

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

**Guia de Procedimentos de Medição e
Verificação para Projectos de Eficiência
Energética em Edifícios**

Filipe Andrade da Rocha

VERSÃO PROVISÓRIA

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Monteiro

Fevereiro de 2009

Resumo

A preocupação urgente com as emissões de gases de efeito de estufa obriga à reflexão sobre a problemática da produção/consumo de energia. A necessidade de produzir mais “verde” deve ser acompanhada (senão ultrapassada) pela necessidade de consumir de forma mais eficiente. Para acompanhar, informar e melhor aconselhar o consumidor de energia final surge um mercado de serviços energéticos, repleto de soluções para combater o aumento de emissões mas que encontra por vezes obstáculos financeiros para sua implementação.

No seio deste mercado ganham algum destaque as Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCO), empresas dedicadas a financiar ou a obter financiamento para implementação de Medidas de Conservação de Energia (MCE). Este ramo de mercado apoia-se em Contratos de Desempenho Energético (*Energy Performance Contracts - EPC*), instrumento através da qual garantem a *performance* das soluções propostas e assim vantagens, tanto para cliente final, que obtém um serviço/produto mais eficiente, como para financiador que obtém o retorno do seu investimento.

Os contratos de desempenho baseiam-se na Medição e Verificação (M&V), instrumento que define, entre outras coisas, a forma como serão feitas as medições antes e depois de implementação de medidas de eficiência e o cálculo de economias, garantindo assim maior fiabilidade ao contrato. Esta forma de assegurar confiança em resultados liberta capital para investimento em equipamentos e/ou serviços que visem a eficiência energética. É por isso fundamental que esta ferramenta seja normalizada e solidificada, o que permite comparação entre projectos e eficácia de diferentes medidas, apurando a quais deve ser dada prioridade.

No âmbito deste trabalho foi desenvolvida uma ferramenta para otimizar a aplicação de M&V a projectos de eficiência. Esta ferramenta oferecer sensibilidade na análise da viabilidade de implementação de contratos de performance.

Foi desenvolvido também um guia de procedimentos para M&V que ambiciona ser um facilitador de comunicação entre cliente final, financiador e ESCO, estabelecendo parametrização para MCE que visem diferentes sistemas. Com esta ferramenta pretende-se agilizar o processo de M&V.

Abstract

The urging concern with greenhouse gases emissions requires the reflection on energy production / consumption topic. The need to produce more "green" should be accompanied (if not exceeded) by the need to consume more efficiently. To monitor, advise and inform the consumer, an energy services market emerges, full of solutions to fight the increase in emissions but that finds financial obstacles to its implementation.

Within this market arise Energy Services Companies (ESCOs), companies dedicated to finance or to obtain funding for implementation of Energy Conservation Measures (ECM). This market relies on Energy Performance Contracts (EPC), a tool which guarantees the performance of the proposed solutions and thus economies, both to end customers, which get a service / product more efficient, as to financial provider, which has payback of its investment.

Energy Performance Contracts are based on Measurement and Verification, known as M&V, a tool that defines, among other things, how the measurements are performed before and after implementation of Energy Conservation Measures and how the computation of savings is performed, thereby ensuring the reliability contract . This way of ensuring confidence in results unfreezes capital for investment in equipment and / or services aimed at energy efficiency. Therefore it is essential that this tool is standardized and solidified, which will allow comparison between projects and effectiveness of different measures.

Within the scope of this work, a tool was developed for application enhancement to efficiency projects. This tool looks to offer sensibility in the analysis of possibility of M&V implementation in performance contracts.

Furthermore, a M&V procedure guide, aspiring to ease communication between client and financial provider, establishing parameterization for ECM aimed at different systems, was developed.

A Dissertação intitulada

**“DEFINIÇÃO DE UM GUIA DE PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE
PROJECTOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA”**

foi aprovada em provas realizadas em 26/Fevereiro/2009



o júri

presidente Professor Doutor João Paulo Tomé Saraiva
Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professor Doutor Joaquim José Borges Gouveia
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro



Professor Doutor Claudio Domingos Martins Monteiro
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projecto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extractos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são correctamente citados

Autor - Filipe Andrade Rocha



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Agradecimentos

Ao meu orientador de estágio, Professor Cláudio Monteiro, que sempre “puxou” por mim e me indicou rumo.

A Alexandre Varela, Francisco Ramalheira e especialmente ao Eng. Ricardo Sá, os supramos.

Aos estagiários “amarelos”.

À minha Madrecita, Pai Rocha, Bó Ivone, Ryk, Nuno e Pina.

À Si.

Ao resto da família que acreditou em mim.

Aos P.J.

"If I had eight hours to chop down a tree, I would spend six sharpening my axe."

Abraham Lincoln

"If a problem can't be solved, then it's solved"

Ditado Budista

Índice

| | |
|--|-------------|
| Resumo | iii |
| Abstract | v |
| Agradecimentos | vii |
| Índice | xi |
| Lista de figuras | xiii |
| Lista de tabelas | xv |
| Abreviaturas e Símbolos | xvii |
| Capítulo 1 | 1 |
| Introdução | 1 |
| 1.1. Enquadramento | 1 |
| 1.2. Motivação | 4 |
| 1.3. Estrutura | 7 |
| 1.4. Objectivos | 8 |
| Capítulo 2 | 9 |
| Estado da arte | 9 |
| 2.1. Necessidade de M&V | 9 |
| 2.2. Contratos de Desempenho Energético | 11 |
| 2.2.1. M&V para EPC | 16 |
| 2.3. Protocolos de referência..... | 17 |
| Capítulo 3 | 23 |
| Proposta de Guia de Procedimentos para M&V | 23 |
| 3.1. Fichas de caracterização de sistemas | 24 |
| 3.2. Sistema de iluminação, ventiladores e bombas | 26 |
| Capítulo 4 | 27 |
| Optimização do Processo de Avaliação de Potencial de Aplicação de M&V | 27 |
| 4.1. Racional | 28 |
| 4.2. Interface desenvolvido..... | 28 |

| | |
|--|-----------|
| Capítulo 5 | 31 |
| Conclusões e Perspectivas Futuras | 31 |
| 5.1. Conclusões | 31 |
| Referências | 33 |
| Anexo I | 37 |
| Anexo II | 49 |
| Anexo III | 57 |
| Anexo IV | 65 |
| Anexo V | 69 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Contexto da eficiência no panorama da sustentabilidade | 2 |
| Figura 2 - Organização das áreas abrangidas pela Resolução Conselho Ministros 80/2008 | 4 |
| Figura 3 – Desagregação de consumo de energia primária (esquerda) e de energia eléctrica (direita) em Portugal [DGGE, 2005] | 5 |
| Figura 4 - Desagregação de consumo de energia eléctrica por tipo de carga [ECCP, 2001] | 5 |
| Figura 5 - Desagregação de consumo de energia eléctrica em força motriz por equipamento [ECCP,2001] | 5 |
| Figura 6 – Cronologia habitual de um contrato de desempenho (EPC) | 12 |
| Figura 7 - Implementação de projectos de eficiência por parte de uma ESCO | 13 |
| Figura 8 - Importância da M&V no contexto de concretização de EPC | 16 |
| Figura 9 – Determinação da melhor abordagem de M&V do IPMVP [Guia de M&V francês] ... | 20 |
| Figura 10 – Ferramenta desenvolvida para análise de implementação de M&V: interface | 29 |
| Figura 11 – Interface da ferramenta desenvolvida | 67 |

Lista de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Caracterização das fases de implementação de projectos de eficiência | 14 |
| Tabela 2 – Abordagens do IPMVP e ASHRAE 14..... | 19 |
| Tabela 3 – <i>Inputs</i> da ferramenta de optimização de implementação de M&V | 28 |
| Tabela 4 – Quantidade mínima de tipologias de utilização a definir | 40 |
| Tabela 5 – Listagem de equipamento encontrado..... | 41 |
| Tabela 6 – Caracterização da instalação (ex.: edifício de escritórios) | 42 |
| Tabela 7 – Identificação dos tipos de controlo..... | 42 |
| Tabela 8 – Tipo de medições indicadas em função do controlo..... | 43 |
| Tabela 9 – Resultados de medições com luxímetro | 43 |
| Tabela 10 – Definição do tamanho mínimo da amostra | 44 |
| Tabela 11 – Cálculo do FCPI (factor de correcção de potência instalada) | 44 |
| Tabela 12 – Resultados de medições do período de funcionamento..... | 45 |
| Tabela 13 – Consumo energia estimado | 45 |
| Tabela 14 – Situação actual vs. proposta | 46 |
| Tabela 15 – MCE e acções típicas | 47 |
| Tabela 16 – Classificação de motores | 53 |
| Tabela 17 – Listagem de equipamento encontrado (ex.) | 53 |
| Tabela 18 – Métodos de análise segundo tipo de sistema..... | 54 |
| Tabela 19 – Grandezas a medir em cada método..... | 54 |
| Tabela 20 – Procedimentos aplicáveis a cada método | 54 |

| | |
|--|----|
| Tabela 21 – Utilização dos diferentes métodos | 55 |
| Tabela 22 - Forma de cálculo da utilização anual de energia..... | 56 |
| Tabela 23 – Classificação de motores | 61 |
| Tabela 24 – listagem de equipamento encontrado (ex.)..... | 61 |
| Tabela 25 – Métodos de análise segundo tipo de sistema | 62 |
| Tabela 26 – Grandezas a medir em cada método..... | 62 |
| Tabela 27 – Procedimentos aplicáveis a cada método..... | 63 |
| Tabela 28 – Utilização dos diferentes métodos | 63 |
| Tabela 29 - Forma de cálculo da utilização anual de energia..... | 64 |

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

| | |
|--------|---|
| ADENE | Agência de Energia |
| AEE | <i>Association of Energy Engineers</i> |
| ASHRAE | <i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i> |
| CDE | Contrato de Desempenho Energético |
| CEMEP | <i>European Committee of Manufacturers of electric Machines of Power Electronic</i> |
| CIBSE | <i>Chartered Institute Building Service Engineering</i> |
| CMVP | <i>Certified Measurement and Verification Professional</i> |
| DGEG | Direcção Geral Energia e Geologia |
| DOE | <i>Department of Energy</i> (Departamento de Energia dos Estados Unidos da América) |
| EPC | <i>Energy Performance Contract</i> |
| EVO | <i>Efficiency Valuation Organization</i> |
| GEE | Gases de Efeito de Estufa |
| GPL | Gás de Petróleo Liquefeito |
| IESNA | <i>Illuminating Engineering Society of North America</i> |
| IPMVP | <i>International Performance Measurement and Verification Protocol</i> |
| kgep | Quilograma equivalente petróleo |
| LEED | <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> |
| MCE | Medida de Conservação de Energia |
| M&V | Medição e Verificação |
| QAI | Qualidade do Ar Interior |
| UM | Unidade de Medição |
| URE | Utilização Racional de Energia |
| USGBC | <i>United States Green Building Council</i> |

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo introdutório descreve-se o contexto que motivou a investigação pelo tema da eficiência, em particular o da Medição e Verificação. O enquadramento legal e conjuntural, que surge com a necessidade de combate às Alterações Climáticas e às crescentes emissões de carbono, serve de base para a tese que aqui se desenvolve. Tendo em conta que os edifícios, além de serem um dos principais utilizadores de energia, contêm um enorme potencial de aplicação de projectos de eficiência, revela-se oportuna a intervenção neste sector. Considerando este potencial e a necessidade de encontrar mecanismos de libertar financiamento, emergem no mercado de serviços energéticos empresas dedicadas a encontrar oportunidades de redução da fatia de consumo dos edifícios.

1.1. Enquadramento

Com a entrada em vigor do Protocolo de Quioto em 2005 foi tomado um passo decisivo no combate ao aumento das emissões de gases causadores de efeito de estufa (GEE) e ao aquecimento global. O compromisso assumido neste documento por parte de diversos países levou a que políticas internas fossem desenvolvidas favorecendo tecnologias e práticas que impõe a eficiência energética como um tópico urgente e actual.

O mais representativo dos gases que provocam efeito de estufa é o dióxido de carbono (CO_2) que tem grande parte da sua origem no processo de conversão/utilização de energia. Este facto torna essencial a intensificação de políticas que incentivem a utilização eficiente de energia e a procura por fontes de energia alternativas, com a finalidade de mitigar as consequências das alterações climáticas.

2 Introdução

A instabilidade vivida, a grande dependência da importação e uma extrema competitividade são factores que condicionam o mercado energético nacional e tornam imprescindível o estabelecimento de novos padrões de consumo, a redefinição de políticas de transporte e um aumento na eficiência no consumo e na transformação de energia.

A eficiência energética é hoje uma questão crucial para a Humanidade. As actuais fontes de energia estão sob ameaça e os paradigmas de utilização são insustentáveis. A dependência de combustíveis fósseis causará danos irreversíveis ao meio ambiente, riscos sem precedentes de mudança do clima e esgotará rapidamente as reservas de petróleo. Uma “revolução” energética é possível e estritamente necessária, orientando o consumidor para uma melhor gestão dos seus gastos.

A crescente inserção de produção de energia renovável é fundamental para garantir fornecimento sustentável de energia para as gerações futuras. É inegável a importância das energias endógenas na alteração de factor de emissão¹ de gases nocivos associado à produção de energia eléctrica actualmente. Na Figura 1 está representada a importância das energias renováveis mas também a prioridade que deve ser dada à eficiência no consumo e na transformação de energia.

Com a Sustentabilidade como fundo deve dar-se prioridade à conservação de energia, alterando hábitos de consumo, evitando utilizações desnecessárias. Juntamente com a redução do desperdício deve utilizar-se a energia da forma mais eficiente possível, recorrendo por exemplo à tecnologia e a formas eficientes de transformar energia. Ao diminuir utilizações desnecessárias e consumir de forma eficiente torna-se mais fácil satisfazer a procura com recurso a energias de fonte renovável, completando a pirâmide da Sustentabilidade.

No presente trabalho concentra-se a atenção na utilização racional e eficiente de energia.

