



# ESPECIFICAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO – INDÚSTRIA E APROVISIONAMENTO ENERGÉTICO

VERSÃO 1.2 – SETEMBRO 2018



Este projeto recebeu financiamento do programa de pesquisa e inovação Horizonte 2020 da União Europeia ao abrigo do acordo de subvenção N.º 754056. A responsabilidade pelo conteúdo deste documento é dos respetivos autores. Ele não reflete necessariamente a opinião da União Europeia. Nem a EASME, nem a Comissão Europeia são responsáveis por qualquer uso que possa ser feito das informações nele contidas.

## Índice

### Conteúdo

0.0	INVESTOR CONFIDENCE PROJECT	4
0.1	ESPECIFICAÇÕES DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	4
0.2	APLICAR AS PRESENTES ESPECIFICAÇÕES	5
0.3	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	6
0.4	SELEÇÃO DO PROTOCOLO	9
0.5	DETERMINAR ABORDAGENS AO PROJETO	9
1.0	DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE REFERÊNCIA	11
1.1	SÍNTESE	11
1.2	REQUISITOS PARA AUDITORIAS ENERGÉTICAS	12
1.3	DOCUMENTAR ATIVIDADES E USOS DE ENERGIA DA INSTALAÇÃO/REDE	14
1.4	TÉCNICAS DE ANÁLISE ENERGÉTICA	15
1.5	ANÁLISE DE REGRESSÃO	17
1.6	ANÁLISE DE INCERTEZA	18
2.0	CÁLCULOS DE POUPANÇAS	20
2.1	SÍNTESE	20
2.2	DESENVOLVER UM CONJUNTO DE MRE RECOMENDADAS	21
2.3	CÁLCULOS DE POUPANÇAS DAS MRE	21
2.4	EFEITOS INTERATIVOS	23
2.5	PACOTE DE INVESTIMENTO	23

3.0	PROJETO, INTERVENÇÃO E VERIFICAÇÃO	25
3.1	SÍNTESE	25
3.2	O PLANO DE OPV	26
3.3	MANUAL DE SISTEMAS	28
3.4	FORMAÇÃO	29
3.5	CONCEÇÃO DE PROJETOS COMPLEXOS	30
4.0	OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORIZAÇÃO	32
4.1	SÍNTESE	32
4.2	PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORIZAÇÃO	32
4.3	MANUAL DO OPERADOR	35
4.4	FORMAÇÃO	35
5.0	MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO	38
5.1	SÍNTESE	38
5.2	PLANO DE M&V E IMPLEMENTAÇÃO	39
5.2.1	Parâmetros Estimados: Opção A do IPMVP	42
5.2.2	Cálculos Revisados: Opções A e B do IPMVP	43

---

## 0.0 INVESTOR CONFIDENCE PROJECT

---

O Investor Confidence Project (ICP) estabelece um enquadramento para o desenvolvimento de projetos de eficiência energética, que standardiza os projetos em grupos de projetos verificáveis, de modo a reduzir os custos de transação associados à conceção técnica, e aumentar a confiança e a consistência das poupanças de energia. Os [Protocolos](#) e o sistema de certificação ICP estabelecem um enquadramento abrangente e suficientemente flexível para permitir a utilização de um vasto leque de métodos e meios específicos para projetos concretos.

---

## 0.1 ESPECIFICAÇÕES DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

As Especificações de Desenvolvimento do Projeto (PDS – *Project Development Specification*) do ICP constituem um recurso abrangente desenvolvido para ser utilizado por Project Developers (PD), Quality Assurance Assessors (QAA) e investidores, de modo a assegurar que os projetos são elaborados em total conformidade com os Protocolos ICP. O presente documento disponibiliza informação essencial, referente aos requisitos dos protocolos, às melhores práticas, às tarefas de garantia da qualidade (Quality Assurance) e aos referenciais, de modo a assegurar que todos os envolvidos trabalham com base no mesmo conjunto de requisitos e práticas.

Os projetos que cumpram os requisitos do sistema ICP são elegíveis para a certificação [Investor Ready Energy Efficiency](#) (IREE), que assegura aos investidores que um projeto está em conformidade com os Protocolos ICP, possui documentação standardizada e foi verificado por uma terceira parte qualificada. Desta forma é oferecida aos investidores a garantia de que o projeto foi elaborado em conformidade com as melhores práticas do mercado.

O ICP é agnóstico quanto ao modelo contratual, não garante poupanças de energia ou de custos, nem estabelece requisitos de desempenho para os projetos. O ICP contribui, nos projetos que cumpram os seus requisitos, a reduzir os riscos dos investidores, mas não é, só por si, uma forma de eliminação do risco. Os exemplos de riscos externos ao âmbito do ICP, mas que devem ser considerados e abordados na realização de qualquer projeto de eficiência energética bem concebido, incluem:

- Riscos contratuais
- Riscos orçamentais
- Riscos de planeamento/atrasos
- Riscos associados a terceiros, tais como fornecedores e técnicos de instalação de equipamento
- Seleção de equipamento de fraca qualidade
- Perda de rendimentos, e.g., incentivos à produção de energia renovável

## 0.2 APLICAR AS PRESENTES ESPECIFICAÇÕES

As presentes especificações de desenvolvimento destinam-se a complementar os procedimentos e requisitos documentais previstos nos [Protocolos](#) ICP. A estrutura deste documento reflete os protocolos e inclui as mesmas cinco categorias que representam o ciclo de vida de um projeto de eficiência energética bem concebido e bem executado. Este documento apresenta, para cada categoria, um resumo dos requisitos, das melhores práticas, das tarefas de garantia da qualidade e dos recursos disponíveis.

Os investidores em eficiência energética, onde se podem incluir os proprietários da instalação, empresas de serviços energéticos, seguradoras e programas das *utilities*, estão expostos ao risco operacional, mas, frequentemente, não dispõem das competências necessárias para avaliar os pormenores técnicos mais complexos associados a um projeto de eficiência energética. Independentemente da competência e das qualificações dos investidores, os custos de transação tendem a aumentar quando vários investidores avaliam um projeto, executando cada um deles um dispendioso e moroso processo de *due diligence* técnica.

Por este motivo, é importante que o investidor selecione e envolva uma equipa com a experiência e competências comprovadas na elaboração de projetos de eficiência energética, disposta a colaborar e cumprir com os protocolos ICP. Apenas os projetos revistos por membros da rede ICP Quality Assurance Assessor (QAA) para a indústria são elegíveis para obter a certificação IREE.

A equipa do *Project Developer* (PD) é responsável, conforme descrito no presente documento, pelo desenvolvimento de um projeto assente em princípios sólidos de engenharia e nas melhores práticas recorrendo a metodologias reconhecidas para a elaboração de cada componente do projeto. Estas Especificações de Desenvolvimento do Projeto descrevem os requisitos e documentação mínima que cada membro da equipa deve utilizar, com vista ao cumprimento dos standards e protocolos utilizados, bem como, quando relevante, das melhores práticas.

O *Quality Assurance Assessor* (QAA) deve ser uma entidade independente em relação ao *Project Developer* e é responsável pela revisão dos procedimentos e da documentação do projeto, de modo a assegurar o cumprimento das especificações aqui definidas. É recomendável envolver o QAA logo na fase de desenvolvimento do projeto, para que os problemas possam ser identificados e abordados à medida que o projeto evolui e não no final do mesmo, quando pode ser difícil recolher a informação necessária ou as alterações podem ter impactos maiores (incluindo financeiros). O QAA deve consultar os requisitos de cada secção deste documento, bem como as tarefas de QA indicadas para se guiar no processo de avaliação e aprovação de um projeto em conformidade com os Protocolos.

Tipicamente, não é necessário nem exequível que os QAA tenham de refazer todo o processo de elaboração do projeto. O QAA deve dirigir os recursos disponíveis, para a revisão do processo abordando as áreas do projeto que representam o maior potencial de incerteza e risco. O QAA deve

adotar uma abordagem colaborativa, colaborando com o *Project Developer* na resolução de problemas, de modo a desenvolver um investimento financeiramente sólido, assente em rigorosa engenharia e pressupostos conservadores.

### 0.3 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A estrutura do protocolo ICP encontra-se dividida em cinco fases que representam todo o ciclo de vida de um projeto de eficiência energética bem concebido e bem executado:

1. **Determinação do Consumo de Referência**
2. **Cálculos de poupanças**
3. **Projeto, Intervenção e Verificação**
4. **Operação, Manutenção e Monitorização**
5. **Medição e Verificação (M&V)**

É importante que as atividades de desenvolvimento do projeto sejam executadas em momentos específicos da elaboração de um projeto de eficiência energética, pois os componentes prévios do projeto afetarão os componentes e os resultados subsequentes desse mesmo projeto. Por exemplo, o consumo de referência e as estimativas do consumo final de energia são utilizadas nas estimativas do modelo energético ou nas estimativas de poupanças de energia, bem como nos trabalhos de M&V. A inexatidão na elaboração destes componentes-chave do consumo de referência pode afetar a subsequente precisão do modelo energético, podendo resultar numa excessiva estimativa da poupança e/ou numa incorreta avaliação das poupanças alcançadas.

A tabela seguinte apresenta uma visão geral, das atividades específicas de desenvolvimento e, de garantia da qualidade do projeto que devem ser implementadas por um QAA externo, os momentos na fase de desenvolvimento do projeto em que devem ser executadas, bem como os protocolos em que se inserem.

Solução

ESPECIFICAÇÕES DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO:  
INDÚSTRIA E APROVISIONAMENTO ENERGÉTICO v1.2



	Todos os protocolos
	O Protocolo Direcionado adaptado / requisitos menos rigorosos, conforme especificado no documento de protocolo
	Apenas Protocolo Complexo
	Aplicável ao Protocolo Direcionado. Apenas aplicável ao Protocolo Complexo, se for selecionada a Opção B do IPMVP.

