminação interior e exterior, frigorífico para medicamentos e vacinas, equipamento de comunicação, computador administrativo, carregadores de telemóveis, pequena bomba de água, ventiladores, autoclave, impressora e algumas tomadas de uso geral.

A direcção do centro quer saber quais cargas devem continuar a funcionar em caso de falha da rede, quais podem ser desligadas, qual deve ser a estratégia mínima de fornecimento e como organizar uma solução fotovoltaica com bateria para garantir continuidade de serviço essencial.

A equipa deve classificar as cargas, criar níveis de prioridade, definir um conceito simples de resiliência e preparar um plano de alimentação mínima para situações de emergência.

Pergunta

Como classificar e priorizar as cargas eléctricas de um pequeno centro de saúde para garantir alimentação mínima dos serviços essenciais durante falhas da rede, usando uma estratégia simples de resiliência com sistema fotovoltaico e bateria?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos domésticos e pequenos sistemas comerciais/comunitários; 2. Aplicar procedimentos de segurança eléctrica em instalações fotovoltaicas; 3. Dimensionar e avaliar o desempenho dos componentes de sistemas solares de painéis fotovoltaicos (SSPFV); 4. Avaliar desempenho energético e continuidade de fornecimento
Resultado de aprendizagem esperado	O formando classifica cargas de uma infra-estrutura crítica, define prioridades de fornecimento, propõe um conceito simples de continuidade de serviço e elabora um plano de alimentação mínima para funcionamento essencial durante falhas da rede.
CrITÉRIOS de desempenho associados	Identifica cargas críticas e não críticas; distingue níveis de prioridade; estima consumo mínimo; define tempo de autonomia; propõe separação de circuitos; recomenda estratégia de operação; comunica claramente limites e procedimentos em emergência.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Lista de equipamentos do centro de saúde; fichas de potência; calculadora; folha de cálculo; quadro branco; planta simples do edifício; modelo de classificação de cargas; ficha de plano de alimentação mínima; dados de falhas da rede, se disponíveis.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade principalmente analítica. Se houver visita técnica, não abrir quadros eléctricos sem autorização e supervisão. Utilizar EPI quando houver inspecção eléctrica. Considerar que cargas médicas, conservação de medicamentos e sistemas de emergência exigem especial cuidado.
Situação real / cenário prático	Pequeno centro de saúde com necessidade de manter serviços essenciais em caso de falha da rede eléctrica.
Problema técnico a resolver	Definir quais cargas devem permanecer alimentadas, quais devem ser desligadas e como organizar uma estratégia mínima de resiliência energética.
Tarefas para os formandos	Levantar cargas; classificar cargas críticas e não críticas; definir níveis de prioridade; estimar energia mínima; definir autonomia desejada; propor circuito de cargas críticas; elaborar conceito de operação; preparar plano de alimentação mínima.

Procedimento passo a passo para a aula prática

1. Apresentar o cenário do centro de saúde e discutir por que este tipo de edifício é considerado infra-estrutura crítica.
2. Reunir a lista de equipamentos existentes e estimar potência e tempo de uso.
3. Classificar cada carga como crítica, semi-crítica ou não crítica.
4. Organizar as cargas em níveis de prioridade.
5. Calcular a energia diária necessária para alimentação mínima.
6. Identificar cargas que não devem funcionar em modo backup.
7. Estimar a potência simultânea provável das cargas críticas.
8. Definir um tempo de autonomia desejado para falha da rede.
9. Fazer um cálculo orientativo da capacidade da bateria para alimentação mínima.
10. Estimar a potência FV necessária para repor a energia crítica diária.
11. Definir o conceito de separação de circuitos e quadro de cargas críticas.
12. Elaborar regras simples de operação conforme o estado da bateria.
13. Preparar plano de alimentação mínima para diferentes situações de rede e SOC.
14. Apresentar o conceito de resiliência ao formador, justificando prioridades e limitações.

Evidências que os formandos devem produzir

- Lista de cargas do centro de saúde.
- Classificação das cargas em críticas, semi-críticas e não críticas.
- Tabela de níveis de prioridade.
- Cálculo da alimentação mínima diária.
- Identificação das cargas a bloquear em falha de rede.
- Estimativa da potência simultânea crítica.

- Proposta de autonomia mínima.
- Cálculo orientativo da bateria.
- Cálculo orientativo da potência FV para recuperação diária.
- Conceito de separação de circuitos.
- Regras de operação por SOC.
- Plano de alimentação mínima.
- Apresentação técnica da estratégia de resiliência.

Critérios de avaliação para o formador

- Identifica correctamente a diferença entre redução de custos e continuidade de serviço.
- Classifica cargas de forma coerente com a função do centro de saúde.
- Justifica a prioridade das cargas com base em segurança, saúde e operação mínima.
- Calcula energia mínima diária de forma consistente.
- Propõe autonomia adequada ao cenário.
- Evita incluir cargas de alta potência no backup sem justificação.
- Define regras claras para operação durante falha da rede.
- Propõe separação adequada de circuitos críticos.
- Comunica limites do sistema de forma realista.
- Apresenta um plano de alimentação mínima simples e aplicável.

Erros típicos a observar

- Classificar todas as cargas como críticas.
- Incluir autoclave, impressora ou tomadas gerais no backup sem controlo.
- Ignorar a conservação de vacinas e medicamentos.
- Não considerar comunicação como carga crítica.
- Dimensionar bateria para todo o edifício em vez de alimentação mínima.
- Não definir regras para SOC baixo.
- Confundir potência instantânea com energia diária.
- Não separar cargas críticas em circuito próprio.
- Esquecer que pessoal não técnico deve conseguir aplicar o plano.
- Fazer um plano dependente apenas de tecnologia, sem procedimento operacional.
- Não considerar falhas prolongadas da rede.
- Propor soluções muito caras sem priorização.

Perguntas de reflexão

1. Por que um centro de saúde exige uma abordagem diferente de uma residência ou escritório?
2. O que torna uma carga verdadeiramente crítica?
3. Por que não é recomendável alimentar todas as cargas durante uma falha de rede?
4. Como a classificação de cargas ajuda a reduzir o tamanho necessário da bateria?
5. Por que o frigorífico de vacinas deve ter prioridade elevada?
6. Em que situação uma bomba de água pode ser considerada semi-crítica?
7. Como as regras por SOC ajudam a prolongar a autonomia?
8. Que riscos existem se tomadas gerais forem ligadas ao backup?
9. Como explicar ao pessoal do centro de saúde o plano de alimentação mínima?
10. O que deve ser feito se a falha de rede durar mais do que a autonomia prevista?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Utilizar cartões com nomes de cargas e pedir aos formandos para agrupá-las por prioridade.
- Fazer cálculos manuais de energia diária com potência e tempo de uso.
- Desenhar no quadro um esquema simples com “rede, FV, bateria, cargas críticas e cargas não críticas”.

- Simular diferentes estados da bateria e pedir decisões operacionais.
- Usar etiquetas em papel para identificar tomadas críticas e não críticas.
- Criar um plano de emergência numa folha A4 para afixar no centro.
- Trabalhar com valores aproximados quando não houver fichas técnicas.
- Comparar duas estratégias: alimentar tudo por pouco tempo ou alimentar o essencial por mais tempo.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para analisar uma infra-estrutura crítica de pequena escala, classificar cargas por prioridade, estimar a alimentação mínima, definir uma estratégia simples de resiliência energética e preparar um plano operacional para garantir continuidade dos serviços essenciais durante falhas da rede.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar lista de equipamentos de um pequeno centro de saúde.
- Disponibilizar potências estimadas e tempos de uso.
- Preparar cartões de classificação de cargas.
- Fornecer uma planta simples ou esquema do edifício.
- Preparar tabela para cálculo de energia mínima.
- Definir valores de referência para HSP, DoD e reserva da bateria.
- Criar situações de falha de rede com diferentes estados de bateria.
- Organizar os formandos em grupos de análise.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Apresentação do cenário crítico (20 min)	Explicar o papel do centro de saúde e a importância da continuidade de serviço.	Compreensão da dimensão crítica do problema.
2. Levantamento e classificação de cargas (40 min)	Listar equipamentos e classificar em críticas, semi-críticas e não críticas.	Tabela de classificação preenchida.
3. Definição de prioridades (30 min)	Agrupar cargas em Prioridade 1, 2, 3 e 4.	Matriz de prioridade concluída.
4. Cálculo da alimentação mínima (45 min)	Calcular energia diária mínima e potência simultânea estimada.	Energia mínima e pico crítico calculados.
5. Conceito de resiliência (35 min)	Definir quadro de cargas críticas, bateria, FV e regras de operação.	Conceito técnico proposto.
6. Plano por situação de rede e SOC (35 min)	Criar regras para rede disponível, falha curta, falha prolongada e SOC baixo.	Plano de alimentação mínima elaborado.
7. Medidas de organização e etiquetas (25 min)	Definir separação de circuitos, identificação e instruções para utilizadores.	Lista de medidas práticas.
8. Apresentação e validação (30 min)	Apresentar plano, justificar prioridades e discutir limitações.	Estratégia validada pelo formador.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve destacar que continuidade de serviço é uma nova dimensão de qualidade.
- Nem toda carga importante é crítica em modo de emergência.
- A prioridade deve ser definida pela função da carga, não apenas pelo desejo do utilizador.
- A solução deve ser tecnicamente possível e operacionalmente simples.
- O plano deve poder ser executado por pessoal não técnico.
- Cargas de alta potência devem ser tratadas com cuidado e, em geral, excluídas do backup.
- A conservação de vacinas e medicamentos deve ser discutida como exemplo de impacto social directo.
- A separação de circuitos é essencial para evitar uso indevido da bateria.
- O sistema deve ter limites claros: autonomia, potência máxima e regras de SOC.

- Se houver visita técnica, a segurança eléctrica deve ser rigorosamente respeitada.

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



Passo 1: Levantamento das cargas do centro de saúde e identificação dos equipamentos ligados ao serviço essencial.



Passo 2: Classificação das cargas em críticas, semi-críticas e não críticas conforme impacto no serviço.



Passo 3: Definição dos níveis de prioridade e separação entre cargas de emergência e cargas normais.



Passo 4: Cálculo da alimentação mínima diária, potência simultânea e autonomia desejada.



Passo 5: Criação do conceito de resiliência com FV, bateria, rede, quadro crítico e regras por SOC.



Passo 6: Elaboração do plano de alimentação mínima e instruções simples para a equipa do centro.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Necessidade de garantir continuidade dos serviços essenciais num centro de saúde durante falhas da rede.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Levantamento, classificação de cargas, cálculo da alimentação mínima e definição de estratégia de resiliência.	Sequência lógica e adequada ao cenário.
3. Registos técnicos	Lista de cargas, prioridades, energia mínima, autonomia, potência crítica, regras de SOC e conceito de circuitos.	Registos completos e consistentes.
4. Segurança e qualidade	Plano evita sobrecarga, protege cargas essenciais e limita cargas não críticas durante emergência.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Plano de alimentação mínima apresentado com justificativa técnica e operacional.	Explicação clara, realista e fundamentada.

Produto final da prática

Classificação completa das cargas de um pequeno centro de saúde em críticas, semi-críticas e não críticas, acompanhada de uma matriz de prioridades, cálculo da alimentação mínima diária, proposta de autonomia, conceito simples de resiliência com FV, bateria e quadro de cargas críticas, regras de operação por estado da bateria e plano de alimentação mínima para garantir continuidade dos serviços essenciais durante falhas da rede.

Prática 11: Otimização de layout fotovoltaico em grande cobertura plana para centro comercial

Tópico

Planeamento preliminar de uma instalação fotovoltaica de maior escala numa cobertura plana de um centro comercial ou grande edifício comercial. A prática aborda otimização de área disponível, comparação entre orientação Sul/Norte e configuração Este-Oeste, análise de obstáculos e sombreamento, definição de corredores de manutenção, agrupamento de strings, utilização de múltiplos MPPT e comparação de variantes de produção energética.

Nível

CV5 (Avançado / Planeamento de grandes coberturas, layout FV e organização de strings)

Nesta prática, o formando aplica em escala maior os princípios já trabalhados em instalações residenciais e pequenos edifícios. A diferença principal é que, numa grande cobertura plana, pequenas decisões de layout podem ter grande impacto na potência instalada, no rendimento anual, na manutenção, no custo da estrutura, na organização das strings e na segurança operacional.