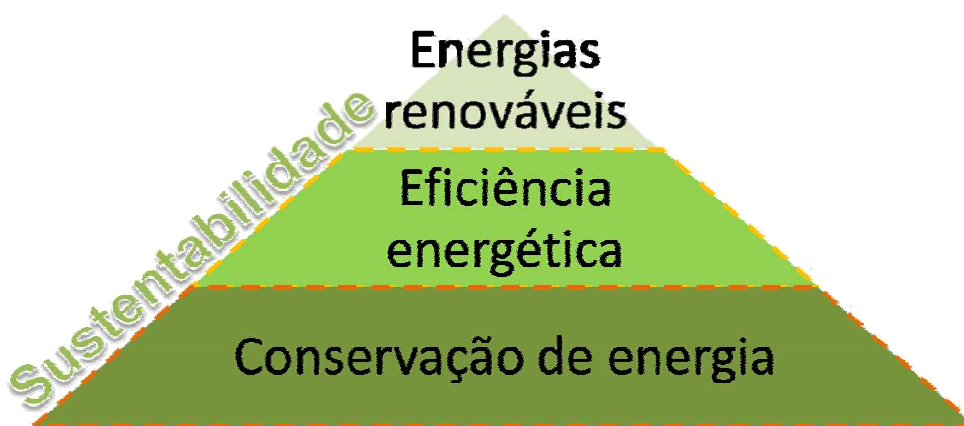


Figura 1 – Contexto da eficiência no panorama da sustentabilidade

¹ Factor de emissão do sistema eléctrico nacional actual em Portugal está afixado em 0,470 kg de CO₂/kWh pela Portaria 63/2008 de 21 de Janeiro de 2008.

Investir em eficiência energética é uma oportunidade para se conseguir, ao mesmo tempo, grandes benefícios económicos e ambientais. Conseguem-se reduções de consumo eléctrico de 40% sem prejuízo do conforto dos ocupantes dos edifícios [1].

O crescente número de cargas e a consequente necessidade energética podem ser satisfeitos com recurso a tecnologias e metodologias de optimização de serviços energéticos, correspondendo a investimentos menores que a expansão equivalente da oferta de energia.

Tendo em atenção que a eficiência na utilização final de energia contribui para a redução de emissões de GEE e para enquadrar medidas e políticas de racionalização, o Parlamento Europeu apresenta em 2006 a Directiva 2006/32/CE. A directiva pretende incitar a melhoria de eficiência energética através de objectivação de mecanismos, programas de incentivos, financeiros e jurídicos, com a finalidade de ultrapassar obstáculos de mercado e criar condições para a existência de um mercado de serviços energéticos. Esta directiva faz referência a uma lista de medidas de conservação de energia (MCE) elegíveis e medição e verificação das respectivas economias originadas [18].

A nível nacional, através da publicação de vários diplomas e lançamento de vários programas (Decreto Lei 71/2008, Resolução de Conselho de Ministros 169/2005 e 80/2008, Programa Nacional Alterações Climáticas, Programa Eficiência 2015, Programa de Promoção Eficiência no Consumo, etc.), o governo promove e estimula estratégias e medidas que visam a eficiência na transformação de energia. O accionamento de incentivos para medidas de conservação de energia que promovam a redução do consumo, melhoria na gestão de cargas ou que augurem à informação e divulgação de soluções mais eficientes na utilização de energia, constituem fortes pilares da estratégia nacional para a eficiência

A promoção de investimento ajuda a quebrar barreiras de mercado, o que se traduz em benefícios aos proprietários de empresas, reduz a sua factura energética e permite acrescentar valor aos seus produtos e/ou serviços e beneficia o mercado energético emergente.

A Resolução de Conselho de Ministros nº.80 de 2008, que engloba várias medidas integrantes de um plano orientado para a eficiência no consumo, divide-se em duas abordagens gerais, sendo uma dirigida ao incentivo a Tecnologias e outra a Comportamentos. A primeira subdivide-se nas áreas de Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado enquanto a segunda se reparte em diferentes programas como campanhas de sensibilização para compra de produtos eficientes e redução de IRS por aquisição de equipamentos de produção de energia renovável (Figura 2).

4 Introdução

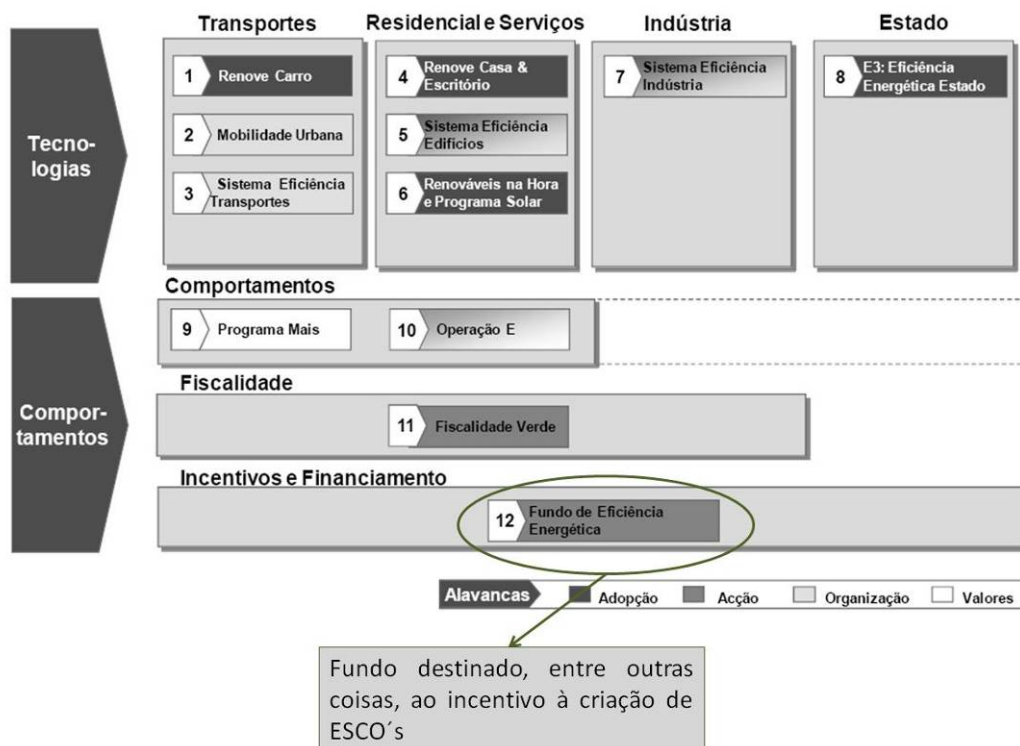


Figura 2 - Organização das áreas abrangidas pela Resolução Conselho Ministros 80/2008

Inserida nesta última área de Comportamentos está a medida Dinamização de Empresa de Serviços de Energia (ESCO's), que recorre a incentivos para criação deste tipo de empresa, enquadradas por contratos de desempenho e que visem a criação de relações contratuais entre consumidores e promotores de medidas de eficiência. Este enquadramento ilustra a actual necessidade de regulamentar e ordenar metodologias para aplicação de medidas e sua verificação consequente [30].

1.2. Motivação

A fatia de consumo destinada aos edifícios, quer em termos de energia primária quer de consumo eléctrico é relevante, justifica-se por isso a aplicação de medidas e investimentos neste sector (Figura 3).

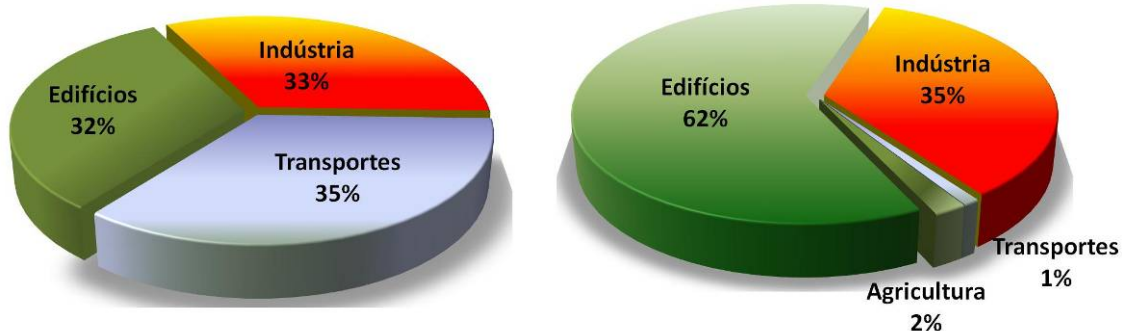


Figura 3 – Desagregação de consumo de energia primária (esquerda) e de energia eléctrica (direita) em Portugal [39]

O potencial para redução de emissões, embora esteja bem identificado, é ainda vasto. A Figura 3, juntamente com as Figura 4 e Figura 5 possibilitam uma análise global das áreas e equipamentos com maior responsabilidade nos consumos, que se tornam assim prioritários na procura da eficiência.

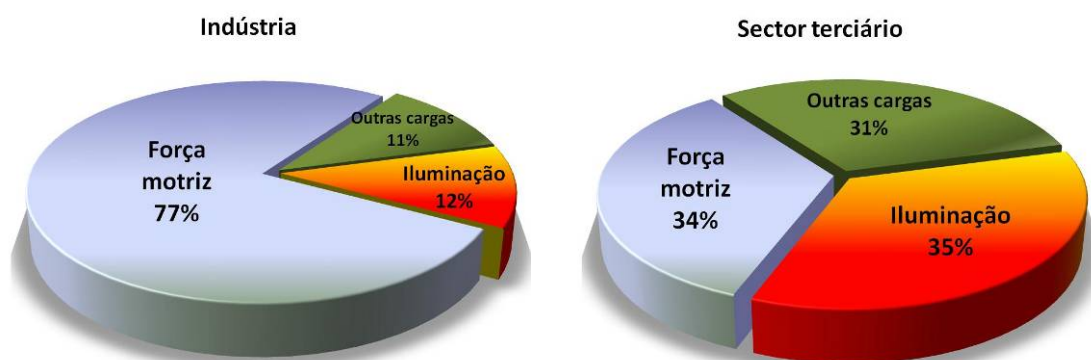


Figura 4 - Desagregação de consumo de energia eléctrica por tipo de carga [40]

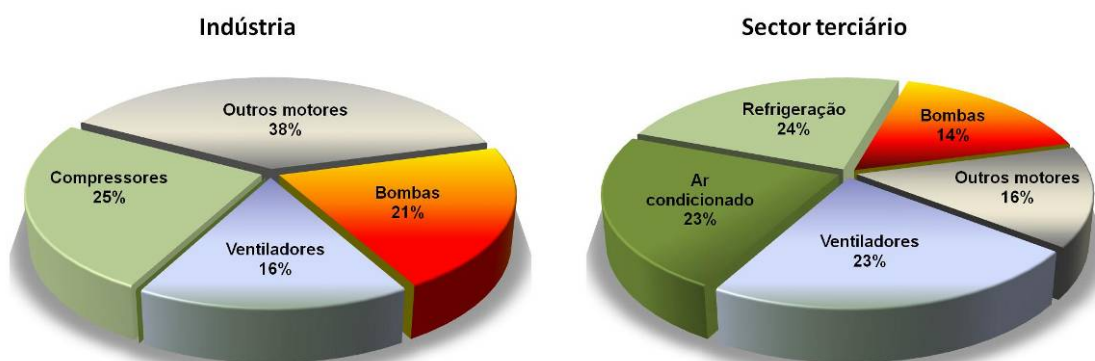


Figura 5 - Desagregação de consumo de energia eléctrica em força motriz por equipamento [40]

Como se pode ver, após análise dos dados constantes nas Figura 4 e Figura 5, a iluminação e a força motriz têm um peso relevante na matriz energética dos sectores da indústria e dos serviços. Releva-se portanto oportuno dirigir esforços para estas utilizações

6 Introdução

finais de energia. Os guias de procedimentos e de optimização de aplicação de M&V que se apresentam como anexo a este documento (anexos I, II e III), incidem então em Medição & Verificação (M&V) para sistemas de iluminação, bombas e ventiladores.

Apesar da identificação deste potencial, as barreiras impostas pelo mercado por vezes dificultam o caminho para a racionalização energética, impedindo a concretização de potencial. Nestas situações torna-se vital o papel de empresas prestadoras de serviços energéticos, contribuindo para materializar oportunidades e promover implementação eficiente de medidas.

Surge desta necessidade um cada vez mais expressivo mercado de actuação, maioritariamente nos países industrializados e preocupados com as crescentes emissões de gases contribuidores para efeito de estufa, o sector de serviços de conservação de energia.

Este crescimento trouxe inovações importantes na comercialização dos serviços, como no financiamento e nos tipos de contrato. As empresas que surgem neste contexto, chamadas ESCO2 (*Energy Service Companies*), desenvolveram ferramentas para garantir financiamento de projectos de eficiência, visto ser este um impedimento na concretização de economias.

Ao contrário dos existentes fornecedores de serviços na área de energia, as ESCO ganham relevância com as garantias que oferecem, nomeadamente financiamento, total ou parcial, de projectos de eficiência. Uma parte basilar desta evolução foi o aperfeiçoamento de contratos de desempenho energético (CDE ou EPC) ou de risco. Nestes, o prestador do serviço garante a realização de um determinado nível de economia e é remunerado pelo fluxo de ganhos obtidos do projecto [35].

A proposta a fazer por parte da ESCO é baseada nas condições encontradas e no potencial estimado. Existem várias formas de calcular as poupanças e de formular os contratos em função do potencial encontrado o que se reflecte no tipo de contrato concretizado. Os tipos principais de EPC são de dois tipos:

- responsabilização total pela factura energética (electricidade ou gás) pela ESCO;
- ESCO recebe comparticipação das economias atingidas.

Detalhes acerca destes tipos de contrato são alvo de maior atenção neste documento, na secção 2.2.

O suporte para a credibilidade de um EPC advém de um plano de Medição e Verificação (M&V) consistente, que vise defender os interesses de todas as partes envolvidas e que se afirme como uma ferramenta profícua para a concretização de oportunidades de eficiência.

A M&V pode ser adoptada para apoio do EPC mas também como opção de gestão, integrando internamente políticas orientadas para desagregação e informação acerca de

² A sigla ESCO foi adoptada em Portugal para este tipo de empresas, embora também chamadas de Empresas de Serviços de Conservação de Energia.

consumos, com a finalidade de redução de custos associados à energia, nomeadamente para comparação de eficácias de diferentes MCE.

A determinação das economias em energia requer medição precisa e metodologia reproduzível, conhecida como protocolo de Medição e Verificação [25]. A M&V assume parte preponderante na execução de contratos de performance enquanto ferramenta que serve de base para o cálculo das economias anunciadas. Os proveitos de uma ESCO são limitados não pelo que conseguem economizar mas pelo que são capazes de medir.

O enorme potencial existente no mercado da eficiência energética necessita de financiamento para ser desbloqueado. Para isso exige-se que haja mecanismos que assegurem a fiabilidade dos resultados. A implementação de boas práticas de M&V possibilita a compreensão e gestão dos resultados por ambas as partes do contrato. Permite também a distribuição de custos e riscos de forma equilibrada, assegurando retorno de investimentos de parte a parte.

O risco associado a este tipo de investimento torna-se bastante mais apetecível para o cliente na existência de um plano de M&V que garanta as economias com uma boa relação custo-eficácia.