ETAPA	Determinar o Consumo de Referência	Cálculos de Poupanças / Pacote de Investimento	Projeto, Intervenção e Verificação	Operação, Manutenção e Monitorização	Medição e Verificação
TAREFAS DE PROJETO	Trabalhar com o especialista de M&V para definir a fronteira de medição	Desenvolver um conjunto de MRE recomendadas	Nomear um técnico de Verificação do Desempenho Operacional	Selecionar e documentar o regime de gestão continuada, por ex. SCADA / aM&T	Todas as opções: Desenvolver um Plano de M&V
	Determinar o período de referência	Realizar cálculos com base em modelos / folhas de cálculo	Desenvolver um Plano de OPV	Desenvolver um Plano de OM&M	Opção A/B: Recolher dados de consumos de energia / desempenho pós-intervenção
	Recolher informação sobre fontes de energia, de produção, meteorológicos e outros dados de variáveis significativas e de custos energéticos horários	Determinar os custos / a capacidade de implementação	Desenvolver um manual de sistemas (se não existir)	Desenvolver um manual do operador (se não existir)	Opção A/B: Análise dos dados de desempenho
	Desenvolver balanços energéticos	Desenvolver um pacote de investimento	Atualizar o manual de sistemas (se já existir)	Atualizar o manual do operador (se já existir)	Opção A/B: Cálculos de poupanças alcançadas
	Calendarizar os dados das variáveis independentes	Elaborar um relatório das MRE	Realizar ações de formação para os operadores das instalações	Desenvolver e realizar ações de formação para os operadores das instalações	Opção C: Dados energéticos após intervenção
	Definir as características de consumo de energia do equipamento ou sistema dentro da fronteira de medição				Opção C: Identificar / quantificar ajustes não-periódicos
	Desenvolver o modelo de consumo de energia de referência e a exatidão dos testes				Opção C: Análise com base em regressão
	Estabelecer potência de ponta e preços				
	Elaborar um gráfico com a procura média diária				

ESPECIFICAÇÕES DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO:  
INDÚSTRIA E APROVISIONAMENTO ENERGÉTICO v1.2



ETAPA	Determinar o Consumo de Referência	Cálculos de Poupanças / Pacote de Investimento	Projeto, Intervenção e Verificação	Operação, Manutenção e Monitorização	Medição e Verificação
TAREFAS DE GARANTIA DA QUALIDADE	Rever e aprovar o período de referência selecionado	Rever e aprovar o relatório das MRE, incluindo descrição do consumo de referência, da instalação/sistemas e das MRE, os cálculos das poupanças e a análise de desempenho e custos	Rever e aprovar as credenciais do responsável pela OPV	Rever e aprovar o plano de OM&M que define os procedimentos	Rever e aprovar as credenciais do responsável pela M&V
	Rever e aprovar os consumos e custos energéticos, os dados de variáveis significativas e o consumo energético de referência	Rever e aprovar as credenciais do responsável pelo modelo energético/cálculo de poupanças	Rever e aprovar o plano de OPV	Rever e aprovar o regime de gestão continuada selecionado	Rever e aprovar o plano de M&V
	Rever e aprovar o modelo de consumo energético	Rever e aprovar os cálculos de poupanças das folhas de cálculo, incluindo os dados de suporte	Rever e aprovar o manual dos sistemas (se existir)	Rever e aprovar o manual do operador (se existir)	Opção C: Rever e aprovar os dados energéticos da fase operacional (12 meses), o modelo baseado na regressão e os cálculos de ajustes
	Rever e aprovar os balanços energéticos	Rever e aprovar a informação de suporte dos custos / capacidade de implementação	Rever e aprovar as ações de formação (entrevistar os operadores das instalações/rede)	Rever e aprovar as ações de formação (entrevistar os operadores das instalações/redes)	Opção A/B: Rever e aprovar os ficheiros de dados de monitorização, os resultados da análise dos dados e as alterações dos cálculos de poupanças
	Rever e aprovar os perfis de carga e dados dos intervalos	Rever e aprovar o pacote de investimento	Opção A/B: Garantir a recolha dos dados de consumos de energia / desempenho pré-intervenção		Rever e aprovar os ajustes e a correta aplicação

## 0.4 SELEÇÃO DO PROTOCOLO

Atualmente, estão disponíveis dois protocolos, Complexo e Direcionado, que fornecem metodologias standardizadas para elaboração de projetos de eficiência energética em instalações industriais e redes de distribuição de frio e calor. A seleção do [protocolo](#) adequado para a elaboração da respetiva tipologia de projetos representa o primeiro passo de todo o processo. A seleção do protocolo adequado deve envolver a avaliação da natureza das MRE propostas.

O protocolo Indústria e Aprovisionamento Energético – Complexo destina-se a projetos que incluam:

- **Implementação de novas tecnologias ou funcionalidades, incluindo novas tecnologias de produção de energia** – por exemplo, alterações significativas à configuração da unidade industrial que exijam alterações ao nível dos sistemas de controlo.
- **Implementação de MRE com cargas variáveis e/ou imprevisíveis** – por exemplo, unidade de climatização.

O protocolo Indústria e Aprovisionamento Energético – Direcionado destina-se a:

- **Instalação de tecnologias simples e de utilização comum** – estas tecnologias apresentam, no geral, perfis de carga consistentes e previsíveis; por exemplo, intervenções na iluminação ou melhoramento de motores; os projetos podem incluir múltiplas MRE deste tipo.
- **Implementação de MRE destinadas a substituições de equipamentos similares** – por exemplo, substituições diretas na unidade de produção por tecnologias de natureza e capacidade similar.

Este protocolo não cobre projetos que consistam no desenvolvimento de novas redes urbanas de frio e calor ou na extensão das existentes para fornecer novos clientes. Tal, é devido à complexidade associada com a determinação do consumo energético de referência para estes tipos de projetos, que é um requisito fundamental na metodologia do ICP.

Cada projeto terá as suas próprias características, bem como limitações relacionadas com os recursos e tempo. A seleção do protocolo adequado depende de múltiplos fatores e o *Project Developer* deve trabalhar com os investidores e com o Quality Assurance Assessor no sentido de determinar o protocolo mais adequado a um determinado projeto.

## 0.5 DETERMINAR ABORDAGENS AO PROJETO

Numa fase inicial do processo, deve ser estabelecida uma metodologia abrangente para o desenvolvimento do projeto. Em particular, as metodologias de Medição e Verificação devem ser determinadas e planeadas tão cedo quanto possível no processo. A abordagem de Opção C (toda a instalação), do *International Performance Measurement and Verification (IPMVP)*, que analisa as faturas

de energia antes e após a intervenção para verificação do desempenho, é um método abrangente de verificação das poupanças, mas pode não ser o adequado para todos os projetos. Esta abordagem requer que as poupanças sejam suficientemente significativas para que representem um impacto concreto no consumo de energia global da instalação (geralmente, mais de 10% do consumo total). Adicionalmente, esta abordagem pode tornar-se complexa devido aos ajustes não-periódicos a incorporar na análise, tais como alterações na ocupação da instalação, cargas, etc.

As opções A e/ou B do IPMVP, referentes respetivamente às abordagens “parâmetros-chave” ou “todos os parâmetros” de uma *Medição Isolada*, permitem isolar o desempenho de medidas individuais e podem ser mais adequadas para alguns projetos. No entanto, estas abordagens carecem de medições de parâmetros que, por sua vez, implicam a determinação de tendências através do sistema de automação da instalação ou rede, ou através da utilização de equipamento remoto de registo de dados, ferramentas que podem não estar disponíveis para um determinado projeto. Estas abordagens requerem também o acesso e a compreensão dos cálculos de poupanças atuais, permitindo a revisão dos pressupostos, de modo a que reflitam as novas observações e desenvolvam as poupanças verificadas.

Estas abordagens, entre outras, devem ser avaliadas e incorporadas num plano geral que considere o âmbito das medidas, os respetivos efeitos interativos potenciais e os recursos disponíveis. Estes fatores também orientarão o *Project Developer* quanto ao protocolo mais adequado a aplicar na elaboração do projeto.

---

## 1.0 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE REFERÊNCIA

---

### 1.1 SÍNTESE

Um consumo de referência devidamente aferido constitui um ponto de partida essencial para a correta projeção do potencial de poupança energética, bem como para a medição e verificação após a intervenção e/ou retrocomissionamento.

O consumo de referência de toda a instalação ou rede é necessário para projetos Complexos em que é utilizada a Opção C do IPMVP. Nos restantes casos, é necessário um consumo de referência referente a todos os sistemas e equipamentos dentro da fronteira de medição. O consumo de referência deve definir a quantidade expectável de energia consumida por uma instalação, sistema ou equipamento durante um período representativo do consumo. No caso dos projetos em que é utilizada a Opção C do IPMVP, geralmente – mas nem sempre – corresponde a um período de 12 meses.

O consumo de referência deve abranger todas as fontes de energia e contabilizar:

- O total de energia elétrica adquirida
- Vapor, água quente ou água fria adquirida ou fornecida
- Gás natural
- Fuelóleo
- Carvão
- Propano
- Biomassa
- Todos os restantes recursos consumidos, como combustível, e toda a eletricidade gerada no local a partir de sistemas energéticos alternativos
- Toda a energia renovável gerada e utilizada no local

Deve ser considerado o impacto das variáveis independentes que afetam o consumo de energia de referência, tais como a produção, material transformado, a informação climática, a ocupação e as horas de funcionamento.

O processo de recolha, compilação, análise e reporte de dados deve ser consistente, transparente e prático. Se, por um lado, as ferramentas *open-source* para a realização destas tarefas constituem uma metodologia razoável, por outro lado, estão disponíveis inúmeras ferramentas proprietárias que automatizam muitas destas tarefas e que podem ser consideradas, como parte do processo de elaboração do projeto. Estas ferramentas podem descarregar automaticamente dados do comercializador de energia, executar regressões, permitir a visualização dos dados e, geralmente, incluir funcionalidades de reporte e exportação. Algumas destas ferramentas podem ser utilizadas para realizar o processo de M&V da Opção C do IPMVP ou para consolidar estimativas de poupanças energéticas.

A tabela seguinte indica quais os elementos aqui descritos que se aplicam a cada protocolo.

Elemento	Secção	Protocolo	
		Complexo	Direcionado
Requisitos para auditorias energéticas	1.2	✓	✓
Documentar atividades e usos de energia da instalação/rede	1.3	✓	✓
Técnicas de análise energética	1.4	✓	✓
Análise de regressão	1.5	✓	✓
Análise de incerteza	1.6	✓	✓

## 1.2 REQUISITOS PARA AUDITORIAS ENERGÉTICAS

São vários os requisitos a considerar aquando da preparação, realização e avaliação da qualidade de uma auditoria energética. As duas principais preocupações devem ser:

1. A competência, em termos de experiência, do auditor
2. O processo adotado para a auditoria energética

### O auditor

Estes requisitos variam conforme a tipologia de auditoria, o tipo de tecnologia e, para projetos em indústria, o setor:

- Formação – é requerido um nível de formação técnica de base adequado
- Experiência – conhecimento do setor industrial e das utilizações finais a avaliar – por exemplo, iluminação, baixa potência, aquecimento, ventilação, arrefecimento

Os protocolos requerem que, caso existam requisitos e/ou certificações de âmbito nacional referentes a profissionais ou organizações responsáveis pela realização de auditorias energéticas, estes devem ser cumpridos. Está disponível uma lista dos sistemas de certificação obrigatória e não obrigatória para os países europeus em *National Certification Schemes List* (Lista Nacional de Sistemas de Certificação).

### A auditoria

De modo a abranger todos os elementos necessários, o formato da auditoria deve obedecer aos princípios definidos nas seguintes sete etapas:

1. **Planeamento** – acordar o âmbito, fronteiras e objetivos da auditoria, as limitações relativas aos recursos organizacionais, o tempo e nível de detalhe necessário, os critérios para avaliar e classificar oportunidades e os resultados esperados.
2. **Reunião de abertura** – o auditor deve apresentar os requisitos específicos ao nível dos dados, acessos à instalação/rede e recursos humanos e apresentar o cronograma indicativo para realização e elaboração do relatório.
3. **Plano de recolha e medição de dados** – o auditor recolherá os dados referentes ao aprovisionamento e consumo energético, outras variáveis relevantes, tais como os volumes de produção ou graus-dia, manuais de O&M e planos energéticos para o futuro. Caso sejam necessárias bases de dados para a determinação de estimativas de consumos e poupanças energéticas, é necessário documentar o método e o *hardware/software* utilizados para tal.
4. **Realizar a visita ao local** – realizar levantamento local das áreas da instalação/rede incluídas no âmbito acordado, registando a quantidade e o tipo de equipamentos. Realizar entrevistas com os colaboradores da área operacional, por forma a compreender o impacto das rotinas de operação e do comportamento dos utilizadores no desempenho energético. Elaborar uma lista preliminar de MRE.
5. **Análise** – os métodos de cálculo devem ser transparentes e tecnicamente adequados, evidenciando claramente todos os pressupostos. Assegurar que foram consideradas as variáveis que afetam a incerteza da medição e o respetivo contributo para os resultados e considerar limitações/incentivos legais. O consumo energético atual deve ser apresentado e discriminado por utilização final e forma de energia. As MRE devem ser apresentadas e avaliadas considerando a melhor tecnologia/prática disponível, o tempo de vida operacional do equipamento e sistemas a auditar, bem como quaisquer alterações previstas no uso de energia.
6. **Elaboração de relatório** – o relatório da auditoria energética deve ser elaborado de modo a identificar e a justificar claramente os métodos utilizados – no que concerne à recolha de dados, visita ao local, inclusão/exclusão de MRE, cálculos de poupanças. O relatório deve ser redigido de forma clara e conter um sumário que, idealmente, inclua as secções técnicas e não técnicas,

contexto da auditoria, resumo dos usos de energia da instalação, lista ordenada de MRE, conclusões e recomendações.