Em coberturas de centros comerciais, supermercados, armazéns ou grandes edifícios administrativos, existem normalmente obstáculos como casas de máquinas, clarabóias, unidades de ar condicionado, chaminés, antenas, guarda-corpos, caminhos técnicos e zonas de manutenção. O formando deve aprender a transformar uma cobertura aparentemente grande numa área tecnicamente utilizável, respeitando distâncias, sombreamentos e acesso para manutenção.

O foco desta prática é compreender que, em sistemas maiores, não basta “encher o telhado com módulos”. É necessário organizar o campo fotovoltaico em blocos, comparar variantes de orientação, agrupar strings de forma lógica e preparar um layout esquemático que possa servir de base para projecto detalhado.



O Cenário (A História)

A equipa técnica recebeu um pedido de estudo preliminar para instalar um sistema fotovoltaico na cobertura plana de um centro comercial. O edifício tem grande consumo durante o dia, principalmente devido a iluminação, ar condicionado, refrigeração, escadas rolantes, elevadores, lojas, restauração e equipamentos de apoio.

A cobertura tem uma área considerável, mas não está livre. Existem unidades de ar condicionado, clarabóias, passagens técnicas, zonas de segurança, guarda-corpos e espaços que devem permanecer acessíveis para manutenção. A administração do centro comercial quer saber quanta potência fotovoltaica pode ser instalada, qual orientação é mais vantajosa, como organizar as strings e qual variante apresenta melhor equilíbrio entre produção, área ocupada e facilidade de manutenção.

A equipa deve preparar um layout esquemático da cobertura, comparar pelo menos duas variantes de orientação, propor clusters de strings por zona da cobertura e apresentar uma estimativa preliminar de produção energética.

Pergunta

Como otimizar o layout fotovoltaico numa grande cobertura plana de um centro comercial, considerando obstáculos, corredores de manutenção, orientação dos módulos, sombreamento, agrupamento de strings e comparação de variantes de produção?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos domésticos, comerciais e comunitários; 2. Aplicar procedimentos de segurança eléctrica em instalações fotovoltaicas; 3.. Dimensionar e avaliar o desempenho dos componentes de sistemas solares de painéis fotovoltaicos (SSPFV); 4. Avaliar desempenho energético e optimização de sistemas fotovoltaicos
Resultado de aprendizagem esperado	O formando analisa uma cobertura plana de grande dimensão, identifica áreas utilizáveis e zonas excluídas, compara variantes de orientação, define um layout esquemático, organiza módulos em clusters de strings, considera múltiplos MPPT e apresenta uma comparação preliminar de produção energética.
CrITÉrios de desempenho associados	Identifica obstáculos e áreas de exclusão; considera corredores de manutenção; compara orientação Sul/Norte e Este-Oeste; avalia impacto de sombreamento; organiza strings por zonas homogéneas; evita misturar orientações ou sombreamentos diferentes no mesmo MPPT; apresenta variante recomendada com justificativa técnica.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Planta esquemática da cobertura; régua; calculadora; folha de cálculo; dados de módulos FV; dados de inversores; orientação do edifício; fotografias ou croqui da cobertura; dados solares locais; marcadores coloridos; ficha de análise de layout; software de desenho ou PV opcional.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade principalmente de planeamento. Se houver visita real à cobertura, utilizar EPI adequado para trabalho em altura, respeitar linhas de vida, evitar aproximação a bordas, clarabóias frágeis e equipamentos mecânicos, e seguir regras de acesso do edifício.
Situação real / cenário prático	Cobertura plana de um centro comercial com obstáculos, equipamentos técnicos e necessidade de maximizar produção solar sem comprometer manutenção e segurança.
Problema técnico a resolver	Definir um layout FV tecnicamente viável, organizado por clusters de strings, comparando variantes de orientação e produção.
Tarefas para os formandos	Analisar planta da cobertura; identificar obstáculos; definir áreas úteis; reservar corredores de manutenção; comparar variantes Sul/Norte e Este-Oeste; estimar quantidade de módulos; agrupar strings; atribuir MPPT; estimar produção; justificar a variante recomendada.

Evidências que os formandos devem produzir

- Planta ou croqui da cobertura com obstáculos marcados.
- Identificação de áreas de exclusão.
- Definição de corredores de manutenção.
- Cálculo da área útil disponível.
- Comparação entre orientação Norte e Este-Oeste.
- Estimativa do número de módulos por variante.
- Estimativa da potência FV por variante.
- Estimativa de produção anual por variante.
- Layout esquemático do campo FV.
- Divisão da cobertura em clusters.
- Proposta preliminar de strings.
- Atribuição de clusters a MPPT.
- Identificação de riscos de sombreamento.
- Justificação da variante recomendada.

CrITÉrios de avaliação para o formador

- Identifica correctamente obstáculos e zonas de exclusão.
- Mantém corredores de manutenção e acesso técnico.
- Compreende a diferença entre produção específica e produção total.

- Compara de forma coerente as variantes Norte e Este-Oeste.
- Evita ocupar toda a cobertura sem considerar segurança e manutenção.
- Agrupa strings por zonas homogéneas.
- Não mistura orientações incompatíveis no mesmo MPPT.
- Considera sombreamento de obstáculos e platibandas.
- Calcula potência e produção estimada de forma consistente.
- Justifica a variante recomendada com base técnica.
- Apresenta layout esquemático claro e compreensível.

Erros típicos a observar

- Considerar toda a área da cobertura como utilizável.
- Ignorar equipamentos de ar condicionado, clarabóias e acessos.
- Não prever corredores de manutenção.
- Colocar módulos demasiado próximos de obstáculos altos.
- Misturar módulos sombreados e não sombreados na mesma string.
- Misturar orientações diferentes no mesmo MPPT.
- Escolher apenas pela potência máxima sem considerar manutenção.
- Confundir maior produção específica com maior produção total.
- Não considerar a curva de consumo do centro comercial.
- Não deixar espaço para drenagem e circulação.
- Fazer strings sem verificar limites de tensão do inversor.
- Não indicar claramente zonas excluídas no layout.

Perguntas de reflexão

1. Por que uma grande cobertura plana não deve ser totalmente preenchida com módulos?
2. Qual é a diferença entre otimizar produção específica e otimizar produção total?
3. Por que a configuração Este-Oeste pode ser interessante para centros comerciais?
4. Que tipos de obstáculos mais influenciam o layout FV numa cobertura plana?
5. Por que os corredores de manutenção são parte do projecto e não uma perda de espaço?
6. O que pode acontecer se módulos com sombras diferentes forem ligados na mesma string?
7. Por que é importante separar clusters por MPPT?
8. Em que situação a variante Norte inclinada pode ser melhor do que Este-Oeste?
9. Como a curva de consumo de um centro comercial influencia a escolha da orientação?
10. Que informação seria necessária para transformar este estudo preliminar num projecto executivo?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Utilizar uma planta simplificada desenhada no quadro ou em papel A3.
- Representar módulos com pequenos cartões de papel.
- Usar blocos coloridos para obstáculos, corredores e zonas FV.
- Estimar áreas por contagem de quadrículas.
- Comparar apenas duas variantes: Norte e Este-Oeste.
- Usar valores fixos de produção específica fornecidos pelo formador.
- Fazer string-clustering com cores diferentes.
- Simular sombreamento com setas indicando direcção solar.
- Trabalhar em grupos, cada grupo propondo uma variante diferente.
- Apresentar o layout final em cartaz ou folha grande.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para planear uma instalação fotovoltaica em grande cobertura plana, identificando áreas utilizáveis, respeitando manutenção e segurança, comparando variantes de orientação, organizando módulos em clusters de strings e estimando a produção energética preliminar.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar planta simplificada da cobertura do centro comercial.
- Indicar Norte geográfico e dimensões principais.
- Marcar obstáculos como HVAC, clarabóias, casa de máquinas e bordas.
- Fornecer dados técnicos do módulo fotovoltaico.
- Fornecer valores de produção específica para diferentes variantes.
- Preparar fichas para cálculo de área, potência e produção.
- Disponibilizar cartões ou marcadores para organizar clusters.
- Definir regras mínimas de corredores e zonas de exclusão.
- Organizar os formandos em equipas.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

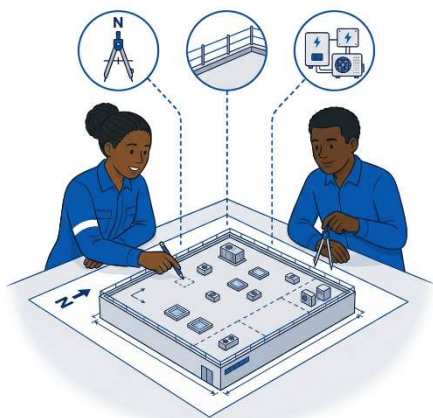
Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Apresentação do cenário e da cobertura (20 min)	Explicar o centro comercial, consumo diurno e objectivo do sistema FV.	Cenário compreendido.
2. Identificação de obstáculos e exclusões (35 min)	Marcar HVAC, clarabóias, casa de máquinas, bordas e zonas técnicas.	Planta com zonas excluídas.
3. Definição de corredores e área útil (30 min)	Reservar caminhos de manutenção e calcular área utilizável.	Área útil estimada.
4. Comparação de orientações (40 min)	Analisar variante Norte e variante Este-Oeste.	Tabela comparativa inicial.
5. Estimativa de módulos e potência (35 min)	Calcular número de módulos e potência por variante.	Potência FV preliminar.
6. String-clustering por zonas (40 min)	Dividir a cobertura em clusters e propor strings homogéneas.	Mapa de clusters e strings.
7. Atribuição a MPPT e análise de sombras (30 min)	Separar clusters por orientação/sombreamento e atribuir MPPT.	Organização eléctrica preliminar.
8. Comparação de produção e recomendação final (50 min)	Estimar produção anual, escolher variante e justificar.	Relatório resumido e layout esquemático.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve reforçar que a escala aumenta a importância de organização, manutenção e segurança.
- A cobertura deve ser tratada como um espaço técnico, não apenas como área livre.
- O layout deve permitir acesso a todos os equipamentos existentes.
- Obstáculos pequenos podem causar perdas significativas se afectarem strings inteiras.
- Em grandes sistemas, o agrupamento por MPPT é decisivo para desempenho.
- O formando deve entender que maior potência instalada nem sempre significa melhor projecto.
- A configuração Este-Oeste deve ser discutida como solução típica para coberturas comerciais.
- A orientação Norte deve ser discutida como solução de maior produção específica no hemisfério Sul.
- A análise é preliminar e deve ser validada posteriormente com simulação detalhada, estrutura, vento, cargas no telhado e normas locais.
- Em caso de visita real à cobertura, aplicar rigorosamente regras de trabalho em altura.

Ilustrações dos passos pedagógicos

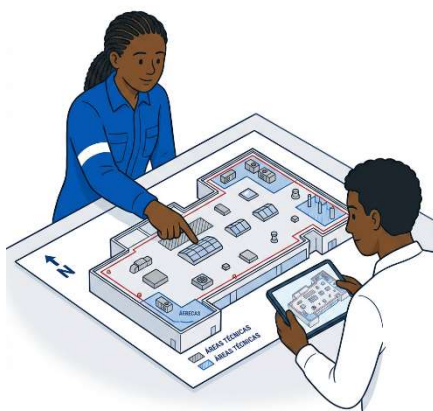
As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



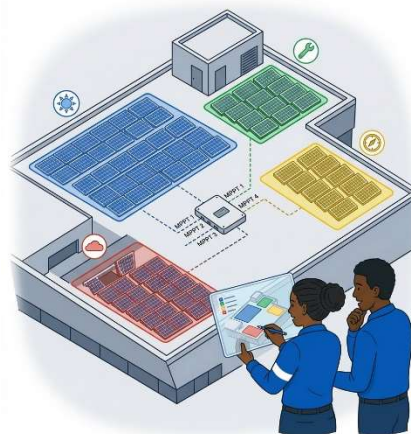
Passo 1: Análise da planta da cobertura, identificação do Norte, obstáculos, bordas e áreas técnicas.