O plano de M&V, elaborado e verificado pela ESCO (e possivelmente por consultores externos e independentes ao processo) deverá ser aprovado pelo cliente. O financiador, que por vezes coincidirá com a ESCO mas que poderá ser externo, reconhece economias e a metodologia estabelecida para verificação das mesmas neste documento e tem a garantia que necessita para libertar o investimento.

A existência de protocolos que estabeleçam e estabilizem metodologias de M&V é importante dado que os factores que afectam o consumo de energia (níveis de ocupação, clima, etc.) atingem graus de aleatoriedade relevante quando se trata de prever economias. Havendo um sistema implementado, calibrado e normalizado, a fiabilidade dos projectos e resultados torna-se aprazível para potenciais investidores e ferramenta decisiva para empresas que queiram afirmar-se neste mercado.

1.3. Estrutura

A presente dissertação tem a seguinte estrutura, da qual esta secção constitui a introdução:

- secção 2: estado da arte;
- secção 3: proposta de guia de procedimentos para M&V;
- secção 4: optimização do processo avaliação de potencial de aplicação de M&V
- secção 5: conclusões.

Fazem ainda parte constituinte desta dissertação:

- anexo I: Ficha de Caracterização de Sistema - Iluminação;

8 Introdução

- anexo II: Ficha de Caracterização de Sistema - Bombas;
- anexo III: Ficha de Caracterização de Sistema - Ventiladores;
- anexo IV: Optimização da análise de implementação de M&V;
- anexo V: Equipamentos para M&V.

1.4. Objectivos

A preocupação com a crescente procura energética leva ao surgimento de metodologias e ferramentas para otimizar a utilização de energia e alteração de hábitos de consumo. No contexto do presente trabalho procura-se auxiliar na resposta a uma solicitação específica do mercado de serviços energéticos, a vertente ESCO.

As ESCO baseiam grande parte do seu negócio em contratos de performance, cuja fiabilidade assenta no Plano de M&V, como se verá mais à frente neste documento. A capacidade de uma ESCO estimar potencial para intervenções de optimização de instalações, encontrando assim mercado de aplicação de M&V, influenciará o sucesso da mesma.

Com este trabalho procura-se:

- estabelecer o estado da arte do M&V;
- definir fases chave de um projecto de eficiência;
- definir principais equipamentos utilizados em M&V;
- delinear principais intervenções em sistemas: Medidas de Conservação de Energia;
- definir abordagens em função do tipo de MCE implementado.

Procura-se atingir os itens listados acima através da construção de duas ferramentas:

- **guia de procedimentos para aplicação de M&V a projectos de eficiência:** pretende-se responder à necessidade de esquematizar as abordagens de M&V, desagregando esta análise por sistema. Lista as principais acções a ter face a projectos de eficiência de sistemas de iluminação, bombagem e ventiladores;
- **guia de optimização da análise da viabilidade de implementação de M&V a projectos de eficiência:** pretende facilitar a análise da viabilidade financeira de implementação de M&V, auxiliando na selecção de projectos aos quais a M&V deve ser aplicada. Distinguem-se assim projectos cuja dimensão justifica a introdução de M&V dos projectos cujo retorno económico não legitima a utilização da mesma. Esta ferramenta baseia-se nos procedimentos definidos na ferramenta anterior (guia de procedimentos) e nos custos inerentes aos mesmos procedimentos.

Capítulo 2

Estado da arte

Neste capítulo procura-se dar a conhecer o estado da arte da M&V, suas principais funções e vantagens da sua aplicação. Faz-se uma revisão dos protocolos existentes que estabelecem metodologias de medição dos diferentes parâmetros necessários a uma M&V eficaz.

São também descritos (anexo V) alguns dos principais equipamentos utilizados para medição de grandezas afectas a uma M&V cuidada e que cubra os principais sistemas utilizadores de energia.

Importa relembrar aqui a definição de M&V para que as secções subsequentes sejam mais facilmente compreendidas. Por Medição e Verificação entende-se a parametrização, anterior e posterior, de uma modificação a um sistema, para que possam ser comparadas as situações e aferida a relevância energética da modificação. A M&V é uma boa prática que deveria ser levada a cabo de forma contínua pelas equipas de operação e manutenção de sistemas utilizadores de energia, avaliando assim o impacto das alterações (p.e. acções de manutenção) no consumo global do sistema. Esta sistematização de procedimentos leva à correcção de desvios indesejáveis e ao controlo dos efeitos das alterações a longo prazo. Permite ainda encontrar bons exemplos e boas práticas e estende-los aos restantes sistemas.

2.1. Necessidade de M&V

A Medição e Verificação surge com a principal função de verificar ganhos decorrentes de alterações introduzidas aos sistemas ou à sua operação. Este objectivo pode inserir-se num plano maior, o da gestão de energia, seja de suporte a contrato de performance (que são abordados mais à frente na secção 2.2) ou de gestão interna de consumos. Um projecto com

ganhos estimados de forma mais provável e de certa forma assegurados é sem dúvida uma mais-valia na negociação de eficiência.

Havendo procedimentos e protocolos estabelecidos, a M&V assume uma posição de destaque como ferramenta de fiabilidade de resultados. A necessidade de M&V torna-se então mais clara, tendo pela frente o desafio de equilibrar custos com retorno económico. Investir em monitorização de consumos e com isso aumentar a precisão da verificação acarreta um custo adicional que deve ser balanceado na escolha da metodologia de M&V. Com o crescimento e solidificação da M&V o descongelamento de garantias financeiras para projectos de eficiência será expectável, auxiliando o desenvolvimento do mercado de venda de eficiência.

Potenciais clientes interessados em projectos de eficiência tipicamente gostam de quantificar as poupanças no consumo. A determinação de poupanças com alguma precisão requer medição exacta e uma metodologia aceite pelo cliente e ESCO a que se dá o nome de Plano de M&V. O sucesso do projecto pode muitas vezes ser truncado pela ausência de concordância num plano preciso e rigoroso. A existência de um plano de M&V, suportado num protocolo estável e aceite por entidades internacionais (p.e. IPMVP) pode alavancar o sucesso de negociações entre promotores, financiadores e clientes.

Com o intento de incrementar o investimento em eficiência, a M&V tem o potencial de promover reduções de diferentes formas, descritas de seguida:

- **aumentar poupança de energia** – a M&V oferece uma valiosa resposta acerca das poupanças de um determinado projecto ou MCE, permitindo aos promotores e clientes ajustes na operação dos sistemas e reduzir a imprevisibilidade na redução de consumos. Na medida em que a medição de consumos se revela uma ferramenta poderosa de análise, permitindo assim uma melhor compreensão e monitorização do sistema, a M&V conduz a maiores poupanças de energia comparativamente com projectos sem M&V. Desta forma, projectos que empreguem M&V, mais ou menos apurada, serão recompensados com mais elevados níveis de poupança;
- **otimizar processos de engenharia** – boas práticas de M&V encorajam um melhor projecto e o traçado de sistemas orientados para a eficiência e sua medição. Projectos guiados para a M&V, originarão uma fácil gestão de energia, facilitando a operação dos sistemas, correcção de desvios indesejáveis e disseminação de MCE mais eficientes. A adopção de bons planos de M&V leva portanto a um processo mais eficiente de gestão de energia, reduzindo problemas de manutenção na operação dos sistemas;
- **valorizar investimentos feitos em eficiência no contexto da redução de emissões de GEE** – com a capacidade de calcular reduções de utilização de energia concedida pela M&V, o mercado pode alocar mais correctamente o investimento nas MCE com melhores realizações de poupança. A M&V, ao conceder uma determinação do nível de redução de agentes poluidores, possibilita a marcação de objectivos concretos de limitação de emissões e permite o reconhecimento de mérito de diferentes projectos de eficiência. O conhecimento da redução de emissões atrai também investimento para projectos de eficiência através do mercado de licenças de carbono;

- **aumentar a consciência pública da importância da gestão de energia** – a M&V, ao suportar a credibilidade dos projectos de eficiência e ao aumentar a fiabilidade e divulgação de resultados, promove o interesse público por toda a actividade que envolve a eficiência e encoraja o investimento de verbas públicas em projectos de eficiência. Esta dinamização do mercado atrai investidores para projectos de eficiência, pelas reduções de consumo garantidas, retorno atractivo e possivelmente pelos créditos em licenças de emissão de carbono. O conhecimento das reduções atingidas serve também como ferramenta de promoção, chamando atenção para benefícios ambientais e sociais;
- **oferecer suporte aos promotores de eficiência para consecução de objectivos ambientais** – com a adopção de protocolos de M&V por parte de agências nacionais e grandes grupos industriais, as reduções com vista ao cumprimento de metas ambientais tornam-se quantificáveis de forma unívoca e universal. Os agentes promotores de projectos de eficiência podem assim diagnosticar quais as MCE de efeito mais relevante e mais agilmente apontar na direcção da redução de utilização de energia, economizando assim recursos energéticos valiosos. [25]

Como pode ser visto na secção 2.2 os EPC baseiam-se numa auditoria (que pode ser uma simples análise de facturas), na análise de potencial (p.e., com base em indicadores) e na formulação de uma proposta com sugestão de implementação de Medidas de Conservação de Energia (MCE). As MCE necessitam de ser documentadas, a sua influência sobre o consumo total de energia necessita de ser avaliada e uma metodologia de verificação de eficácia da medida deve ser introduzida. Esta metodologia é concretizada num documento basilar de um EPC - o Plano de M&V.

Um dos grandes desafios da M&V reside no equilíbrio entre a incerteza de custos e poupanças e o valor das medidas de conservação de energia. A ESCO deve deter uma capacidade afinada de estimar poupanças para que possa investir de forma consciente e equilibrada, doseando o capital destinado a M&V em função do potencial de retorno[25].

A M&V torna-se desta forma uma ferramenta importante no contexto dos projectos de eficiência e na negociação de contratos de desempenho energético (ver secção 2.2). Directa e indirectamente, boas práticas na área da M&V trazem benefícios ao mercado de serviços energéticos e, mais importante, benefícios para o ambiente.

2.2. Contratos de Desempenho Energético

Os Contratos de Desempenho Energético (ou EPC) são ferramentas utilizadas pelas ESCO para desbloquear financiamento de projectos de eficiência energética ao garantir, através de mecanismos certificados, retorno de investimentos, económicos e/ou ambientais.

Os EPC encaixam geralmente em duas modalidades:

- responsabilização pelo total da factura energética (electricidade, gás ou outro): a ESCO/financiador encarrega-se de pagar o total de energia consumida pelo edifício e aplica as MCE com potencial, sendo recompensado durante o contrato pela economia que conseguir atingir. O plano de M&V é para controlo interno e não necessita de aprovação do cliente;
- a ESCO recebe comparticipação das economias atingidas: a ESCO é recompensada recebendo, total ou parcialmente, as economias realizadas durante o contrato de desempenho, financiando as MCE (Figura 6).[6;7;13;14]

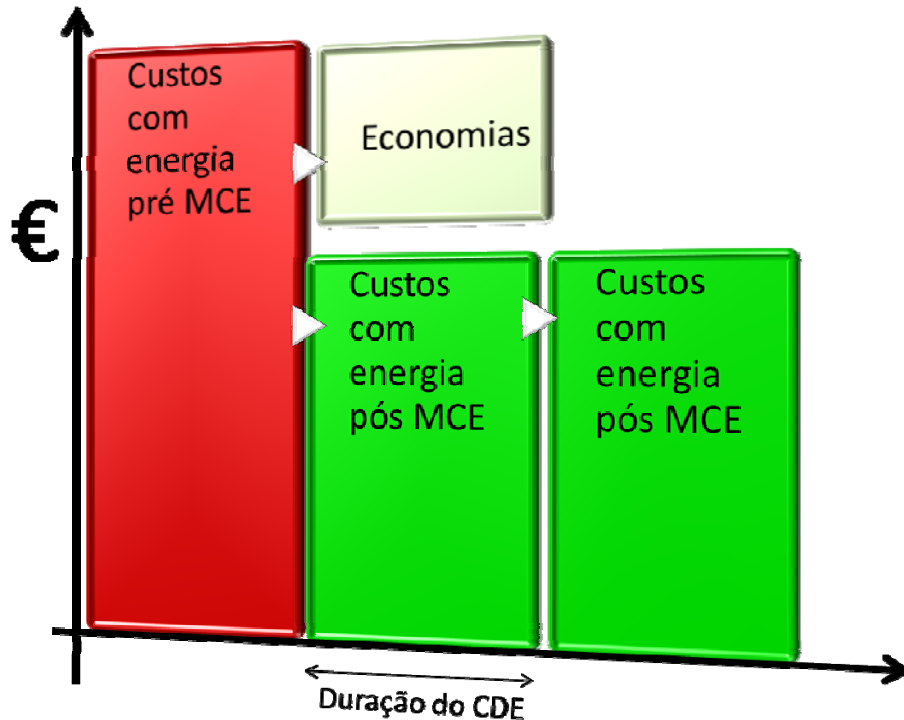


Figura 6 – Cronologia habitual de um contrato de desempenho (EPC)

Nos EPC é contemplado:

- MCE a implementar (descrição e impacto);
- previsão da energia evitada após implementação da MCE;
- condições de operação dos sistemas pré e pós alteração;
- estimativa de consumo com base em condições de funcionamento acordadas entre ESCO e cliente (especificação de racionais e pressupostos);
- plano e custos de M&V;
- metodologia que será usada para verificação;
- especificação de períodos e pontos de medição, caracterização das medições;
- orçamento para determinação de poupanças;
- outras especificações acordadas entre ESCO e cliente.

O potencial que levará à concretização de projectos pode ser avaliado (mas não de forma exclusiva):

- por análise de facturação;
- por comparação de utilizações;
- por simulação da situação real;
- por comparação com indicadores.

Note-se que qualquer destes tipos de avaliação são efectuados com recurso a auditoria e o custo associado deve ser considerado. Aliás, qualquer acção de M&V, juntamente com qualquer negociação de desempenho, deve ser antecedida de uma auditoria ao edifício, para que as MCE a aplicar possam ser hierarquizadas e uma avaliação da profundidade de M&V efectuada.

