



ESPECIFICAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO – ILUMINAÇÃO PÚBLICA

VERSÃO 0.1 – MAIO DE 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	DETERMINAR MÉTODOS A APLICAR NO PROJETO	8
1.0	DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE REFERÊNCIA	11
1.1	SÍNTESE	11
1.2	DADOS OPERACIONAIS/DE DESEMPENHO	12
1.3	DADOS RELATIVOS AO CONSUMO DE ELETRICIDADE	13
1.4	INFORMAÇÃO RELATIVA AO ATIVO	13
1.5	INFORMAÇÃO DE OUTRAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES	14
1.6	INVENTÁRIO DE PROJETO	14
1.7	CONSUMO ENERGÉTICO DE REFERÊNCIA ANUAL	15
1.7	ANÁLISE DE REGRESSÃO	16
2.0	CÁLCULOS DE POUPANÇAS	18
2.1	SÍNTESE	18
2.2	DESENVOLVER UM CONJUNTO RECOMENDADO DE MRE	19
2.3	CÁLCULOS DE POUPANÇAS DAS MRE: DADOS RELATIVOS AO CONSUMO DE ENERGIA	19
2.4	CÁLCULOS DE POUPANÇAS DAS MRE: ESTIMATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL RELATIVO AO PERÍODO DE DESEMPENHO	21
2.5	CÁLCULOS DE POUPANÇAS FINANCEIRAS COM BASE NO TARIFÁRIO ENERGÉTICO	21
2.6	CRITÉRIOS E PACOTE DE INVESTIMENTO	22
2.7	REPORTE	23

3.0 PROJETO, INTERVENÇÃO E VERIFICAÇÃO	24
3.1 SÍNTESE	24
3.2 O PLANO DE OPV	25
3.3 FORMAÇÃO	27
3.4 MANUAL DE SISTEMAS	28
4.0 OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORIZAÇÃO	30
4.1 SÍNTESE	30
4.2 PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORIZAÇÃO	31
4.3 FORMAÇÃO EM PROCEDIMENTOS DE OM&M	31
4.4 MANUAL DO OPERADOR	33
5.5 MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO	34
5.1 SÍNTESE	34
5.2 PLANO DE M&V E IMPLEMENTAÇÃO	35
Requisitos	35
Plano de M&V	36
Requisitos	37
Requisitos	38
5.3 MODELO COM BASE NA REGRESSÃO: OPÇÃO C DO IPMVP	38
Requisitos	38
5.4 PARÂMETROS ESTIMADOS: OPÇÃO A DO IPMVP	39
Requisitos	39
5.5 CÁLCULOS REVISTOS: OPÇÕES A E B DO IPMVP	40
5.6 PLANO E IMPLEMENTAÇÃO DE POUPANÇAS ESTIMADAS	40
6.0 DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA	42

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)
- Risco associado à prestação de um serviço público

0.2 APLICAR AS PRESENTES ESPECIFICAÇÕES

As presentes especificações de desenvolvimento destinam-se a complementar os procedimentos e requisitos documentais previstos no [Protocolo](#) ICP para a Iluminação Pública. 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 complexos pormenores técnicos 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 Iluminação Pública 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 das normas 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 sequencialmente, pois os componentes prévios afetarão os componentes e os resultados subsequentes. Por exemplo, o consumo de referência e de consumo final de energia são utilizadas nas estimativas de poupanças de energia, bem como na M&V. As inexatidões nos desenvolvimentos destes componentes-chave no consumo de referência podem resultar numa avaliação inexata das poupanças verificadas.

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, bem como, os períodos na fase de desenvolvimento do projeto em que devem ser executadas.

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	Selecionar um método para a determinação do consumo de referência	Desenvolver estimativas de poupanças iniciais	Nomear um técnico de Verificação do Desempenho Operacional	Selecionar e documentar o regime de gestão continuada, por ex., inspeção periódica/aM&T	Desenvolver um Plano de M&V com base no IPMVP
	Recolher informação, planos, desenhos e registos de ativos	Estabelecer as estimativas preliminares de custos	Desenvolver um Plano de OPV	Desenvolver um Plano de OM&M	Nomear um profissional de M&V
	Trabalhar com o especialista de M&V para definir a fronteira de medição	Determinar os indicadores de análise financeira preferenciais	Quando seja adequado, tomar medidas relativas ao desenvolvimento e implementação de formação	Quando seja adequado, tomar medidas para o desenvolvimento e implementação de formação dirigida a operadores	Disponibilizar o Plano de M&V, conjuntos de dados de entrada, pressupostos e cálculos a todas as partes
	Determinar o período de referência	Desenvolver um conjunto de MRE recomendadas	Atualizar o manual de sistemas (se já existir)	Tomar medidas para atualizar o manual do operador (se já existir)	Opção A/B: Recolher dados de consumos de energia/desempenho pós-intervenção
	Recolher dados relativos ao consumo de eletricidade, dados independentes e custos horários de fornecimento, dados do histórico de utilização de energia e dados das variáveis independentes	Desenvolver um inventário do projeto para as MRE propostas	Em caso de inexistência do manual dos sistemas, deve ser disponibilizado pelo menos o inventário completo do equipamento instalado	Tomar medidas para o desenvolvimento e execução de instruções de notificação dos intervenientes afetados	Opção A/B: Análise dos dados de desempenho
	Definir a fronteira do projeto	Estimar as horas de operação anuais totais	Quando seja adequado, tomar medidas para um relatório simples de OPV		Opção A/B: Cálculos de poupanças alcançadas
	Desenvolver um inventário do projeto	Calcular e documentar a estimativa anual do consumo energético na fase de operação			Opção C: Dados energéticos após intervenção
	Calcular a estimativa de horas de operação, o consumo energético e, consequentemente, o consumo energético de referência	Desenvolver cálculos detalhados das poupanças de energia			Opção C: Identificar/quantificar ajustes não-periódicos
	Verificar o consumo energético de referência recorrendo a medições pontuais	Desenvolver um pacote de investimento final para as MRE			Opção C: Análise com base em regressão
	Calendarizar dados das variáveis independentes	Preparar um relatório final que resume as MRE			Desenvolver um plano de poupanças estimadas
	Desenvolver o modelo de consumo de energia de referência e a exatidão dos testes				
	Estabelecer potência de ponta e preços (quando sejam aplicáveis)				
	Elaborar um gráfico com a procura média diária (quando sejam aplicáveis tarifas relativas a potência ou períodos tarifários)				

TAREFAS DE GARANTIA DE QUALIDADE	Rever e aprovar o período de referência selecionado	Rever e aprovar as credenciais do responsável pelo modelo energético/cálculo de poupanças	Rever e aprovar as credenciais do responsável pela OPV	Rever e aprovar o plano de OM&M, que define os procedimentos	Caso seja dotado o método baseado na medição: Rever e aprovar o plano de 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 pela conceção do sistema de iluminação	Rever e aprovar o plano de OPV	Rever e aprovar regime de gestão continuada selecionado	Rever e aprovar as credenciais do responsável pela M&V
	Rever e aprovar o modelo de consumo energético	Rever e aprovar os cálculos de poupanças de energia, incluindo os dados de suporte	Rever e aprovar o manual dos sistemas/inventário completo	Rever e aprovar o manual do operador (se existir)	Rever e aprovar o plano de poupanças estimadas
	Rever e aprovar o modelo de regressão (se adotado)	Rever e aprovar os cálculos referentes às horas de operação anuais e ao consumo energético anual total posterior à intervenção	Rever e aprovar as ações de formação (entrevistar os operadores dos sistemas)	Rever e aprovar as ações de formação (entrevistar os operadores dos sistemas)	
		Rever e aprovar o inventário do projeto			
		Rever e aprovar o pacote de investimento			
		Rever e aprovar o relatório sobre as MRE, incluindo as poupanças de custos energéticos e preços finais para cada medida			