7. **Reunião de Encerramento** – o relatório deve ser disponibilizado antecipadamente e apresentado à organização, explicando os resultados e respondendo a questões.

Para informações mais detalhadas sobre a aplicação desta metodologia, por favor, consulte *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency (secção 2.11)*, *ISO 50002:2014 Energy management systems — Energy audits— Requirements with guidance for use*, a norma *EN 16247-1:2012 Energy audits: General requirements* e a norma *EN 16247-3:2014 Energy audits: Processes*.

### 1.3 DOCUMENTAR ATIVIDADES E USOS DE ENERGIA DA INSTALAÇÃO/REDE

Parte da documentação prevista nos protocolos visa disponibilizar um resumo das atividades e dos usos de energia da instalação, incluindo uma descrição dos processos implementados na mesma. A tabela abaixo pode ser utilizada como um pró-forma genérico que permite a apresentação desse resumo. Para cada linha, podem ser incluídos comentários, conforme seja adequado.

<i>Categoria</i>	<i>Subcategoria</i>	<i>Informações pormenorizadas</i>
Dados contextuais	Geografia	Localização da instalação (cidade/região, país)
	Tipo de instalação	Setor
	Produção	Produto(s)
	Fluxo / descrição do processo	Breve descrição das etapas do processo, desde a «entrada» da matéria-prima, à «saída» do(s) produto(s) acabado(s)
Uso de energia nos processos	Processos energéticos	Breve descrição do uso de energia nos elementos dos processos, i.e., combustível ou eletricidade diretamente utilizados para aquecimento
	Aquecimento de processo	Breve descrição, incluindo como é que a utilidade é produzida, o número, a dimensão e o tipo aproximado do gerador e de outros critérios relevantes que possa referir
Arrefecimento de processo		
Uso de energia	Ar comprimido	Breve descrição, se aplicável
	Produção de energia distribuída	
	Outros usos de energia	
Uso de energia em edifícios de serviços	Aquecimento do espaço	Breve descrição, incluindo como é que a utilidade é produzida, o número, a dimensão e o tipo aproximado do gerador e de outros critérios relevantes que possa referir
	Arrefecimento do espaço	
	Ventilação	

## 1.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE ENERGÉTICA

Esta secção disponibiliza diretrizes, referentes aos métodos recorrentes, para a avaliação e análise dos dados de referência. Estes métodos são frequentemente utilizados para a identificação de oportunidades, bem como para a obtenção de uma compreensão global do consumo final de energia dentro da fronteira de medição.

### Balances energéticos

O objetivo de um balanço energético é compreender os fluxos de energia que entram e saem de um determinado sistema. Tal facilita:

1. A identificação de MRE, ao salientar as áreas com consumo mais elevado e que carecem de uma análise mais detalhada por via de um estudo ou de uma auditoria
2. A quantificação das poupanças de energia relativas às MRE propostas, sejam estas operacionais (utilização mais eficiente da unidade existente) ou tecnológicas (atualização ou substituição da unidade existente)

Os dados de entrada que sustentam um balanço energético têm múltiplas origens:

- Abastecimentos energéticos diretamente medidos, ou seja, medição da instalação
- Fluxos energéticos modelados recorrendo a medições pontuais da instalação, tais como a temperatura de vapor combinada com uma taxa de escoamento, medida ou assumida, e potência térmica
- Modelização dos fluxos energéticos tendo por base estimativas empíricas para instalações semelhantes

É importante considerar o conteúdo energético de *todos* os fluxos que atravessam a fronteira definida do sistema. Tal deve incluir os fluxos que se considera possuírem pouco ou nenhum conteúdo energético, tais como tubos de água à temperatura ambiente.

Uma das formas mais eficazes para construir um balanço energético é numa folha de cálculo ou uma ferramenta semelhante, *open source*, de tratamento de dados. O formato tabular facilita a identificação lógica e concisa dos vários fluxos, bem como a revisão, por terceiros, das etapas de cálculos, uma vez que é possível visualizar quaisquer pressupostos e questionar os métodos.

### Técnicas de análise energética especializadas

Dependendo da sua complexidade e de requisitos específicos do cliente, alguns projetos podem justificar a aplicação de técnicas de análise energética especializadas. Os exemplos de tais técnicas incluem a análise *pinch*, que consiste numa metodologia utilizada, particularmente em projetos no setor industrial, para minimizar o consumo energético em processos através do cálculo de metas executáveis

do ponto de vista termodinâmico e alcançando as mesmas através da otimização de sistemas de recuperação de calor, métodos de aprovisionamento de energia e condições de operação do processo. Outro exemplo é a análise *bin*, que consiste numa técnica estatística, frequentemente utilizada no contexto de um projeto energético para o cálculo ou verificação da melhor dimensão/capacidade para a unidade de produção de energia. Exemplos de tais projetos são, a instalação de um novo sistema de climatização, a substituição de uma unidade existente por uma similar ou a instalação de uma solução de produção de energia descentralizada, tal como uma unidade de produção combinada de calor e eletricidade.

Para informações detalhadas sobre a aplicação da análise *pinch*, consulte *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency (secção 2.12)*.

### **Modelos de ajuste para diferentes modos operacionais (projetos em indústria)**

Caso uma instalação industrial possua vários modos de operação, pode ser necessária a criação de modelos de ajuste independente para cada modo, o que pode resultar em menos pontos de medição disponíveis para a criação de cada modelo. Em certos casos, em vez de optar por vários modelos, tais como modelos de operação de 1 turno e de 2 turnos, pode ser criado um único modelo de ajuste, incorporando as variáveis adicionais relevantes que considerem os diferentes padrões de consumo energético para os diferentes modos operacionais.

Para informações adicionais referentes à avaliação dos requisitos de modelização de ajuste para múltiplos modos, consulte *Superior Energy Performance® (SEP) Measurement & Verification Protocol, 2017 (secção 6.5)*

### **Consumo de energia final e contabilização de energia**

É importante que o consumo final seja calculado de forma autónoma para todos os fluxos energéticos, contabilizando fontes de energia e matérias-primas transferidas e o consumo energético local.

Para calcular o consumo energético final de determinada fonte de energia, pode ser utilizada a seguinte fórmula:

*Consumo energético final da fonte de energia A = (conteúdo energético da fonte de energia de entrada A) – (conteúdo energético da quantidade de energia da fonte A utilizada como matéria-prima) – (conteúdo energético da fonte de energia A vendido ou transferido para fora da fronteira) + (conteúdo energético da fonte de energia A armazenado na instalação aquando do início do período) – (conteúdo energético da fonte de energia A armazenado na instalação aquando do final do período)*

### Calendarização parcial de dados mensais

Os dados referentes ao consumo energético e às variáveis relevantes, frequentemente, não estarão disponíveis na forma de meses exatos, nem intervalos de tempo perfeitamente alinhados. Por exemplo, os dados de produção mensal podem ser comunicados no primeiro dia do mês e os dados de aprovisionamento energético podem ser disponibilizados a meio do mês. O alinhamento de intervalos de tempo é preferível e pode também facilitar a elaboração de modelos de ajuste mais representativos.

De modo a converter meses parciais em meses completos, determine o consumo médio diário em cada mês parcial e multiplique-o pelo número de dias total do mês. No caso de aprovisionamento de combustível a granel (e.g., pellets, fuelóleo, propano) à instalação ou central energética, estime o consumo energético mensal com base no consumo real entre abastecimentos ou distribuindo proporcionalmente o consumo real entre abastecimentos através de uma métrica adequada, como graus-dia de aquecimento.

---

## 1.5 ANÁLISE DE REGRESSÃO

A normalização é utilizada para analisar, prever e comparar o desempenho energético em condições equivalentes. A modelização energética baseada na regressão corresponde a uma tipologia específica de normalização e envolve a elaboração de uma equação de consumo energético que estabelece a relação entre a variável dependente (consumo energético total da instalação/rede, sistema ou equipamento, incluindo eletricidade e combustível local) e as variáveis independentes com impacto significativo no consumo energético da instalação, sistema ou equipamento. As variáveis independentes incluem, geralmente, a produção, a informação climática (graus-dia de aquecimento e arrefecimento), podendo incluir ainda outras variáveis, tais como as características da matéria-prima, tipologias de turnos e horas de funcionamento.

Com base na metodologia da Opção C do IPMVP, é geralmente necessário, um modelo de regressão para a criação do modelo de consumo energético de referência. Nos termos da metodologia das Opções A ou B do IPMVP, trata-se da Medição Isolada de Referência, que pode também necessitar de uma análise de regressão, dependendo da relação entre os dados de consumo energético e as variáveis independentes.

A equação do consumo energético pode ser determinada através de uma análise de regressão – processo de identificação da linha reta do «ajuste ideal» entre o consumo energético da instalação e uma ou mais variáveis independentes. Segue-se um exemplo de regressão linear:

$$\text{Consumo energético (kWh)} = m_1X_1 + m_2X_2 + C$$

Em que

C = consumo de base em kWh (determinado a partir da análise de regressão)

$m_{1,2,etc}$  = consumo energético em kWh por unidade de produção, ou seja, o consumo energético por tonelada de produto kWh/t, ou o consumo energético por grau-dia kWh/°C (determinado a partir da análise de regressão)

$X_{1,2,etc}$  = número de unidades, ou seja, toneladas de produto produzido ou número de graus-dia em °C

Podem ser incluídas outras variáveis – a chamada regressão multilinear. Podem também ser utilizadas técnicas de regressão mais complexas – quando tal seja necessário, devem ser indicados os detalhes do raciocínio e do cálculo utilizado.

Em alguns casos raros, de projetos em que é utilizada a Opção C do IPMVP, pode considerar-se que a variação no consumo de referência não está relacionada com as variáveis independentes e, por isso, não é necessária a normalização e a equação do consumo energético. Nesses casos, deve ser apresentada uma justificação clara para a ausência de uma equação do consumo energético.