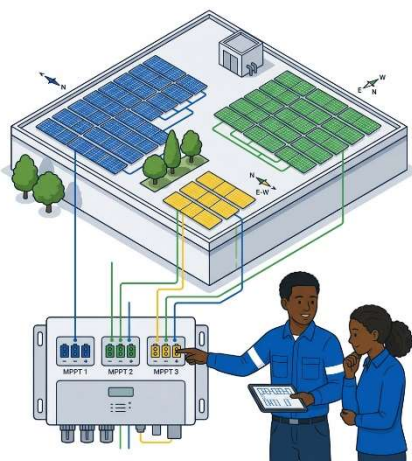
Passo 2: Marcação das zonas de exclusão e dos corredores de manutenção para acesso seguro.



Passo 3: Comparação entre layout com orientação Norte inclinada e layout Este-Oeste de baixa inclinação.



Passo 4: Organização da cobertura em clusters de módulos conforme zona, orientação e sombreamento.



Passo 5: Definição preliminar das strings e atribuição dos clusters aos MPPT dos inversores.



Passo 6: Comparação das variantes de produção e selecção do layout recomendado.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Necessidade de otimizar uma grande cobertura plana com obstáculos, manutenção e sombreamento.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Análise da planta, exclusões, comparação de variantes, clustering e estimativa de produção.	Sequência lógica e tecnicamente adequada.
3. Registos técnicos	Área útil, número de módulos, potência FV, clusters, strings, MPPT e produção estimada.	Registos completos e consistentes.
4. Segurança e qualidade	Layout respeita acessos, bordas, clarabóias, manutenção e separação por sombreamento.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Variante recomendada apresentada com justificação técnica e comparação de rendimento.	Explicação clara, realista e fundamentada.

Produto final da prática

Layout esquemático de uma instalação fotovoltaica em cobertura plana de centro comercial, contendo zonas de exclusão, corredores de manutenção, áreas FV utilizáveis, comparação entre variantes de orientação, estimativa de módulos e potência instalada, organização em clusters de strings, atribuição preliminar a MPPT, identificação de riscos de sombreamento e comparação de produção anual com recomendação técnica da variante mais adequada.

Prática 12: O&M, diagnóstico e análise de performance de uma instalação fotovoltaica

Tópico

Operação, manutenção e análise de desempenho de uma instalação fotovoltaica em funcionamento. A prática aborda a elaboração de um plano básico de manutenção, a realização de inspecção visual, a interpretação de dados de monitorização, a identificação de falhas prováveis, o cálculo do rendimento específico e da Performance Ratio, a comparação entre produção esperada e produção real e a definição de medidas correctivas em caso de menor rendimento.

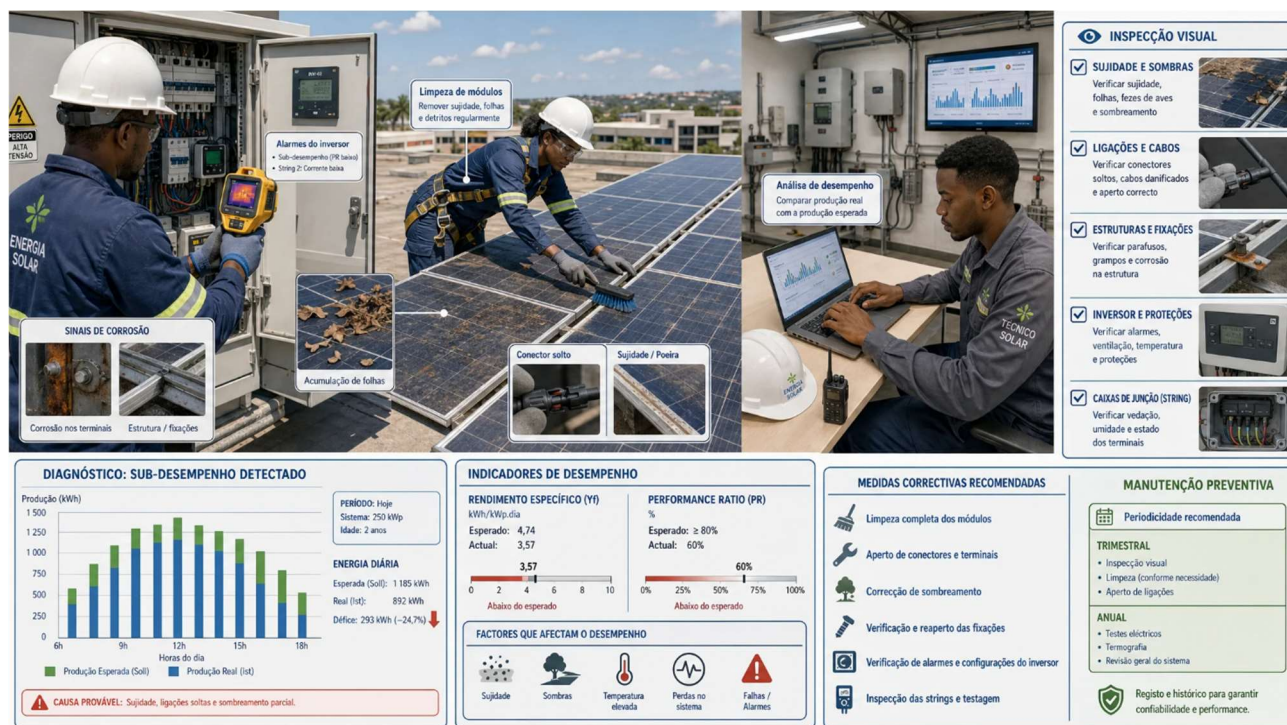
Nível

CV5 — Avançado / Operação, manutenção, diagnóstico e avaliação de desempenho FV

Nesta prática, o formando passa da fase de projecto e instalação para a fase de operação do sistema fotovoltaico. Depois de uma instalação FV entrar em funcionamento, o seu desempenho deve ser acompanhado ao longo do tempo. Um sistema tecnicamente bem dimensionado pode apresentar perdas significativas se houver sujidade nos módulos, sombreamento novo, falhas em strings, conectores danificados, inversores com alarmes, cabos deteriorados, ventilação insuficiente ou ausência de manutenção preventiva.

A operação e manutenção não devem ser vistas apenas como actividades de limpeza. O formando deve compreender que a manutenção envolve segurança, verificação visual, registo técnico, análise de dados, comparação entre produção real e esperada, identificação de causas prováveis e elaboração de um plano de acção.

O foco desta prática é capacitar o formando para avaliar se uma instalação fotovoltaica está a produzir de forma adequada, calcular indicadores simples de desempenho e propor medidas correctivas quando houver perda de produção.



O Cenário — A História

A equipa técnica foi chamada para avaliar uma instalação fotovoltaica instalada há dois anos num edifício comercial. O sistema foi projectado para reduzir o consumo de energia da rede durante o dia, mas a administração do edifício suspeita que a produção actual está abaixo do esperado.

O operador informou que, nos últimos meses, a produção diária parece ter diminuído. Alguns módulos apresentam sujidade visível, existem folhas acumuladas numa parte da cobertura, um novo elemento de sombreamento foi instalado perto de uma fileira de módulos e o inversor registou alguns alarmes intermitentes. A equipa de manutenção local não possui uma rotina formal de inspecção e os dados de monitorização são consultados apenas quando há reclamações.

A equipa técnica deve realizar uma análise organizada: verificar o estado físico da instalação, analisar os dados de produção, comparar o desempenho real com valores esperados, calcular indicadores como rendimento específico e Performance Ratio, identificar possíveis causas de menor rendimento e preparar um relatório com recomendações de manutenção e correcção.

Pergunta

Como operar, manter, diagnosticar e avaliar o desempenho de uma instalação fotovoltaica em funcionamento, utilizando inspecção visual, dados de monitorização, cálculo de indicadores de performance e definição de medidas correctivas em caso de menor rendimento?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Aplicar procedimentos de segurança eléctrica em instalações fotovoltaicas; 2. Dimensionar e avaliar o desempenho dos componentes de sistemas solares de painéis fotovoltaicos; 3. Avaliar desempenho energético, operação e manutenção de sistemas FV
Resultado de aprendizagem esperado	O formando realiza uma avaliação técnica de uma instalação FV em operação, identifica anomalias visuais e eléctricas prováveis, interpreta dados de monitorização, calcula rendimento específico e Performance Ratio, compara produção real com produção esperada e propõe um plano de medidas correctivas.
Critérios de desempenho associados	Elabora lista de verificação de manutenção; identifica sinais de sujidade, sombra, danos e falhas; interpreta dados básicos de inversor/monitorização; calcula rendimento específico; calcula Performance Ratio; compara produção real e esperada; identifica causas prováveis de menor rendimento; propõe medidas correctivas realistas e priorizadas.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Ficha de inspecção visual; dados de produção mensal; dados de irradiação; calculadora; folha de cálculo; imagens ou croqui da instalação; manual do inversor; multímetro e pinça amperimétrica, se houver prática supervisionada; EPI; formulário de diagnóstico; modelo de relatório técnico.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade com risco eléctrico e possível trabalho em altura. Utilizar EPI adequado, bloquear ou isolar circuitos quando necessário, não abrir quadros eléctricos sem autorização, respeitar procedimentos de segurança, não pisar módulos, manter distância de bordas e clarabóias e seguir instruções do formador.
Situação real / cenário prático	Instalação FV comercial em funcionamento com suspeita de produção abaixo do esperado.
Problema técnico a resolver	Determinar se o sistema está a produzir de forma adequada, identificar possíveis causas de perdas e propor plano de manutenção e correcção.
Tarefas para os formandos	Elaborar checklist de manutenção; realizar inspecção visual; analisar dados de monitorização; calcular rendimento específico; calcular Performance Ratio; comparar produção real com produção esperada; identificar causas prováveis de menor rendimento; elaborar diagnóstico e plano de medidas.

Evidências que os formandos devem produzir

- Checklist de manutenção preenchida.
- Registo de inspecção visual da instalação.
- Lista de anomalias observadas.
- Tabela de comparação entre produção esperada e produção real.
- Cálculo do rendimento específico.
- Cálculo da Performance Ratio.
- Cálculo do desvio percentual de produção.
- Diagnóstico técnico com causas prováveis.
- Plano de medidas correctivas.
- Plano de manutenção preventiva.
- Apresentação curta da conclusão técnica ao formador.

Critérios de avaliação para o formador

- Identifica correctamente sinais de sujidade, sombra, danos e falhas potenciais.
- Utiliza uma checklist de manutenção de forma organizada.
- Interpreta dados básicos de produção e monitorização.
- Calcula correctamente o rendimento específico.

- Calcula correctamente a Performance Ratio.
- Compara produção esperada e produção real de forma coerente.
- Distingue sintomas, causas prováveis e medidas correctivas.
- Prioriza acções com base em segurança, impacto energético e custo.
- Reconhece limitações da análise simplificada.
- Produz um relatório técnico claro, objectivo e aplicável.
- Demonstra atenção aos procedimentos de segurança.
- Propõe uma rotina realista de operação e manutenção.

Erros típicos a observar

- Considerar que manutenção FV significa apenas limpar módulos.
- Ignorar alarmes do inversor.
- Comparar produção de meses diferentes sem considerar irradiação.
- Confundir potência instalada com energia produzida.
- Calcular Performance Ratio com unidades incorrectas.
- Não distinguir produção esperada de produção real.
- Atribuir toda perda de produção à sujidade sem verificar strings e alarmes.
- Ignorar sombras novas no local.
- Não registar evidências fotográficas ou observações.
- Abrir quadros eléctricos sem autorização ou sem EPI.
- Não verificar conectores e cabos.
- Não criar plano de manutenção contínua.
- Propor substituição de equipamentos sem diagnóstico suficiente.
- Não priorizar medidas por segurança e impacto.

Perguntas de reflexão

1. Por que uma instalação FV precisa de manutenção mesmo sem partes móveis principais?
2. Qual é a diferença entre manutenção preventiva e manutenção correctiva?
3. Como a sujidade nos módulos afecta a produção?
4. Por que uma pequena sombra pode causar grande perda numa string?
5. O que significa rendimento específico?
6. O que a Performance Ratio permite avaliar?
7. Por que não basta comparar a produção de dois meses sem considerar a irradiação?
8. Que informação pode ser obtida a partir dos alarmes do inversor?
9. Como identificar se uma string está com desempenho inferior?
10. Que medidas devem ser tomadas quando a produção real está abaixo da esperada?
11. Por que os registos de manutenção são importantes?
12. Como explicar ao cliente a diferença entre perda normal e falha técnica?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Utilizar tabelas impressas de produção mensal em vez de software online.
- Fazer os cálculos manualmente com calculadora.
- Usar fotografias de instalações reais para simular inspecção visual.
- Representar strings com cartões ou desenhos no quadro.
- Criar uma checklist simples em papel.
- Comparar produção esperada e real com gráficos desenhados à mão.
- Usar valores de irradiação fornecidos pelo formador.
- Simular alarmes do inversor com cartões de diagnóstico.
- Trabalhar em grupos: um grupo faz inspecção visual, outro calcula indicadores e outro propõe medidas.