Solução	
	Todos os métodos
	Método baseado na medição
	Método de poupanças estimadas

0.4 DETERMINAR MÉTODOS A APLICAR NO PROJETO

Atualmente, está disponível um único protocolo que fornecem uma metodologia standardizada para elaboração de projetos de eficiência energética relativos a sistemas de iluminação pública. O Protocolo para Iluminação Pública destina-se a projetos que incluam:

- **Substituição de equipamento típicos de iluminação pública**– por exemplo, melhoria de luminárias e sistemas de gestão centralizada
- **Instalação de equipamento auxiliar novo, incluindo novas tecnologias, como parte de um projeto de eficiência energética** – por exemplo, instalação de equipamentos relativos a pontos de acesso WiFi ou sistemas de informação pública, etc.

Ainda assim, no contexto deste protocolo, são permitidas duas abordagens distintas para a determinação do consumo de referência, cálculos de poupanças e M&V. A seleção do método mais adequado para o desenvolvimento de um projeto de eficiência energética, dentro do protocolo para a iluminação pública é a primeira etapa-chave de todo o processo. A seleção do método mais adequado deve envolver a avaliação da informação dos ativos e dos dados variáveis disponíveis, bem como da escala global do projeto.

Os métodos para determinação do consumo de referência, cálculos de poupanças e M&V permitidas são:

- **Método baseado na medição em conformidade com o *International Performance Measurement and Verification (IPMVP)*:** Podem ser adequadas as opções A, B ou C. Esta metodologia envolve a monitorização (medição) direta do consumo energético e o cálculo de poupanças energéticas com base no IPMVP.
- **Método de poupanças estimadas:** quando seja utilizada informação de ativos para efeitos de estimativas de consumo de energia. Esta metodologia envolve a estimativa do consumo do sistema antes e após projeto, com base em valores estimados de ativos registados e na posterior determinação de um cálculo da poupança de energia com base na diferença entre ambas as estimativas.

Cada projeto terá as suas próprias características e limitações relacionadas com os recursos e tempo. O *Project Developer* deve colaborar com os investidores e com o *ICP Quality Assurance Assessor* no sentido de determinar o método mais adequado a um determinado projeto. Considera-se que o método baseado na medição representa as melhores práticas e que está estreitamente alinhado com os métodos previstos nos restantes protocolos ICP. O método baseado na medição deve ser aplicado nos casos em que as faturas de eletricidade são baseadas no consumo medido ou em que a monitorização da energia é parte integrante de um sistema de gestão existente.

No entanto, são várias as situações em que os sistemas de iluminação pública não possuem equipamentos de medição de consumos energéticos, com a faturação baseada num modelo que tem por base os dados do inventário de equipamentos. Nestas circunstâncias, o método de poupanças estimadas representa uma alternativa viável e deve ser utilizado em conformidade com os procedimentos definidos no Protocolo para Iluminação Pública.

Caso seja selecionado o método baseado na medição conforme o IPMVP, as abordagens de Medição e Verificação devem ser determinadas e planeadas tão cedo quanto possível no processo. Uma metodologia nos termos da Opção C do IPMVP, *Toda a Instalação*, que analisa as faturas de eletricidade antes e após a implementação para verificação do desempenho, é um método abrangente de verificação das poupanças, mas pode não ser o adequado para todos os projetos. Esta metodologia

requer que as poupanças sejam suficientemente significativas para que representem um impacto palpável no consumo de energia global do sistema (representando, geralmente, mais de 10% do consumo total). Espera-se que a maioria dos projetos que envolve a melhoria das luminárias existentes através de LED atinja uma poupança superior, sendo que, nos casos em que a iluminação pública faça parte de um sistema mais amplo com consumos não relacionados com iluminação, a Opção C pode não ser o método mais adequado. Adicionalmente, esta metodologia pode tornar-se complexa devido aos ajustes não-periódicos a quantificar e a incorporar na análise.

As abordagens nos termos da Opção A e/ou B do IPMVP, relativas aos parâmetros-chave ou a todos os parâmetros de uma *Medição Isolada*, permitem isolar o desempenho de medidas individuais e ser mais adequadas para alguns projetos. No entanto, estas abordagens carecem de medições de parâmetros que, por sua vez, implicam a monitorização através do sistema de gestão integrado do sistema ou através da utilização de sistemas remotos de gestão e de monitorização, ferramentas que podem não estar disponíveis para todos os projetos. Estas abordagens, a par com o método de poupanças estimadas, devem ser avaliadas e incorporadas num plano geral que considere o âmbito das medidas, os respetivos efeitos interativos potenciais e os recursos disponíveis.

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 do sistema de iluminação pública deve definir a quantidade expectável de energia consumida durante um período representativo. 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 incluir toda a energia consumida dentro da fronteira de medição:

- O total de energia elétrica consumida
- 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 pelo sistema

Deve ser considerado o impacto das variáveis independentes, tais como as horas de funcionamento e alterações aos níveis de iluminação, no consumo de energia do sistema.

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. Várias destas aplicações podem ser utilizadas para realizar a análise 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 metodologia de determinação do consumo de referência:

Elemento	Secção	Método baseado na medição	Método de poupanças estimadas
Dados de referência operacionais/de desempenho	1.1	✓	✓
Dados relativos ao consumo de eletricidade	1.2	✓	
Informação relativa ao ativo	1.3	✓	✓
Informação de variáveis independentes	1.4	✓	
Inventário de projeto	1.5		✓
Consumo energético de referência anual estimado	1.6		✓
Análise de regressão	1.7	✓	

1.2 DADOS OPERACIONAIS/DE DESEMPENHO

A obtenção de dados de desempenho do sistema é crucial para o processo de tomada de decisão em matéria de conceção de soluções informadas e cálculos de poupanças de energia. Os dados do sistema podem ser recolhidos através de inspeções/estudos no local, revisões de documentação do sistema, observações e monitorização ou medições a curto prazo no terreno.

A informação a recolher pode incluir: inventários de equipamento atualizados; especificações técnicas de equipamento; esquemas do local; inventários de estado; diagramas de distribuição de energia; descrições de controlo ou de funcionamento.

O processo de recolha de dados deve utilizar formulários e métodos normalizados. A recolha de informação deve ser exaustiva, bem como específica em relação ao sistema em si permitindo uma efetiva referenciação na realização das tarefas posteriores de desenvolvimento do projeto. Estes recursos podem, então, ser facilmente referenciados, partilhados e utilizados em qualquer etapa posterior de desenvolvimento do projeto, incluindo: descrições de medidas de conservação de energia (MRE); cálculos de economias das MRE; estimativas de custos; conceção e construção; verificação do desempenho operacional; operações, manutenção e monitorização (OM&M) e tarefas de M&V. A ausência destas fontes de informação pode prejudicar outras tarefas no desenvolvimento do projeto.