Como parte de uma avaliação inicial do modelo energético assente na regressão e da equação de consumo energético, deve ser realizada uma avaliação do coeficiente de correlação ( $R^2$ ). Os modelos de regressão devem ser avaliados com base nas poupanças previstas, sendo que estas devem ser duas vezes superiores ao erro padrão do valor de referência, conforme previsto no IPMVP – consulte *IPMVP: Statistics and Uncertainty for IPMVP, 2014 (secção 1)*. As diretrizes referentes à elaboração e avaliação de modelos de regressão podem ser consultadas em *IPMVP: Statistics and Uncertainty for IPMVP, 2014 (secção 2)* e em *Superior Energy Performance – Measurement and Verification Protocol for Industry, 2017 (secções 6.3.2 e 6.4)*. O IPMVP define metodologias alternativas que devem ser consideradas nos casos em que os critérios previstos para o modelo de referência não são cumpridos:

- Equipamento de medição de maior precisão
- Mais variáveis independentes no modelo de consumo energético
- Tamanhos de amostras maiores
- Uma opção do IPMVP alternativa que seja menos afetada por variáveis desconhecidas

Tipicamente, um valor de 0,75 ou superior e um Coeficiente de Variação do Erro Médio Quadrático (CV [RMSE]) inferior a 0,2 indicam uma boa relação.

## 1.6 ANÁLISE DE INCERTEZA

O desenvolvimento do consumo de referência deve também incluir uma avaliação da incerteza quantificada na forma de um limite inferior e superior. Tal é possível através da comparação entre o consumo energético de referência previsto pela equação do consumo energético desenvolvida e as

faturas de energia ou consumo reais, medidos, referentes ao período de referência, recorrendo à diferença no consumo para estabelecer o erro associado ao consumo de referência. Este erro, combinado com o desvio padrão e os níveis de confiança/precisão previstos, pode ser posteriormente utilizado para criar um intervalo em torno do consumo de referência (mínimo e máximo). A *EVO 10100 – 1:2014, Statistics and Uncertainty for IPMVP, Secção 6* inclui um exemplo de como o cálculo do intervalo de previsões pode ser calculado.

O processo de recolha de dados de referência deve incluir uma avaliação de quaisquer períodos de condições anormais de funcionamento, tais como períodos de produção ou ocupação exceccionalmente elevada ou reduzida. A informação técnica referente a estas alterações no funcionamento deve ser recolhida durante a auditoria energética. Nestes casos, estes períodos devem ser excluídos do consumo de referência ou o consumo de referência ser ajustado com vista à normalização do consumo energético em relação às condições normais.

Para instalações industriais, onde uma instalação ou um processo tenha diferentes modos de funcionamento, sejam eles regulares ou irregulares, e não seja possível desenvolver um modelo de consumo energético que cumpra os critérios estatísticos previstos, devem ser desenvolvidos modelos independentes para cada um dos modos de funcionamento. Posteriormente, estes modelos são combinados, formando um modelo multimodo. Um exemplo deste tipo de funcionamento pode incluir a interrupção temporária da produção. Consulte *Superior Energy Performance – Measurement and Verification Protocol for Industry, 2017 (secção 6.5)* para obter informações adicionais relativas a este ponto.

## 2.0 CÁLCULOS DE POUPANÇAS

### 2.1 SÍNTESE

Os cálculos de poupanças são geralmente efetuados através de folhas de cálculo, mas pode ser necessária a utilização de ferramentas proprietárias para executar cálculos auxiliares. Independentemente do método utilizado, o procedimento deve ser transparente e bem documentado. Os métodos de cálculo devem basear-se em métodos técnicos rigorosos e os pressupostos devem assentar em observações, medições no terreno, dados medidos ou documentação. Em qualquer dos casos, estes pressupostos devem ser conservadores, transparentes e documentados.

As descrições das MRE submetidas à revisão de garantia da qualidade devem ser exaustivas, documentando as condições existentes, a intervenção proposta e os possíveis efeitos interativos entre medidas de racionalização. As descrições devem fornecer informação que demonstre ao *Quality Assurance Assessor* que o desenvolvimento foi realizado com nível de pormenor suficiente, tais como a definição do âmbito de trabalho preciso e orçamentos fundamentados.

Os resultados das poupanças de energia devem ser calibrados relativamente a estimativas ou medições do balanço energético.

A tabela seguinte indica quais os elementos aqui descritos que se aplicam a cada protocolo.

Elemento	Secção	Protocolo	
		Complexo	Direcionado
Desenvolver um conjunto de MRE recomendadas	2.2	✓	✓
Cálculos de poupanças das MRE	2.3	✓	✓
Efeitos interativos	2.4	✓	✓
Pacote de investimento	2.5	✓	✓

## 2.2 DESENVOLVER UM CONJUNTO DE MRE RECOMENDADAS

Os resultados da auditoria energética (melhor prática, não obrigatória) fornecem uma lista de MRE que podem incluir medidas de investimento reduzido ou nulo, melhorias na operação e manutenção (O&M), bem como itens de custos de capital. As estimativas das poupanças energéticas anuais e dos custos de implementação são os principais componentes da avaliação financeira de um projeto de eficiência energética (consulte a secção 2.5). Devem ser elaboradas descrições detalhadas das medidas, de modo a apoiar a definição destas estimativas.

No mínimo, a documentação para cada medida recomendada deve incluir a seguinte informação:

- O estado atual do sistema ou equipamento
- Ação ou melhoria recomendada

Uma metodologia com base em melhores práticas incluirá também:

- Risco de falha do equipamento
- Cronograma de implementação
- Resumo dos requisitos específicos de manutenção ou considerações associadas às MRE, bem como quaisquer potenciais impactos nos custos de manutenção
- Interação com outros usos finais e MRE (consultar a secção 2.4)
- Potenciais problemas que possam impedir a performance
- Organizações e indivíduos envolvidos na implementação desta ação ou melhoria e as respetivas responsabilidades
- Para projetos de redes urbanas de frio e calor, uma avaliação de quaisquer riscos associados à propriedade e/ou operação das diversas componentes de equipamentos ou infraestruturas de apoio ao projeto proposto
- Esforço necessário em termos de recursos humanos

## 2.3 CÁLCULOS DE POUPANÇAS DAS MRE

Ao preparar as estimativas de poupanças para a lista de MRE propostas, os métodos de cálculo adotados devem basear-se em princípios e metodologias sólidas de engenharia. Os dados de entrada devem resultar de dados de produção e climáticos, informação do sistema, especificações do fabricante e dados operacionais decorrentes de monitorização local, conforme apropriado à natureza do projeto em causa. Para cada MRE, devem ser claramente documentados a metodologia de cálculo, fórmulas, dados de entrada, pressupostos e respetivas fontes.

As referências, como *IPMVP Core Concepts Guide* e o *Methods Project (UMP) – EUA* disponibilizam as recomendações detalhadas de métodos de cálculo tais como a análise de regressão. As ferramentas reconhecidas para a realização de cálculos, em particular as reconhecidas a nível nacional, podem ser utilizadas ou indicadas como modelo para os métodos de cálculo.

Na realização de cálculos de poupanças com base em folhas de cálculo, os pressupostos e os valores nunca devem ser «embebidos» nas fórmulas. As fórmulas devem recorrer a células de referência para as constantes, pressupostos e outros dados de entrada. Estas entradas devem ser claramente definidas, os cálculos explicados e as unidades associadas devem ser referidas na folha de cálculo. Esta metodologia clara e consistente, do tipo «aberta», é crucial para o processo de garantia da qualidade.

Cada cálculo da MRE deve incluir uma descrição suficiente que permita (com a necessária informação de entrada) que um QAA possa reconstruir os cálculos. Esta explicação deve incluir a documentação das fórmulas e pressupostos utilizados, bem como das respetivas fontes.

As entradas para os cálculos de poupanças resultam das saídas da auditoria energética (quando exista). Cada uma destas entradas é fundamental para uma estimativa exata das economias e deve sempre assumir um carácter conservador, especialmente quando estão menos especificadas ou são desconhecidas. Os dados operacionais e de desempenho constituem também dados relevantes e delimitam os cálculos das poupanças. Estes dados podem ser obtidos a partir de testes funcionais de desempenho ou dados monitorizados a curto prazo, complementados por variáveis contínuas (tais como a produção ou dados meteorológicos), e podem apoiar a definição ou demonstração de oportunidades ou lacunas na operação ou no desempenho.

As interações entre MRE são também uma parte importante do processo de cálculo das poupanças. Os cálculos destas devem considerar sempre os potenciais efeitos de outras MRE propostas. Por exemplo, uma medida que envolva a substituição de equipamento por uma unidade de maior eficiência pode ser necessário ter em consideração uma capacidade de funcionamento reduzida associada a outra MRE. Como melhor prática pode-se calcular em primeiro lugar as poupanças das MRE que afetem as cargas ao nível da instalação (ou seja, a unidade de produção de energia), depois, o equipamento ao nível do departamento/processo e, por fim, o equipamento de utilização final. Este método permite «transmitir» de forma eficaz as características das medidas precedentes às medidas subsequentes.

Nos casos em que sejam utilizadas ferramentas de cálculo de terceiros e proprietárias, deve ser incluída a documentação suficiente que permita validar de forma imparcial as estimativas de poupanças de energia. Esta documentação deve incluir fontes tais como a metodologia de cálculo, artigos técnicos, ou resultados de testes independentes à instalação. Deve ser devidamente validada a eventual utilização de ferramentas disponibilizadas, por um determinado revendedor ou fabricante, para estimar as poupanças energéticas, relacionadas com os seus próprios produtos.

As poupanças de energia estimadas devem ser sempre comparadas com o consumo energético final, estimado ou medido, de modo a assegurar a razoabilidade das primeiras. Devem também ser comparadas com estimativas simples ou a estimativas de poupanças energéticas realizadas previamente. Tal assegura a credibilidade dos resultados e fornece um nível básico da garantia da qualidade.

## 2.4 EFEITOS INTERATIVOS

Os efeitos interativos são efeitos energéticos secundários, resultantes de interação entre MRE, muitas vezes associados ao aquecimento e ao arrefecimento, e devem ser considerados em todas as tipologias de projetos. Os efeitos interativos devem ser incluídos, sempre que apresentem uma relevância significativa em relação às poupanças de energia previstas para a medida, a menos que seja apresentada uma justificação escrita do motivo pelo qual não foram incluídos, bem como uma estimativa de cada efeito interativo.

Por exemplo, num projeto de substituição da iluminação, a redução nos ganhos térmicos do sistema de iluminação pode afetar as poupanças de energia através do aumento da necessidade de aquecimento, mas também pela menor necessidade de arrefecimento. Caso se antecipe que a globalidade do efeito interativo representa um impacto significativo nas poupanças, os cálculos convencionais referentes ao aquecimento e ao arrefecimento devem ser utilizados para determinar as frações (ou fração) adequadas para cada estação. Contudo, caso a fronteira de medição possa ser expandida de modo a abranger os efeitos interativos durante o período de referência, não é necessário estimá-los.

No *IPMVP (EVO), Core Concepts, 2016 – secção 5*, são descritos os efeitos interativos e a forma como podem ser abordados em aderência com o IPMVP.

## 2.5 PACOTE DE INVESTIMENTO

Uma estimativa decustos exata para as MRE propostas é um componente crítico utilizado na avaliação financeira de um projeto de eficiência energética. As estimativas de custos rigorosas são a base para a determinação de critérios de retorno do investimento e para a preparação de um pacote financeiro claro e realista.

Na fase de viabilidade, podem ser obtidas as propostas iniciais junto dos fornecedores, desde que sejam utilizadas, pelo menos, três. Em alternativa, as estimativas de custos podem basear-se na experiência prévia do engenheiro em projetos de natureza e âmbito semelhantes. Qualquer uma destas metodologias pode ser utilizada para classificar e determinar as medidas que serão incluídas no pacote final da proposta.