Os projectos levados a cabo por uma ESCO incluem, pelo menos, os seguintes passos (Figura 7):

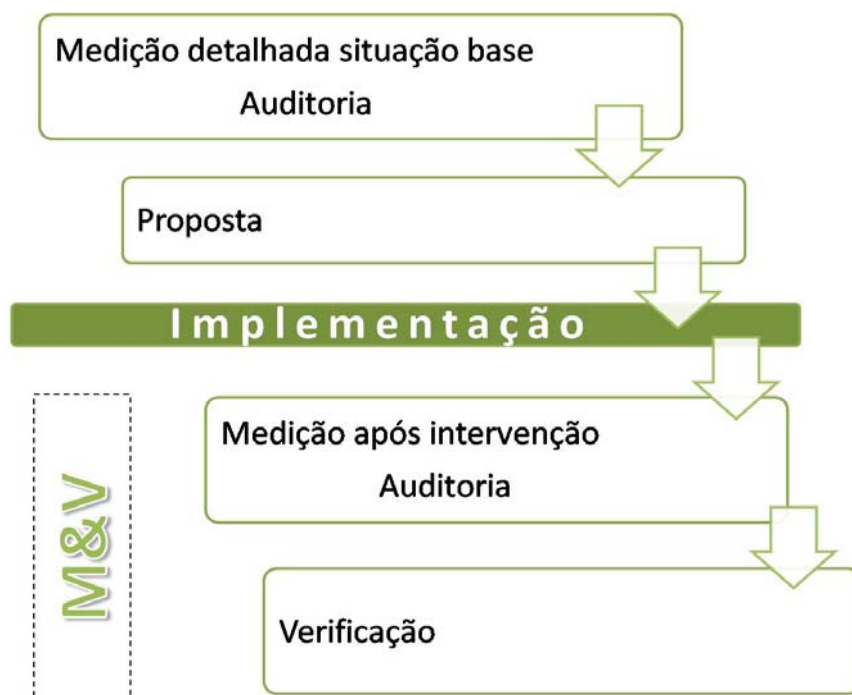


Figura 7 - Implementação de projectos de eficiência por parte de uma ESCO

A primeira fase, de avaliação da instalação/projecto, normalmente feita com recurso a auditoria tem como finalidade a determinação de cenário de referência e caracterizar qualidade da instalação. Anteriormente a esta fase existirá a descoberta de potencial de intervenção de economias, que determina a existência de oportunidade/necessidade.

Com os resultados da auditoria é construída uma proposta, formulada segundo a estrutura de EPC (acrescentar valor ao simples fornecimento de equipamentos).

Após adjudicação, as MCE são implementadas e uma medição da eficiência instalada é efectuada, para comprovar as condições de contrato. Um sistema de verificação, única ou periódica, desenvolvido e estabelecido no EPC, é posto em prática para ajuste de economias.

Estas fases são descritas e caracterizadas de seguida (Tabela 1):

Tabela 1 - Caracterização das fases de implementação de projectos de eficiência

| Fase | Caracterização |
|--|--|
| Medição situação base - Auditoria | <ul style="list-style-type: none"> – consumo de energia (facturas) e diagramas de carga; – tipo, densidade e períodos de ocupação; – condições da instalação (níveis de iluminação, conforto, QAI, etc.) – inventário do equipamento (iluminação, motores, caldeiras, chillers, etc.), chapas de características, localização, condições; – regimes de funcionamento dos equipamentos (horários, factor de carga, temperaturas e pressões); – problemas em equipamentos, anomalias encontradas; – identificação de alterações previstas (ocupação, condições de operação, etc.); – outros. |
| Proposta | <ul style="list-style-type: none"> – MCE a implementar (descrição e impacto); – energia evitada após implementação da MCE; – condições de operação dos sistemas pré e pós alteração; – estimativa de consumo com base em condições de funcionamento acordadas entre ESCO e cliente (especificação de racionais e pressupostos; – metodologia que será usada para verificação; – especificação de períodos e pontos de medição, caracterização das medições; – orçamento para determinação de poupanças; |
| Medição pós alteração – Auditoria | <ul style="list-style-type: none"> – medição de eficiência dos equipamentos; – confirmação de condições de projecto da MCE; – parametrização das condições pós-alterações introduzidas; |
| Verificação | <ul style="list-style-type: none"> – monitorização (contínua ou pontual) de condições de funcionamento; – monitorização (contínua ou pontual) de consumos do sistema; |

Para avaliar ganhos de eficiência (ou melhoria de serviço) é fundamental determinar e quantificar os resultados de consumo de energia e benefícios associados. A monitorização contínua ou pontual garante os resultados previstos, previne desvios ou então a correcção dos mesmos a fim de concretizar a eficiência proposta. A existência de procedimentos padronizados de verificação e medição é especialmente importante na presença de EPC ou financiamentos de terceiros e constituem uma ferramenta muito útil para a gestão energética em geral. [20]

O custo de análise de potencial será quanto maior quanto mais profunda esta for. A análise com recurso a indicadores é eficaz e revela-se muito útil na análise de instalações, embora a obtenção de bons e ajustados indicadores seja dispendioso. A decisão de investir na análise de potencial deve partir da ESCO e do financiador.

A desagregação de consumos de um edifício pode ser feita a diferentes níveis, com diferente detalhe e diferente custo. Quanto mais detalhada a desagregação maior a probabilidade de encontrar potencial. O custo da desagregação (p.e., através de simulação detalhada) deve ser acautelado em função do potencial de retorno.

Existem algumas formas de estimar consumos com a finalidade de determinar potencial de intervenção:

- facturas do fornecedor de energia eléctrica e leituras do equipamento de contagem.
- equipamentos de medição especialmente dedicados a uma área ou um equipamento dentro da instalação de consumo;
- medição isolada de parâmetros utilizados no cálculo do consumo (p.e., temperatura exterior, ocupação, níveis de produção, etc.);
- simulação detalhada do comportamento do edifício, com recurso a software acreditado³;
- comparação com indicadores ou características de eficiência energética (p.e., a eficiência de uma lâmpada).

Uma desagregação relativamente simples pode passar pela divisão do fluxo total de energia para o edifício por vectores (electricidade, gás, gasóleo, etc.) e com esses dados fazer uma primeira análise. Desta análise pode resultar um EPC do tipo em que se decide “comprar a factura”, i.e., a responsabilização total pelos consumos (de um vector ou todos), “ignorando” os diferentes sistemas e analisando o edifício como um todo.

Aprofundando a decomposição dos consumos do edifício, nomeadamente por sistema e intra-sistema, obtém-se maior percepção do perfil de consumo e poderão surgir oportunidades de intervenção mais específicas, com investimento inicial mais reduzido, que poderá tornar o projecto mais apazível aos olhos do investidor.

O plano de M&V deverá surgir como parte integrante do EPC, como documento anexo e servir de base para constituir confiança em resultados, estabelecendo metodologias reconhecidas em protocolos (como o IPMVP e ASHRAE). Estes documentos são revistos com mais pormenor na secção 2.3.

No contexto da negociação de *performance*, o plano de M&V serve de suporte para a fiabilidade do contrato e deverá ter por isso um papel preponderante na relação entre cliente e ESCO/financiador (Figura 8). O plano de M&V é um documento definido pela ESCO mas aprovado por todas as partes.

³ ASHRAE 140 – 2004: Norma para acreditação de programas de simulação detalhada



Figura 8 - Importância da M&V no contexto de concretização de EPC

A garantia dada por um projecto de eficiência serve de conforto e mais-valia para empresas que queiram ter uma imagem forte no mercado cada vez mais “verde”, acrescentando valor aos seus produtos, permitindo-lhes sobrevalorizar-se no mercado por esta vertente

2.2.1. M&V para EPC

Uma das grandes aplicações e talvez a mais interessante da M&V será como base de verificação para EPC. Este prisma da M&V injecta força num mercado de serviços energéticos emergente, frágil devido à impossibilidade de medir economias e que vai sendo validado com recurso a este tipo de ferramenta, atraindo investimento à área de eficiência.

Um EPC deve prever um nível de risco e incerteza associado a economias previstas e adaptar esse risco ao potencial de economia, tendo em conta que pode ser reduzido por uma metodologia de M&V conveniente.

A preparação de um Plano de M&V é fundamental para a determinação apropriada de economias e também é a base para a verificação. O planeamento prévio assegura que todos os dados necessários à determinação das economias estarão disponíveis após a implementação do programa de economia de energia, dentro de um orçamento aceitável. Os dados de caracterização do cenário de referência e descrição das MCE são registados para referência futura, para o caso de houver mudança de condições ou caso as MCE não tenham o impacto previsto.

A documentação deve ser preparada de modo a que seja acessível pelos verificadores ou consultores externos ao processo, contratados para o efeito de verificação. Esta verificação pode ser contínua ou pontual, mas principalmente pode ser distante cronologicamente em

relação ao cenário de referência e ao ano de implementação da MCE. A eloquência, clareza e transparência no Plano de M&V devem ser por isso cuidadas.[3]

O plano de M&V deve ser definido à partida tendo em conta o tipo de abordagem e tipo de MCE a implantar.

Em EPC, o uso de energia e as condições do cenário de referência podem ser definidos tanto pelo cliente como pela ESCO, desde que seja dada oportunidade à outra parte para os verificar. Uma auditoria abrangente é indicada para reunir as informações do ano de referência.

As variáveis a ter em conta são descritas de seguida:

- perfis de consumo de energia e demanda;
- tipo de ocupação, densidade e períodos;
- condições parciais ou totais do edifícios em cada período de operação e estação do ano (parâmetros caracterizadores de QAI⁴, conforto, etc.);
- inventário do equipamento instalado (chapa de características, localização, condições, etc.);
- tipo de controlo e rotinas implementados (horários);
- temperaturas exterior /interior;
- rotinas de manutenção (equipamento danificado, problemas de limpeza, etc.);
- qualquer situação fora do normal funcionamento de uma instalação.
- especificação dos pontos de medição, período(s), características e medidor, leitura do medidor e protocolo de referência (“protocolo testemunha”), procedimentos para comissionamento do medidor, processo de calibragem e método para lidar com dados perdidos.

Uma matriz de risco deve ser construída, com a finalidade de esclarecer pressupostos e atribuir responsabilidades por desvios e processos.

Os sistemas de certificação ambiental e de construção sustentável internacionais não esquecem a importância da M&V. O sistema LEED do USGBC coloca à disposição um crédito atingível com a elaboração de um plano de M&V, constituindo assim um passo para o projecto sustentável de um edifício[33;34]

2.3. Protocolos de referência

A solidez de um contrato de desempenho assenta num plano de M&V robusto que permita reconhecimento por ambas as partes do contrato como referência para cálculo de ganhos. O plano de M&V pode ser baseado em protocolos estabelecidos por organismos independentes, prestando assim experiência dessas entidades, garantindo isenção e fiabilidade.

⁴ O ambiente interior deve ser caracterizado: níveis de iluminância, conforto térmico, temperatura, condições de ventilação, etc.

Actualmente os guias de referência para M&V são os documentos “*Measurement of Energy and Demand Saving - Guideline 14-2002*” da ASHRAE e “*Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings*” do IPMVP.

Uma das ferramentas mais importantes para suporte de boas práticas no campo da M&V é o IPMVP (Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance). As vantagens que colocam o IPMVP como uma abordagem internacionalmente preferida para monitorizar e avaliar projectos de eficiência energética são:

- ser internacional e generalizadamente aceite;
- cobrir as questões chaves da monitorização e avaliação;
- flexibilidade.

O documento IPMVP aponta estratégias de aplicação da M&V, enumerando alguns passos que considera fulcrais para a sua implementação:

- elaboração de um documento com o nome Plano de M&V, definindo a forma de calcular as economias;
- caracterização da MCE incluindo a definição dos seus objectivos e dos métodos a utilizar para demonstrar o cumprimento desses objectivos;
- determinação da metodologia de M&V à MCE;
- caracterização detalhada da do caso de referência (baseline);
- certificação e acreditação de calibração dos equipamentos de medição;
- instalação de equipamento de medição (quando requerido);
- caracterização do cenário pós implementação MCE, de acordo com a caracterização do cenário de referência. [25]

A par do IPMVP e de forma complementar existem directrizes internacionais para elaboração de um guia de M&V ditadas pela ASHRAE ou pelo DOE através do documento FEMP⁵. Nestes guias, são dadas definições e abordagens orientadas para quantificação de economias de projectos de eficiência energética.

Tanto o IPMVP como as directrizes dadas pela ASHRAE no documento Guidelines 14-2002 propõe diferentes metodologias, diferenciadas pela dimensão da MCE, sistema(s) atingidos, potencial de poupança, forma de cálculo das economias e na metodologia. As abordagens do IPMVP e da ASHRAE 14 são apresentadas em paralelo de seguida (Tabela 2):

⁵ FEMP – Federal Energy Management Program

Tabela 2 – Abordagens do IPMVP e ASHRAE 14

| Abordagem | IPMVP | ASHRAE 14-2002 |
|-----------|--|---|
| A | <p style="text-align: center;">Medição Parcial do Sistema Intervencionado <i>(Partially Measured Retrofit Isolation)</i></p> <p>A determinação das poupanças resulta de uma medição parcial ou total do consumo do sistema ao qual se aplica a medida de eficiência energética. Podem ser utilizados no cálculo parâmetros indirectos ou estimados desde que não substituam completamente os dados resultantes de medição e não prejudiquem a fiabilidade dos resultados.</p> | <p style="text-align: center;">Isolamento da intervenção <i>(Retrofit isolation approach)</i></p> <p>A determinação das poupanças resulta de uma medição total do consumo do sistema ao qual se aplica a medida de eficiência energética, de forma isolada do resto da instalação.</p> |
| B | <p style="text-align: center;">Isolamento da intervenção <i>(Retrofit isolation)</i></p> <p>A determinação das poupanças resulta de uma medição total do consumo do sistema ao qual se aplica a medida de eficiência energética, de forma isolada do resto da instalação.</p> | |
| C | <p>Edifício como um todo <i>(Whole Building)</i></p> | |
| | <p>A determinação das poupanças resulta de uma medição do consumo ao nível da instalação onde foi implementada a medida de eficiência energética (por oposição à medição em sub-sistemas da instalação, prevista nas opções anteriores).</p> | |
| D | <p>Simulação calibrada <i>(Calibrated Simulation)</i></p> | |
| | <p>A determinação das poupanças resulta essencialmente de métodos de simulação calibrada, ou seja, ajustada às condições e circunstâncias de cada situação em particular.</p> | |

As opções A e B aplicam-se em casos onde a medida de eficiência energética afecta sistemas bem localizados e isoláveis do resto da instalação, para os quais é possível desenvolver estratégias de medição dedicadas e precisas. As opções C e D aplicam-se preferencialmente a medidas cujo impacte seja disperso pela instalação.

A opção D em particular é utilizada nos casos em que não há informação disponível relativamente à situação de referência ou sobre a performance da instalação com o detalhe necessário. [20]

Na Figura 9 ilustra-se com recurso a um fluxograma a determinação de qual a abordagem apropriada do IPMVP a cada projecto. Dependente da dimensão da intervenção e da quantidade de MCE que vão ser sujeitas a M&V, diferentes opções podem ser seleccionadas.