Os procedimentos de recolha devem cumprir os requisitos previstos em:

- *EN 16247-1 Energy audits – General requirements*
- *ISO 50002 Energy audits – Requirements with guidance for use.*

Está subjacente que especialistas na área da energia com diferentes (mas razoáveis) níveis de competência ou de experiência consigam acompanhar um determinado processo e aplicar ferramentas standardizadas, recolhendo individualmente a mesma informação e de forma abrangente e exata.

1.3 DADOS RELATIVOS AO CONSUMO DE ELETRICIDADE

A recolha de dados relativos ao consumo de eletricidade é uma parte importante do desenvolvimento do consumo de referência para projetos de iluminação pública. Todo o consumo de eletricidade que entre ou saia da fronteira de medição definida deve ser contabilizado e utilizado na determinação do consumo de referência e nos cálculos de poupanças.

A submedição é um método exato para medição do consumo final de energia. No caso de utilizações finais sujeitas a variações resultantes de variáveis independentes, o período de medição deve abranger um período que capte os pontos de consumos mínimos e máximos. Naturalmente, a utilização final principal será a energia para iluminação, cuja variável independente mais usual corresponde às horas de escuridão. Pode ser utilizada a análise de regressão para estimar o consumo de energia anual relativo à utilização final.

Aquando da recolha do histórico de utilização de energia, o objetivo deve ser contabilizar 100% do consumo de eletricidade. Caso as faturas de eletricidade assentem em consumo estimado, as leituras devem ser diretas (manuais ou automatizadas). Estes dados devem ser utilizados como base para uma análise aderente aos requisitos do IPMVP. Exclua ou ajuste, em conformidade, a referência, de modo a contabilizar quaisquer dados que não sejam representativos de condições normais de funcionamento.

Os dados que não correspondam a períodos mensais (tais como relativos a dois meses parciais) devem ser convertidos em meses completos. Determine o consumo médio diário em cada mês parcial e multiplique o consumo médio diário pelo número de dias total do mês.

1.4 INFORMAÇÃO RELATIVA AO ATIVO

A recolha de dados relativos ao ativo, dados operacionais e de desempenho é fundamental para o processo de tomada de decisão. Estes dados constituem a base de todas as decisões relevantes de investimento, incluindo o acompanhamento do desempenho do sistema, a determinação de oportunidades de eficiência energética, a implementação de investimentos em MRE e o acompanhamento do

desempenho. A extensão do sistema de iluminação pública que respeita ao âmbito físico do projeto proposto deve ser determinada e registada com base em planos e desenhos, registos de ativos e inspeção física, conforme necessário.

Abaixo é apresentada a principal informação relativa ao sistema que deve ser recolhida, se disponível e relevante para as MRE:

- 1) Resumo da descrição do sistema, por exemplo a partir de manuais de Operação e de Manutenção
- 2) Esquemas do sistema e outros desenhos/diagramas da instalação
- 3) Detalhes relativos a componentes e equipamento com consumo energético, incluindo tipo, número, capacidade, horas de funcionamento, localização, áreas servidas e controlos, incluindo:
 - a) Luminárias
 - b) Balastros ou controladores
 - c) Alimentação de energia, incluindo perdas de cabos
 - d) Sensores, incluindo deteção de presença e do nível de luminosidade
 - e) Qualquer equipamento auxiliar, por exemplo torres de comunicações móveis, sensores de monitorização de poluição, etc.
- 4) Sistema de Gestão Centralizado
 - a) Informação sobre o modo de controlo do sistema, incluindo dados chave, tais como pontos de regulação e configurações de temporização
 - b) Informação relativa a módulos de comunicação associados

Nos casos em que seja utilizado o método de poupanças estimadas, importa salientar que existe um requisito adicional relativo a um inventário de projeto detalhado, definido na secção 1.5.

1.5 INFORMAÇÃO DE OUTRAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES

Aquando da aplicação do método baseado na medição e para o período de referência definido, se relevante para as MRE e para as variações identificadas na utilização de energia dentro da fronteira de medição, recolha todos os dados disponíveis relativos a variáveis independentes. Por exemplo, podem ser necessárias as condições climáticas ou a quantidade de lâmpadas fundidas para obter um modelo de regressão exato.

1.6 INVENTÁRIO DE PROJETO

No caso de projetos que sigam o método de poupanças estimadas, após a obtenção da informação relativa ao ativo, deve ser criado um inventário de projeto referente a todos os ativos removidos ou substituídos. Dependendo do país ou do local em que ocorre o projeto, um inventário da iluminação pública deve, idealmente, incluir informação relativa a: posição da luminária, a sua localização na rua,

nome da rua/estrada, altura de montagem e tipo de equipamento. Pode também incluir quaisquer códigos associados que sejam utilizados na gestão do sistema de iluminação pública.

Avalie o número de cada tipo de ativo, incluindo quaisquer ativos que não se encontram em funcionamento e estabeleça o respetivo consumo energético (ver secção 1.6).

1.7 CONSUMO ENERGÉTICO DE REFERÊNCIA ANUAL

- 1) **Estimativa do total de horas operacionais anuais (“horas de funcionamento”) das lâmpadas a atualizar** – deve basear-se numa metodologia reconhecida nacional/internacionalmente que considere quaisquer efeitos que possam representar impacto nas horas de funcionamento. Qualquer inventário ou registo de ativos deve incluir informação relativa a horas de iluminação e pode ser utilizado como fonte para esta estimativa. Em caso de inexistência de tal normalização, deve ser efetuada uma medição local ou deve ser deduzida e acordada com o operador do sistema uma estimativa conservadora de horas de iluminação.
- 2) **Calcular o consumo energético estimado** – utilizando o consumo energético adequado a cada peça de equipamento e a estimativa de horas de funcionamento dentro da fronteira de medição. Caso não seja possível obter a informação relativa ao consumo energético a partir dos dados do fabricante, do registo (base de dados) de ativos oficial utilizado para efeitos de faturação de fornecimento ou a partir de documentos de referência reconhecidos a nível nacional, devem ser efetuadas medições locais. Pode ser utilizado um método de amostragem ou de medições pontuais, desde que exista uma descrição para a determinação da dimensão da amostra e da respetiva precisão. Normalmente, verificar-se-á um equilíbrio entre o erro de amostragem e o custo de medição. As orientações relativas à amostragem estão disponíveis em *IPMVP: Statistics and Uncertainty for IPMVP, 2014 (secção 3)*. Deve ter-se cuidado aquando da presença de lâmpadas reguláveis, sendo que as estimativas de consumo energético correspondentes a diferentes níveis de luminosidade devem basear-se na mesma fonte. Nos casos que o nível de luminosidade é determinado por condições locais (tais como deteção de luz diurna, deteção da presença de pessoas ou de tráfego, etc.), as estimativas de consumo energético devem ser conservadoras e coerentes ao longo do projeto.
- 3) **Calcular o consumo energético de referência anual estimado** – multiplique as horas de funcionamento anuais pelo consumo energético de cada tipo de equipamento dentro da fronteira de medição e, depois, pelo número de cada peça de equipamento, a fim de obter o consumo de referência estimado.

Devem ser realizadas verificações a fim de verificar a exatidão relativa da referência estimada. Estas devem ser realizadas, quando possível, comparando os resultados com dados de referência reconhecidos a nível nacional.