Em última análise, contudo, o pacote de investimento final deve conter preços baseados em propostas que representem o preço pelo qual um adjudicatário se comprometeu a implementar as medidas de melhoria. As estimativas de custos na fase de cálculo devem incluir, conforme aplicável:

- Uma revisão da viabilidade de intervenção indicando as medidas a incluir, a descrição dos métodos de construção, as horas de trabalho permitidas, os impactos na instalação/rede, pontos de acesso para a instalação de equipamento de grandes dimensões, grandes remoções (demolição), licenças necessárias e possíveis questões ambientais (i.e., amianto, materiais perigosos ou outros problemas que afetem a qualidade do ar interior).
- Divisão por categorias com múltiplas linhas de itens para os setores necessários, ou seja, construção civil (trabalhos estruturais e localizados, demolição, instalação de equipamentos),

mecânicos, hidráulicos, elétricos, arquitetura (acabamentos), ambiental (redução de materiais perigosos) e prestação de serviços temporários conforme necessário. Devem ser apresentados os mapas de quantidade ou folhas de cálculo que incluam informações de custos.

- Todas as linhas por setor devem incluir mão-de-obra e materiais. A «mão-de-obra» pode ser especificada pelo valor global em vez de horas e custos horários.
- Custos de operação e manutenção ao longo da vida do projeto são recomendáveis.
- Custos com honorários profissionais, de engenharia, comissionamento, gestão de projeto, aquisição de licenças, medição e verificação, despesas e margens do adjudicatário e eventuais contingências. Estes, tipicamente, são estimados como uma percentagem dos custos totais de instalação.
- As estimativas de custos podem ter de ser divididas em custo total e custo incremental, dependendo dos destinatários e do investimento contemplado. O custo incremental é o custo adicional de instalação do sistema de eficiência energética ou do equipamento, comparado com o custo de referência ou com o investimento não relacionado com a energia. Por exemplo, os incentivos são frequentemente baseados no custo incremental.
- A «análise do custo do ciclo de vida» (*LCCA – Lifecycle Cost Analysis*) não é obrigatória, mas pode ser incluída sempre que existam benefícios associados à intervenção proposta para além da economia com os custos de energia. Consulte a norma *ISO 15686-5:2017 Buildings & constructed assets – Service life planning- Part 5: Life cycle costing* e, nos EUA: *National Institute of Standards and Technology (NIST) Life Cycle Costing Handbook 135*
- O tempo de vida útil estimado e a degradação/depreciação do equipamento não são obrigatórios (pese embora alguns projetos possam exigir esta informação na avaliação do investimento), mas podem ser incluídas para avaliar o desempenho económico global das intervenções propostas. Estas estimativas devem ser conservadoras e basear-se em valores aceites.

---

## 3.0 PROJETO, INTERVENÇÃO E VERIFICAÇÃO

---

### 3.1 SÍNTESE

Esta parte do processo foca-se na fase de engenharia, implementação e verificação do desempenho operacional do projeto. Os principais objetivos são, assegurar que o projeto é estruturado e implementado conforme previsto através de uma supervisão de projeto, bem como da implementação. A submissão de especificações para a conceção, equipamento e desempenho, bem como dos planos de implementação, deve ser cuidadosamente revista de modo a assegurar o cumprimento do projeto proposto e dos requisitos dos interessados.

A expressão «verificação do desempenho operacional» (OPV - *Operational Performance Verification*) é utilizada especificamente para projetos de melhoria da eficiência energética ou de reabilitação, para distinguir esta atividade da de comissionamento «global». A OPV centra-se nas atividades de comissionamento específicos das MRE, contrariamente à realização do comissionamento de todos os sistemas e componentes da instalação.

Uma parte importante do processo de OPV é assegurar que estão definidos os requisitos relativos a funções, responsabilidades, expectativas, prazos, reporte, higiene e segurança e de acesso ao local. Adicionalmente, deve confirmar-se que foram realizadas todas as ações referentes a inspeções, atividades de verificação do desempenho operacional, testes, ajustes, formação, critérios de aceitação, requisitos de operação e manutenção e que foram cumpridas as recomendações referentes à M&V.

Deve ser nomeado um Especialista de OPV, interno ou independente, para gerir o processo. Ainda que existam vantagens na nomeação de um representante interno, recomenda-se um independente, evitando conflitos de interesses e tirando partido das competências técnicas especializadas.

O processo de *Quality Assurance* (QA) deve fornecer recomendações imparciais para a resolução rápida e equilibrada de problemas relacionados com o projeto, que possam surgir durante a conceção e/ou instalação. O QAA deve cooperar com o Especialista de OPV, proprietários e equipas de instalação do projeto, de modo a assegurar a conclusão do projeto, dentro do prazo e do orçamento.

A tabela seguinte indica quais os elementos aqui descritos que se aplicam a cada protocolo.

Elemento	Secção	Protocolo	
		Complexo	Direcionado
Plano de Verificação do Desempenho Operacional	3.2	✓	✓
Manual dos Sistemas	3.3	✓	
Formação	3.4	✓	✓
Conceção de Projetos Complexos	3.5	✓	

### 3.2 O PLANO DE OPV

As atividades de OPV começam com o desenvolvimento do respetivo plano. O plano deve ser elaborado antes da construção e deve descrever as atividades de verificação, objetivos orçamentais e indicadores-chave de desempenho relacionados com o projeto e com as MRE individuais. Os indicadores de desempenho devem ser utilizados para identificar baixos desempenhos, ainda que, no protocolo Direcionado, possuam um carácter opcional.

O plano deve também descrever o registo de dados, tendência do sistema de controlo (análise de dados históricos e utilizá-los para prever o desempenho futuro, geralmente através da GTC), testes de desempenho funcional, medições pontuais ou observações que serão utilizadas na definição da operação de referência e da operação pós-implementação, de modo a demonstrar que tanto as operações, como o desempenho foram melhorados e estão aptos um desempenho apropriado ao longo do tempo.

O próprio processo de OPV, conduzido pelo Especialista de OPV, deve incluir a discussão com a equipa de auditoria energética (se aplicável), acompanhamento da conceção, documentação entregue e alterações ao projeto e inspeções das alterações implementadas. Inclui, também, a responsabilidade de informar o proprietário do projeto de desvios face ao projetado e às poupanças energéticas estimadas, através de um registo de ocorrências. Caso os dados pós-implementação, resultados de testes ou outras observações recolhidas que indiquem um baixo desempenho ou a inexistência da continuidade do desempenho, o Especialista de OPV deve:

- Apoiar o cliente/Project Developer na completa e adequada instalação da medida e na reverificação do seu desempenho; ou
- Colaborar com a equipa de desenvolvimento na revisão das estimativas das poupanças geradas pelas MRE utilizando dos dados reais do período pós-implementação e respetivos dados de entrada.

A OPV eficaz resulta da aplicação de métodos de comissionamento tradicionais às medidas e sistemas afetos ao projeto, completando-os com atividades suplementares baseadas em dados, tais como o registo de dados, tendências e testes do desempenho funcional, conforme adequado.

O nível de esforço necessário para verificar as MRE propostas variará. As medidas que sejam bem conhecidas ou que representem economias expectáveis relativamente baixas, bem como as medidas cujas poupanças são consideradas garantidas podem justificar apenas uma verificação da implementação. Ou seja, uma verificação visual que assegure que as medidas foram implementadas de forma adequada – por exemplo, isolamento de tubagem e válvulas. As medidas com maiores economias em risco ou maior nível de incerteza requererão uma OPV mais detalhada, podendo passar por medições pontuais (por exemplo, aparelhos de iluminação e lâmpadas, bombas), teste de desempenho a curto prazo (por exemplo, ventiladores com velocidade variável) e a recolha e análise de dados de desempenho pós-implementação (por exemplo, projetos mais complexos com múltiplas MRE).

O método de M&V a utilizar pode também afetar a metodologia de OPV implementada. Ou seja, caso tenha sido implementada uma Opção B de M&V, segundo a qual devem ser medidos todos os principais parâmetros associados à MRE, uma inspeção visual mais simples pode ser suficiente para a OPV. No entanto, caso tenha sido implementada uma Opção A ou C, deve ser utilizada uma metodologia de OPV mais detalhada com o objetivo de verificar o funcionamento da MRE.

As metodologias de OPV típicas incluem:

- Inspeção visual – verificar a implementação física da MRE; utilizada quando a operação da MRE é bem compreendida e a incerteza ou as poupanças estimadas são reduzidas.
- Medições pontuais – medição de parâmetros-chave das MRE ou de uma amostra de MRE; utilizadas quando o desempenho das MRE pode variar face a dados publicados baseados em detalhes de implementação ou carga ou quando as poupanças estimadas são reduzidas.
- Teste do desempenho funcional – testar a funcionalidade e controlo adequado; aplicado quando o desempenho da MRE pode variar consoante a carga, controlos ou interoperabilidade de outros sistemas ou componentes e as poupanças ou a incerteza são elevadas.
- Sistemas de aquisição de dados e análise de tendências – definir a tendência através da GTC ou instalar equipamento de registo de dados e analisar dados e/ou rever a lógica de controlo; aplicado quando o desempenho da MRE pode variar consoante os controlos ou a carga e as poupanças e a incerteza são elevadas.

Deve ser fornecida documentação concisa, que detalhe as atividades concluídas como parte do processo da OPV e os resultados mais relevantes das mesmas – corresponde ao relatório de OPV e é obrigatório

para todos os projetos. Esta documentação deve ser continuamente atualizada durante o decurso do projeto.

### 3.3 MANUAL DE SISTEMAS

No geral, um Manual de Sistemas contém informações e documentação relativas ao projeto, construção, comissionamento, requisitos operacionais, requisitos e procedimentos de manutenção, formação e testes de uma instalação/rede. Trata-se de um documento destinado a apoiar a operação e manutenção da instalação e a otimizar os sistemas das instalações ao longo das suas vidas úteis. Especificamente, inclui instruções técnicas que asseguram que os sistemas, a unidade e o equipamento atingem o desempenho máximo, conforme as respetivas especificações técnicas, e que são conservados, ou recuperados até um estado que permita o seu funcionamento ótimo.

