

# Auditoria Energética ao “Edifício Portugal” do Banco de Portugal em Lisboa

Filipe Rodrigues<sup>1,2</sup>, L. Mourato<sup>2</sup>, J.Sousa e Costa<sup>3</sup>, Carlos Cardeira<sup>4</sup>, J.M.F.Calado<sup>5</sup>

[1] MIT Portugal, Av. António José de Almeida, 12 1000-043 Lisboa, Portugal;

e-mail: filipe.rodrigues.ext@siemens.com

[2] Siemens, S.A., Rua Irmãos Siemens, nº1 – 2720-093 Amadora

[3] Banco de Portugal, Edifício Portugal, Av. Almirante Reis, nº 71, Lisboa

[4] IDMEC/IST, Universidade Técnica de Lisboa Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

e-mail: carlos.cardeira@ist.utl.pt

[5] IDMEC/ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Departamento de Engenharia Mecânica

Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1959-007 Lisboa, Portugal;

e-mail: jcalado@dem.isel.ipl.pt

**Resumo** — Este artigo pretende apresentar o trabalho realizado e os resultados obtidos durante o levantamento energético, a realização da simulação dinâmica multizona através da aplicação informática EnergyPlus e o impacto das medidas de melhoria de eficiência energética ao edifício de escritório do “Edifício Portugal” do Banco de Portugal, em Lisboa, construído nos anos 1970 e 1980. A metodologia segue as indicações estabelecidas pelo Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). Verifica-se que as medidas de melhoria propostas asseguram a classificação máxima do SCE. Em resultado deste trabalho a equipa foi distinguida pelo prémio de eleição da Siemens “Siemens Green Award” em Maio de 2009.

## 1. Introdução

A Directiva n.º 2002/91/CE [1], do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios, impõe aos Estados membros a implementação de um sistema de certificação energética de forma a reduzir os consumos energéticos nos edifícios, impondo, com poucas excepções, a implementação de todas as medidas pertinentes com viabilidade técnica e económica. A directiva adopta, também, a obrigatoriedade de uma verificação periódica dos consumos reais nos edifícios de maior dimensão e a disponibilização desta informação ao público que os utilizar, mediante afixação de um certificado energético.

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) [2] enquadra-se na transposição da referida directiva sendo um dos três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal. Juntamente com os diplomas que vieram rever o Regulamento das Características de

Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [4], Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril, aplicável neste âmbito aos edifícios de habitação e o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) [3], Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, aplicável neste âmbito aos edifícios de serviços, o SCE define regras e métodos para verificação da aplicação efectiva destes regulamentos aos edifícios.

## 2. Resumo da Auditoria Energética

A verificação regulamentar e classificação energética no âmbito do Sistema de Certificação Energética (SCE, Decreto-Lei 78/2006 de 4 de Abril), realizada ao Edifício Portugal, do Banco de Portugal, encontram-se suportadas pelos resultados de uma auditoria energética efectuada às instalações.

A auditoria energética consistiu num levantamento detalhado de todos os aspectos relacionados com o uso da energia, ou que de alguma forma contribuam para a caracterização dos fluxos energéticos. Teve por objectivos a caracterização energética dos diferentes equipamentos e sistemas existentes na instalação e a identificação das medidas com viabilidade técnico-económica possíveis de implementar, de modo a aumentar a eficiência energética e ou reduzir a factura energética associadas ao desenvolvimento das actividades da instalação.

Neste relatório foi dado especial relevo à descrição da metodologia de Simulação Dinâmica Detalhada.

O processo em causa incluiu várias visitas ao edifício, a realização de duas fases de auditoria energética e troca de informação com os gestores técnicos do edifício. O trabalho decorreu nas seguintes etapas:

#### Recolha de Informação:

- Arquitectura, soluções construtivas e sistemas de climatização
- Utilização dos espaços: ocupação, equipamento e sistemas de iluminação instalados
- Gestão: horários e regras de funcionamento do edifício e dos vários sistemas envolvidos
- Histórico do consumo energético: compilação e análise de facturas energéticas

#### Auditoria energética:

- Levantamento preliminar das instalações e equipamentos da instalação
- Realização da Auditoria Energética envolvendo o trabalho de campo
- Elaboração do relatório final da Auditoria