1.7 ANÁLISE DE REGRESSÃO

A normalização é utilizada para analisar, prever e comparar o desempenho energético em condições equivalentes. A modelização energética assente na regressão corresponde a um género específico de normalização e envolve a elaboração de uma equação de consumo energético que estabelece a relação entre a variável dependente (consumo energético total do sistema/equipamento) e as variáveis independentes com impacto significativo no consumo energético do sistema ou equipamento. As variáveis independentes incluem, geralmente, dados climáticos, podendo incluir outras variáveis, tais como as 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 do sistema 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 = carga de base energética em kWh (determinada a partir da análise de regressão)

$m_{1,2, \text{etc}}$ = consumo de energia em kWh por unidade, ou seja consumo de energia por peça de equipamento

$X_{1, 2, \text{etc}}$ = número de unidades, ou seja número de luminárias, etc.

Podem ser incluídas outras variáveis – a chamada regressão multilinear. Podem também ser utilizadas técnicas de regressão mais complexas, e quando tal seja necessário, devem ser indicados os detalhes de raciocínio e de cálculo utilizados. É pouco provável que estas técnicas sejam necessárias para a maioria dos projetos de iluminação pública, nos quais pode ser definida uma mera correlação com horas de funcionamento ou um indicador, como as horas de luz diurna.

No caso de projetos em que é aplicada a Opção C do IPMVP, em alguns casos, pode considerar-se que a variação no consumo de referência não está relacionada com as variáveis independentes e, por isso, não é necessária aquela normalização e 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 feita 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 pelo menos duas vezes superiores ao desvio padrão do valor de referência, conforme previsto no IPMVP – consulte *IPMVP: Statistics and Uncertainty for IPMVP, 2014 (secção 1)*. As diretrizes relativas à elaboração e avaliação de modelos de regressão podem ser consultadas em *IPMVP: Statistics and Uncertainty for IPMVP, 2014 (secção 2)*. 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 Opções do IPMVP que seja menos afetada por variáveis desconhecidas

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

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 realizar cálculos auxiliares. Independentemente do método empregue, 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 da Garantia de Qualidade devem ser exaustivas, documentando as condições existentes e a intervenção. As descrições devem fornecer informação que demonstre ao *Quality Assurance Assessor* que o desenvolvimento foi realizado com nível de pormenor suficiente tal como a definição de âmbitos de trabalho precisos e orçamentos fundamentados.

Os resultados dos cálculos de poupanças devem ser calibrados relativamente a estimativas ou medições do balanço energético. Nos termos de um método de poupanças estimadas, as estimativas devem ser comparadas com dados de referência ou com outros projetos de iluminação pública.

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

Elemento	Secção	Método baseado na medição	Método de poupanças estimadas
Desenvolver um conjunto recomendado de MRE	2.2	✓	✓
Cálculos de poupanças das MRE: Dados relativos ao consumo de energia	2.3	✓	
Cálculos de poupanças das MRE: Estimativa de consumo energético anual relativo ao período de desempenho	2.4		✓
Cálculos de poupanças financeiras com base no tarifário energético	2.5	✓	✓
Critérios e pacote de investimento	2.6	✓	✓
Reporte	2.7	✓	✓

2.2 DESENVOLVER UM CONJUNTO RECOMENDADO DE MRE

No contexto de melhores práticas, os resultados de uma auditoria energética, a par com a experiência dos engenheiros envolvidos, do especialista em projeto de iluminação, as preferências do proprietário do sistema, a condição observada e o funcionamento dos sistemas existentes, os cálculos preliminares e as recomendações do adjudicatário, permitirão uma lista de MRE que pode incluir medidas de baixo custo e de custo nulo, melhorias de operação e de manutenção (OM&M), bem como custos de capital. As estimativas de poupanças energéticas anuais e de 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
- Ação ou melhoria recomendada

Uma metodologia com base em melhores práticas incluirá também:

- Projeto da solução de iluminação para o espaço em questão, de acordo com as melhores práticas da indústria, evitando excesso de iluminação
- Estudo do estado dos ativos de iluminação pública existentes
- Nos casos em que é necessário utilizar os apoios existentes, a confirmação da sua adequabilidade para as novas luminárias propostas, considerando as possíveis dimensões ou pesos
- Risco de falha da lâmpada e integração de pressupostos razoáveis no plano de negócios do projeto
- Cronograma de implementação
- Resumo dos requisitos específicos de manutenção ou considerações associados às MRE, em particular impactos ou custos de manutenção
- Potenciais temas que possam impedir a conclusão eficaz do projeto
- Profissionais e equipas envolvidas na implementação do projeto e respetivas responsabilidades
- Envolvimento de organizações externas envolvidas, incluindo adjudicatários e empresas locais de fornecimento de eletricidade

2.3 CÁLCULOS DE POUPANÇAS DAS MRE: DADOS RELATIVOS AO CONSUMO DE ENERGIA

Os métodos de cálculo como a análise de regressão ou ferramentas *open source* são métodos práticos e eficazes para estimativa de poupanças de energia associadas às MRE propostas para projetos de iluminação pública.

Ao preparar as estimativas de poupanças para uma 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 medidos, de informação da estrutura do sistema, de fornecedores de equipamento, das equipas de engenharia ou de manutenção e de observações no local. Para cada MRE, devem ser claramente documentados a metodologia de cálculo, fórmulas, dados de entrada, pressupostos e respetivas fontes.

As orientações como as do IPMVP e da norma *EN 16212:2012 Energy Efficiency and Savings Calculation, Top-down and Bottom-up Methods (secção 6)* disponibilizam indicações detalhadas relativas aos métodos de cálculo e melhores práticas. Os recursos aprovados para ferramentas de cálculo, em particular aquelas reconhecidas a nível nacional, podem ser utilizados ou indicados como modelo para os métodos de cálculo.

Ao desenvolver cálculos de poupanças assentes em folhas de cálculo, os pressupostos e os valores nunca deve ser “embebidos” em fórmulas. As fórmulas devem recorrer a referências para as constantes, pressupostos e outras entradas. Estas entradas devem ser claramente definidas, os cálculos explicados e a unidades associadas devem ser anotadas algures na folha de cálculo. Esta metodologia clara e consistente, do tipo “aberta”, é crucial para o processo de garantia da qualidade.

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

No caso de esta existir, as entradas para os cálculos de poupanças resultam da auditoria energética. Independentemente de como são determinadas, cada uma destas entradas é fundamental para uma estimativa exata das poupanças e dever 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 e podem apoiar a definição ou demonstração de oportunidades ou deficiências na operação ou no desempenho.

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

As poupanças de energia estimadas devem ser sempre comparadas ao consumo energético final, estimado ou medido, de modo a assegurar a razoabilidade das primeiras. Devem também ser comparadas como estimativas simples ou a estimativas de poupanças energéticas realizadas

previamente. Tal assegura a credibilidade dos resultados e fornece um nível elementar de garantia da qualidade.

2.4 CÁLCULOS DE POUPANÇAS DAS MRE: ESTIMATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL RELATIVO AO PERÍODO DE DESEMPENHO

Ao preparar as estimativas de poupanças para uma lista de MRE propostas, os métodos de cálculo adotados devem assentar em princípios e metodologias sólidos. O mesmo se aplica a cálculos de poupanças resultantes da aplicação do método de poupanças estimadas.