- Elaborar o relatório final em folha A4.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para realizar uma avaliação básica de operação e manutenção de uma instalação fotovoltaica, combinando inspecção visual, análise de dados de monitorização, cálculo de indicadores de desempenho e elaboração de um plano de medidas correctivas para recuperar ou melhorar a produção.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar dados técnicos simplificados da instalação FV.
- Preparar tabela de produção esperada e produção real.
- Disponibilizar dados de irradiação mensal.
- Preparar fotografias ou descrição de anomalias visuais.
- Preparar histórico simplificado de alarmes do inversor.
- Fornecer modelo de checklist de manutenção.
- Fornecer modelo de relatório de diagnóstico.
- Organizar os formandos em grupos.
- Reforçar regras de segurança antes da actividade.
- Definir se a prática será feita em sala, em laboratório ou em visita técnica supervisionada.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Apresentação do cenário — 20 min	Explicar a instalação, a suspeita de menor rendimento e os objectivos da análise.	Cenário compreendido.
2. Revisão de O&M e segurança — 25 min	Discutir manutenção preventiva, correctiva, monitorização e riscos eléctricos.	Regras de segurança identificadas.
3. Inspecção visual guiada — 40 min	Analisar imagens, croqui ou instalação real com checklist.	Checklist preenchida.
4. Análise dos dados de produção — 40 min	Comparar produção esperada e real por mês.	Tabela Soll/Ist preenchida.
5. Cálculo dos indicadores — 45 min	Calcular rendimento específico, PR e desvio percentual.	Indicadores calculados.
6. Diagnóstico técnico — 35 min	Relacionar sintomas, dados e causas prováveis.	Lista de causas prováveis.
7. Plano de medidas — 30 min	Definir acções correctivas e preventivas por prioridade.	Plano de medidas elaborado.
8. Apresentação e validação — 25 min	Cada grupo apresenta diagnóstico e recomendações.	Relatório resumido validado.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve reforçar que a análise de desempenho exige dados e não apenas impressão visual.
- Uma instalação suja pode ainda funcionar, mas com produção inferior.
- Uma string com falha pode reduzir significativamente a produção sem desligar todo o sistema.
- Alarmes do inversor devem ser registados, interpretados e acompanhados.
- A Performance Ratio ajuda a comparar desempenho independentemente do tamanho do sistema.
- A comparação Soll/Ist deve considerar irradiação, disponibilidade e condições locais.
- O diagnóstico deve separar factos observados, hipóteses prováveis e acções recomendadas.
- Actividades eléctricas devem ser realizadas apenas por pessoal autorizado e com EPI.
- A limpeza dos módulos deve respeitar horário, segurança em altura, qualidade da água e instruções do fabricante.
- O relatório deve ser claro para que o cliente compreenda o problema, o impacto e as medidas necessárias.

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



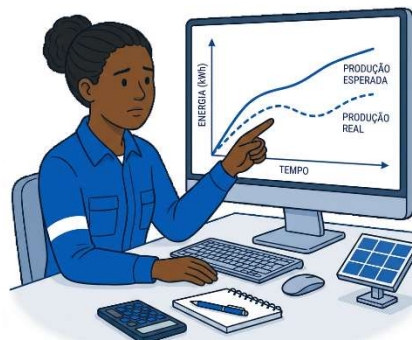
Passo 1: Vista geral da instalação FV com módulos, inversor e quadros eléctricos.



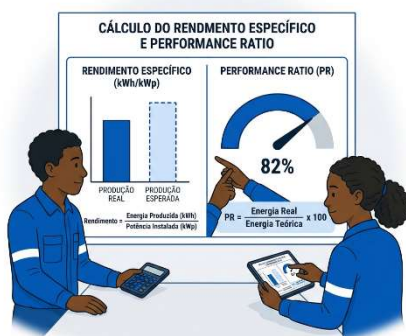
Passo 2: Módulos com sujidade, folhas ou sombra parcial.



Passo 3: Técnico preenchendo checklist de inspecção visual.



Passo 4: Gráfico simples de produção esperada versus produção real.



Passo 5: Cálculo do rendimento específico e da Performance Ratio.



Passo 6: Plano de medidas correctivas dividido por prioridade.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Produção real inferior à esperada numa instalação FV comercial.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Inspecção visual, análise de monitorização, cálculo de indicadores e diagnóstico.	Sequência lógica e adequada.
3. Registos técnicos	Produção esperada, produção real, irradiação, rendimento específico, PR e desvio percentual.	Registos completos e consistentes.
4. Segurança e qualidade	Respeito por EPI, limites de actuação e procedimentos seguros.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Diagnóstico provável e plano de medidas correctivas.	Explicação clara, realista e fundamentada.

Produto final da prática

Checklist de manutenção preenchida, relatório de diagnóstico da instalação fotovoltaica, cálculo do rendimento específico e da Performance Ratio, comparação entre produção esperada e produção real, identificação das causas prováveis de menor rendimento e plano de medidas correctivas e preventivas para melhorar a operação, a segurança e o desempenho energético do sistema FV.

Prática 13: Diagnóstico de subdesempenho e pesquisa de falhas numa instalação fotovoltaica comercial

Tópico

Diagnóstico técnico de uma instalação fotovoltaica comercial que está a produzir menos energia do que o esperado. A prática trabalha uma abordagem orientada por hipóteses, considerando causas possíveis como sombreamento, sujidade dos módulos, falha de strings, problemas de MPPT, erros de configuração, alarmes de inversores, falhas de comunicação e degradação de componentes.

Nível

CV5 (Avançado / Diagnóstico, análise de desempenho e tomada de decisão técnica)

Nesta prática, o formando aplica conhecimentos de dimensionamento, comissionamento, operação, manutenção, análise de dados e segurança eléctrica para investigar uma instalação fotovoltaica comercial com baixo desempenho.

O foco não é apenas encontrar “um defeito”, mas construir um raciocínio técnico: observar dados, formular hipóteses, definir testes, recolher evidências, interpretar resultados e propor medidas correctivas. Esta abordagem aproxima o formando da prática profissional de O&M em sistemas comerciais.



O Cenário (A História)

Uma instalação fotovoltaica comercial instalada na cobertura de um centro comercial está a produzir menos energia do que o esperado. O sistema tem vários inversores, strings organizadas por clusters, múltiplos MPPT e monitorização online.

Nos primeiros meses após o comissionamento, a produção parecia normal. Porém, nos últimos dois meses, a equipa de operação observou uma redução de produção em relação ao valor esperado. A administração do centro comercial quer saber se o problema é causado por sujidade, sombreamento, falha técnica, configuração incorrecta ou outro factor.

A equipa técnica deve preparar um diagnóstico estruturado. Para isso, deve analisar os dados de produção, comparar inversores e strings, verificar alarmes, observar a cobertura, propor medições e estimar o ganho esperado depois da correcção.

Pergunta

Como diagnosticar, de forma estruturada, uma instalação fotovoltaica comercial que apresenta produção inferior ao esperado, identificando causas prováveis, testes necessários, medidas correctivas e estimativa de melhoria antes/depois?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Instalar e testar sistemas fotovoltaicos; 2. Aplicar procedimentos de segurança eléctrica; 3. Dimensionar e avaliar desempenho de sistemas solares fotovoltaicos;

	4. Avaliar desempenho energético, operação, manutenção e diagnóstico de sistemas FV
Resultado de aprendizagem esperado	O formando elabora um diagnóstico técnico de subdesempenho numa instalação FV comercial, formulando hipóteses, seleccionando testes, interpretando dados e propondo medidas correctivas com estimativa de melhoria.
Critérios de desempenho associados	Compara produção esperada e real; identifica desvios por inversor, MPPT ou string; formula hipóteses técnicas; define testes adequados; distingue causas ambientais, eléctricas e operacionais; propõe acções correctivas; estima produção antes/depois; documenta conclusões de forma clara.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Dados de produção; histórico de alarmes; layout da instalação; mapa de strings; ficha técnica dos módulos e inversores; relatório de comissionamento; checklist O&M; multímetro FV; alicate amperímetro DC; câmara termográfica, se disponível; fotografias da cobertura; folha de cálculo; EPI.
Requisitos de segurança e EPI	Qualquer inspecção em cobertura ou quadro eléctrico deve respeitar procedimentos de trabalho em altura, risco eléctrico DC/AC, bloqueio e etiquetagem quando aplicável, uso de ferramentas adequadas e intervenção apenas por técnico qualificado.
Situação real / cenário prático	Instalação FV comercial em operação, com produção inferior ao esperado.
Problema técnico a resolver	Identificar as causas prováveis do subdesempenho e propor plano de testes e medidas correctivas.
Tarefas para os formandos	Analisar dados de produção; comparar valores esperados e reais; formular hipóteses; definir testes; interpretar resultados; propor medidas correctivas; estimar ganho antes/depois; preparar relatório de diagnóstico.

Evidências que os formandos devem produzir

- Tabela de comparação entre produção esperada e real.
- Cálculo do desvio absoluto e percentual.
- Comparação por inversor.
- Comparação por MPPT ou string, quando disponível.
- Lista de hipóteses técnicas.
- Plano de testes para confirmar ou rejeitar hipóteses.
- Checklist de inspecção visual.
- Lista de medições eléctricas recomendadas.
- Interpretação de alarmes.
- Identificação das causas mais prováveis.
- Plano de medidas correctivas.
- Estimativa Before/After.
- Relatório final de diagnóstico.

Critérios de avaliação para o formador

- Compara correctamente dados esperados e reais.
- Calcula desvios de produção de forma coerente.
- Identifica inversores, MPPT ou zonas com comportamento anormal.
- Formula hipóteses com base em evidências, não em suposições.
- Selecciona testes adequados para cada hipótese.
- Diferencia causas ambientais, eléctricas, operacionais e de configuração.
- Considera segurança antes de propor medições.
- Interpreta dados de forma lógica.
- Propõe acções correctivas realistas.

- Estima o impacto esperado das medidas.
- Apresenta relatório claro e tecnicamente fundamentado.

Erros típicos a observar

- Assumir imediatamente que o problema é o inversor.
- Ignorar diferenças entre inversores semelhantes.
- Comparar produção sem considerar potência instalada.
- Não verificar se os dados de monitorização são fiáveis.
- Confundir clima fraco com falha técnica.
- Ignorar alarmes registados.
- Não verificar sujidade ou sombreamento novo.
- Misturar hipóteses com conclusões.
- Substituir componentes sem medições.
- Fazer medições eléctricas sem procedimento de segurança.
- Não documentar fotos, valores e horários.
- Não estimar o ganho esperado após as correcções.

Perguntas de reflexão

1. Por que o diagnóstico deve começar pela comparação entre produção esperada e real?
2. Por que é importante comparar inversores de potência semelhante?
3. Como distinguir uma perda causada por clima de uma falha técnica localizada?
4. Que sinais podem indicar uma string desligada?
5. Como a sujidade pode ser confirmada como causa de perda?
6. Por que a curva diária de produção ajuda a identificar sombreamento?
7. Que problemas podem ser causados por configurações incorrectas do inversor?
8. Por que a termografia deve ser interpretada com cuidado?
9. Quando uma falha deve ser tratada como crítica?
10. Por que a estimativa Before/After é útil para o cliente?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Utilizar dados simulados em papel ou numa folha de cálculo simples.
- Representar inversores e MPPT com cartões coloridos.
- Usar fotografias impressas para simular inspecção visual.
- Criar alarmes fictícios para interpretação pelos formandos.
- Fazer medições simuladas com tabelas fornecidas pelo formador.
- Comparar apenas três inversores em vez de cinco.
- Substituir termografia real por imagens térmicas de exemplo.
- Trabalhar em grupos, cada grupo investigando uma hipótese diferente.
- Fazer apresentação oral do diagnóstico como se fosse para o cliente.
- Usar uma matriz simples: hipótese — evidência — teste — acção.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para diagnosticar subdesempenho em instalações fotovoltaicas comerciais, utilizando uma abordagem orientada por hipóteses, análise de dados, inspecção visual, testes eléctricos, interpretação de alarmes, plano de medidas correctivas e estimativa Before/After.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar dados esperados e reais de produção.
- Criar tabela por inversor e por MPPT.
- Disponibilizar layout simplificado da instalação.
- Fornecer mapa de strings.