O Manual de Sistemas deve documentar os sistemas e os equipamentos modificados envolvidos no projeto de eficiência energética, sendo abrangente, mas conciso no sentido de ser utilizável pelos colaboradores da instalação. Deve também incluir a seguinte documentação, conforme adequado (definida mais pormenorizadamente pela norma *EN 13460:2009 Maintenance – Documents for maintenance* e, nos EUA, pela orientação da *ASHRAE 1.4-2014, Procedures for Preparing Facility Systems Manuals*):

- Projeto e construção da instalação: requisitos do proprietário do projeto e requisitos concretos da instalação; base do projeto e documentos de registo da construção/projeto
- Informação relativa à instalação, sistemas e montagens: especificações; documentação entregue e aprovada; diagramas de coordenação (esquemático do sistema, diagramas de circuito, plantas); registo de ativos; dados do fabricante relativos à operação e manutenção; garantias; lista de adjudicatários/fornecedores (incluindo listas de componentes e listas de peças de substituição) e informação de contacto
- Operações da instalação: plano operacional; estrutura organizacional, incluindo funções e responsabilidades; cronogramas de funcionamento da instalação e do equipamento; pontos e âmbitos de aplicação; sequências de operação; limitações e ações de emergência; procedimentos, listas de verificação e registos de manutenção; cronogramas de manutenção; registo de custos de manutenção; procedimentos e registos de calibração de instrumentos/sistemas de medição; procedimentos de comissionamento contínuo; procedimentos e planos de limpeza; medição e comunicação dos fornecedores de energia
- Formação: planos e materiais; registos de formação; formação para a atualização contínua do Manual de Sistemas
- Reporte do processo de comissionamento: plano de comissionamento (ou de OPV); relatórios de revisão do projeto e de documentação entregue; relatórios de testes, licenças e inspeções e certificados; relatórios de progresso do comissionamento (ou de OPV); registo de ocorrências e resolução; resolução de ocorrências e ocorrências em aberto

A elaboração do manual deve ser coordenado com os colaboradores da área operacional e da manutenção para que responda, o melhor possível, às necessidades destes. Para além dos procedimentos operacionais da instalação associados ao equipamento, o manual deve também disponibilizar informação quanto à otimização contínua dos sistemas, bem como um processo e matriz de responsabilidade claros referentes à abordagem de problemas.

Note que, para projetos Direcionados, qualquer Manual de Sistemas existente deve ser atualizado; na inexistência do mesmo, não é necessário a elaboração de um novo.

---

### 3.4 FORMAÇÃO

A formação dos colaboradores e operadores da instalação será um dos fatores mais relevantes na confiança no desempenho operacional e na persistência das poupanças energéticas. Sem a adequada compreensão dos novos sistemas, sem as competências para operá-los corretamente e sem um plano para a resolução ou reporte de ocorrências, não será possível o sucesso e o desempenho ótimo de um projeto de eficiência energética.

Os colaboradores operacionais da instalação devem estar envolvidos em todas as atividades relevantes de OPV, desde o planeamento até à implementação. O envolvimento no processo de OPV permite obter formação crucial em contexto de trabalho e assegura a familiarização com os novos sistemas e as MRE implementadas.

Deve ser elaborado um plano de formação bem desenvolvido, apoiado por documentação abrangente e útil referente à instalação. Como melhor prática, e quando possível, devem ser disponibilizadas sessões de formação gravadas em formato vídeo. Estas sessões de formação devem abranger as alterações decorrentes do projeto de eficiência energética e das MRE implementadas. Devem ser desenvolvidas e prestadas pelos consultores, fornecedores e adjudicatários.

A formação associada às atividades de OPV deve ser agrupada com a formação realizada como parte do processo de OM&M. No seu todo, permitirão uma compreensão rigorosa da adequada operação dos sistemas e do diagnóstico e resposta a ocorrências que surjam ao longo do tempo. Os principais temas que a formação de OPV e de OM&M devem abranger, incluem:

- Descrições detalhadas das MRE implementadas e descrições do desempenho melhorado resultante das mesmas
- Revisão do plano de OPV (quando necessário)
- Objetivos para o investidor e utilizadores da instalação, no contexto das MRE
- Metas de desempenho energético
- Principais indicadores de desempenho
- Cronogramas operacionais e requisitos operacionais do proprietário

- Análise contínua de dados e processo e métodos de investigação utilizados na identificação de problemas e deficiências relacionadas com o desempenho – incluindo a utilização de métodos e instrumentos de diagnóstico para a manutenção associada com as MRE, bem como os meios de recolha, análise e armazenamento de dados
- Requisitos de O&M necessários para assegurar a continuidade do desempenho e das poupanças (tarefas de manutenção, manutenção corretiva e preventiva e respetivo cronograma)
- Funções e responsabilidades dos colaboradores com vista à manutenção da continuidade do desempenho e das poupanças, bem como métodos de resposta ou reporte de ocorrências
- Questões e preocupações de higiene e segurança relevantes
- Questões específicas referentes à manutenção de garantias

### 3.5 CONCEÇÃO DE PROJETOS COMPLEXOS

Os projetos complexos podem consistir em:

- Integração de usos energéticos, tal como a utilização de calor recuperado de um outro processo ou otimização energética de toda a instalação
- Alteração do processo ou da energia fornecida ou em ambos – por exemplo, implementação de nova tecnologia de processo ou unidades combinadas de calor e energia.

Enquanto a segunda tipologia de projeto tende a resultar em poupanças de maior dimensão, é certo que também tende a ser mais dispendiosa e pode representar riscos mais elevados. Pode também implicar o contributo de vários departamentos dentro de uma organização. Por isso, estes projetos requerem conhecimentos e competências especializadas (consultar *Best practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement – An Introduction for Policy Makers, Copenhagen Centre on Energy Efficiency, 2016, secção 4*). Podem ainda requerer do investidor uma *due diligence* mais extensa, com vista à avaliação de aspetos não técnicos, tais como financeiros, responsabilidades, conformidade ambiental e riscos no âmbito da higiene e segurança. Todos os projetos implicam uma avaliação de riscos técnicos, incluindo qualquer potencial impacto na capacidade de produção (devido, por exemplo, a falha do equipamento), bem como uma revisão da viabilidade de construção proporcional ao nível de complexidade do projeto. Conforme já mencionado neste documento, é importante lembrar que o ICP não elimina, nem visa eliminar o risco.

Ainda que o processo do ICP não estabeleça diretamente requisitos quanto à conceção, é necessário um trabalho detalhado nesse contexto para definir o pacote de investimentos. A conceção detalhada associada a um projeto energético em contexto industrial ou de aprovisionamento energético deve obedecer a processos standardizados de construção. Dependendo da complexidade e da natureza do projeto, tal pode incluir o desenvolvimento de diagramas de coordenação e plantas detalhadas, de modo a assegurar o acondicionamento do equipamento proposto na instalação existente, bem como

avaliações locais por parte dos fabricantes ou de fornecedores de equipamento especializado. As atividades específicas de conceção de eficiência energética em novas instalações industriais são apresentadas no Documento de Referência sobre Melhores Técnicas Disponíveis – *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, European Commission, Tabela 2.2*:

- Conceção de processos e sistemas de produção de energia otimizados
- Avaliação das necessidades de controlo e instrumentação
- Integração do processo/sistemas de recuperação de calor (metodologia *pinch*)
- Minimização de perdas de pressão, perdas de temperatura, etc.
- Seleção de motores, acionamentos, bombas, etc. eficientes
- Especificações complementares para a aquisição de material referente à eficiência energética

---

## 4.0 OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORIZAÇÃO

---

### 4.1 SÍNTESE

O objetivo primário da fase de Operação, Manutenção e Monitorização é assegurar a continuidade das poupanças associadas à MRE ao longo da vida do projeto. O processo de QA deve garantir que foi selecionada e elaborada uma prática adequada e razoável com vista à monitorização do desempenho do sistema energético e que foram elaborados planos de medidas corretivas que garantam «em específico» o desempenho energético. A OM&M pode variar em termos de âmbito e pode envolver o comissionamento contínuo, o comissionamento assente na monitorização, a monitorização assente no desempenho (deteção e diagnóstico de falhas), o recomissionamento periódico, o reajuste do sistema ou do equipamento ou inspeções periódicas.

Informações relativas à Operação e Manutenção podem ser consultadas em *Operations & Maintenance Best Practices: A Guide to Achieving Operational Efficiency, Federal Energy Management Program, 2010*. Este documento define cinco princípios-chave relativos à O&M integrada e eficaz: operação, manutenção, engenharia, formação e administração. O documento também fornece informação quanto às melhores práticas de O&M, incluindo como garantir a persistência das poupanças energéticas, para tecnologias específicas.

Informações relativas à monitorização e reporte do desempenho energético, incluindo os métodos e relatórios de monitorização e os tipos de indicadores do desempenho energético, podem ser consultados em *ISO 50006:2014 Energy Management Systems – Measuring Energy Performance Using Energy Baselines and Energy Performance Indicators*.

---

### 4.2 PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORIZAÇÃO

A OM&M (Operação, Manutenção e Monitorização) e a monitorização do desempenho da instalação ou rede consistem num processo de melhoria contínua e envolvem o acompanhamento, a análise, o diagnóstico e resolução de problemas relacionados com todos os sistemas consumidores de energia, fornecedores de energia ou unidades de produção, processos, iluminação ou outros sistemas com consumo energético. Para redes urbanas de frio e calor, tal pode incluir o acompanhamento das perdas de distribuição através de monitorização da energia fornecida e da energia entregue.

Ainda que o foco de um projeto de eficiência energética seja o desempenho energético do sistema, é importante ter em mente quaisquer impactos que o projeto possa ter no desempenho da instalação em relação ao cronograma de planeamento de produção ou contratos no caso das redes urbanas de frio e calor. Todos os potenciais impactos devem ser devidamente minimizados e mitigados.

Os bons processos de OM&M envolvem uma estratégia proativa com vista ao cumprimento do plano de produção ou aprovisionamento energético, enquanto simultaneamente otimizam a performance energética. Um dos problemas que se pode verificar nas instalações industriais deve-se ao facto de o principal foco dos operadores ser o cumprimento do planeamento da produção previsto. Este foco pode ser contraproducente na performance da eficiência energética – por exemplo, a otimização da potência

de arrefecimento em produtos alimentares refrigerados aumenta o risco de deterioração dos mesmos, o que, por sua vez, os operadores pretendem ao máximo evitar. Podem ocorrer em redes urbanas de frio e calor problemas similares pois, os operadores estão focados em fornecer a energia necessária e não na otimização da performance energética.

O desenvolvimento de procedimentos específicos de OM&M pode fornecer orientações mais precisas aos colaboradores da área operacional e da manutenção da instalação, conferindo-lhes capacidade e disponibilizando métodos específicos para identificar, analisar e solucionar problemas ao longo do tempo.

O processo de OM&M, no geral, deve envolver as seguintes ações chave:

1. *Recolha de dados e monitorização do desempenho* – os dados de desempenho do sistema energético do processo, da unidade de produção ou outro sistema de consumo energético ou de iluminação são monitorizados a par com dados de consumo energético. Para apoiar este processo, estão disponíveis diversas ferramentas, sendo que, geralmente, são utilizadas como parte da estratégia de gestão global.
2. *Deteção de problemas de desempenho* – utilização de ferramentas automatizadas para uma análise e identificação de problemas (deteção e diagnóstico de falhas) em tempo real ou utilização de ferramentas para apresentação de informação em moldes que facilitem a identificação manual de problemas.
3. *Diagnóstico de problemas e identificação de soluções* – se, por um lado, as ferramentas automatizadas podem facilitar o diagnóstico de problemas e o desenvolvimento de soluções, por outro, a competência, o conhecimento e a formação dos colaboradores da área operacional, complementados com o apoio de fornecedores de serviços ou consultores, são componentes cruciais no diagnóstico eficaz de problemas e na identificação de soluções adequadas.
4. *Resolução de problemas e verificação de resultados* – os problemas devem ser solucionados de forma a incluir os riscos à continuidade da produção, bem como considerando e otimizando o desempenho energético.