As poupanças estimadas devem ser calculadas de acordo com o método indicado na secção 1.6, utilizando um inventário de projeto proposto e o total de horas operacionais anuais no contexto da operação proposta para o novo esquema. A saída final deve consistir no cálculo e documentação de um consumo energético anual relativo ao período de desempenho.

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

As poupanças de energia estimadas devem ser sempre comparadas a dados de referência ou a regras empíricas, de modo a assegurar a razoabilidade das primeiras. Devem também ser comparadas relativamente a estimativas simples ou a estimativas de economias energéticas prévias. Isto assegura a credibilidade dos resultados e permite um nível elementar de garantia da qualidade.

2.5 CÁLCULOS DE POUPANÇAS FINANCEIRAS COM BASE NO TARIFÁRIO ENERGÉTICO

A conversão das poupanças de energia em poupanças de custos deve basear-se nos custos horários de fornecimento locais em vigor no momento:

- Método baseado na medição: nos casos em que estejam em efeito tarifas relativas a horários de consumo, assegure que cada taxa é aplicada à proporção adequada de consumo de energia, a fim de desenvolver poupanças de custos
- Método de poupanças estimadas: nos casos em que estejam em efeito tarifas relativas a horários de consumo, aplique cada taxa à proporção adequada de consumo de energia, a fim de desenvolver poupanças de custos

2.6 CRITÉRIOS E PACOTE DE INVESTIMENTO

Cada proprietário, investidor e programa possui os seus próprios indicadores, critérios e requisitos financeiros a fim de assegurar o cumprimento dos seus objetivos de investimento. O objetivo do ICP é criar confiança no desempenho energético do projeto, não estabelecendo uma posição quanto aos indicadores ou critérios financeiros a utilizar na avaliação de um potencial investimento. O ICP também não exige, nem promove qualquer “taxa mínima” financeira específica, tal como um retorno específico ou Rácio Poupanças-Investimento.

O primeiro passo no processo de critérios de investimentos deve ser a determinação dos indicadores financeiros importantes para os investidores aquando da avaliação do desempenho financeiro de um projeto proposto. Nestas discussões, a equipa de projeto deve também procurar identificar quaisquer requisitos métricos específicos (tais como o retorno a menos de 5 anos ou um Rácio Poupanças-Investimento superior a 1), bem como os valores necessários para cálculos, como taxas de desconto. Uma vez definidas estas opções, o *Project Developer* do projeto é responsável pela disponibilização dos dados e dos cálculos necessários que permitirão aos investidores avaliar o potencial do projeto de acordo com as suas preferências. Os indicadores utilizados devem ser devidamente definidos e calculados com base em custos de implementação exatos, poupanças estimadas, incentivos disponíveis, vida útil efetiva, taxas de agravamento, taxas de juro, taxas de desconto, custo de capital, condições de locação e outras entradas financeiras adequadas.

Uma estimativa de custos 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 do adjudicatário, desde que sejam usadas, pelo menos, três. Recomenda-se que o projeto recorra a adjudicatários com experiência em melhorias de sistemas de iluminação pública. 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 a incluir num pacote final de proposta.

Para a certificação IREE, 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 no acesso e segurança

pública, pontos de acesso para a instalação de equipamento de grandes dimensões, licenças necessárias e possíveis problemas ambientais.

- Divisão por categorias com várias linhas de itens para os setores necessários, ou seja, construção civil (trabalhos estruturais e locais), elétrico, ambiental, ambiental (redução de materiais perigosos) e prestação de serviços temporários quando necessário. Devem ser apresentados os mapas ou folhas de cálculo subjacentes 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.
- Custos com honorários profissionais, de engenharia, comissionamento, gestão de projeto, aquisição de licenças, medição e verificação, despesas e lucros do adjudicatário e eventuais contingências. Estes, tipicamente, são estimados como percentagem dos custos totais de implementação.
- Os custos podem ter de ser divididos 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 energia. Por exemplo, os incentivos ao fornecimento assentam, frequentemente, no custo incremental.
- A vida útil estimada e a degradação do equipamento são obrigatórias e devem ser incluídas para avaliar o desempenho económico global das intervenções propostas. Estas estimativas devem ser conservadoras e basear-se em valores aceites.

2.7 REPORTE

Para efeitos de reporte dos resultados da análise ao projeto, deve ser utilizado um formato aceite pelo setor; os resultados devem ser apresentados permitindo identificar e justificar claramente os métodos utilizados – no que respeita à recolha de dados, abordagem ao estudo do 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 do consumo energético da instalação, lista ordenada de MRE, conclusões e recomendações.

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 em relação à conceção, bem como da implementação. A submissão de especificações de projeto, equipamento e desempenho, bem como de 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 de eficiência energética ou de reabilitação, para distinguir esta atividade da de comissionamento “global”. A OPV centra-se nas atividades de comissionamento específicas das MRE, contrariamente à realização do comissionamento de todo o sistema.

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, formação, critérios de aceitação, requisitos de operação e manutenção e que, quando aplicável, foram cumpridas as orientações 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.

Os seguintes elementos são aplicáveis a ambas os métodos (baseada na medição e poupanças estimadas) do protocolo:

Elemento	Secção	Protocolo
Plano de Verificação do Desempenho Operacional	3.2	✓
Formação	3.3	✓
Manual dos Sistemas (se já existir)	3.4	✓

3.2 O PLANO DE OPV

As atividades de OPV começam com o desenvolvimento do respetivo plano. O plano deve ser elaborado antes da implementação e deve descrever as atividades de verificação, objetivos orçamentais e indicadores-

-chave de desempenho relacionados com o projeto e com as MRE individuais.

O plano deve também descrever quaisquer registos de dados, tendência do sistema de controlo (análise de dados históricos e utilizá-los para prever o desempenho futuro), 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 as melhorias no desempenho continuado e pós-projeto.

O próprio processo de OPV, conduzido pelo Especialista de OPV, deve incluir a discussão com a equipa de auditoria energética (se aplicável), acompanhamento dos projetos, submissões 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. Caso os dados pós-implementação, resultados de testes ou outras observações recolhidas indiquem um baixo desempenho ou a inexistência de 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, complementando-os com atividades suplementares baseadas em dados, tais como o registo de dados, tendência e teste 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 sejam consideradas garantidas podem justificar apenas a verificação da implementação. Ou seja, uma verificação visual que assegure que as medidas foram implementadas de forma adequada. As medidas com mais economias em risco ou maior incerteza requererão uma OPV mais detalhada, podendo passar por medições pontuais do consumo de novas luminárias, teste de desempenho a curto prazo e a recolha e análise de dados de desempenho pós-implementação.

Nos casos em que seja adotado o método de poupanças estimadas, será suficiente uma verificação visual dos ativos instalados. No caso de projetos em que seja adotado o método baseado na medição, o método de M&V aplicado pode também afetar a metodologia OPV assumida. 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 a funcionalidade da MRE.

As abordagens 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 antecipadas são reduzidas.
- Medições pontuais – medição de parâmetros-chave das MRE ou de uma amostra de MRE relativos ao consumo energético; aplicadas quando o desempenho das MRE pode variar face a dados publicados assentes 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.
- Monitorização/registo de dados – instalar monitorização ou equipamento de registos de dados temporário ou permanente e analisar dados; aplicado quando o desempenho da 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 quando adequado à escala e natureza do projeto proposto. Se necessário, esta documentação deve ser continuamente atualizada durante o decurso do projeto.