- Preparar histórico de alarmes.
- Fornecer fotografias simuladas de sujidade, sombra, conectores e quadros.
- Preparar uma lista de medições simuladas.
- Definir uma ou mais causas reais escondidas para os formandos descobrirem.
- Preparar modelo de relatório de diagnóstico.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Apresentação do problema (20 min)	Explicar a instalação, a produção esperada e a produção real observada.	Problema compreendido.
2. Cálculo dos desvios (25 min)	Calcular desvio absoluto, percentual e produção específica.	Tabela esperado vs. real.
3. Comparação por inversor e MPPT (35 min)	Identificar equipamentos e zonas com comportamento anormal.	Lista de suspeitos técnicos.
4. Formulação de hipóteses (30 min)	Levantar hipóteses: sujidade, sombra, string, MPPT, inversor, configuração.	Matriz de hipóteses.
5. Plano de testes (40 min)	Definir inspecções e medições para confirmar/rejeitar hipóteses.	Plano de diagnóstico.
6. Interpretação de evidências (35 min)	Analisar alarmes, fotos e medições simuladas.	Causas prováveis identificadas.
7. Medidas correctivas e Before/After (35 min)	Propor acções e estimar recuperação de produção.	Plano de acção e estimativa.
8. Relatório e apresentação final (40 min)	Elaborar e apresentar o diagnóstico ao grupo.	Relatório de diagnóstico concluído.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve insistir que diagnóstico técnico deve ser baseado em evidências.
- A primeira pergunta deve ser: “O desvio é real ou é erro de dados?”
- A segunda pergunta deve ser: “O problema é geral ou localizado?”
- Os formandos devem evitar concluir antes de testar.
- Falhas eléctricas devem ser tratadas com prioridade e segurança.
- Um sistema com produção baixa pode continuar energizado e perigoso.
- A comparação entre inversores semelhantes é uma ferramenta simples e poderosa.
- A termografia é útil, mas não substitui medições eléctricas.
- A documentação fotográfica deve indicar data, local e equipamento.
- O relatório deve separar claramente: observações, hipóteses, testes, conclusões e medidas.

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



Passo 1: Comparação entre produção esperada e produção real, identificando o desvio total da instalação.



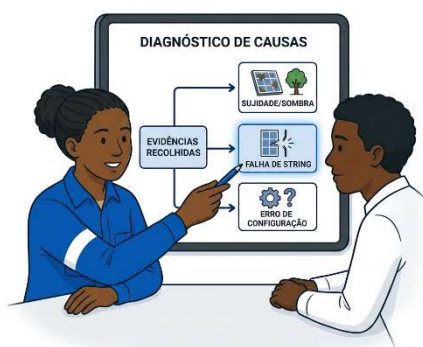
Passo 2: Análise por inversor, MPPT e cluster para localizar a zona ou equipamento com comportamento anormal.



Passo 3: Formulação de hipóteses de diagnóstico, como sujidade, sombreamento, falha de string, MPPT ou configuração.



Passo 4: Definição dos testes necessários, incluindo inspeção visual, medições eléctricas, alarmes e termografia.



Passo 5: Interpretação das evidências recolhidas e identificação das causas mais prováveis do subdesempenho.



Passo 6: Elaboração do plano de medidas correctivas e estimativa de produção Before/After.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Instalação FV comercial com produção inferior ao esperado.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Comparação esperado/real, análise por inversor/MPPT, hipóteses, testes e interpretação.	Sequência lógica e orientada por evidências.
3. Registos técnicos	Desvios, alarmes, medições, fotos, hipóteses, causas prováveis e acções.	Registos completos e coerentes.
4. Segurança e qualidade	Testes propostos respeitam risco eléctrico, trabalho em altura e qualificação técnica.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Diagnóstico apresenta causas, medidas correctivas e estimativa Before/After.	Explicação clara, realista e fundamentada.

Produto final da prática

Relatório de diagnóstico de subdesempenho para uma instalação fotovoltaica comercial, contendo comparação entre produção esperada e real, cálculo de desvios, análise por inversor e MPPT, hipóteses de causa, plano de testes, interpretação de evidências, identificação das causas prováveis, medidas correctivas priorizadas e estimativa Before/After da recuperação de produção.

Prática 14: Planeamento de mini-rede fotovoltaica e conceito de operação para uma comunidade

Tópico

Planeamento simplificado de uma mini-rede eléctrica baseada em energia fotovoltaica, armazenamento em baterias e, se necessário, gerador de apoio para uma aldeia, bairro ou pequeno conjunto comunitário. A prática aborda gestão de cargas, estratégia de operação, priorização de consumidores, pontos de medição e monitorização, organização de operação e manutenção, e definição de responsabilidades locais.

Nível

CV5 (Avançado / Planeamento sistémico, operação comunitária e gestão de mini-redes)

Nesta prática, o formando aplica os conhecimentos adquiridos em dimensionamento FV, baterias, inversores, protecções, comissionamento, O&M, análise de dados, priorização de cargas e diagnóstico. A diferença é que agora o sistema deixa de alimentar apenas um edifício e passa a funcionar como uma pequena rede local com vários consumidores.

O foco é desenvolver pensamento sistémico: produção, armazenamento, consumo, prioridades, regras de operação, medição, manutenção e gestão comunitária devem funcionar em conjunto. Uma mini-rede não é apenas um conjunto de equipamentos; é também um modelo de operação, responsabilidade e controlo.



O Cenário (A História)

Uma comunidade rural ou bairro periurbano pretende criar uma mini-rede para alimentar cargas essenciais e melhorar o acesso à electricidade. A comunidade tem cerca de 60 ligações, incluindo habitações, uma escola pequena, um posto de saúde, iluminação pública, pequenas lojas, bombas de água e alguns equipamentos produtivos.

A rede nacional é inexistente ou pouco fiável. A solução proposta é uma mini-rede com campo fotovoltaico, banco de baterias, inversores, rede de distribuição local, sistema de medição, possível gerador de apoio e regras claras de utilização.

A equipa técnica deve propor um conceito simplificado de mini-rede, definindo quais cargas são prioritárias, como gerir a energia durante o dia e a noite, quando limitar consumos, quando usar o gerador, onde medir e monitorizar, e como organizar a operação e manutenção.

Pergunta

Como planejar uma mini-rede fotovoltaica comunitária de forma simplificada, definindo produção, armazenamento, gestão de cargas, regras de operação, monitorização e responsabilidades de operação?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos domésticos, comerciais e comunitários; 2. Aplicar procedimentos de segurança eléctrica; 3. Dimensionar e avaliar desempenho de sistemas fotovoltaicos; 4. Avaliar desempenho energético, operação, manutenção, monitorização e gestão de sistemas FV

Resultado de aprendizagem esperado	O formando elabora um conceito simplificado de mini-rede FV com armazenamento e eventual gerador, incluindo classificação de cargas, estratégia de operação, regras de prioridade, plano de monitorização, organização O&M e papéis no funcionamento diário.
CrITÉrios de desempenho associados	Identifica consumidores e cargas críticas; estima procura diária; define prioridades; propõe tamanho preliminar de FV e bateria; define regras de SOC e uso do gerador; indica pontos de medição; estabelece responsabilidades de operação; considera manutenção e comunicação com utilizadores.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Perfil de cargas da comunidade; lista de consumidores; dados de irradiância; ficha técnica de módulos, inversores, baterias e gerador; mapa simplificado da aldeia/bairro; calculadora; folha de cálculo; quadro branco; cartões para cargas; modelos de regras operacionais e checklists O&M.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade principalmente de planeamento. Caso haja visita técnica real, respeitar segurança eléctrica, trabalho em altura, acesso a salas técnicas, risco de baterias, gerador, combustível, cabos de distribuição e protecção contra contactos directos/indirectos.
Situação real / cenário prático	Mini-rede comunitária para aldeia ou bairro, com PV + bateria + eventual gerador de apoio.
Problema técnico a resolver	Criar um conceito de sistema e operação que mantenha fornecimento confiável, priorize cargas essenciais e organize monitorização e O&M.
Tarefas para os formandos	Levantar cargas; classificar consumidores; estimar energia diária; dimensionar preliminarmente PV e bateria; definir estratégia de operação; criar regras de prioridade; propor pontos de medição; definir plano de monitorização; organizar papéis e responsabilidades.

Evidências que os formandos devem produzir

- Lista de consumidores e cargas.
- Estimativa de energia diária.
- Classificação das cargas por prioridade.
- Conceito técnico simplificado da mini-rede.
- Dimensionamento preliminar de PV, bateria, inversor e gerador.
- Estratégia de operação diária.
- Regras operacionais por SOC.
- Plano de gestão de cargas.
- Separação de circuitos/alimentadores por prioridade.
- Plano de medição e monitorização.
- Organização de O&M.
- Definição dos papéis no funcionamento da mini-rede.
- Plano de segurança.
- Conceito final apresentado em relatório ou cartaz.

CrITÉrios de avaliação para o formador

- Identifica correctamente as cargas da comunidade.
- Estima consumo diário de forma lógica.
- Classifica cargas por prioridade.
- Propõe dimensionamento preliminar coerente.
- Define regras operacionais claras por SOC.
- Considera gestão de cargas e horários preferenciais.
- Inclui gerador apenas como apoio, não como fonte principal.
- Define pontos de medição relevantes.
- Organiza responsabilidades de operação e manutenção.

- Considera segurança eléctrica, baterias, gerador e distribuição.
- Apresenta conceito de mini-rede compreensível e aplicável.

Erros típicos a observar

- Somar todas as potências como se fossem simultâneas.
- Ignorar cargas críticas como saúde, água e iluminação de segurança.
- Dimensionar sem considerar perdas e crescimento.
- Usar a bateria até 100% de descarga.
- Ligar o gerador sempre que há consumo alto, sem gestão de cargas.
- Não definir regras para baixo SOC.
- Não separar circuitos críticos e não críticos.
- Não medir consumo por zona ou alimentador.
- Ignorar O&M e responsabilidades locais.
- Permitir cargas grandes sem autorização.
- Não prever comunicação com utilizadores.
- Não considerar segurança da sala técnica, baterias e combustível.

Perguntas de reflexão

1. Por que uma mini-rede exige regras de operação e não apenas equipamentos?
2. Que cargas devem ser mantidas em situação de emergência?
3. Por que a bombagem de água deve ser preferencialmente feita durante horas solares?
4. O que pode acontecer se todos os utilizadores ligarem cargas elevadas ao mesmo tempo?
5. Por que é importante medir energia por alimentador ou zona?
6. Como o SOC da bateria influencia as decisões de operação?
7. Quando o gerador deve ser usado e quando deve ser evitado?
8. Por que os utilizadores precisam conhecer as regras do mini-grid?
9. Como o operador local pode ajudar a evitar falhas graves?
10. Que dados são necessários para planear uma expansão futura?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Desenhar a aldeia ou bairro no quadro ou em papel grande.
- Usar cartões para representar cargas e consumidores.
- Separar cargas por cores conforme prioridade.
- Simular SOC da bateria com uma escala desenhada.
- Criar regras de operação com base em cartões de situação.
- Usar valores de consumo simplificados fornecidos pelo formador.
- Substituir software por folha de cálculo manual.
- Criar um mapa simples dos alimentadores.
- Discutir papéis de operação como jogo de simulação.
- Apresentar o conceito final em cartaz.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para planear, de forma simplificada, uma mini-rede fotovoltaica comunitária com armazenamento e eventual gerador, definindo cargas prioritárias, dimensionamento preliminar, estratégia de operação, gestão de cargas, pontos de monitorização, organização O&M e papéis no funcionamento diário.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar descrição da aldeia ou bairro.
- Fornecer lista de consumidores e cargas.
- Indicar dados de produção solar local.
- Preparar mapa simplificado da comunidade.