#### Produção do Modelo de Simulação “real”:

- Construção do modelo de simulação, incluindo caracterização da construção e sistemas existentes
- Calibração (validação) do modelo de simulação, utilizando as condições reais de funcionamento e verificando a concordância dos consumos energéticos previstos por simulação com os consumos reais registados nos anos anteriores e no período da auditoria

#### Simulação do Edifício real em condições nominais:

- Utilizando o modelo calibrado na etapa anterior, e considerando agora os padrões nominais (densidades e horários) previstas no RSECE (D.L. 79/2006 de 4 de Abril), estimativa das várias componentes de consumo de energia no edifício
- Cálculo dos Indicadores de Desempenho Energético (nomeadamente o IEE) e classificação da Eficiência Energética do Edifício

#### Medidas de Melhoria:

- Utilizando o modelo de simulação, avaliação do impacto de diferentes medidas que visam a melhoria do desempenho energético real do edifício, estimando ainda a sua viabilidade económica por meio do cálculo do payback simples
- Estimativa do impacto que estas melhorias podem trazer à classificação energética do edifício e a classificação final que este pode vir a alcançar caso estas se concretizem

### 3. Caracterização do edifício

O edifício objecto do presente estudo é o Edifício Portugal – Banco de Portugal, sito na Av. Almirante Reis, nº 71, em Lisboa, confinando a Nascente com a Av. Almirante Reis, a Sul com a R. Febo Moniz e a Poente com a R. Francisco Ribeiro, de acordo com a planta apresentada na Figura 1.

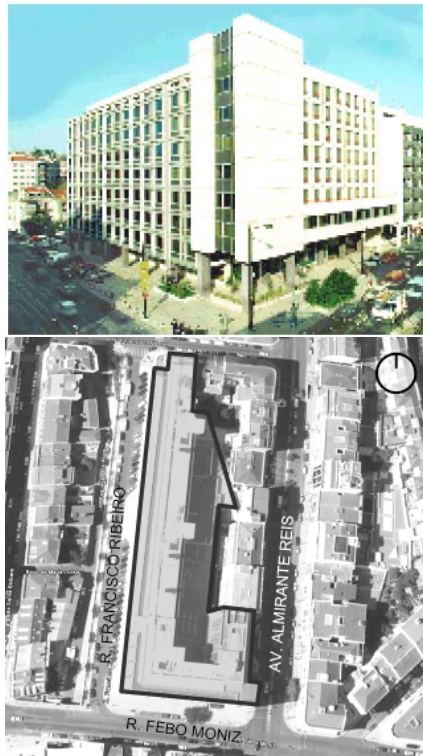


Figura 1 e 2: Vista da fachada e planta de implementação do edifício

O edifício tem a forma geométrica de U, com 8 pisos acima do solo, 3 e 5 pisos abaixo do solo, a Poente e a Sul, respectivamente. A Área total é 54.830 m<sup>2</sup>, dos quais 32.780 m<sup>2</sup> são espaços de escritório.

Este edifício alberga cerca de 900 colaboradores e nele se concentra a maioria dos serviços centrais do Banco de Portugal.

O edifício foi construído em duas fases. Numa primeira fase, entre os anos de 74/80 (construção) e 80/86 (acabamentos) foi construído o corpo tardoz, confinando com as ruas Febo Moniz, Francisco Ribeiro e Frei Francisco Foreiro (a Norte), tendo-se realizado a sua ampliação com a construção, no período 1986/88, do corpo confinando com a Av. Almirante Reis.

Refira-se que, não obstante a designação de “corpos” adoptada na descrição supra, o edifício constitui-se como um todo, com contagem única de consumos, sendo dessa forma considerado no âmbito do presente estudo.

O edifício destina-se integralmente ao alojamento de serviços administrativos do Banco de Portugal, sem prejuízo da existência de espaços destinados a estacionamento ou refeitório, devidamente descritos no presente estudo.

O edifício desenvolve-se em 15 pisos, 5 dos quais enterrados. Sem prejuízo de outras utilizações, podem apontar-se as seguintes utilizações principais por piso:

- Pisos -5, -4 e -3: zonas comuns;
- Piso -2: estacionamento; zonas técnicas e CPD
- Piso -1: gabinetes, zonas técnicas, armazéns, reprografia, oficinas e arquivos;
- Piso 0: recepção, refeitório, cozinha, gabinetes, gabinetes de atendimento, escritório, centro de saúde, anfiteatro, balneário, sala de reuniões, ginásio e central de segurança
- Pisos 1 a 8: gabinetes e salas de reunião;
- Piso 9: zona técnica.