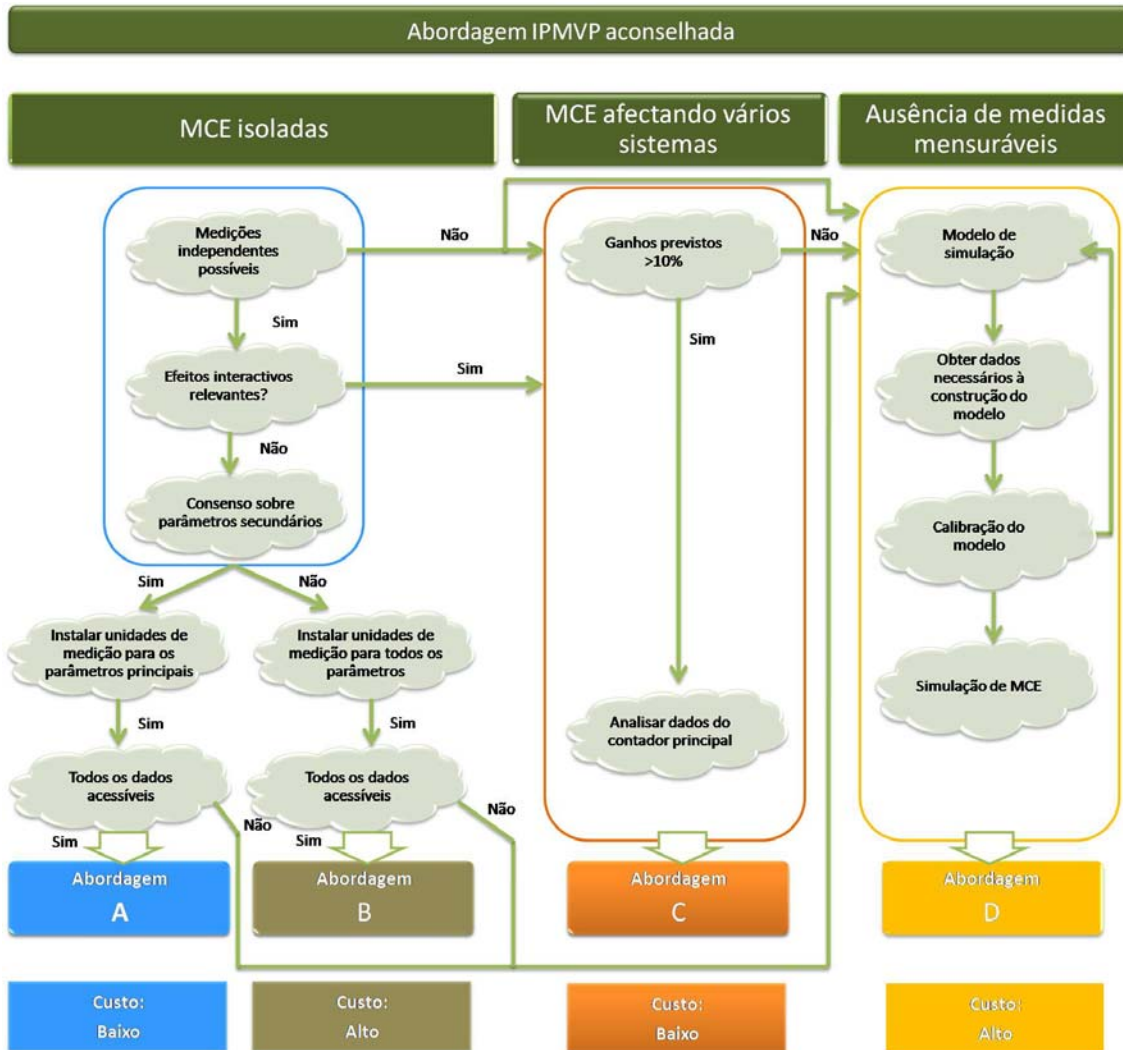


Figura 9 – Determinação da melhor abordagem de M&V do IPMVP [12]

De forma indicativa indica-se também uma previsão dos custos associados a cada abordagem, apenas com o objectivo de tentar quantificar comparativamente as opções.

Os documentos estabelecem ainda valores indicativos para o custo a aplicar em processos de M&V em função das potenciais poupanças totais. Como valor de referência, é indicado no IPMVP que os custos com M&V não devem exceder 10% do valor das poupanças a determinar.

Em suma, a implementação de M&V no mercado encontra-se em fase de crescimento e estes documentos, bem com outros que possam surgir, servem de incentivo à divulgação desta prática. Estas ferramentas facilitam a propagação da M&V enquanto instrumento de negociação, potenciando os ganhos de eficiência. Com a existência destes protocolos e todos

os que deles nasceram, o mercado encontra suporte e base de comparação para as MCE constantes nos contratos de performance.

As metodologias de M&V publicadas nos guias do IPMVP e da ASHRAE têm sido adoptadas como orientação de vários planos de M&V em vários países em todo o Mundo. Além disso, está em vigor um sistema de certificação para profissionais de M&V (CMVP), disponibilizado pela EVO em conjunto com a AEE. O programa tem como objectivos a formação adequada de pessoas envolvidas no processo de M&V e identificar pessoas com conhecimento, reconhecendo a sua mais-valia e competência para a M&V.

Capítulo 3

Proposta de Guia de Procedimentos para M&V

Neste capítulo são apresentadas **Fichas de Caracterização de Sistemas** (FCS), ferramenta desenvolvida para otimizar os procedimentos de M&V, para que constituam uma base uniforme e comparável de projecto para projecto.

As FCS consistem numa concretização de boas práticas, indicações de parâmetros a medir e metodologia a seguir, dependentes do sistema alvo e tipo de MCE pretendida. Nas FCS é feita a descrição de procedimentos e fases, pré e pós implementação de MCE, com a finalidade de esquematizar a abordagem à M&V.

É aqui apresentado um exemplar de uma FCS, bem como uma lista de acrónimos utilizados na sua elaboração, para um mais fácil entendimento e melhor utilização da ferramenta.

Como suporte para a elaboração destas fichas foram revistos documentos de instituições de referência nas suas áreas de actuação como ASHRAE, CIBSE, IESNA e claro está IPMVP. As temáticas e áreas tocadas nestas FCS são particularmente as mais próximas do Engenheiro Electrotécnico, ficando em aberto e como sugestão para continuação deste trabalho as áreas referentes à Mecânica, Civil, Ambiente, Arquitectura, etc., por se entender haver potencial de desenvolvimento nesses sectores. Embora a natureza da formação do engenheiro electrotécnico tenha bases mais gerais, que suportariam o alargamento destas fichas, optou-se por não o fazer como forma de abstracção.

Ao estabelecer estas propostas de procedimentos pretende-se apoiar a ferramenta de optimização da implementação de M&V que se apresenta no capítulo seguinte (Capítulo 4).

Estas fichas reúnem orientações para a M&V de sistemas de iluminação, bombas e ventiladores, ficando de fora outras utilizações (ex.: transporte vertical).

As FCS pretendem orientar a caracterização do cenário de referência, parametrização da MCE, cenário pós implementação da MCE e forma de estimar as poupanças. Estas fichas constituem apenas uma proposta de abordagem aos procedimentos de M&V aplicados a alterações a sistemas.

No anexo I, II e III apresentam-se as FCS para sistema de iluminação, bombas e ventiladores, respectivamente.

O objectivo das FCS é facilitar o processo de implementação de M&V e procura ser para o utilizador uma ferramenta prática de aplicação. Embora não tenha sido desenvolvido neste trabalho, recomenda-se a extensão das FCS a mais sistemas, abrangendo um maior número de MCE, com as quais se poderá formar um arquivo que se torna uma importante peça para qualquer ESCO ou equipa de gestão de energia.

3.1. Fichas de caracterização de sistemas

O exemplo de uma FCS é apresentado de seguida, indicando a forma de consulta do processo de aplicação de M&V. Cada campo está preenchido com uma explicação do que se pode encontrar no conteúdo de uma FCS.

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMA (FCS)

Designação: Sistema (ex.: iluminação)

Descrição breve do sistema e dos componentes mais importantes.

Medidas de Conservação de Energia (MCE) típicas

Alterações tipicamente aplicadas que optimizam desempenho energético do sistema (ex.: substituição por equipamento mais eficiente).

Podem ser alterações nos padrões de utilização ou em estratégias de controlo.

Note-se que toda e qualquer MCE deve preservar, senão melhorar, as condições de conforto e QAI (ex.: melhorar níveis de iluminação) sem prejuízo da eficiência do sistema.

Melhorias de conforto e QAI devem ser tidas em conta na referenciação ao cenário de referência. Os sistemas que sofram intervenções para diminuir a sua utilização de energia devem conseguir garantir o serviço para que foram projectados inicialmente ou devem ser corrigidos para responder aos requisitos actuais de conforto, QAI e eficiência.

Caracterização do cenário de referência

Lista de procedimentos para caracterização da situação prévia à intervenção para conservação de energia. Esta fase é por vezes auxiliada pelos resultados da auditoria realizada com a finalidade de encontrar potencial para intervenção.

Neste campo devem ser especificadas as grandezas a parametrizar para que, na situação de pós intervenção, se possa referenciar as medições ao cenário de referência e comparar ganhos de eficiência e reduções no consumo.

Estratégias de controlo devem ser também documentadas e o tipo de medições adequadas indicadas.

Procedimentos

Definição da metodologia a adoptar para efectuar as medições necessárias à caracterização dos vários cenários, pré e pós introdução de MCE. É uma das partes fundamentais desta ferramenta pois nestes procedimentos assenta o plano de M&V. Aqui deve ser definido o modelo matemático de cálculo de energia evitada e a forma de comparar o cenário de referência com o pós-MCE, ajustando as variáveis como ocupação ou dados climáticos.

Aqui se faz a definição de períodos de medição, quantidade de unidades de medição⁶, inventário de equipamento, local e sistema a medir. Todos os cálculos adicionais que se entenda necessários devem ser aqui especificados.

Medição & Verificação

Definição de procedimentos para medição (pré-MCE), definição do tamanho das amostras e quantidades de unidades de medição. Deve fazer-se o registo e documentação cuidada de todo este processo devido ao intervalo temporal que pode decorrer desde a primeira auditoria (não incluída no processo de M&V), parametrização do cenário de referência, intervenção e implementação da(s) MCE e o processo de parametrização do cenário pós-MCE. A verificação das MCE é feita no ano seguinte à implementação das mesmas e poderá ser repetida durante toda a duração do CDE.

⁶ Unidade de Medição (UM) é definida como a quantidade de medições independentes a fazer para assegurar fiabilidade à M&V. Exemplo de uma UM é um circuito de iluminação ou um ventilador. O processo de M&V só existe quando há unidades de medição. Caso contrário o EPC baseia-se apenas em estimativas.

A periodicidade e duração do processo de M&V são definidas no contrato de performance e a forma como se distribuem no tempo é acordada entre ESCO e cliente. Este factor é extremamente dependente do custo de M&V e da fatia destinada a medições.

Contrato de Desempenho Energético

Após a caracterização do cenário de referência, efectuadas as medidas pré e pós-MCE e quantificada a redução na utilização de energia, devem ser produzidos relatórios ou resultados que possam ser utilizados para suportar o contrato de performance. A caracterização detalhada das situações antes e depois de intervenção deve ser ajustada a um mesmo cenário, levando o cenário de pós-MCE para o cenário de referência, reportando o nível de energia utilizado antes e depois e assim calculando economias.

Instrumentação

Neste separador devem listar-se os equipamentos a utilizar para caracterização e parametrização acima referidas.

Especificações de níveis de erros máximos, calibrações e indicações específicas devem ser aqui mencionadas.

3.2. Sistema de iluminação, ventiladores e bombas

Neste trabalho foram desenvolvidas três FCS, que são apresentadas nos anexos I, II e III:

- sistema de iluminação;
- bombas;
- ventiladores.

Como já referido, recomenda-se que outras FCS sejam desenvolvidas procurando atingir todos os grandes sistemas utilizadores de energia num edifício. Processo semelhante pode ser adoptado para análise de MCE não relacionadas com sistema directamente mas sim com hábitos de consumo (p.e.: alteração de horários de trabalho, alterações no controlo, campanhas de sensibilização, etc.).

Capítulo 4

Optimização do Processo de Avaliação de Potencial de Aplicação de M&V

Como já foi evidenciado em capítulos anteriores, a M&V pode ajudar a libertar capital para financiamento de projectos de eficiência. Os custos envolvidos no processo de M&V devem ser ponderados e estimados com cautela para que não se sobreponham aos ganhos de eficiência. A decisão sobre avançar com a M&V deve ter em conta os custos inerentes aos procedimentos a utilizar para parametrização do cenário base, monitorização pré e pós MCE, periodicidade e duração das medições, quantidade de sistemas, sem esquecer o equipamento utilizado para medir, instantânea ou continuamente, analisar perfis, etc.

A ferramenta desenvolvida baseia-se na proposta de procedimentos apresentada no capítulo anterior. Tendo em conta as metodologias e equipamentos revistos nas fichas de caracterização de sistemas (FCS), foi construída uma ferramenta de optimização do processo de estimativa de custos de M&V.

O objectivo é facilitar a análise de viabilidade de implementação de M&V ao projecto de eficiência, quantificando os custos de M&V e comparando com o total de custos energia e de poupanças estimadas.

Permite ao utilizador inserir dados da factura energética, seleccionar o limite de custo que pretende para M&V e assim determinar quantas Unidades de Medição podem ser instaladas, para diminuir ao máximo a incerteza e desvios nas poupanças calculadas.

4.1. Racional

O racional por trás da construção desta ferramenta foi no sentido de facilitar ao utilizador a análise dos custos de implementação de M&V e rapidamente ter a capacidade de optar ou não por prosseguir com a implementação de processo de medição.

Considera-se o como custos de M&V os custo inerentes à colocação de contadores de energia, *logger* para contabilização de horas de funcionamento, pressóstatos, sondas de temperatura, etc., abrangendo os procedimentos necessários para caracterização do cenário de referência.

A ferramenta desenvolvida requer dados de *input* tipicamente disponíveis como facturas energéticas e montante que a ESCO está disposta a disponibilizar para M&V e devolve a quantidade de unidades de medição que podem ser instaladas. Quanto mais unidades de medição forem instaladas, menor vai ser a incerteza e o erro associado às estimativas.

4.2. Interface desenvolvido

Nesta secção apresenta-se o interface desenvolvido para esta ferramenta. Ambiciona facilitar a análise da viabilidade de implementação de M&V a projectos de eficiência.

Na Tabela 1 esquematiza-se os *inputs* necessários para o bom funcionamento da ferramenta.