- Preparar cartões de prioridade de cargas.
- Fornecer valores de referência para bateria, FV, inversor e gerador.
- Preparar situações de operação: dia normal, dia nublado, baixo SOC, falha de gerador.
- Definir modelo de relatório ou cartaz final.
- Organizar os formandos em equipas.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Apresentação do cenário comunitário (20 min)	Explicar consumidores, objectivos e limitações da mini-rede.	Cenário compreendido.
2. Levantamento e classificação de cargas (35 min)	Listar cargas e separar por prioridade.	Tabela de cargas e prioridades.
3. Estimativa de energia diária (35 min)	Calcular consumo total e energia de projecto.	Cálculo preliminar concluído.
4. Dimensionamento simplificado (35 min)	Estimar PV, bateria, inversor e gerador.	Conceito técnico inicial.
5. Regras de operação e SOC (40 min)	Criar regras para operação normal, restrição e emergência.	Tabela de regras operacionais.
6. Gestão de cargas e circuitos (30 min)	Definir horários, prioridades e alimentadores.	Plano de gestão de cargas.
7. Monitorização e O&M (35 min)	Definir pontos de medição, frequência e responsáveis.	Plano de monitorização e papéis.
8. Apresentação do conceito final (30 min)	Apresentar mini-grid simplificado e justificar decisões.	Relatório/cartaz final.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve reforçar que mini-redes exigem equilíbrio entre técnica, operação e comportamento dos utilizadores.
- A prioridade não deve ser apenas “quem consome mais”, mas sim impacto social e criticidade.
- O posto de saúde, água e segurança devem ser discutidos como cargas críticas.
- O gerador deve ser visto como apoio estratégico, não como solução para consumo descontrolado.
- As regras de SOC devem ser simples e compreensíveis para o operador local.
- A medição por alimentador ajuda a identificar abuso, perdas e crescimento de carga.
- O plano de O&M deve ser realista para a capacidade local.
- O modelo de gestão comunitária é tão importante quanto os equipamentos.
- A expansão futura deve ser considerada desde o início.
- A segurança deve incluir rede de distribuição, baterias, gerador, combustível e sala técnica.

I

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



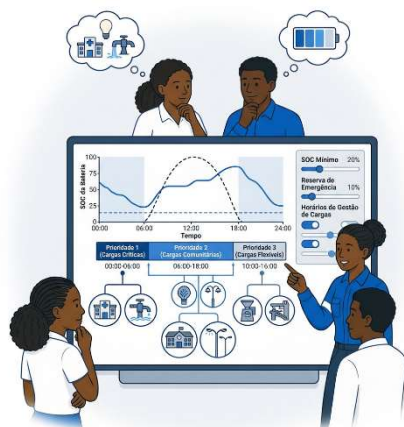
Passo 1: Levantamento dos consumidores da comunidade e identificação das cargas principais.



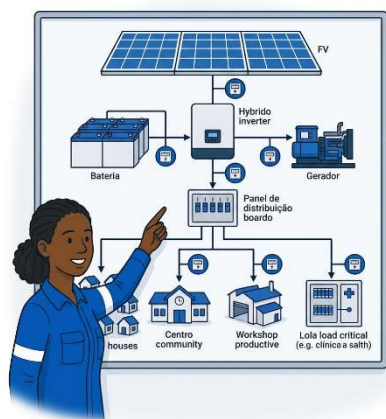
Passo 2: Classificação das cargas por prioridade: críticas, comunitárias, residenciais, produtivas e flexíveis.



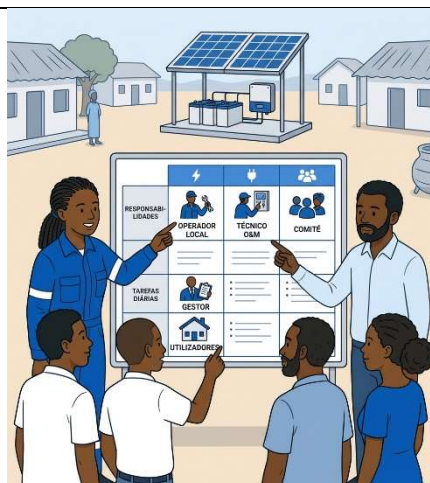
Passo 3: Dimensionamento preliminar do campo FV, bateria, inversor e eventual gerador de apoio.



Passo 4: Definição das regras de operação por SOC da bateria e horários de gestão de cargas.



Passo 5: Escolha dos pontos de medição e monitorização: FV, bateria, inversor, gerador, alimentadores e cargas críticas.



Passo 6: Organização dos papéis no funcionamento diário: operador local, técnico O&M, comité, gestor e utilizadores.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Necessidade de planejar fornecimento eléctrico comunitário com recursos limitados.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Levantamento de cargas, prioridades, dimensionamento, regras operacionais e monitorização.	Sequência lógica e sistémica.
3. Registos técnicos	Cargas, energia diária, PV, bateria, inversor, gerador, SOC, medição e O&M.	Registos completos e coerentes.
4. Segurança e qualidade	Conceito considera cargas críticas, protecções, baterias, gerador, sala técnica e distribuição.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Mini-grid apresentado com regras, papéis e plano de monitorização.	Explicação clara, realista e fundamentada.

Produto final da prática

Conceito simplificado de mini-rede fotovoltaica comunitária, contendo lista e classificação de cargas, estimativa de consumo diário, dimensionamento preliminar de PV, bateria, inversores e gerador, estratégia de operação por SOC, regras de gestão de cargas, separação de circuitos por prioridade, pontos de medição e monitorização, organização de O&M, papéis no funcionamento diário e plano básico de segurança.

Prática 15: Dimensionamento e estratégia de operação para uma estação de bombagem de água fotovoltaica

Tópico

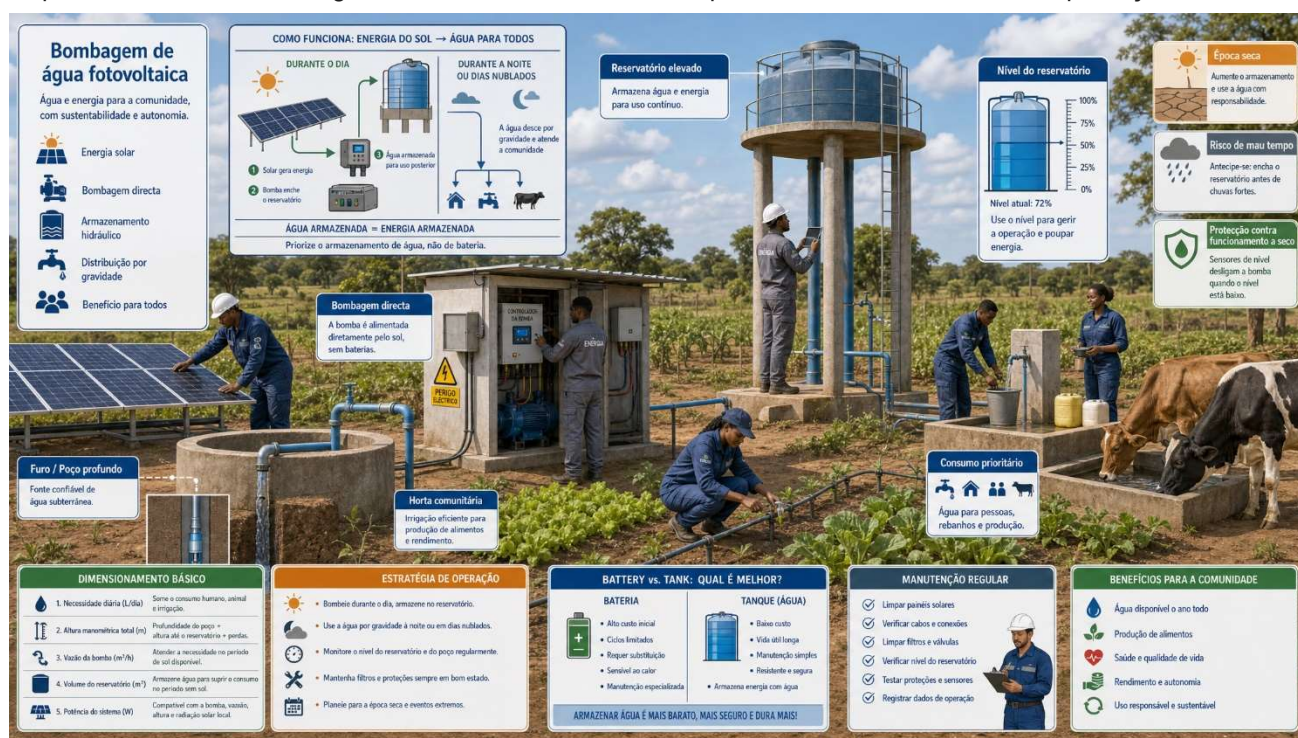
Dimensionamento simplificado e definição da estratégia de operação de uma estação de bombagem de água alimentada por energia fotovoltaica. A prática compara o conceito de bombagem solar directa com alternativas que utilizam armazenamento eléctrico em baterias ou armazenamento hidráulico em reservatório. O foco está no perfil de carga da bomba, disponibilidade de água, recurso solar sazonal, operação na época seca e análise de riscos em períodos de mau tempo.

Nível

CV5 (Avançado / Aplicação especial, dimensionamento funcional e análise de risco)

Nesta prática, o formando aplica conhecimentos de energia fotovoltaica, perfis de carga, potência de motores, armazenamento, disponibilidade, operação em sistemas isolados, sazonalidade e gestão de riscos. A estação de bombagem é tratada como uma aplicação especial, na qual o objectivo principal não é apenas produzir electricidade, mas garantir volume de água disponível.

O foco técnico está em compreender que, em muitos casos, a energia pode ser armazenada de forma mais simples e robusta como água num reservatório, em vez de ser armazenada em baterias. O formando deve analisar a necessidade diária de água, a potência da bomba, o horário de funcionamento, a variação sazonal da irradiância, a disponibilidade da fonte de água e o risco de falha durante a época seca ou em dias de baixa produção solar.



O Cenário (A História)

Uma comunidade rural possui um furo ou poço profundo que deve abastecer um reservatório elevado. A água é usada para consumo doméstico, escola, pequeno centro de saúde, bebedouros de animais e uma horta comunitária. A rede eléctrica local é inexistente ou pouco fiável, e o gerador diesel usado anteriormente apresenta custos elevados de combustível e manutenção.

A comunidade pretende instalar uma estação de bombagem fotovoltaica. A equipa técnica deve decidir se a melhor solução é bombagem solar directa durante o dia, bombagem com bateria, ou bombagem com armazenamento de água num reservatório. Também deve definir a potência fotovoltaica necessária, o tempo diário de bombagem, a capacidade mínima do reservatório, as regras de operação e os riscos principais durante a época seca ou em períodos prolongados de mau tempo.

Pergunta

Como dimensionar e operar uma estação de bombagem de água fotovoltaica, garantindo disponibilidade de água, considerando o perfil da bomba, recurso solar sazonal, opção com ou sem baterias e riscos na época seca ou em dias de baixa irradiância?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
-------	----------

Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos domésticos, comerciais e comunitários; 2. Aplicar procedimentos de segurança eléctrica; 3. Dimensionar e avaliar desempenho de sistemas fotovoltaicos; 4. Avaliar operação, manutenção e desempenho de sistemas FV aplicados a cargas especiais
Resultado de aprendizagem esperado	O formando elabora uma solução simplificada para uma estação de bombagem fotovoltaica, calculando necessidade diária de água, energia da bomba, potência FV preliminar, armazenamento de água, estratégia de operação e análise de riscos sazonais.
CrITÉrios de desempenho associados	Estima consumo diário de água; define perfil de funcionamento da bomba; compara bombagem directa, bateria e reservatório; considera recurso solar na época seca; propõe capacidade mínima de reserva; define regras de operação; identifica riscos técnicos e operacionais; propõe medidas de mitigação.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	Dados de consumo de água; altura manométrica; caudal da bomba; potência da bomba; dados de irradiância; ficha técnica de bomba/inversor/controlador; esquema de reservatório; calculadora; folha de cálculo; mapa da comunidade; checklist de riscos; tabelas de sazonalidade.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade principalmente de planeamento. Caso exista visita técnica: respeitar segurança eléctrica DC/AC, trabalho próximo de água, poços/furos, bombas submersíveis, quadros eléctricos, tubagens pressurizadas, trabalho em altura no reservatório e acesso restrito à sala técnica.
Situação real / cenário prático	Estação de bombagem de água para comunidade rural, alimentada por sistema fotovoltaico.
Problema técnico a resolver	Dimensionar a solução e definir estratégia de operação que garanta água disponível, mesmo em condições sazonais adversas.
Tarefas para os formandos	Estimar demanda de água; definir perfil da bomba; calcular energia diária; comparar soluções com/sem bateria; dimensionar FV preliminar; definir armazenamento de água; avaliar riscos; propor regras operacionais e plano O&M.