As instalações técnicas caracterizam-se essencialmente por:

#### Instalações eléctricas

- Potência instalada: 7.200 kVA;
- Alimentação: Média tensão, 10 kV, em anel motorizado via modem;
- Continuidade de serviço;
- Fiabilidade de abastecimento elevada;
- Posto de seccionamento: 1 und
- Posto de transformação: 4 und (2 x 2.000 kVA + 2 x 1.600 kVA);
- Grupos geradores: 6 und (1 x 1.000 kVA + 4 x 250 kVA + 1 x 300 kVA);
- UPS: 8 und (3 x 150 kVA + 5 x 100 kVA).
- Quadros eléctricos:
  - ✓ Gerais 4 und
  - ✓ Emergência 5 und
  - ✓ Parciais 120 und
  - ✓ GTC 87 und

#### Instalações electromecânicas de climatização:

- Potência termica: 5.150 kW
- Chiller: 3 und;
- Torres de arrefecimento: 4 und;
- Unidades de tratamento de Ar: 81 und;
- Ventiloincutores: 657 und;
- Quadros electricos (VC): 90 und;
- Splits: 64 und;
- Bombas de recirculação: 154 und;
- Ventiladores: 106 und;
- Unidades termoventilação: 32 und;
- Unidades especiais de tratamento de ar: 18 und.

#### Outros

- No total existem 12 elevadores, distribuídos nas áreas do Norte, Central, Sul e Leste e 3 mota-carga para serviço;
- Equipamentos informáticos.

## 4. Abordagem do Estudo

Uma auditoria energética tem como propósito efectuar uma análise das condições de utilização de energia numa instalação, permitindo conhecer a repartição desta por utilização final e fontes de energia. Permite igualmente identificar eventuais situações de desperdício ou deficiente utilização de energia, apresentando as devidas recomendações para a Utilização Racional de Energia (URE).

O trabalho de campo realizado nesta auditoria efectuou-se nos seguintes períodos: 21 a 25 de Julho e 6 a 10 de Outubro de 2008. A utilização de dois períodos diferenciados na realização da auditoria serviu fundamentalmente para aferição da ferramenta de simulação (EnergyPlus), permitindo avaliar a contribuição de diferentes equipamentos em épocas climáticas diferentes (Julho: estação de Verão, época de pico de calor com recurso fundamentalmente a equipamentos de climatização para arrefecimento de espaços e Outubro: estação de Outono, época amena com algumas necessidades aquecimento ambiente).

A metodologia empregue teve como objectivo a desagregação dos vários consumos de energia pelos diversos sectores e principais equipamentos consumidores, tendo implicado o desenvolvimento das seguintes tarefas:

- Identificação e localização dos quadros eléctricos existentes;
- Identificação dos circuitos de elevado conteúdo energético;
- Identificação dos sistemas/secções ou equipamentos alimentados pelos quadros eléctricos identificados;
- Identificação dos locais mais representativos/relevantes e respectiva estratégia para análise energética.

No decorrer do trabalho de campo, foram implementadas diversas estratégias de actuação que visaram obter o máximo de informação sob o ponto de vista energético da instalação, de modo a compreender o seu funcionamento e permitir a apresentação de soluções que aumentem a eficiência energética na operação dos equipamentos e sistemas consumidores.

A abordagem desenvolvida na execução da auditoria energética contemplou as seguintes acções:

- Registo dos consumos eléctricos (Diagramas de Carga quarto-horários) dos diferentes sectores, sistemas e equipamentos grandes consumidores de energia eléctrica;
- Levantamento das principais características técnicas dos equipamentos e sistemas consumidores de energia;

- Ensaios de funcionamento aos principais equipamentos consumidores de energia;
- Registo de grandezas e parâmetros de funcionamento dos principais sistemas, nomeadamente: temperaturas, pressões, caudais, consumo de energia, tempos de funcionamento e de paragem;
- Inspeção visual aos circuitos de elevado conteúdo energético.

Para as medições e registos foram utilizados equipamentos de medida portáteis, calibrados periodicamente mediante obrigações normativas, para análise dos sistemas de energia.