Tabela 3 – Inputs da ferramenta de optimização de implementação de M&V

| Campo | Input |
|-----------------------------|---|
| Sistema alvo de MCE | AVAC ou Iluminação |
| Equipamento alvo de MCE | Bombas, ventiladores ou lâmpadas |
| Tipo de sistema | Tipo de distribuição de energia térmica (não aplicável para iluminação) |
| Método de medição | Definido segundo opção tomada a partir da consulta da FCS |
| Dados de factura | Energia consumida e respectivo custo anual |
| Custo das MCE | Investimento total em equipamento (p.e.) |
| Redução de consumo estimada | Valor em %, custo e energia |
| Limite para M&V | Percentagem que a ESCO define disponibilizar para M&V, em função da redução estimada |
| Número de medições | Quantidade de vezes amostragens que serão feitas anualmente, estabelecido no contracto |
| Limite de custo de medições | Percentagem disponibilizada pela ESCO destinada exclusivamente a medições, i.e. custo de M&V excluindo calibrações, relatório, etc. |

A ferramenta tem como principal *output* a análise de viabilidade de implementação de M&V em termos financeiros. Tendo como base os custos inerentes a cada metodologia de M&V, esta ferramenta permite avaliar se o montante envolvido no EPC é suficiente para implementar M&V e se o projecto justifica esse investimento.

De forma complementar, caso o montante comporte a aplicação de M&V, é devolvido o número de máximo de unidades de medição que podem ser instalados. Por exemplo, no caso de um sistema de ventilação, cada unidade de medição será um ventilador e o motor eléctrico associado.

O período de retorno simples é também devolvido, apenas de forma indicativa.

Na Figura 10 apresenta-se o aspecto que tem o interface desenvolvido, juntamente com alguns comentários:

| | | | |
|--|----------------|--|------------------------------------|
| 1) Seleccione sistema | Iluminação | 9) Redução esperada face ao consumo do sistema | 10 % 8.000 €/ano 100 MWh/ano |
| 2) Tipo de equipamento | Lâmpadas | 10) Período de retorno do investimento | 3,1 anos |
| 3) Método I, II ou III | I | 11) Limite para M&V (PMVP aconselha 10%) | 10% |
| 4) Não aplicável | Não aplicável | 12) Limite aconselhado para M&V | 800 €/ano |
| 5) Consumo anual de energia eléctrica do edifício | 10.000 MWh/ano | 13) Número de medições por ano (uma medição por cada época aconselhado (verão e inverno, férias,não-férias)) | 2 |
| 6) Consumo anual de energia eléctrica do sistema | 1.000 MWh/ano | 14) Limite de custo para medições (excluído calibrações, reporting, etc) | 80% % |
| 7) Custo anual de energia eléctrica do sistema | 80.000 €/ano | 15) Número de unidades de medição | 3 |
| 8) Custo de implementação de medidas de conservação de energia (MCE) | 25.000 € | | |

Figura 10 – Ferramenta desenvolvida para análise de implementação de M&V: interface

Com esta ferramenta a ESCO pode rapidamente avaliar a viabilidade de aplicação de M&V e decidir sobre a sua implementação e até sobre prosseguir ou não com o EPC.

A ferramenta encontra-se em formato digital no anexo 5 pois foi desenvolvida em ambiente do *Microsoft Excel*⁷.

Espera-se que seja mais um apoio para que a ESCO possa convencer investidores e clientes a aderirem a projectos de eficiência, auxiliando na ponderação de custos e equilibrando investimento em M&V com retorno da MCE.

⁷ *Microsoft Excel* é uma marca registada

Capítulo 5

Conclusões e Perspectivas Futuras

5.1. Conclusões

O presente trabalho teve as seguintes preocupações:

- estabelecer o estado da arte do M&V;
- definir fases chave de um projecto de eficiência;
- definir principais equipamentos utilizados em M&V;
- delinear principais intervenções em sistemas: Medidas de Conservação de Energia;
- definir abordagens em função do tipo de MCE implementado.

Para atingir os objectivos propostos recorreu-se à uma forte revisão do estado da arte tanto ao nível técnico da M&V como da elaboração de contratos de performance. Foram encontradas as medidas de conservação de energia mais tipicamente aplicadas a projectos de eficiência e definido assim um guia de procedimentos. Este guia engloba metodologias de M&V e procura simplificar a aplicação de M&V a projectos de eficiência pela esquematização das abordagens. Tem como objectivo ser uma ferramenta de uso prático, de que o utilizador possa usufruir sem necessidade de recorrer a fórmulas complexas.

Durante a construção desta ferramenta surgiu a necessidade de construir uma consequência prática da mesma mais imediata. Surge assim a folha de cálculo, ferramenta elaborada para permitir analisar os custos de M&V de cada MCE e assim assessorar a profundidade de implementação de M&V a cada projecto.

Com as ferramentas obtidas e os temas abordados os objectivos a que a presente tese se propõe ficam cumpridos.

Como recomendação fica o trabalho a desenvolver noutras áreas de engenharia ou até mesmo arquitectura, no que respeita a elaboração de guia de procedimentos adequados a MCE diferentes. Como exemplo tem-se a utilização de diferentes tipos de sombreamento e respectivos efeitos no sistema AVAC (para arquitectura) ou diferentes soluções de aquecimento e arrefecimento de espaços (para engenharia mecânica). A maior parte das MCE aplicáveis a edifícios serão passíveis de serem sujeitas a M&V e para isso deverá existir uma metodologia definida. Consequentemente a M&V deverá ter também uma forma de ter os seus custos de implementação quantificados e a viabilidade de implementação analisada.

Referências

- [1] Agency Witnessing Working Group of the Federal ESPC Steering Committee, “*Guide to Government Witnessing and Review of Post-Installation and Annual M&V Activities*”, Fevereiro de 2007.
- [2] ASHRAE, “*Guideline 1, The HVAC Commissioning Process*”, 1996.
- [3] ASHRAE, “*Guideline 14 - Measurement of Energy and Demand Savings*”,Atlanta, 2002.
- [4] ASHRAE, “*Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings:ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1*”, Edição SI,Atlanta, 2004.
- [5] Australasian Energy Performance Contracting Association, “*A Best Practice Guide to Measurement and Verification of Energy Savings*”, Australia, AEPKA, 2004.
- [6] Bertoldi et al, “*Developing an ESCO Industry in the European Union*”,2004.
- [7] P Bertoldi, S. Rezessy, “*Developing an ESCO Industry Central and Eastern European Countries*”, Budapest, 27 de Setembro de 2004.
- [8] California Commissioning Collaborative, “*Guidelines for Verifying Existing Building Commissioning Project Savings*”,California, 2008.
- [9] Carbon Trust, “*Energy Technology List expanded*”, 26 Agosto de 2004.
- [10] CIBSE, “*CIBSE Commissioning Code L: Lighting*”,2003.
- [11] CIBSE, “*CIBSE Commissioning Code M: Management*”,2003.
- [12] CLub des Services D’efficacite Energetique, “*Mesure et Vérification*”, Services D’Efficacité.
- [13] Commonwealth of Massachusetts Office of Consumer Affairs and Business Regulation “*Energy Management Services Manual:Providing Energy Savings Through Energy Performance Contracting*”.
- [14] D. Ricardo, “*Análise de Viabilidade e Implantação de Projetos de Eficiência Energética*”, Brasil : ABESCO, 2007.
- [15] Decreto Lei 71/2008 [Book]. - 16 de Abril de 2008.
- [16] Department of Business, Economic Developmnet & Tourism, Energy, Resources & Technology Division, “*Guide To Energy Performance Contracting*”, Julho 1998.

- [17] Directiva Europeia 2002/91/CE, 16 de Dezembro de 2002.
- [18] Directiva Europeia 2006/32/CE, 5 de Abril de 2006.
- [19] Efficiency Valuation Organization, *Energy Efficiency Financing Challenges and Solutions: A Private Sector Perspective* [Book]. - Abril de 2006.
- [20] ERSE, “Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica”, ERSE, Fevereiro de 2008.
- [21] EUA – DOE, “*M&V Guidelines: Measurement and Verification for Federal Energy Projects*”, Washington, Setembro de 2000.
- [22] Fowler K.M., Solana A.E. and Spees K., “*Building Cost and Performance Metrics: Data Collection Protocol*”, ed. DOE, Setembro 2005.
- [23] INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética, “*Introdução Ao Uso Da Medição E Verificação De Economias De Energia No Brasil*”, Novembro de 1997.
- [24] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, “*Guía técnica de contabilización de consumos*”, Madrid, Fevereiro de 2007.
- [25] IPMVP, “*Concept and Options for Determining Energy and Water Savings Volume I*”, Março 2002.
- [26] Motiva, “*International Review of ESCO-activities*”, 2006.
- [27] Nexant e DOE, “*Measurement & Verification Resources and Training Opportunities*”, 7 de Dezembro de 2006.
- [28] Portaria 63/2008. - 21 de Janeiro de 2008.
- [29] F. Prado Jr., “*Diretrizes Orientativas para concepção de Projetos de Eficiência Energética*”, ESMAP, Agosto de 2007.
- [30] Resolução de Conselho de Ministros 80/2008. - 20 de Maio de 2008.
- [31] J. Richmond, “*Measurement & Verification Report*”, Maio de 2004.
- [32] P. Rodrigues, “*Manual de Iluminação Eficiente*”, Programa Nacional de Conservação de Energia de Eléctrica, Julho de 2002.
- [33] USGBC, “*LEED - Core & Shell Development*”, Washington, Junho 2006.
- [34] USGBC, “*LEED - New Construction*”, Washington, Outubro de 2005.
- [35] *Efficiency Valuation Organization*, Disponível em www.evo-world.org. Acesso em Dezembro de 2008
- [36] *End-use Efficiency activities at European Commission*. Disponível em <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency>. Acesso em Janeiro de 2009.
- [37] *M&V Guidelines: Measurement and Verification for Federal Energy Projects*. Disponível em <http://metering.pnl.gov/>. Acesso em Janeiro de 2009.
- [38] *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*. Disponível em www.ashrae.org, Acesso em Outubro de 2000.
- [39] Agência de Energia. Disponível em www.adene.pt. Acesso em Dezembro de 2008.

- [40] European Climate Change Program. Disponível em <http://ec.europa.eu/environment/climat/eccp.htm>. Acesso em Outubro de 2008.
- [41] Direcção Geral de Energia e Geologia. Disponível em www.dgge.pt. Acesso em Setembro de 2008.

Anexo I

FCS - Iluminação

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMA (FCS)

Designação: Sistema de Iluminação

Conjunto composto por luminária, lâmpada, balastro e tipo de controlo associado.

Medidas de Conservação de Energia (MCE) típicas

- Substituição de equipamento;
- Alteração de rotinas;
- Automatização controlo:
 - Instalação de sensores (de movimento, luz natural)
 - Reguladores de fluxo;
 - GTC.

Caracterização do cenário de referência

Listagem de tipologias em função da utilização:

- consultar Tabela 4

Inventário do equipamento a ser intervencionado (tipo e quantidade) (Tabela 5):

- luminárias;
- lâmpadas;
- balastros;
- quantidade.

Tipo de controlo implementado (Tabela 7):

- manual;
- temporizado automaticamente;
- sensores de presença;
- sensores de luz natural;
- reguladores de fluxo;
- Gestão Técnica Centralizada.

Medição de horas de funcionamento: ver Tabela 8 e 9.

(2 a 4 semanas por época⁸)

Medição de níveis de iluminação: ver (Tabela 9).

⁸ Serão definidas no mínimo duas épocas por ano, durante as quais devem ser feitas as medições.

Caracterização do cenário de referência (continuação)

Definir tamanho das amostras (quantidade de circuitos a ser monitorizados).
consultar Tabela 10

Medição de potência nos circuitos de iluminação: ver (Tabela 11).

Procedimentos

Definição de tipologias em função do tipo de edifício:

Tabela 4 – Quantidade mínima de tipologias de utilização a definir

| Tipo de Edifício | Nº de tipologias | Ex.: |
|---|------------------|---|
| Serviços | ≥ 6 | Escritórios <i>Open Office</i> , escritórios individuais, salas de conferência, salas de reuniões, arquivos, circulações WC, iluminação permanente. |
| Indústria | ≥ 6 | Manufacturing, warehouse, shipping, offices, shops, 24-hr |
| Educação (ensino básico e secundário) | ≥ 6 | Salas de aula, secretaria, escritórios individuais, corredores, WC, auditórios, ginásio, iluminação permanente. |
| Educação (ensino superior) | ≥ 6 | Salas de aula, secretaria, escritórios individuais, corredores, WC, auditórios, laboratórios, salas de exame, biblioteca, iluminação permanente |
| Hospitais / instalações de cuidados médicos | ≥ 8 | Salas de espera, consultórios, salas de exame, laboratórios, escritórios, enfermarias, circulações, WC. |
| Retalho | ≥ 5 | <i>Mall</i> , armazém, área técnicas, escritórios, iluminação permanente. |
| Outros | ≥ 10 | - |

Inventário de equipamento:**Tabela 5 – Listagem de equipamento encontrado**

| Tipologia de utilização 1 | | | |
|----------------------------------|--------|---|-------------------|
| Lâmpada | - | Tipo de lâmpada 1 | Tipo de lâmpada 2 |
| Potência | [W] | Potência nominal | ... |
| Fluxo luminoso | [lm] | Fluxo nominal | |
| IRC | - | Índice de Reprodução de cor | |
| CCT | [K] | Temperatura de cor | |
| Equip. Auxiliar | - | Balastro, Arrancador, etc | |
| Potência sistema | [W] | Potência lâmpada + balastro | |
| Eficácia | [lm/W] | Fluxo dividido pela potência do sistema | |
| Qt. | | Número de lâmpadas total do tipo 1 na tipologia 1 | |
| Tipologia de utilização 2 | | | |
| Lâmpada | - | Tipo de lâmpada 1 | Tipo de lâmpada 2 |
| Potência | [W] | Potência nominal | ... |
| Fluxo luminoso | [lm] | Fluxo nominal | |
| IRC | - | Índice de Reprodução de cor | |
| CCT | [K] | Temperatura de cor | |
| Equip. Auxiliar | - | Balastro, Arrancador, etc | |
| Potência sistema | [W] | Potência lâmpada + balastro | |
| Eficácia | [lm/W] | Fluxo dividido pela potência do sistema | |
| Qt. | | Número de lâmpadas total do tipo 1 na tipologia 2 | |

Com o inventário efectuado é preenchida a Tabela 6 com uma listagem das tipologias e principais características. Medições de áreas são feitas localmente ou em CAD e a potência instalada é determinada pela soma da potência dos sistemas instalados em cada tipologia de utilização.

Tabela 6 – Caracterização da instalação (ex.: edifício de escritórios)

| Tipologia de utilização (ex.: edifício de escritórios) | | Potência Instalada [kW] | Área [m ²] |
|---|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1 | Escritórios <i>Open Office</i> | | |
| 2 | Escritórios individuais | | |
| 3 | Salas de conferência | | |
| 4 | Salas de reuniões | | |
| 5 | Circulações | | |
| 6 | WC | | |
| Total | | | |

Tipos de controlo implementado determinado através de entrevista aos responsáveis pela operação do sistema. Os tipos de controlo mais usualmente encontrados são:

- manual;
- relógio automático;
- sensores de movimento ou de luz natural;
- Gestão Técnica Centralizada.