Evidências que os formandos devem produzir

- Lista de utilizadores e consumo diário de água.
- Separação entre usos prioritários e usos flexíveis.
- Perfil diário de bombagem.
- Cálculo do tempo de funcionamento da bomba.
- Cálculo da energia diária da bomba.
- Comparação entre bombagem directa, bateria e reservatório.
- Dimensionamento preliminar do campo FV.
- Dimensionamento do reservatório.
- Estratégia de operação por nível do reservatório.
- Plano para época seca e mau tempo.
- Plano de monitorização.
- Organização de O&M.
- Análise de riscos.
- Relatório final com solução recomendada.

CrITÉrios de avaliação para o formador

- Estima correctamente a necessidade diária de água.
- Diferencia consumo prioritário e consumo flexível.
- Calcula tempo de bombagem e energia da bomba.
- Compara conceitos técnicos de forma fundamentada.
- Justifica o uso de reservatório como armazenamento principal.
- Considera recurso solar sazonal e época seca.

- Dimensiona PV e reservatório de forma coerente.
- Define regras operacionais claras.
- Identifica riscos técnicos, ambientais e organizacionais.
- Propõe medidas realistas de mitigação.
- Apresenta relatório completo e compreensível.

Erros típicos a observar

- Dimensionar apenas pela potência da bomba, sem calcular volume de água.
- Ignorar a variação sazonal do recurso solar.
- Esquecer que a época seca pode aumentar a procura de água.
- Usar bateria sem justificar necessidade real.
- Não considerar armazenamento em reservatório.
- Não separar consumo humano de irrigação.
- Não proteger a bomba contra funcionamento a seco.
- Não considerar perdas e fugas na tubagem.
- Não prever regras para dias nublados.
- Ignorar manutenção e limpeza dos módulos.
- Não monitorizar nível do reservatório.
- Não preparar plano de emergência.

Perguntas de reflexão

1. Por que, numa estação de bombagem, o objectivo principal é garantir água e não apenas energia?
2. Em que situações a bombagem solar directa é suficiente?
3. Por que um reservatório pode ser melhor do que uma bateria?
4. Que riscos aumentam durante a época seca?
5. Como dias nublados consecutivos afectam a disponibilidade de água?
6. Quais usos da água devem ser prioritários?
7. Por que a bomba deve ter protecção contra funcionamento a seco?
8. Como a horta comunitária deve ser gerida em períodos críticos?
9. Que dados devem ser registados diariamente pelo operador local?
10. Quando seria justificável usar um gerador de apoio?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Representar o reservatório com um desenho e marcar níveis de 100%, 60%, 40% e 25%.
- Usar cartões para diferentes usos da água.
- Simular dias solares e nublados com cartões.
- Calcular volume de água com valores simplificados.
- Comparar conceitos com desenhos simples: PV directo, PV + bateria, PV + reservatório.
- Usar garrafas ou recipientes para demonstrar armazenamento de água.
- Criar uma tabela manual de risco e mitigação.
- Fazer grupos: um grupo dimensiona, outro define operação, outro analisa riscos.
- Apresentar a solução em cartaz.
- Usar exemplos locais de fontes de água, poços e reservatórios.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para dimensionar e operar uma estação de bombagem fotovoltaica, considerando necessidade diária de água, perfil da bomba, bombagem directa versus armazenamento, disponibilidade sazonal, estratégia para época seca, monitorização, O&M e análise de riscos.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar descrição da comunidade e da fonte de água.

- Fornecer consumos diários por tipo de utilizador.
- Indicar caudal e potência da bomba.
- Fornecer recurso solar normal e crítico.
- Definir capacidade de reservatório existente ou proposta.
- Preparar cartões de eventos: dia nublado, poço baixo, fuga, bomba parada, consumo excessivo.
- Preparar modelo de relatório final.
- Organizar equipas de trabalho.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Apresentação do cenário (20 min)	Explicar comunidade, poço, bomba e necessidade de água.	Cenário compreendido.
2. Estimativa da procura de água (30 min)	Calcular volume diário total e prioritário.	Tabela de consumo de água.
3. Perfil da bomba (30 min)	Calcular tempo de bombagem e energia diária.	Perfil de operação da bomba.
4. Comparação de conceitos (35 min)	Avaliar bombagem directa, bateria e reservatório.	Conceito seleccionado e justificado.
5. Dimensionamento FV e reservatório (40 min)	Calcular potência FV e volume de reserva.	Dimensionamento preliminar.
6. Estratégia de operação (35 min)	Criar regras por nível do reservatório e sazonalidade.	Tabela de regras operacionais.
7. Riscos e mitigação (35 min)	Avaliar época seca, mau tempo, falhas e consumo excessivo.	Matriz de risco.
8. Relatório final e apresentação (35 min)	Apresentar solução técnica e operacional.	Relatório/conceito final.

Notas de facilitação e segurança

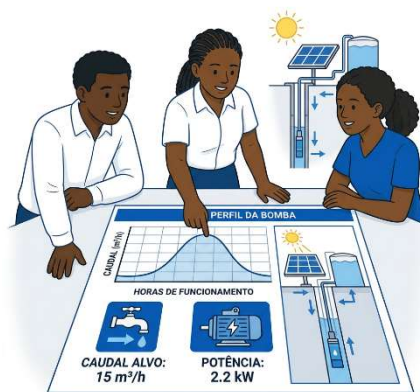
- O formador deve reforçar que, nesta aplicação, o indicador principal é disponibilidade de água.
- A pergunta central deve ser: “Quantos metros cúbicos por dia são necessários?”
- A bombagem deve ser preferencialmente alinhada com as horas solares.
- O reservatório é uma forma de armazenamento energético indirecto.
- A bateria só deve ser usada quando houver razão técnica clara.
- A época seca deve ser analisada como condição crítica.
- O nível do poço é tão importante quanto a produção solar.
- A protecção contra funcionamento a seco deve ser obrigatória.
- O plano de O&M deve incluir parte eléctrica e parte hidráulica.
- As regras comunitárias de uso da água são parte do sistema técnico.
- O relatório deve ligar cálculo, operação e risco.

Ilustrações dos passos pedagógicos

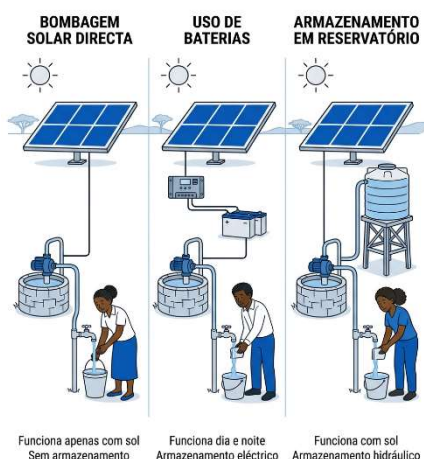
As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.



Passo 1: Identificação dos utilizadores e cálculo da necessidade diária de água da comunidade.



Passo 2: Definição do perfil da bomba, incluindo caudal, potência e horas de funcionamento.



Passo 3: Comparação entre bombagem solar directa, uso de baterias e armazenamento em reservatório.



Passo 4: Dimensionamento preliminar do campo FV e do volume mínimo do reservatório.



Passo 5: Definição das regras de operação por nível do reservatório e preparação para época seca.



Passo 6: Análise de riscos, incluindo mau tempo, furo com baixo nível, fugas e falha da bomba.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Necessidade de garantir abastecimento de água com energia FV.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Cálculo da procura de água, perfil da bomba, PV, reservatório, operação e risco.	Sequência lógica e completa.
3. Registos técnicos	Volume diário, tempo de bombagem, energia, potência FV, reservatório e regras.	Registos completos e coerentes.
4. Segurança e qualidade	Considera risco eléctrico, água, bomba, poço, reservatório, tubagens e operação comunitária.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Solução recomendada com estratégia de operação e mitigação de riscos.	Explicação clara, realista e fundamentada.

Produto final da prática

Dimensionamento simplificado e conceito de operação de uma estação de bombagem fotovoltaica, contendo cálculo da necessidade diária de água, perfil de funcionamento da bomba, comparação entre bombagem solar directa, bateria e reservatório, potência FV preliminar, volume mínimo do reservatório, regras operacionais por nível de água, plano para época seca e mau tempo, plano de monitorização, organização O&M e análise de riscos com medidas de mitigação.

Prática 16: Capstone — Comparação de propostas e elaboração de relatório técnico para decisão final

Tópico

Comparação técnica de 2 a 3 propostas comerciais ou listas de componentes para uma instalação fotovoltaica, avaliando conformidade técnica, qualidade dos equipamentos, garantias, documentação exigida, adequação ao cenário, riscos e custo-benefício. A prática culmina na elaboração de um memorando de decisão com recomendação final fundamentada.

Nível

CV5 (Capstone / Integração final de competências técnicas, comerciais e documentais)

Esta prática funciona como exercício final de integração. O formando deve aplicar competências desenvolvidas ao longo das práticas anteriores: análise de carga, dimensionamento FV, baterias, inversores, protecções, comissionamento, documentação, operação, manutenção, diagnóstico, mini-redes e aplicações especiais.

O foco não é escolher automaticamente a proposta mais barata, mas sim avaliar qual proposta é tecnicamente mais adequada, segura, documentada, fiável e sustentável ao longo do ciclo de vida do sistema. O formando deve justificar a decisão com critérios transparentes e verificáveis.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

- Conformidade técnica
- Qualidade dos equipamentos
- Garantias
- Documentação
- Adequação ao cenário
- Riscos
- Custo-benefício

DOCUMENTOS EXIGIDOS

- Proposta comercial
- Lista de componentes
- Datasheets
- Esquemas eléctricos
- Certificados
- Termos de garantia
- Plano O&M

Prática 16: Capstone — Comparação de propostas e relatório técnico

	PROPOSTA A	PROPOSTA B	PROPOSTA C
Painéis FV	5,0 kWp Mono PERC	5,2 kWp Mono Half-Cut	4,8 kWp Poly/Poly
Inversor	Híbrido 5 kW 1 MPPT	Híbrido 5 kW 2 MPPT	Híbrido 5 kW 1 MPPT
Bateria	LiFePO ₄ 5 kWh 48 V	LiFePO ₄ 5 kWh 48 V	Chumbo-ácido 5 kWh 48 V
Protecções	CC/CA completas SPD Tipo II	CC/CA completas SPD Tipo II	CC básicas SPD Tipo II
Garantia	Painéis 12 anos Inversor 10 anos Bateria 10 anos	Painéis 15 anos Inversor 10 anos Bateria 10 anos	Painéis 10 anos Inversor 5 anos Bateria 6 meses
Documentação	Completa Em conformidade	Completa Em conformidade	Parcial Falta de certificados
Custo total (MZN)		338.000	268.000

PROCESSO DE DECISÃO

- Requisitos do cenário
- Conformidade técnica
- Riscos
- Custo-benefício
- Recomendação final

COMPARAÇÃO DE PROPOSTAS

Critérios	A	B	C
Conformidade técnica	✓	✓	⚠
Qualidade dos equipamentos	✓	✓	✗
Garantias	✓	✓	✗
Documentação	✓	✓	⚠
Adequação ao cenário	✓	✓	⚠
Riscos	✓	✓	✗
Custo-benefício	⚠	✓	✓

RISCOS A VERIFICAR

- Subdimensionamento
- Garantia limitada
- Protecções ausentes
- Documentação incompleta
- Custo oculto

DECISÃO FINAL

Recomendação fundamentada

CV5 Capstone

MEMORANDO TÉCNICO

Resumo executivo → Matriz de decisão → Justificação técnica → Recomendação → Anexos

PONTUAÇÃO (0-100)

	A	B	C
Conformidade técnica	90	85	55
Qualidade dos equipamentos	88	90	60
Garantias	85	85	35
Documentação	90	80	50
Adequação ao cenário	88	85	50
Riscos	85	70	30
Custo-benefício (LCC)	70	85	60
Pontuação total	83	83	49

MAIS BARATO ≠ MELHOR

- Menor garantia
- Mais riscos
- Possível retrabalho
- Mais custo no futuro

MELHOR CICLO DE VIDA

- Maior fiabilidade
- Menos paragens
- Menor custo total
- Mais valor a longo prazo

O Cenário (A História)

Uma organização pretende instalar um sistema fotovoltaico para reduzir custos de energia e melhorar a segurança de fornecimento. Foram recebidas três propostas de diferentes fornecedores. Todas parecem semelhantes à primeira vista, mas diferem em potência FV, tipo de inversor, bateria, protecções, garantias, qualidade da documentação, serviços de instalação e plano de manutenção.