3.3 FORMAÇÃO

A formação dos operadores do sistema será um dos fatores mais relevantes na determinação do desempenho operacional e na persistência das poupanças energéticas. Sem a adequada compreensão de quaisquer novos sistemas de gestão central, 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 devem estar envolvidos em todas as atividades relevantes de OPV, desde o planejamento 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.

Quando seja adequado relativamente à natureza das MRE propostas, o plano de OPV deve incluir medidas quanto à formação dos colaboradores operacionais. Durante o Período de Desempenho deve, então, ser criado um plano de formação bem desenvolvido e apoiado por documentação abrangente relativa ao sistema. Tal deve estender-se a qualquer Sistema de Gestão Centralizado instalado e a qualquer interação com equipamento auxiliar (não iluminação; indicado na tabela 1, no protocolo para iluminação pública). 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 relativa 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 da 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, no contexto das MRE
- Metas de desempenho energético
- 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 relativas à manutenção das garantias

3.4 MANUAL DE SISTEMAS

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

No plano de OPV, elaborado durante a Fase de Certificação, devem ser incluídas as medidas relativas à atualização de um Manual de Sistemas existente. Na inexistência do mesmo, não é necessária a criação de um novo. No entanto, devem ser definidas disposições que permitam um inventário total do equipamento instalado, como requisito mínimo.

O Manual de Sistemas, a atualizar durante o Período de Desempenho, 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 envolvidos. Deve também incluir a seguinte documentação, conforme adequado (definida mais pormenorizadamente pela norma *EN 13460:2009 Maintenance – Documents for maintenance*):

- Projeto e implementação do sistema: requisitos do proprietário do projeto (OPR)/requisitos atuais do sistema; base do projeto (BOD); e documentos de registo da instalação/projeto
- Informação relativa ao sistema: submissões aprovadas; diagramas de coordenação, tais como esquemática do sistema, diagramas de circuito; registo de ativos; dados relativos à operação e manutenção do fabricante; garantias; lista de adjudicatários/fornecedores (incluindo listas de componentes e de listas de peças de substituição) e informação de contacto
- Operações do sistema: plano operacional; estrutura organizacional, incluindo funções e responsabilidades; cronogramas de funcionamento do sistema e do equipamento; 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/medidores; procedimentos de comissionamento contínuo; procedimentos e planos de limpeza; medição e comunicação do fornecimento
- 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 submissão; relatórios, 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

O desenvolvimento do manual deve ser coordenado com os colaboradores das áreas operacional e da manutenção para que responda, o melhor possível, às necessidades destes. Para além dos procedimentos operacionais do sistema 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 ocorrências.

4.0 OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORIZAÇÃO

4.1 SÍNTESE

O objetivo primordial 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 (detecção e diagnóstico de falhas), o recomissionamento periódico, o reajuste do sistema ou do equipamento ou inspeções periódicas.

As indicações gerais 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 fornece também orientação quanto às melhores práticas de O&M para tecnologias de iluminação, incluindo a manutenção da continuidade das poupanças energéticas das mesmas.

Informações relativas à monitorização e reporte do desempenho energético, incluindo os métodos e relatórios de monitorização e os tipos de metas indicadoras do desempenho energético, podem ser consultadas em *ISO 50006:2014 Energy Management Systems – Measuring Energy Performance Using Energy Baselines and Energy Performance Indicators*. Estão disponíveis orientações adicionais em *CIE Technical Report 154:2003: The maintenance of outdoor lighting systems*.

Os seguintes elementos são aplicáveis a ambas as variações (baseada na medição e poupanças estimadas) do protocolo:

Elemento	Secção	Protocolo
Procedimentos de Operação, Manutenção e Monitorização	4.2	✓
Formação em Procedimentos de OM&M	4.3	✓
Manual do Operador (se já existir)	4.4	✓

4.2 PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E MONITORIZAÇÃO

A OM&M (Operação, Manutenção e Monitorização) e a monitorização do desempenho do sistema consistem num processo de melhoria contínua e envolvem o acompanhamento, a análise, o diagnóstico e resolução de problemas relacionados com sistemas de consumo energético. Enquanto o foco de um projeto de eficiência energética é o desempenho energético, um bom processo de OM&M incide numa estratégia proativa de manutenção da funcionalidade do sistema, otimizando simultaneamente o desempenho energético. O desenvolvimento de procedimentos específicos de OM&M pode fornecer orientações mais precisas aos colaboradores da área operacional e da manutenção do sistema, conferindo-lhes capacidade e disponibilizando métodos específicos para identificar, analisar e solucionar problemas ao longo do tempo.

O plano de OM&M deve ser desenvolvido durante a Fase de Certificação. O plano deve abordar todo o processo de OM&M, sendo que este deve envolver os seguintes ações chave:

1. *Recolha de dados e monitorização do desempenho* – os dados de desempenho do sistema de consumo energético são monitorizados a par com dados de consumo energético. Este processo pode ser automatizado através de um Sistema de Gestão Centralizado ou pode resultar de inspeções manuais ao sistema.
2. *Diagnóstico de problemas e identificação de soluções* – se, por um lado, as ferramentas automatizadas podem ajudar a 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 adjudicatários ou de serviços, são componentes cruciais no diagnóstico eficaz de problemas e na identificação de soluções adequadas.
3. *Resolução de problemas e verificação de resultados* – os problemas devem ser solucionados de forma a incluir os riscos que representam à funcionalidade, 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 apropriados. O enquadramento deve definir objetivos de desempenho quantificáveis, determinar responsabilidades e definir os métodos e métricas de monitorização do desempenho.

4.3 FORMAÇÃO EM PROCEDIMENTOS DE OM&M

As ações de formação específicas da OM&M aqui descritas devem ser combinadas com as indicações e melhores práticas descritas na secção 3.3.

Operação, práticas de manutenção e monitorização adequadas são tarefas fundamentais para um desempenho energético eficiente e contínuo do sistema de iluminação pública. Por exemplo, ignorar controlos devido à falta de compreensão ou o desempenho insatisfatório decorrente de uma manutenção inadequada são problemas típicos que podem afetar o desempenho energético eficiente do sistema ao longo do tempo e comprometer o desempenho financeiro de um projeto de eficiência energética. A formação adequada dos operadores do sistema é um componente crítico do processo de OM&M e ajuda a evitar estes problemas.

Para além da formação associada ao processo de OPV, as disposições para o desenvolvimento de um plano de formação devem ser incluídas no plano de OM&M durante a Fase de Certificação, ser específicas das tarefas de OM&M e ser adequadas à natureza das MRE propostas. A formação deve, no mínimo, abranger os seguintes componentes de OM&M, quando adequado à natureza das MRE propostas:

- *Estrutura de gestão* – definição e configuração da estrutura de gestão, responsabilidade e estrutura de reporte e respetivos componentes, incluindo operação, manutenção, engenharia, formação e administração.
- *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 identificadas.

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 várias abordagens diferentes, devendo ser consideradas, com a respetiva formação, as seguintes para inclusão na estrutura de gestão OM&M: monitorização do desempenho, inspeção visual e monitorização elétrica. Algumas destas funcionalidades podem ser garantidas por um Sistema de Gestão Centralizado.