Um forte enquadramento da gestão de OM&M deve estabelecer claramente o modo de utilização de ferramentas ou processos automatizados ou manuais e fornecer a orientação, a formação e o apoio necessários para extrair, interpretar e agir sobre os dados e os resultados da análise. Este enquadramento de gestão deve alocar recursos à OM&M, definindo funções e responsabilidades e atribuindo-as aos elementos da equipa mais apropriados. O enquadramento deve definir objetivos de desempenho quantificáveis, determinar responsabilidades e definir os métodos e métricas de monitorização do desempenho (indicadores de desempenho).

A seleção dos indicadores de desempenho energético dependerá das MRE propostas e das respetivas características do consumo energético, bem como dos fatores que as afetam. Podem ser aplicados a um equipamento, a um sistema ou a toda a instalação/rede e, geralmente, são diretamente medidos (e.g., kWh), calculados através de um rácio de valores medidos (e.g., eficiência) ou de uma relação calculada

ou modelizada entre o consumo energético e as variáveis relevantes (como o modelo de regressão linear para determinação de kWh/t de produto ou o kWh/grau dia). Um indicador de desempenho para um sistema de arrefecimento poderá ser o consumo energético em kWh/necessidade de arrefecimento em kWh.

Na gestão de OM&M podem ser incorporados sistemas de gestão de energia (SGE) automatizados, permitindo um método para monitorizar, analisar e avaliar o desempenho energético em relação a projeções e *benchmarks*. Estas ferramentas podem ser utilizadas nas fases de desenvolvimento e de implementação do projeto apoiando as atividades de Determinação do Consumo de Referência e de M&V.

Os sistemas de recolha de dados são utilizados para recolher dados energéticos e transmiti-los ao SGE. Estes dados são, normalmente, recolhidos em intervalos de um minuto a uma hora e podem monitorizar o consumo energético de toda a instalação ou de sistemas ou usos finais específicos. O SGE agrega estes dados, identifica erros e analisa os dados, fornecendo representações gráficas ou relatórios utilizados na avaliação em tempo real do desempenho energético da instalação.

As ferramentas do SGE, por um lado, permitem identificar desempenhos insatisfatórios ou problemas, mas, por outro, não permitam diagnosticar a origem dos mesmos. A tendência e a análise realizadas através do Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (*Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA*) e/ou do reporte de Monitorização e Definição Automática de objetivos (*automatic Monitoring and Targeting - aM&T*) ou a utilização de ferramentas de deteção e diagnóstico de falhas (*Fault Detection and Diagnostic - FDD*) automatizadas representam métodos de monitorização do sistema que podem identificar, em tempo real, problemas na operação e no desempenho do sistema.

A utilização de métodos SCADA/aM&T para o acompanhamento das métricas chave de desempenho podem constituir um método económico de monitorização e identificação de melhorias no desempenho da instalação. Os indicadores podem ser regulamente definidos e revistos, de modo a identificar alterações anormais nos valores e que possam indiciar a existência de problemas. Os padrões de longo prazo, médias e valores mínimos ou máximos podem também ser utilizados na identificação de problemas e na monitorização da eficiência energética e do desempenho do sistema. As métricas de desempenho, geralmente, incluem temperaturas por zona, eficiências de equipamento, eficiências de sistema e níveis de ventilação.

A utilização de SCADA/aM&T para acompanhar as métricas de desempenho constituem um método manual e útil para a monitorização do desempenho do sistema, no entanto as ferramentas FDD representam uma funcionalidade adicional em relação a estes métodos manuais. As ferramentas FDD usam dados de desempenho ao nível do sistema para a deteção automática e, em certos casos, para a quantificação e reporte de problemas em tempo real.

As ferramentas FDD recorrem aos pontos SCADA existentes e, em certos casos, a sensores externos àquele e analisam os dados através de algoritmos com vista à deteção de falhas. Estes algoritmos são, no geral, proprietários. Contudo, algumas ferramentas permitem a customização ou programação de rotinas adicionais para a deteção de falhas. As ferramentas FDD são tipicamente implementadas por terceiros e as suas funcionalidades, níveis de diagnóstico e custos podem variar significativamente.

O retrocomissionamento ou recomissionamento (RCx) pode fornecer, de forma periódica, um método adicional ou alternativo para a OM&M. O RCx é um meio económico para melhorar o desempenho de instalações existentes, tendo por objetivos a redução do consumo energético e do consumo da potência de ponta, a melhoria do desempenho do sistema, o cumprimento dos volumes de produção planeados e a redução de avarias e dos custos de manutenção. O RCx envolve uma revisão dos sistemas da instalação e da respetiva operação que identifique os problemas decorrentes de deficiências operacionais do sistema ou de erros de conceção ocorridos durante a construção original. O RCx também identifica problemas que possam ter surgido durante a existência da instalação. As medidas de eficiência energética típicas, identificadas durante o processo de RCx, focam-se na melhoria do controlo do equipamento existente ou na correção de avarias no *hardware* e sensores.

---

### 4.3 MANUAL DO OPERADOR

Em muitos casos, o Manual do Operador e o Manual de Sistemas podem ser agrupados num só documento, a ser utilizado pelo pessoal da operação e da manutenção. Neste caso, para a elaboração deste documento, devem ser cumpridos os requisitos descritos na Secção 3.3. Caso contrário, estes dois Manuais podem ser desenvolvidos como documentos independentes.

As secções de Operação e Manutenção do Manual de Sistemas, ou o Manual do Operador, individualmente, devem conter conforme adequado, a seguinte informação:

- Fotografias
- Telas finais e esquemas
- Lista dos equipamentos mais relevantes
- Faturas de compras e reparações dos equipamentos mais relevantes
- Relatório de balanço
- Localização de equipamento
- Lógica do sistema de controlo
- Instruções de O&M; materiais de formação

Note que, para projetos Direcionados, o Manual do Operador existente deve ser atualizado; na inexistência do mesmo, não é necessária a criação de um novo.

---

### 4.4 FORMAÇÃO

As ações de formação específicas da OM&M aqui descritas devem ser combinadas com as formações e melhores práticas descritas na Secção 3.4.

Operação, práticas de manutenção e monitorização adequadas são tarefas fundamentais para um desempenho energético eficiente e contínuo dos sistemas da instalação. Ignorar pontos ou controlos do sistema devido à falta de conhecimento ou o desempenho insatisfatório decorrente de uma manutenção inadequada são problemas típicos que podem afetar o desempenho energético eficiente ao longo do tempo do sistema e comprometer o desempenho financeiro de um projeto de eficiência energética. A formação dos operadores da instalação é uma componente crítica do processo de OM&M e ajuda a evitar estes problemas.

Para além da formação associada ao processo de OPV, um plano de formação bem construído deve responder especificamente às tarefas de OM&M. As sessões de formação de OM&M devem ser gravadas em vídeo e apoiadas por documentação abrangente e útil relativa à instalação. A formação deve, no mínimo, abranger os seguintes componentes OM&M (nos termos do protocolo Direcionado, alguns destes podem não ser relevantes, tais como a gestão automatizada, e, por isso, não é necessário inclui-los):

- *Estrutura de gestão* – Definição e configuração da gestão, responsabilidade e estrutura de reporte e respetivos componentes, incluindo operação, manutenção, engenharia, formação e administração.
- *Métricas de desempenho* – métodos de desenvolvimento e análise para avaliar a manutenção, o desempenho operacional e energético dos sistemas da instalação/rede. Deve também incluir a revisão do plano de M&V.
- *Manutenção das MRE* – responsabilidade pela operação, manutenção, reparação e substituição de cada MRE.
- *Reporte* – requisitos de reporte e respetiva periodicidade para as atividades de O&M, incluindo a apresentação de listas de verificação de O&M específicas para as MRE.
- *Manuais* – revisão do Manual do Operador/Sistema.
- *Gestão automatizada* – integração das MRE num sistema de gestão da manutenção computadorizado.
- *Resolução de problemas* – discussão de potenciais problemas que possam afetar negativamente a continuidade da operação ou das poupanças e revisão do processo para abordar ou reportar os problemas identificados.

Um projeto e respetiva formação de O&M, convenientemente estruturados, devem incluir as melhores práticas de manutenção preditiva. A manutenção preditiva pretende detetar o começo de mecanismos

de degradação, por forma a os corrigir antes da deterioração significativa do componente ou do equipamento. A formação em manutenção preditiva é particularmente relevante, dado que a mesma se torna continuamente mais sofisticada e orientada para tecnologia.

A manutenção preditiva pode incluir múltiplas abordagens distintas, devendo ser consideradas, com a respetiva formação, todas as seguintes para inclusão na estrutura de gestão O&M:

- monitorização/análise da vibração, análise ao lubrificante e combustível, análise das partículas de desgaste, análise dinâmica e de temperatura, monitorização do desempenho, deteção ultrassónica de ruídos, fluxo ultrassónico, termografia por infravermelhos, ensaio não destrutivo (espessura), inspeção visual, resistência do isolamento, análise de características e análise do circuito de motores, índice de polarização e monitorização elétrica.

As atividades de OM&M incluirão um método para monitorizar e avaliar o desempenho real das MRE implementadas. Tal pode incluir o comissionamento contínuo, o comissionamento baseado na monitorização, a monitorização baseada no desempenho (deteção e diagnóstico de falhas), o recomissionamento periódico, o reajuste da instalação ou inspeções periódicas. Como parte do currículo de formação, os operadores do processo devem ser formados quanto à utilização e interpretação dos sistemas em vigor, no sentido de monitorizar as MRE e os respetivos sistemas da instalação, bem como quanto à forma de resposta a problemas identificados durante este processo. Os operadores da instalação/processo são a «primeira linha de defesa» contra a degradação do desempenho, sendo que a sua compreensão dos sistemas de monitorização e ferramentas de análise são fatores determinantes do sucesso do projeto de eficiência energética.

Quando disponíveis, devem ser utilizadas formações baseadas em competências e nos programas de certificação reconhecidos a nível nacional, de modo a formar os operadores do processo quanto à operação e manutenção adequadas dos sistemas. O pessoal da operação e manutenção deve ser encorajado a procurar e a obter a formação e as certificações relevantes que potenciarão as suas capacidades com vista à conceção de locais de trabalho confortáveis, eficientes do ponto de vista energético e amigos do ambiente.

---

## 5.0 MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

---

### 5.1 SÍNTESE

Todas as tarefas de Medição e Verificação (M&V) envolvem a quantificação fiável das poupanças de projetos de eficiência energética (ou de MRE individuais) através da comparação entre os consumos de referência determinados e o desempenho e consumo energéticos pós-implementação, normalizada no sentido de refletir o mesmo conjunto de condições. O protocolo ICP Indústria e Aprovisionamento Energético - Complexo permite a utilização da Opção B (*Medição Isolada: Medição de todos os Parâmetros*) e da Opção C (*Toda a Instalação*), conforme definido pelo IPMVP. A Opção A (*Medição Isolada: Medição do Parâmetro-Chave*) pode ser utilizada quando adequado, nos termos do protocolo Indústria e Aprovisionamento Energético - direcionado. A utilização da Opção D do IPMVP, *Simulação Calibrada*, não é permitida pelo ICP.

Para a maior parte das tarefas de M&V, são necessários ajustes não-periódicos ao consumo de referência, de modo a refletir as alterações inesperadas no consumo energético da instalação após conclusão das intervenções, tais como alterações na unidade e no equipamento, ocupação, turnos ou configuração do processo. Estes afetam os usos de energia e devem ser calculados e subtraídos ou somados ao consumo de referência, possibilitando a comparação em relação ao consumo pós-intervenção nos termos da Opção C. O cálculo dos efeitos destes ajustes ao consumo energético da instalação/rede pode ser desafiante, especialmente nos casos em que ocorram efeitos interativos potencialmente complexos em elementos do processo ou serviços da unidade industrial.