Em função do tipo de controlo implementado surgem diferentes abordagens à estimativa do período de funcionamento anual. Estas abordagens encontram-se esquematizadas na Tabela 8.

Tabela 7 – Identificação dos tipos de controlo

| Tipologia de utilização | Controlo | Tipo |
|-------------------------|--|----------------------------------|
| 1 | Manual / Relógio / Gestão Técnica Centralizada / Sensores (movimento, luz natural) | Tipo 1, 2 ou 3 [ver Tabela 8] |
| 2 | ... | |
| 3 | | ... |
| 4 | | |
| ... | | |

Medição

Tabela 8 – Tipo de medições indicadas em função do controlo

| Tipo de controlo | Descrição | Medições indicadas | | Custo |
|--|--|--|--|-------|
| | | Pré MCE | Pós MCE | |
|  | Circuitos com controlo por relógio | Medição: potência instantânea | Medição: potência instantânea | € |
|  | Circuitos com funcionamento previsível | Medição: potência instantânea | Medição: potência instantânea <u>E</u> horas de funcionamento | €€ |
|  | Qualquer circuito | Medição: potência instantânea <u>E</u> horas de funcionamento | Medição: potência instantânea <u>E</u> horas de funcionamento | €€€ |

Para determinar os níveis de iluminação requeridos⁹ são feitas medições com recurso a um luxímetro¹⁰, resultando no preenchimento da tabela seguinte.

Tabela 9 – Resultados de medições com luxímetro

| Tipologia | Níveis de iluminação [lux] |
|-----------|-------------------------------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| ... | |

⁹ A norma EN12464 define níveis de iluminação mínimos para diferentes locais

¹⁰ A forma de efectuar estas medições é definida em guias práticos publicados pela IESNA

Caso não se verifiquem os níveis devem ser ajustados aquando da remodelação. Esta adaptação deve ser incluída no ajuste ao cenário de referência e prevista no contrato de desempenho (CDE).

Determina-se o número mínimo de circuitos a medir em cada tipologia segundo a tabela seguinte:

Tabela 10 – Definição do tamanho mínimo da amostra

| População total de circuitos por tipologia de utilização (n) | Tamanho da amostra |
|--|--------------------|
| $n < 4$ | Total população |
| $5 \leq n \leq 8$ | ≥ 5 |
| $9 \leq n \leq 12$ | ≥ 6 |
| $13 \leq n \leq 20$ | ≥ 7 |
| $21 \leq n \leq 70$ | ≥ 8 |
| $71 \leq n \leq 300$ | ≥ 10 |
| $n > 300$ | ≥ 11 |

O número de amostra pode ser definido também pelo custo de cada medição, ficando assim condicionada a confiança na estimativa de poupança.

Definido o tamanho da amostra, fazem-se as medições de potência e de período de funcionamento (nas tipologias onde aplicável). Medições de potência em luminárias/circuitos são especialmente importantes na presença de balastros magnéticos.

Tabela 11 – Cálculo do FCPI (factor de correcção de potência instalada)

| Tipologia | Potência nominal circuitos | Potência medida | Factor FCPI ¹¹ |
|-----------|----------------------------|-----------------|---------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| ... | | | |
| | | | |

¹¹ Factor de Correção de Potência Instalada (FCPI)

Nas tipologias de utilização em que o horário de funcionamento não é controlado (automaticamente) nem as rotinas são previsíveis, é necessário fazer medição do número de horas de funcionamento para caracterização do cenário de referência. São instalados *loggers* nos circuitos seleccionados para medição de potência e recolhe-se a informação sobre o total de horas em que os circuitos estiveram a consumir e o seu peso do período total de medição – factor de operação. Estas medições devem ter duração mínima de duas semanas e repetir-se no mínimo uma vez por época (mínimo duas vezes por ano).

Tabela 12 – Resultados de medições do período de funcionamento

| Tipologia | Horas ON | Horas medidas no total | Factor de operação | Período de funcionamento anual |
|-----------|----------|------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

Com as informações recolhidas acima constrói-se a tabela seguinte:

Tabela 13 – Consumo energia estimado

| Tipologia | Área [m ²] | Potência instalada (após aplicação FCPI) [kW] | Horas de funcionamento [h/ano] | Energia [MWh/ano] |
|-----------|------------------------|---|--------------------------------|-------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| ... | | | | |
| | | | | |
| Total | | | | |

Contrato de Desempenho Energético

Considerando as MCE possíveis, tipicamente, a tabela contendo a situação actual e a situação estimada após implementação de MCE será a seguinte:

Tabela 14 – Situação actual vs. proposta

| Tipologia | Situação actual | | | Proposta | | |
|-----------|---|-----------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | Potência instalada (após aplicação FCPI) [kW] | Horas funcionamento [h/ano] | Energia [MWh/ano] | Potência instalada [kW] | Horas funcionamento [h/ano] | Energia [MWh/ano] |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| | | | | | | |

Com os dados recolhidos e feita a caracterização do cenário de referência e elaborada a proposta é construído o CDE.

Verificação

A verificação das MCE é feita no ano seguinte à implementação das mesmas e poderá ser repetida durante toda a duração do CDE.

O tipo de verificação varia com a MCE implementada:

Tabela 15 – MCE e acções típicas

| MCE | Acções de verificação |
|-----------------------------|--|
| Substituição de equipamento | Medição de potência nos circuitos de iluminação Número de amostras deve seguir a Tabela 10 |
| Alterações no controlo | Medição de horas de funcionamento em circuitos de iluminação Número de amostras deve seguir a Tabela 10 |
| ... | |
| | |

As economias são resultado de um ajuste (quando aplicável) ao cenário de referência e da situação pós-MCE.

Ajustes ao cenário de referência serão tipicamente resultados de melhorias de níveis de iluminação ou alteração ao número de horas de funcionamento.

Medidas as horas de funcionamento/ajustados os níveis de iluminação na situação pós MCE será calculada a energia que teria sido gasta pelo sistema das diferentes tipologias.

Dependendo do CDE, a ESCO será reembolsada a partir deste valor.

Instrumentação

Medidor de corrente/potência

Data logger

Luxímetro

FCS - Iluminação

Anexo II

FCS - Bombas

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMA (FCS)

Designação: Motores eléctricos - Bombas

Abordagem IPMVP

A / B

Conjunto composto por motor eléctrico e o controlo associado (variador de frequência, variador de tensão,

Medidas de Conservação de Energia (MCE) típicas

- Substituição de equipamento (optimização de rendimento nominal, optimização de regime de carga, etc.);
- Automatização controlo:
 - Instalação de variadores de frequência;
 - Arranque e paragem programados;
 - Conexão a uma Gestão Técnica Centralizada (GTC).

Caracterização do cenário de referência

- Avaliação prévia dos sistemas existentes e documentar componentes (ex.: tubagens, canalizações, condutas, etc.)
- Caracterização de parâmetros operacionais;
- Estabelecer um modelo caracterizador do cenário de referência (ex.: equação que descreve o comportamento energético do sistema quando variáveis independentes são conhecidas). Com recurso a amostras representativas, obter medições do sistema para estabelecer equações da utilização de energia em função de variáveis apropriadas (ex.: condições meteorológicas, níveis de ocupação, numero de banhos, etc.);
- Monitorização de consumo de energia e dos parâmetros independentes em paralelo. Pode ser feita em contínuo durante um ano ou em períodos representativos de diferentes fases do ano;

(continua)

Caracterização do cenário de referência (continuação)

Para que a documentação do cenário de referência seja efectuada de forma eficaz deve conter pelo menos:

- auditoria conduzida pela ESCO:
 - listagem de motores em função da utilização (consultar Tabela 4);
- auditoria conduzida pelo cliente:
- listagem de motores em função da utilização (consultar Tabela 4) para correcção de erros cometidos pela auditoria da ESCO. Em caso de desvios, estes devem ser corrigidos e a auditoria re-submetida;
- monitorização de parâmetros que afectam o consumo (ex.: temperatura ambiente, caudais, níveis de ocupação, etc.) por parte da ESCO;
- monitorização do consumo do sistema (demanda, kW) durante períodos de tempo representativos:
 - tipicamente deve ser feita em intervalos de 15 minutos, a menos que se prove que intervalos maiores sejam suficientes;
 - caso haja equipamento idêntico com perfil de utilização idêntico a monitorização referido no ponto anterior pode ser feito com recurso a amostras representativas;

Procedimentos

Classificação de motores em função da utilização:

Tabela 16 – Classificação de motores

| | |
|--------------------|--|
| | |
| Tipo de utilização | Bombagem, ventilação, transporte vertical |
| Localização | Casa das máquinas, sala de bombagem |
| Tipo de sistema | Volume constante/variável, velocidade constante/variável |

Inventário de equipamento:

Tabela 17 – Listagem de equipamento encontrado (ex.)

| Tipo de utilização 1 (p.e.: Bomba circuito primário) | |
|---|-------------|
| Motor (ref.) | - |
| Marca | - |
| Potência | [W] |
| Nº de pólos | - |
| Velocidade nominal | [r.p.m] |
| Classe de eficiência | [EFF ou IE] |
| Factor de potência | - |
| Factor de carga | [%] |
| Tipo de utilização 2 (p.e.: Bombagem AQS) | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Medição

Em função do sistema encontrado (p.e.: volume constante, velocidade constante) adequa-se as medições a fazer.

Consideram-se cinco métodos de medição segundo a Tabela 18.

Tabela 18 – Métodos de análise segundo tipo de sistema

| Aplicação | Método 1 | Método 2 | Método 3 | Método 4 | Método 5 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| Volume constante, velocidade constante | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| Volume variável, velocidade constante | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Volume variável velocidade variável | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ |

Na Tabela 19 encontram-se as grandezas a medir segundo o método definido.

Tabela 19 – Grandezas a medir em cada método

| Grandezas | Método 1 | Método 2 ¹² | Método 3 | Método 4 | Método 5 |
|-----------------------|----------|------------------------|----------|----------|----------|
| Caudal volumétrico | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ |
| Potência RMS | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Pressão diferencial | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| Velocidade de rotação | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |

Os procedimentos de medição encontram-se esquematizados na Tabela 20. Para cada método listam-se na coluna da esquerda quais procedimentos a ter. Note que nem todos os procedimentos são aplicáveis a todos os métodos. Os procedimentos 1, 2 e 3 dizem respeito a condições de operação a manter. Os procedimentos 4 a 7 designam quais as grandezas necessárias para caracterizar o modelo.

Tabela 20 – Procedimentos aplicáveis a cada método

| Procedimentos | Método 1 | Método 2 | Método 3 | Método 4 | Método 5 |
|---|----------|----------|----------|----------|--|
| 1 Manter condições típicas de operação | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | monitorizar condições de operação e fazer um registo |
| 2 Manter condições de máximo caudal | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | |
| 3 Manter condições de operação de projecto e fechar válvula de descarga | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |

¹² Se curvas do motor não estiverem disponíveis usar método 3

Tabela 20 – Procedimentos aplicáveis a cada método (cont.)

| Procedimentos | | Método 1 | Método 2 | Método 3 | Método 4 | Método 5 |
|---------------|--|----------|----------|---|--|----------|
| 4 | Medir pressão diferencial | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| 5 | Medir potência consumida | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6 | Medir velocidade de rotação | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| 7 | Calcular características para comparar com dados de fabricante | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 8 | Notas | | | Reduzir para caudal mínimo e repetir medições de potência | Alterar condições de operação e repetir medições de potência | - |

Tabela 21 – Utilização dos diferentes métodos

| Métodos | Descrição |
|---------|--|
| 1 | Utilizado para confirmar curva de comportamento da bomba e condições de operação. |
| 2 | Utilizado para confirmar dados do fabricante e determinar potência em vários pontos de funcionamento. Se o método 2 não confirmar as curvas do fabricante ($\pm 5\%$) usar método 3 ou 4. |
| 3 | Utilizado para confirmar dados do fabricante e condições máximas e mínimas de operação. |
| 4 | As condições de operação são impostas para que a bomba experimente vários caudais |
| 5 | Escolher período de teste para que a bomba experimente vários caudais e cargas. |

Após implementação da(s) MCE inicia-se o período de recolha de informação para documentar a fase de comparação com cenário de referência. Nesta fase devem ser recolhidas informações acerca do consumo de energia e das variáveis independentes que afectam o consumo (meteorológicas, níveis de ocupação). Esta documentação deve ser feita durante o ano todo ou durante períodos representativos do funcionamento do sistema. A metodologia desta caracterização deve ser em tudo semelhante à seguida na caracterização do cenário de referência.

Tabela 22 - Forma de cálculo da utilização anual de energia

| Aplicação | Energia utilizada anualmente |
|---|---|
| Volume constante, velocidade constante | Horas de utilização x potência medida |
| Volume variável, velocidade constante | \sum_i^n (horas de utilização $_i$ x potência medida $_i$) |
| Volume variável velocidade variável | sendo i os diferentes níveis de carga registadas |

Verificação

A verificação das MCE deverá ser feita no ano seguinte à implementação das mesmas e poderá ser repetida durante toda a duração do CDE.

Ajustados os resultados ao cenário de referência é possível comparar com os dados pós MCE com o caso base e quantificar economias.

Ajustes ao cenário de referência serão, por exemplo, resultado de alteração ao número de horas de funcionamento, nível de ocupação ou dados climáticos. O consumo de energia do cenário de referência deve ser referenciado às condições pós MCE, estimar qual deveria ter sido o consumo. A poupança será:

$$\text{Poupança} = \text{Custo da energia} \times (E_{\text{pós-MCE}} \text{ (levado às condições do cenário base)} - E_{\text{pré MCE}}) \quad (\text{eq. 3})$$

Dependendo do CDE, a ESCO será reembolsada a partir deste valor.

Instrumentação

Medidor de corrente/potência

Pressostato

Data logger

Anexo III

FCS - Ventiladores

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMA (FCS)

Designação: Motores eléctricos - Ventiladores

Abordagem IPMVP

A / B

Conjunto composto por motor eléctrico e o controlo associado (variador de frequência, variador de tensão,

Medidas de Conservação de Energia (MCE) típicas

- Substituição de equipamento (optimização de rendimento nominal, optimização de regime de carga, etc.);
- Automatização controlo:
 - Instalação de variadores de frequência;
 - Arranque e paragem programados;
 - Conexão a uma Gestão Técnica Centralizada (GTC).