As atividades de OM&M incluirão um método para monitorizar e avaliar o desempenho real das MRE implementadas. Tal pode incluir inspeções periódicas ou a gestão remota e sistemas de monitorização. Como parte do currículo de formação, os operadores do sistema devem ser formados quanto à utilização e interpretação dos sistemas em vigor, no sentido de monitorizar as MRE e os respetivos

sistemas, bem como quanto à forma de resposta a questões identificadas durante este processo. Os operadores do sistema 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, bem como os programas de certificação reconhecidos a nível nacional, de modo a formar os operadores de sistema quanto à operação e manutenção adequadas dos sistemas em vigor. Os colaboradores devem ser incentivados a prosseguir e a obter a formação e as certificações relevantes.

4.4 MANUAL DO OPERADOR

No caso de projetos de iluminação pública, qualquer Manual do Operador existente deve ser atualizado; na inexistência do mesmo, não é necessária a criação de um novo. No plano de OM&M, elaborado durante a Fase de Certificação, devem ser incluídas as provisões relativas à atualização de um Manual do Operador existente. Em muitos casos, o Manual do Operador e o Manual dos Sistemas podem ser agrupados num só documento, a ser utilizado pelos colaboradores da operação e da manutenção. Neste caso, para a elaboração deste documento, devem ser cumpridos os requisitos descritos na secção 3.4. 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, deve 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
- Localização de equipamento
- Lógica do sistema de controlo
- Instruções de O&M; materiais de formação

5.5 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 método baseado em medição, do protocolo para Iluminação Pública do ICP (ver secção 1.0) apoia a utilização da Opção A (*Retrofit Isolation*: Medição de Parâmetros Chave), Opção B (Medição isolada da MRE: *Medição de todos os Parâmetros*) e da Opção C (*Toda a Instalação*), conforme definido pelo IPMVP, bem com uma metodologia de poupanças estimadas conforme.

Para a maior parte das tarefas de M&V, são necessários ajustes não-periódicos ao consumo de referência, de modo a refletir alterações inesperadas no consumo energético resultantes de fatores para além das MRE instaladas após a conclusão das intervenções. Estes pontos devem ser calculados e subtraídos ou somados ao consumo de referência, possibilitando a comparação em relação ao consumo pós-intervenção.

O *ICP Quality Assurance Assessor* reverá o Plano de M&V durante a Fase de Certificação. No contexto das melhores práticas, o *ICP Quality Assurance Assessor* manterá as suas funções durante a Fase Operacional – as atividades incluirão inspeções de verificação, revisão da definição do consumo de referência, revisão da aplicação adequada de 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 o Período de Desempenho, será também necessária a revisão de relatórios de M&V, dos ajustes ao consumo de referência e dos planos de Poupanças estimadas.

Ainda que o caso do método baseado em poupanças estimadas não se baseie no IPMVP, muitos dos mesmos princípios e procedimentos são aplicáveis à implementação eficaz do método de poupanças estimadas. A tabela seguinte indica quais os elementos aqui descritos que se aplicam a cada método :

Elemento	Secção	Método baseado na medição	Método de poupanças estimadas
Plano e Implementação M&V baseado no IPMVP	5.2	✓	
Modelo com base na regressão: Opção C do IPMVP	5.3	✓	
Parâmetros Estimados: Opção A do IPMVP	5.4	✓	
Cálculos Revistos: Opções A e B do IPMVP	5.5	✓	
Plano e Implementação de Poupanças Estimadas	5.6		✓

5.2 PLANO DE M&V E IMPLEMENTAÇÃO

Requisitos

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. Comunicar resultados

O primeiro passo no processo de M&V, a definição e documentação do consumo de referência, é referido no início deste documento. O nível de incerteza deve ser quantificado com parte este processo. Para tal, pode ser utilizada a equação de consumo energético e os dados reais relativos a variáveis independentes explicativas, com vista à determinação do consumo de referência mensal, 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 na equação de consumo energético.

O segundo passo do processo envolve o planeamento e a coordenação das atividades de M&V, cuja base assenta na definição 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 de 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 coincidentes 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 área 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 corrente)
- Descrição do formato e cronograma de relatórios de M&V
- Descrição dos procedimentos de garantia de Qualidade aplicáveis ao processo de M&V

O terceiro passo do processo de M&V envolve a verificação do desempenho operacional, que permite constatar o potencial das poupanças e que é referido na Secção 3 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

Requisitos

Na Opção C, a fronteira de medição incluirá todo o sistema (ou secções de sistema diretamente ligadas a um mesmo contador de energia). Os períodos de medição devem cumprir as recomendações previstas em *IPMVP Core Concepts-2016* e devem incluir, no mínimo, um período de tempo representativo para dados de fornecimento relativos quer à fase prévia, quer à fase posterior à intervenção. No caso da Opção C, geralmente trata-se de um período de 12 meses.

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:

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

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 do sistema, à operação do equipamento instalado 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 aos operadores do sistema, 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, estes efeitos podem ser estimados no software de

modelização energética utilizado para calcular as poupanças energéticas do 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 nestes cálculos.

Em todos os casos, a aplicação de ajustes deve ser efetuada com precaução. Devem ser considerados apenas os ajustes que se espera representarem 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

Requisitos

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 das MRE sobre o balanço energético. 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.

5.3 MODELO COM BASE NA REGRESSÃO: OPÇÃO C DO IPMVP

Requisitos

Em certos casos, a Opção C pode ser considerada a mais adequada – podendo resultar da natureza das medidas ou da disponibilidade dos dados.

Nos termos da Opção C do IPMVP, é provável que seja necessário um modelo energético com base na regressão. Tal envolve a elaboração de uma equação de consumo energético que estabelece a relação entre a variável dependente (consumo energético total do sistema, incluindo eletricidade) e as variáveis independentes com impacto significativo no consumo energético do sistema. As variáveis independentes incluem, geralmente, dados climáticos, podendo incluir outras variáveis, tais como as horas de funcionamento.

A regressão encontra-se descrita mais pormenorizadamente na secção 1.7.

A equação do consumo energético pode ser determinada utilizando uma regressão dos mínimos quadrados. Nos casos com mais do que uma variável dependente, pode ser utilizada a regressão múltipla linear. Esta metodologia permite a comparação e análise do consumo energético do sistema enquanto função das variáveis independentes com variação mensal.

Existem várias ferramentas de software disponíveis a nível comercial e que podem ser utilizadas para automatizar a metodologia de M&V nos termos da Opção C do IPMVP. Recorde-se ainda que existem várias aplicações ou ferramentas que podem ajudar a automatizar o processo de M&V através da Opção C, todas elas exigem um determinado nível de competência técnica. Uma compreensão sólida dos princípios do IPMVP, técnicas de análise e a aplicação de ajustes periódicos e não-periódicos são competências essenciais que um profissional de M&V deve possuir aquando da realização desta análise, mesmo com o apoio de ferramentas automatizadas.

5.4 PARÂMETROS ESTIMADOS: OPÇÃO A DO IPMVP

Requisitos

A Opção A pode ser aplicada a uma medida individual ou ao nível do sistema para avaliação da M&V. A metodologia destina-se a intervenções em que fatores-chave de desempenho, tais como a potência ou fatores operacionais, como as horas operacionais de iluminação, possam ser medidos pontualmente ou a longo prazo durante os períodos de referência e após a intervenção. Nos termos da Opção A, qualquer fator não 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 metodologia 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 capacidade, a eficiência ou operação – essencialmente, todos os parâmetros que representam uma parte significativa da incerteza das poupanças.