No geral, o processo de QA envolve a revisão do Plano de M&V, inspeções de verificação, revisão da definição do consumo de referência, revisão da aplicação adequada dos ajustes (periódicos e não periódicos), revisão do equipamento de monitorização, revisão dos dados recolhidos e revisão dos cálculos executados para quantificar as poupanças verificadas. Durante a fase operacional, será também necessária a revisão de relatórios de M&V e dos ajustes ao consumo de referência.

A tabela seguinte indica quais os elementos aqui descritos que se aplicam a cada protocolo.

Elemento	Secção	Protocolo	
		Complexo	Direcionado
Plano de M&V e Implementação	5.2	✓	✓
Parâmetros Estimados: Opção A do IPMVP	5.2.1		✓
Cálculos Revisados: Opções A e B do IPMVP	5.2.2	✓	✓

## 5.2 PLANO DE M&V E IMPLEMENTAÇÃO

O processo de M&V pode ser repartido nas seguintes atividades fundamentais:

1. Documentar o consumo energético de referência
2. Planear e coordenar as atividades de M&V (Plano de M&V)
3. Verificar operações
4. Recolher dados
5. Verificar as poupanças
6. Reportar os resultados

O primeiro passo no processo de M&V, a definição e documentação do consumo de referência, é referido no início destas especificações. O nível de incerteza deve ser quantificado durante este processo. Para tal, pode ser utilizada a equação de consumo energético e os dados reais relativos a variáveis independentes (como o volume de produção), com vista à determinação do consumo de referência mensal e comparando os resultados com o consumo histórico real associado ao período de referência. A diferença, ou erro, no consumo de referência calculado pode então ser combinado com o desvio padrão e os níveis de confiança/precisão no sentido de definir a incerteza da equação de consumo energético.

O segundo passo do processo envolve o planeamento e a coordenação das atividades de M&V, cuja base assenta na elaboração do Plano de M&V.

### *Plano de M&V*

O Plano de M&V deve ser concebido logo após a definição do projeto de eficiência energética. A definição atempada do plano assegurará que foram recolhidos e estão disponíveis todos os dados necessários para os cálculos de poupanças durante o período de referência. Tal é particularmente importante aquando da aplicação da Opção A ou B, para as quais são necessários dados prévios à intervenção, para definir a operação de referência dos sistemas afetados pelas MRE propostas. A definição atempada do Plano de M&V permitirá, também, a coordenação com as atividades de Verificação de Desempenho Operacional (OPV).

O Plano de M&V deve ser aderente ao IPMVP no que se refere à definição dos componentes que o Plano deve conter e considerar (definidos em *IPMVP Core Concepts-2016, secção 7*). Resumidamente, o Plano de M&V deve abordar os seguintes tópicos:

- Descrições das MRE e dos procedimentos de verificação do desempenho operacional
- Definição da fronteira de medição e discussão de potenciais efeitos interativos
- Documentação do período, consumo energético e condições de referência; incluir descrições de dados de variáveis independentes e de fatores estáticos coincidentes com os dados energéticos (ajustes periódicos e não periódicos)
- Definição do período de reporte (tipicamente, tempo necessário para recuperar os custos de investimento associados ao projeto de eficiência energética)
- Descrições da base para os ajustes (periódicos e não periódicos – consulte a parte final desta secção)
- Descrição dos procedimentos de análise, incluindo algoritmos e pressupostos a utilizar na verificação das poupanças
- Descrição dos preços de energia utilizados na definição do valor das poupanças e futuros ajustes aos mesmos
- Descrição do plano de medição proposto e das respetivas especificações, incluindo métodos para o tratamento de dados e responsabilidades de reporte e de registos de dados
- Descrições qualitativas (e, se possível, quantitativas) da precisão expetável
- Definição do orçamento e dos recursos necessários para o processo de M&V (inicial e contínuo)
- Descrição do formato e cronograma de relatórios de M&V
- Descrição dos procedimentos de garantia da qualidade aplicáveis ao processo de M&V

O terceiro passo do processo de M&V envolve a verificação do desempenho operacional, fornecimento de mecanismos para realizar o potencial das poupanças e é referido na Secção 7 deste documento. O quarto passo envolve a recolha de dados, que deve ocorrer antes e depois da intervenção planeada.

O quinto passo envolve a determinação das poupanças energéticas verificadas. As poupanças podem ser determinadas para toda a instalação (Opção C) ou partes da mesma (Opções A e B). Em todos os casos, a determinação das poupanças verificadas envolve a consideração das fronteiras de medição, dos efeitos interativos, a seleção de períodos de medição adequados e a base para ajustes.

#### *Poupanças energéticas verificadas – Opção C*

Na Opção C, a fronteira de medição incluirá toda a instalação. Os períodos de medição devem cumprir as recomendações previstas em *IPMVP Core Concepts-2016* e devem incluir, no mínimo, um período representativo de 12 meses para dados de consumo referentes quer à fase prévia, quer à fase posterior à intervenção.

Os ajustes ao consumo de referência devem estar bem definidos e ser aplicados de forma conservadora. O termo «ajustes» é utilizado geralmente para reafirmar o consumo energético de referência nos termos das condições do período de reporte. A equação de poupanças verificadas expressa no IPMVP é:

$$\text{Poupanças} = (\text{Consumo de Referência} +/- \text{Ajustes Periódicos às condições do período de reporte} +/- \text{Ajustes Não Periódicos às condições do período de reporte}) - \text{Energia do Período de Reporte}$$

Os ajustes periódicos, que se espera que alterem de forma periódica, devem ser considerados através de regressões ou de outras técnicas, de modo a ajustar o período de referência e o período de reporte em relação às mesmas condições. Tal permite uma comparação precisa entre os dois períodos de medição.

Os ajustes não-periódicos incluem fatores que afetam o consumo energético e cuja alteração não era expectável, tais como alterações à dimensão da instalação, à operação do equipamento instalado, à climatização de espaços não climatizados, ao número de ocupantes ou à carga. O primeiro passo consiste na identificação destas alterações no período de reporte, mas, especificamente, na localização dos ajustes que representam um efeito razoável no consumo energético. Tal é possível através de entrevistas ao proprietário da instalação ou rede e ao pessoal da operação e manutenção, visitas periódicas ao local, observação de padrões de consumo energético inesperados ou outros métodos.

O cálculo preciso e conservador dos efeitos que estes ajustes não-periódicos representam no consumo energético é considerado crítico. Por vezes, é possível estimar estes efeitos como parte dos cálculos de poupanças para o projeto. Noutros casos, é necessário recorrer a métodos de cálculo paralelos, sendo, então, fundamental aplicar um nível adequado de rigor e princípios sólidos de engenharia. Tal inclui a determinação exata de todos os pressupostos utilizados nos cálculos.

Em todos os casos, a aplicação de ajustes deve ser efetuada com precaução. Devem ser considerados apenas os ajustes que se espera terem um impacto relativamente significativo no consumo energético.

Os pressupostos utilizados nos ajustes devem ser conservadores e basear-se em medições reais, observações no terreno ou fontes validadas e documentadas.

#### *Poupanças energéticas verificadas – Opções A e B*

Nas Opções A e B, deve ser considerada e definida a fronteira de medição. A fronteira de medição deve ser definida em volta do equipamento ou dos sistemas afetados pelas MRE e devem ser determinados todos os requisitos energéticos significativos relativos ao equipamento dentro dessa fronteira. A determinação do desempenho energético do equipamento é possível através da medição direta do fluxo de energia ou através da medição direta de indicadores do consumo energético que permitam uma indicação deste último.

Se possível, devem ser considerados e medidos todos os efeitos energéticos das MRE. Em particular, devem ser avaliados os efeitos interativos das medidas para lá da fronteira de medição, no sentido de verificar se permitem a quantificação ou se podem ser ignorados de forma razoável. O Plano de M&V deve ainda incluir uma discussão sobre cada efeito e a respetiva dimensão expetável.

Tanto o período de referência, como o período posterior à intervenção (reporte) devem ser atempadamente determinados durante a fase de definição do projeto, possibilitando a identificação de dados de referência adequados. No período de reporte devem ser recolhidos dados que reflitam a operação do equipamento através do respetivo ciclo operacional completo (do consumo máximo ao mínimo). Os dados devem representar todas as condições operacionais e o período de referência deve coincidir com o período imediatamente anterior ao compromisso de realizar a intervenção.

#### **5.2.1 PARÂMETROS ESTIMADOS: OPÇÃO A DO IPMVP**

A Opção A só pode ser utilizada em projetos que apliquem o protocolo Direcionado. Pode ser aplicada a uma medida individual ou ao nível do sistema para avaliação da M&V. A abordagem destina-se a intervenções em que os fatores-chave de desempenho, tais como a capacidade de utilização final e a procura, ou os fatores operacionais, tais como as horas de funcionamento da iluminação ou a potência de bombeamento, possam ser medidos pontualmente ou a longo prazo durante os períodos de referência e após a intervenção. Nos termos da Opção A, qualquer fator que não é medido é estimado com base em pressupostos, na análise de dados históricos ou em dados do fabricante.

Sendo certo que a Opção A pode representar uma abordagem mais económica à M&V do que a Opção B, a mesma só deve ser aplicada a medidas «simples». Tal pode incluir medidas em que se espera que, pelo menos, um dos parâmetros seja bastante constante ou consistente e, desta forma possa ser estimado.

Ao considerar a Opção A e quais as variáveis a estimar, deve ser analisada previamente a dimensão da variação no consumo de referência ou o impacto energético que as variáveis podem representar nas MRE. As estimativas devem basear-se em fontes fiáveis e documentáveis, com elevado nível de confiança. Estas estimativas nunca devem basear-se em «regras gerais», fontes privadas («modo de funcionamento desconhecido») ou «estimativas de engenharia».

Os parâmetro-chave que não sejam consistentes (e, por isso, não devem ser estimados) devem ser medidos. Geralmente, incluem-se nestes parâmetros a potência, o rendimento ou operação – essencialmente, todos os parâmetros que representam uma parte significativa da incerteza das poupanças.

Conforme descrito nesta secção, a dimensão exetável da variação do parâmetro-chave determinará a frequência da medição – isto é, contínua ou periódica.

#### **5.2.2 CÁLCULOS REVISTOS: OPÇÕES A E B DO IPMVP**

No seguimento da implementação das MRE, a aplicação da Opções A ou B implicará revisões aos cálculos de poupanças originais, de modo a determinar as poupanças verificadas para as MRE associadas. As medições e observações pontuais ou a curto-prazo da operação pós-intervenção devem disponibilizar as entradas para os pressupostos originalmente utilizados nos cálculos de poupanças, de modo a que possam ser calculadas as poupanças exatas (verificadas) associadas à operação real das medidas. O plano e o processo de medição para aplicação dos resultados aos cálculos de poupanças verificadas devem ser documentados no Plano de M&V e devem ser cumpridos.

Tal como acontece com os cálculos de poupanças originais, todas as entradas e pressupostos devem ser transparentes e bem documentados através de análises de dados, imagens, capturas de ecrã do Sistema de Gestão Centralizado do Edifício ou outros meios utilizados para informar os cálculos de poupanças verificadas.