A direcção da organização não possui conhecimento técnico suficiente para decidir. Por isso, solicita à equipa técnica uma avaliação comparativa. A equipa deve analisar as propostas, verificar se cumprem os requisitos mínimos, identificar riscos, comparar qualidade e garantias, pedir esclarecimentos quando necessário e preparar uma recomendação final com base técnica.

Pergunta

Como comparar 2 a 3 propostas de sistemas fotovoltaicos de forma estruturada, avaliando conformidade técnica, qualidade, garantias, documentação, riscos e custo-benefício, para elaborar uma recomendação final fundamentada?

Tabela de enquadramento

Campo	Conteúdo
Módulo / Unidade de competência relacionada	1. Planear projectos de sistemas fotovoltaicos; 2. Instalar e testar sistemas fotovoltaicos; 3. Aplicar segurança eléctrica; 4. Dimensionar sistemas FV; 5. Avaliar desempenho, operação, manutenção, documentação e qualidade de sistemas FV

Resultado de aprendizagem esperado	O formando compara 2 a 3 propostas ou listas de componentes, avalia conformidade técnica, qualidade dos equipamentos, garantias, documentação, riscos e custo-benefício, e elabora um memorando de decisão com recomendação final justificada.
Critérios de desempenho associados	Verifica requisitos técnicos; compara componentes principais; identifica lacunas de protecção e documentação; avalia garantias; analisa riscos; diferencia preço de valor técnico; usa matriz de decisão; apresenta recomendação final clara e fundamentada.
Duração estimada	4 horas
Materiais, ferramentas e equipamentos necessários	2–3 propostas simuladas; listas de componentes; fichas técnicas de módulos, inversores, baterias e protecções; requisitos mínimos do cliente; checklist técnica; folha de cálculo; calculadora; modelo de relatório; matriz de avaliação.
Requisitos de segurança e EPI	Actividade principalmente documental e analítica. Caso sejam avaliadas propostas reais, devem ser consideradas normas locais, requisitos de ligação à rede, protecções eléctricas, segurança em coberturas, baterias, documentação de comissionamento e responsabilidade técnica.
Situação real / cenário prático	Cliente recebeu várias propostas para uma instalação FV e precisa de uma decisão técnica fundamentada.
Problema técnico a resolver	Determinar qual proposta é mais adequada tecnicamente e justificar a escolha.
Tarefas para os formandos	Analisar propostas; verificar requisitos mínimos; comparar componentes; avaliar documentação e garantias; identificar riscos; criar matriz de pontuação; elaborar memorando de decisão e recomendação final.

Evidências que os formandos devem produzir

- Tabela comparativa das 2–3 propostas.
- Checklist de conformidade técnica.
- Avaliação dos principais componentes.
- Verificação da autonomia de backup.
- Lista de lacunas e riscos.
- Avaliação de documentação.
- Avaliação de garantias.
- Perguntas de esclarecimento aos fornecedores.
- Matriz de decisão com pesos e pontuação.
- Interpretação da matriz.
- Memorando de decisão.
- Recomendação final justificada.

Critérios de avaliação para o formador

- Compara propostas de forma estruturada e transparente.
- Verifica requisitos mínimos antes de pontuar.
- Avalia componentes principais com critérios técnicos.
- Identifica lacunas de protecção e documentação.
- Calcula autonomia de backup de forma coerente.
- Distingue preço baixo de baixo risco.
- Considera garantias e suporte técnico.
- Usa pesos e pontuações de forma justificada.
- Formula perguntas relevantes aos fornecedores.
- Apresenta recomendação clara e fundamentada.
- Escreve memo técnico compreensível para decisores não técnicos.

Erros típicos a observar

- Escolher automaticamente a proposta mais barata.

- Comparar apenas potência FV e preço.
- Ignorar bateria, backup e cargas críticas.
- Não verificar se o inversor realmente tem saída backup.
- Aceitar protecções “genéricas” sem lista técnica.
- Não exigir diagrama unifilar e mapa de strings.
- Confundir garantia de desempenho dos módulos com garantia do sistema completo.
- Não considerar O&M e suporte local.
- Dar pontuação sem justificar.
- Não identificar riscos contratuais.
- Esquecer de pedir esclarecimentos antes da decisão final.
- Fazer recomendação sem condições técnicas mínimas.

Perguntas de reflexão

1. Por que a proposta mais barata pode não ser a melhor decisão?
2. Quais requisitos mínimos devem ser verificados antes da comparação?
3. Por que a saída backup deve estar claramente especificada?
4. Como a capacidade útil da bateria difere da capacidade nominal?
5. Que documentos devem ser exigidos antes da instalação?
6. Por que garantias e suporte local influenciam a decisão?
7. Como uma matriz de decisão ajuda a justificar a escolha?
8. Que riscos aparecem quando protecções DC/AC não são detalhadas?
9. Que perguntas devem ser feitas ao fornecedor antes da assinatura?
10. Como explicar a recomendação final para um decisor não técnico?

Adaptação em contexto de baixo recurso

- Usar propostas simuladas impressas em uma página.
- Representar componentes com cartões: módulos, inversor, bateria, protecções, documentação.
- Fazer avaliação em grupos, cada grupo defendendo uma proposta.
- Criar matriz de pontuação manual no quadro.
- Usar preços relativos em vez de valores monetários reais.
- Trabalhar com apenas duas propostas se o tempo for limitado.
- Substituir fichas técnicas completas por excertos simplificados.
- Simular perguntas de esclarecimento ao fornecedor.
- Fazer apresentação oral como reunião com direcção.
- Produzir memo final em uma página.

Passos pedagógicos para realizar a situação real / o cenário prático

Objectivo pedagógico

Capacitar o formando para comparar propostas fotovoltaicas de forma técnica, estruturada e crítica, considerando conformidade, qualidade, garantias, protecções, documentação, O&M, riscos e custo-benefício, resultando em uma recomendação final fundamentada.

Preparação do cenário pelo formador

- Preparar 2 ou 3 propostas simuladas com diferenças técnicas reais.
- Definir requisitos mínimos do cliente.
- Incluir uma proposta barata com lacunas, uma proposta média e uma proposta tecnicamente forte.
- Fornecer fichas técnicas resumidas dos componentes principais.
- Preparar checklist de conformidade.
- Preparar matriz de avaliação com pesos ou permitir que os formandos definam os pesos.
- Preparar modelo de memorando de decisão.
- Organizar os formandos em grupos.

Roteiro de implementação sugerido para 4 horas

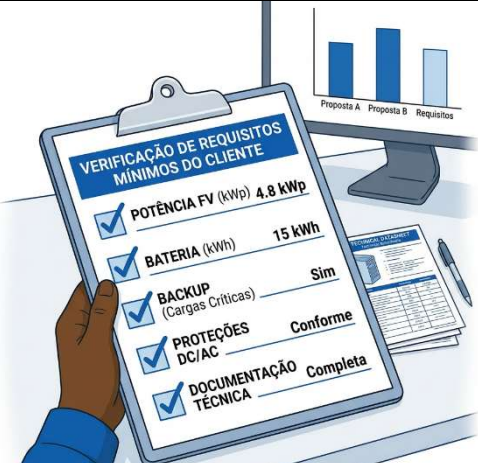
Passo / tempo	Acção pedagógica	Evidência esperada
1. Apresentação do cenário e requisitos (20 min)	Explicar o cliente, objectivo e requisitos mínimos.	Requisitos compreendidos.
2. Leitura das propostas (30 min)	Identificar componentes, preço, garantias e lacunas.	Tabela inicial de comparação.
3. Checklist de conformidade (35 min)	Verificar se cada proposta cumpre requisitos mínimos.	Tabela conforme/parcial/não conforme.
4. Avaliação técnica detalhada (40 min)	Comparar módulos, inversores, baterias, protecções e backup.	Avaliação técnica por proposta.
5. Documentação, garantias e riscos (35 min)	Avaliar entregáveis, suporte, O&M e riscos.	Matriz de riscos e lacunas.
6. Matriz de decisão (35 min)	Atribuir pesos, pontuações e calcular resultado.	Pontuação final por proposta.
7. Memo de decisão (35 min)	Redigir recomendação final com condições.	Memorando técnico.
8. Apresentação final (30 min)	Defender a recomendação perante a turma.	Decisão justificada.

Notas de facilitação e segurança

- O formador deve incentivar os formandos a perguntar: “O que está incluído e o que não está incluído?”
- Uma proposta incompleta não deve receber pontuação alta apenas por ser barata.
- Protecções e documentação são parte essencial da qualidade técnica.
- Backup deve ser avaliado com cargas críticas reais, não apenas com capacidade nominal de bateria.
- Garantia longa só é útil se houver suporte real e condições claras.
- A matriz de decisão deve ser transparente e explicável.
- Os formandos devem separar factos, dúvidas e recomendações.
- O memorando deve ser escrito para decisores que talvez não dominem detalhes técnicos.
- A recomendação final pode incluir condições antes da contratação.
- A prática deve fechar o ciclo de competências do curso.

Ilustrações dos passos pedagógicos

As imagens seguintes podem ser usadas pelo formador como apoio visual para explicar a sequência da prática antes da execução.

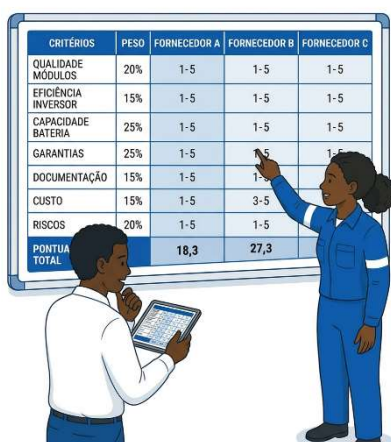
 Passo 1: Leitura das propostas recebidas e identificação dos componentes principais de cada fornecedor.	 Passo 2: Verificação dos requisitos mínimos do cliente: potência FV, bateria, backup, protecções e documentação.
--	--



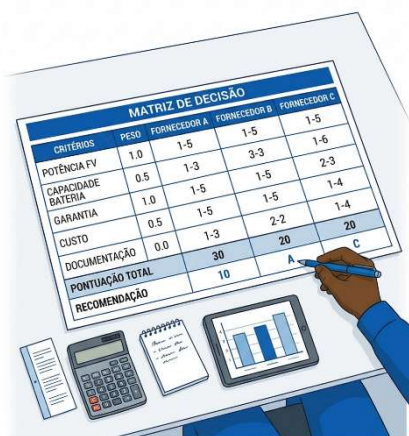
Passo 3: Comparação técnica dos módulos, inversores, baterias, protecções, monitorização e garantias.



Passo 4: Identificação de lacunas, riscos e perguntas de esclarecimento para os fornecedores.



Passo 5: Construção da matriz de decisão com pesos, pontuações e interpretação dos resultados.



Passo 6: Elaboração do memorando de decisão com recomendação final e justificativa técnica.

Ficha rápida de evidências e avaliação

Campo da ficha	O que a equipa deve registar	Validação do formador
1. Problema observado	Cliente precisa escolher entre propostas FV com qualidade e riscos diferentes.	Problema identificado correctamente.
2. Procedimento executado	Comparação técnica, checklist de conformidade, matriz de decisão e recomendação.	Sequência lógica e transparente.
3. Registos técnicos	Componentes, garantias, documentação, protecções, backup, riscos e pontuação.	Registos completos e coerentes.
4. Segurança e qualidade	Considera protecções DC/AC, documentação, comissionamento, garantias e O&M.	Critérios aplicados correctamente.
5. Conclusão e explicação	Memo apresenta recomendação final com justificativa e condições.	Explicação clara, realista e fundamentada.

Produto final da prática

Memorando de decisão e avaliação técnica comparativa de 2 a 3 propostas fotovoltaicas, contendo verificação de requisitos mínimos, comparação dos componentes principais, avaliação de protecções DC/AC, análise de backup e autonomia, revisão de garantias e documentação, identificação de riscos e lacunas, perguntas de esclarecimento aos fornecedores, matriz de decisão ponderada e recomendação final fundamentada com condições antes da contratação.