A dimensão expetável da variação do parâmetro-chave determinará a frequência da medição – isto é, contínua ou periódica.

5.5 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 ou outros meios utilizados para informar os cálculos de poupanças verificadas.

5.6 PLANO E IMPLEMENTAÇÃO DE POUPANÇAS ESTIMADAS

O Plano de Poupanças Estimadas deve ser concebido logo após a definição do projeto de eficiência energética. A definição atempada do plano assegurará que serão recolhidos e estarão disponíveis todos os dados relativos a ativos, dados conforme instalação e especificações/inventários de material necessários para os cálculos de poupanças estimadas durante a Fase de Certificação. A definição atempada do Plano de Poupanças Estimadas permitirá, também, a coordenação com as atividades de Verificação de Desempenho Operacional.

O Plano de Poupanças Estimadas em si não carece de conformidade relativamente ao processo IPMVP e não necessita de ser redigido por um profissional em M&V qualificado. Ainda assim, o Plano de Poupanças Estimadas deve incluir e abordar, no mínimo:

- Documentação do processo planeado para definição das poupanças energéticas estimadas
- Todos os cálculos e documentos de apoio exigidos pelas secções 1 e 2 deste documento

As poupanças de energia verificadas obtêm-se através do seguinte cálculo:

Poupanças de energia (kWh) = consumo energético de referência anual estimado MENOS consumo energético pós-atualização estimado

O procedimento a utilizar para obter os valor de consumo de energia a aplicar neste cálculo é indicado nas secções 1.5 e 1.6 deste documento, sendo que o mesmo deve ser a base para a documentação do Plano de Poupanças Estimadas.

6.0 DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Tabela 2 Documentação necessária

Secção no Protocolo	Secção ICP	Documentação necessária	Comentários
1	Determinação do consumo de referência	Definição de base para o método de determinação do consumo de referência	
1	Determinação do consumo de referência – método baseado na medição	Dados completos relativos a energia	Deve ser um ficheiro informático legível que inclua: leituras de contador em bruto, nos casos em que a duração coincide com o período de referência definido. Uma explicação sobre como os períodos são consolidados para os períodos de anos/meses integrais aplicados.
1	Determinação do consumo de referência – método baseado na medição	Descrição do período de referência	Incluir datas de início e fim do período e motivos para seleção do período. Inclua a forma como as variações do consumo energético se relacionam com o ciclo de consumo de energia.
1	Determinação do consumo de referência – método baseado na medição	Dados de análise de regressão	Pode incluir horas sem luz, dados climáticos ou relativos ao tráfego. Correspondentes ao período de referência.
1	Determinação do consumo de referência – método baseado na medição	Análises realizadas aos dados de referência	Incluir resultados de quaisquer modelos ou testes de validade estatística.
1	Determinação do consumo de referência – método baseado na medição	Lista de fatores de ajustes periódicos específicos do projeto	A incluir no plano de M&V
1	Determinação do consumo de referência – método de poupanças estimadas	Lista de inventário	Incluir todo o equipamento incluído na fronteira do projeto.
1	Determinação do consumo de referência – método de poupanças estimadas	Consumos energéticos	Relativamente a todo o equipamento incluído na fronteira do projeto. Inclua fontes da informação.
1	Determinação do consumo de referência – método de poupanças estimadas	Cálculos relativos ao consumo de referência anual total	Incluir o cálculo ou a medição de horas operacionais anuais totais e os resultados de quaisquer verificações efetuadas.

Secção no Protocolo	Secção ICP	Documentação necessária	Comentários
1	Determinação do consumo de referência	Equipamento auxiliar do sistema de iluminação pública	Incluir, quando aplicável, quaisquer consumos energéticos não relacionados com a iluminação da luminária..
1	Determinação do consumo de referência	Dados relativos a ativos/operacionais/ desempenho	Conforme adequado e disponível, esquemas do sistema ou do equipamento, inventários de equipamento, especificações de sistema e de materiais, resultados de estudos, observações, dados monitorizados a curto prazo, medições pontuais e resultados de testes de desempenho funcional.
1	Determinação do consumo de referência	Estrutura do tarifário do fornecimento	Conforme publicado pelo fornecedor, incluindo a repartição dos custos de distribuição, encargos de potência e impostos, bem como a variabilidade ao longo do dia de cada um destes pontos.
1	Determinação do consumo de referência	Cópia de fatura ou equivalente	Incluir uma descrição da estrutura tarifária e de quaisquer taxas fixas
2	Cálculos de Economias	Qualificações do calculador de poupanças	
2	Cálculos de Economias	Qualificações do especialista em sistemas de iluminação	
2	Cálculos de Economias	Resultados das poupanças das MRE	Pastas, folhas de cálculo e outras ferramentas de cálculo <i>open-source</i> . Descrição do processo de cálculo.
2	Cálculos de Economias	Resultados das poupanças das MRE a partir de software de terceiros	Incluir ficheiros de entrada e de saída a par com descrições.
2	Cálculos de Economias	Relatório	Incluir a estimativa anual de poupanças de energia e de custos.
2	Cálculos de Economias	Discriminação detalhada de custos	Incluir rubricas por cada um dos principais elementos do projeto.
2	Cálculos de poupanças – metodologia esperada	Lista de inventário	Incluir todo o equipamento dentro da fronteira do projeto
2	Cálculos de poupanças – metodologia esperada	Cálculos relacionados com o consumo de energia do período de desempenho anual total e poupanças previstas totais	Incluir as horas operacionais anuais totais e os resultados de quaisquer verificações efetuadas.
3	Projeto, Construção & Verificação	Qualificações do responsável OPV	

Secção no Protocolo	Secção ICP	Documentação necessária	Comentários
3	Projeto, Construção & Verificação	Plano de OPV	
3	Projeto, Construção & Verificação	Disposições relativas a formação	Quando adequado à natureza das MRE.
3	Projeto, Construção & Verificação	Disposições para atualização do(s) Manual(is) de Sistemas.	No caso de inexistência do manual de sistemas, deve ser disponibilizado o inventário completo do equipamento instalado.
4	OM&M	Plano de OM&M	
4	OM&M	Disposições relativas a formação	Quando adequado à natureza das MRE.
4	OM&M	Disposição para atualização do Manual do Operador e do organograma	Na inexistência do manual do operador, não é necessária a criação de um novo. O organograma deve conter informação sobre as pessoas envolvidas no OM&M e as responsabilidades de monitorização e resposta
5	M&V – método baseado na medição	Plano de M&V	
5	M&V – método baseado na medição	Ajustes periódicos	
5	M&V – método baseado na medição	Ajustes não-periódicos	Definir os princípios em que se basearão quaisquer ajustes não-periódicos desconhecidos
5	M&V – método baseado na medição	Descrição da base de cálculo de qualquer modelo de referência	
5	M&V – método baseado na medição	Modelo de referência com base na regressão	Utilizado na análise da Opção C
5	M&V – método de poupanças estimadas	Plano de poupanças estimadas	Incluir todos os cálculos e documentos de apoio.