Caracterização do cenário de referência

- Avaliação prévia dos sistemas existentes e documentar componentes (ex.: tubagens, canalizações, condutas, etc.)
- Caracterização de parâmetros operacionais;
- Estabelecer um modelo caracterizador do cenário de referência (ex.: equação que descreve o comportamento energético do sistema quando variáveis independentes são conhecidas). Com recurso a amostras representativas, obter medições do sistema para estabelecer equações da utilização de energia em função de variáveis apropriadas (ex.: condições meteorológicas, níveis de ocupação);
- Monitorização de consumo de energia e dos parâmetros independentes em paralelo. Pode ser feita em contínuo durante um ano ou em períodos representativos de diferentes fases do ano;

(continua)

Caracterização do cenário de referência (continuação)

Para que a documentação do cenário de referência seja efectuada de forma eficaz deve conter pelo menos:

- auditoria conduzida pela ESCO:
 - listagem de motores em função da utilização (consultar Tabela 4);
- auditoria conduzida pelo cliente:
- listagem de motores em função da utilização (consultar Tabela 4) para correcção de erros cometidos pela auditoria da ESCO. Em caso de desvios, estes devem ser corrigidos e a auditoria re-submetida;
- monitorização de parâmetros que afectam o consumo (ex.: temperatura ambiente, caudais, níveis de ocupação, etc.) por parte da ESCO;
- monitorização do consumo do sistema (demanda, kW) durante períodos de tempo representativos:
 - tipicamente deve ser feita em intervalos de 15 minutos, a menos que se prove que intervalos maiores sejam suficientes;
 - caso haja equipamento idêntico com perfil de utilização idêntico a monitorização referido no ponto anterior pode ser feito com recurso a amostras representativas;

Procedimentos

Classificação de motores em função da utilização:

Tabela 23 – Classificação de motores

| | |
|--------------------|--|
| | |
| Tipo de utilização | Bombagem, ventilação, extracção transporte vertical. |
| Localização | Unidade de tratamento de ar, torre de arrefecimento, tecto falso, sala técnica |
| Tipo de sistema | Volume constante/variável, com/sem controlo |

Inventário de equipamento:

Tabela 24 – listagem de equipamento encontrado (ex.)

| Tipo de utilização 1 (p.e.: Insuflação) | |
|--|-------------|
| Motor (ref.) | - |
| Marca | - |
| Potência | [W] |
| Nº de pólos | - |
| Velocidade nominal | [r.p.m] |
| Classe de eficiência | [EFF ou IE] |
| Factor de potência | - |
| Factor de carga | [%] |
| Tipo de utilização 2 (p.e.: Ventilador de desenfumagem) | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Medição

Em função do sistema encontrado (p.e.: volume constante) adequa-se as medições a fazer.

Consideram-se seis métodos de medição segundo a Tabela 18.

Tabela 25 – Métodos de análise segundo tipo de sistema

| Aplicação | Método 1 | Método 2 | Método 3 | Método 4 | Método 5 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| Volume constante, velocidade constante | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| Volume variável, velocidade constante | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ |
| Volume variável velocidade variável | ✗ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ |

Na Tabela 19 encontram-se as grandezas a medir segundo o método definido.

Tabela 26 – Grandezas a medir em cada método

| Grandezas | Método 1 | Método 2 ¹³ | Método 3 | Método 4 | Método 5 |
|-----------------------|----------|------------------------|----------|----------|----------|
| Caudal volumétrico | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Potência RMS | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Pressão diferencial | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| Velocidade de rotação | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |

Os procedimentos de medição encontram-se esquematizados na Tabela 26. Para cada método listam-se na coluna da esquerda quais procedimentos a ter. Note que nem todos os procedimentos são aplicáveis a todos os métodos. Os procedimentos 1, 2 e 3 dizem respeito a condições de operação a manter. Os procedimentos 4 a 7 designam quais as grandezas necessárias para caracterizar o modelo.

¹³ Se curvas do motor não estiverem disponíveis usar método 3

Tabela 27 – Procedimentos aplicáveis a cada método

| Procedimentos | | Método 1 | Método 2 | Método 3 | Método 4 | Método 5 |
|---------------|---|----------|----------|---|--|--|
| 1 | Manter condições típicas de operação | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | monitorizar condições de operação e fazer um registo |
| 2 | Manter condições de máximo caudal | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | |
| 3 | Manter condições de operação de projecto e fechar válvula de descarga | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| 4 | Medir pressão diferencial | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| 5 | Medir potência consumida | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6 | Medir velocidade de rotação | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| 7 | Calcular características para comparar com dados de fabricante | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 8 | Notas | | | Reduzir para caudal mínimo e repetir medições de potência | Alterar condições de operação e repetir medições de potência | - |

Tabela 28 – Utilização dos diferentes métodos

| Métodos | Descrição |
|---------|--|
| 1 | Utilizado para confirmar dados do fabricante e condições de operação. |
| 2 | Utilizado para confirmar dados do fabricante e determinar potência em vários pontos de funcionamento. Se o método 2 não confirmar as curvas do fabricante ($\pm 5\%$) usar método 3 ou 4. |
| 3 | Utilizado para confirmar dados do fabricante e condições máximas e mínimas de operação. |
| 4 | As condições de operação são impostas para que a bomba experimente vários caudais |
| 5 | Escolher período de teste para que a bomba experimente vários caudais e cargas. |

Após implementação da(s) MCE inicia-se o período de recolha de informação para documentar a fase de comparação com cenário de referência. Nesta fase devem ser recolhidas informações acerca do consumo de energia e das variáveis independentes que afectam o consumo (meteorológicas, níveis de ocupação). Esta documentação deve ser feita durante o ano todo ou durante períodos representativos do funcionamento do sistema. A metodologia desta

caracterização deve ser em tudo semelhante à seguida na caracterização do cenário de referência.

Tabela 29 - Forma de cálculo da utilização anual de energia

| Aplicação | Energia utilizada anualmente |
|--|---|
| Volume constante, velocidade constante | Horas de utilização x potência medida |
| Volume variável, velocidade constante | Σ_i^n (horas de utilização $_i$ x potência medida $_i$) |
| Volume variável velocidade variável | sendo i os diferentes níveis de carga registadas |

Verificação

A verificação das MCE deverá ser feita no ano seguinte à implementação das mesmas e poderá ser repetida durante toda a duração do CDE.

Ajustados os resultados ao cenário de referência é possível comparar com os dados pós MCE com o caso base e quantificar economias.

Ajustes ao cenário de referência serão, por exemplo, resultado de alteração ao número de horas de funcionamento, nível de ocupação ou dados climáticos. O consumo de energia do cenário de referência deve ser referenciado às condições pós MCE, estimar qual deveria ter sido o consumo. A poupança será:

$$\text{Poupança} = \text{Custo da energia} \times (E_{\text{pós-MCE}} \text{ (levado às condições do cenário base)} - E_{\text{pré MCE}}) \quad (\text{eq. 3})$$

Dependendo do CDE, a ESCO será reembolsada a partir deste valor.

Instrumentação

Medidor de corrente/potência

Pressostato

Data logger

Anexo IV

Optimização de implementação de M&V

O anexo IV consiste na ferramenta desenvolvida para optimização de aplicação de M&V. Aqui apresenta-se o interface construído para facilitar a interacção com o utilizador. A ferramenta construída pode consultar-se no ficheiro “M&V.xls”, em formato digital, pois foi construída com o recurso ao *Microsoft Excel*.

| | | | | |
|--|----------------|---|-------|---------|
| 1) Seleccione sistema | Iluminação | 9) Redução esperada face ao consumo do sistema | 10 | % |
| 2) Tipo de equipamento | Lâmpadas | | 8.000 | €/ano |
| 3) Método I, II ou III | I | | 100 | MWh/ano |
| 4) Não aplicável | Não aplicável | 10) Período de retorno do investimento | 3,1 | anos |
| 5) Consumo anual de energia eléctrica do edifício | 10.000 MWh/ano | 11) Limite para M&V (PMVP aconselha 10%) | 10% | |
| 6) Consumo anual de energia eléctrica do sistema | 1.000 MWh/ano | 12) Limite aconselhado para M&V | 800 € | €/ano |
| 7) Custo anual de energia eléctrica do sistema | 80.000 €/ano | 13) Número de medições por ano (uma medição por cada época aconselhado (verão e inverno, férias, não-férias)) | 2 | |
| 8) Custo de implementação de medidas de conservação de energia (MCE) | 25.000 € | 14) Limite de custo para medições (excluindo calibrações, reporting, etc) | 80% | % |
| | | 15) Número de unidades de medição | 3 | |

Figura 11 – Interface da ferramenta desenvolvida

Optimização de implementação de M&V

Anexo V

Equipamentos de medição

Para satisfazer requisitos descritos nas secções anteriores relativos a medições de energia de diferentes sistemas torna-se necessário conhecer que aparelhagem existe e melhor se adequa a cada tipo de medição.

Neste capítulo são descritos equipamentos utilizados para diferentes tipos de medições:

- medições de energia eléctrica;
- medições de gás;
- medições de energia térmica.

Contadores de electricidade

Os contadores de energia eléctrica são instrumentos concebidos para medir a energia eléctrica consumida por um determinado circuito. Os contadores de electricidade devem ser sujeitos à legislação em vigor e a calibrações periódicas. Estes aparelhos podem ser categorizados no seguinte:

- electromecânicos;
- estáticos.

Em função da capacidade de medir potências, podem ser:

- contadores de energia activa;
- contadores de potência reactiva;
- contadores mistos.

Em função da corrente medida podem ser:

- monofásicos;
- trifásicos.

Existem também contadores de electricidade **multitarifa**, com capacidade para medir e distinguir diferentes intervalos de tempo, distinguindo assim as diferentes tarifas (vazio, cheia, ponta) e contadores **bidireccionais**, que são capazes de discriminar o sentido da corrente para instalações com capacidade de geração de energia e não apenas de consumo (fotovoltaicos, micro-eólica, etc.).

A energia eléctrica pode ser medida de forma directa (corrente passa pelo contador) ou de forma indirecta (transformadores de intensidade).

O tipo de contador deve ser seleccionado de acordo com a situação e as necessidades de desagregação de consumos (p.e.: desagregar consumo em horas de ponta).

Contadores de gás

Os contadores de gás são instrumentos destinados a medir e indicar o volume de gás que passa nas tubagens a monitorizar.

Se a pressão a que está sujeita a passagem do gás for superior a 55 mbar deve instalar-se um corrector de pressão-temperatura para que seja calibrada a passagem do gás para:

- pressão relativa a 0 mbar ;
- temperatura relativa 273,15 K (0 ° C) .

Os contadores de gás tal como os eléctricos devem ser sujeitos a calibração segundo a legislação em vigor.

Os contadores de gás, dependendo de suas características operação, podem pertencer a uma das seguintes categorias:

- contador de parede deformável;
- contador de êmbolo rotativo;
- contador de turbina.

O fabricante deve especificar as condições nominais do instrumento, no mínimo as seguintes:

- posição instalação;
- caudal mínimo;
- caudal máximo;
- pressão de operação máxima;
- diagrama de perda de pressão;
- curva de erros de medição.

A selecção e montagem de contadores de gás devem ter em conta os requisitos pelo fabricante do equipamento, devendo obedecer às circunstâncias particulares de funcionamento da secção de caudal de gás que está a ser medido.

Contadores de energia térmica

Os contadores de energia térmica são instrumentos concebidos para medir o calor libertado por um líquido em zonas do circuito de trocas de calor.

Recomenda-se que os medidores instalados cumpram a EN1434 e sejam homologados e calibrados de acordo com a legislação.

Um contador de energia térmica é composto pelo seguinte:

- caudalímetro com cabo sinal de fluxo integrador
- sonda de temperatura de ida;
- sonda de temperatura de retorno;
- integrador (cabeça de medição).

O contador, dependendo das características, pode ser:

- contador mecânico;
- contador estático (ultra-sons, magneto-indutivos, pressão diferencial, etc.).

O fabricante deve especificar as condições nominais do instrumento, no mínimo, as seguintes:

- posição instalação ;
- caudal mínimo;
- caudal nominal;
- caudal máximo;
- pressão máxima de operação;
- temperatura máxima de operação;
- diagrama perda de pressão;
- curva erros de medição.

A selecção e a instalação de contadores deve ter em conta os requisitos do fabricante devendo ter atenção as circunstâncias particulares de operação.

Quando se instalam caudalímetros mecânicos deve ser prevista a instalação de um filtro antes do mesmo, para que as partículas em suspensão na água não produzam erros significativos de leitura e mesmo paragem do contador.

O caudalímetro deve ser instalado no tubo em que se registem temperaturas mais baixas do circuito:

- em circuitos de aquecimento e produção de AQS (Água Quente Sanitária) deve ser instalado no circuito de retorno;
- nos circuitos de arrefecimento de água deve ser instalado no circuito de ida;
- nas instalações de energia solar deve ser instalado no circuito de ida para os painéis solares.

Nas instalações de energia solar deve ter-se em atenção que na selecção do caudalímetro, este deve suportar temperaturas até pelo menos 120°C. Devem ser instalados dispositivos que impeçam que o líquido suba acima dessa temperatura.

Os caudalímetros devem ser montados na direcção correcta do fluxo (e assinalada a direcção na carcaça do caudalímetro. Na montagem dos contadores de energia térmica deve ter-se especial atenção à instalação de sondas de temperatura, cujo elemento sensível deve

estar localizado no centro da tubagem em que estão instaladas, apontando na direcção oposta à do fluxo de água.

Para evitar efeitos de indução, todos os cabos de controlo (sondas e caudalímetro) devem ser instalado separadamente, e não em paralelo com outros cabos em tensão, mantendo a distância mínima de pelo mínimo de 25 cm.

As sondas devem permanecer seladas dentro da carcaça, com um fio e um selo que garante a segurança de modo que qualquer alteração é identificada, pois o selo é quebrado e activa um código de anomalia no integrador devido à leitura fora da gama da sonda.

As sondas de temperatura devem ser bem encaixadas dentro da carcaça. Para isso recomenda-se a utilização de uma pasta condutora de calor que não endurece.

A fim de aumentar a precisão da medição da sonda de temperatura, esta deve ser adequadamente isolada, evitando os erros cometidos pelas radiações provenientes da tubagem, não devendo ser coberta a cabeça da sonda (em casos de sonda com cabeça).

Em instalações de arrefecimento de água, a manga de ligação da sonda de temperatura deve ser devidamente isolada para evitar formação de condensação. Uma vez ligada a sonda e o caudalímetro de água e qualquer cabo adicional de controlo e alimentação ao integrador, o integrador deve ser vedado para prevenir qualquer tentativa de acesso ao terminal conexões Interior quebrar os selos.

Para os integradores alimentados a bateria de lítio, é recomendada a montagem na parede (não na tubagem) para maximizar a vida da bateria.

A fim de realizar um bom seguimento das leituras dos contadores de energia térmica, eles devem estar equipados com emissores de impulsos. Recomenda-se a instalação de sistemas de transmissão tipo MBUS ou semelhantes, a fim de permitir telecontrolo.