### 5. Consumo de Energia

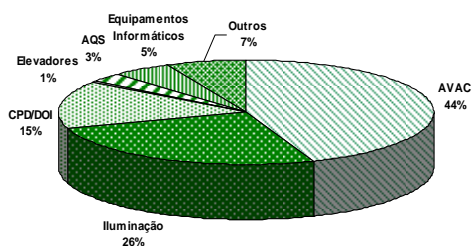
No quadro seguinte apresentam-se os consumos de energia eléctrica e de gás, referente ao período de referência (ano de 2007), bem como os dados relativos à área útil da instalação utilizados no cálculo do consumo específico.

Consumo de Energia Eléctrica		Consumo de Gás Natural		Consumo total de Energia	Área útil
kWh/ano	tep/ano	m <sup>3</sup> /ano	tep/ano	tep	m <sup>2</sup>
9 245 051	2 681	14 769	13	2 694	54 830

**Quadro 1:** Consumos de energia eléctrica (kWh), gás natural (m<sup>3</sup>) e Área útil (m<sup>2</sup>)<sup>1</sup>

O consumo de energia eléctrica em 2007 foi de 9 245 MWh, e de 14 769 m<sup>3</sup> (valor estimado) de gás natural, sendo o custo médio do kWh eléctrico de 0,0852 €/kWh e do m<sup>3</sup> de gás natural de 0,535 €/m<sup>3</sup>, tendo correspondido a um encargo total anual de 796 505 €, sendo 788 126 € em energia eléctrica e 8 379 € em gás natural, representando, respectivamente, 99 % e 1 % dos custos anuais com energia.

A distribuição do consumo de energia eléctrica, pelas utilizações finais consideradas e tendo em conta os consumos registados durante o trabalho de campo, é indicado na figura seguinte:



<sup>1</sup> Energia eléctrica: 1 kWh = 0,290 kgep  
 Gás natural 1 kWh = 0,086 kgep (1 tep= 1 104,4 m<sup>3</sup> (N))  
 1 tep = 1 000 kgep

**Figura 3:** Desagregação de consumos (média ponderada)

Como se pode verificar pelos gráficos anteriores os equipamentos associados à climatização e a iluminação são responsáveis por cerca de 2/3 do consumo total da instalação.

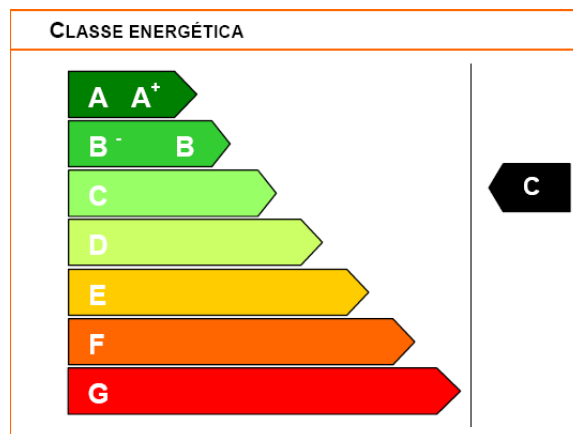
### 6. Resultados da actual eficiência energética e emissões de CO<sub>2</sub>

No que respeita aos indicadores energéticos relativos ao período de referência, nomeadamente; Consumo Específico de Energia – CEE (tep/m<sup>2</sup>) e Intensidade Carbónica-IC (kgCO<sub>2</sub> eq./tep), refira-se que o valor para o CEE foi de 48,9 kgep / m<sup>2</sup>, tendo em consideração o valor da área total do edifício, fornecido pelos responsáveis da instalação de 54 830 m<sup>2</sup>, e para IC de 1,2 t CO<sub>2</sub> eq./tep.mês.

No que respeita ao RSECE:

- A área do edifício (útil + parque de estacionamento) = 46 531,7 m<sup>2</sup>
- O valor do IEE<sub>real</sub> de facturas = 51,5 kgep/m<sup>2</sup>
- O valor do IEE<sub>real</sub> do modelo = 54,6 kgep/m<sup>2</sup>
- O valor do IEE<sub>nom.</sub> = 74,0 kgep/m<sup>2</sup>
- O valor do IEE<sub>ref.</sub> = 65,7 kgep/m<sup>2</sup>

A estes valores e no âmbito deste Regulamento, este edifício encontra-se na Classe de Eficiência Energética C, não necessitando da elaboração de um Plano de Racionalização de Energia -PRE, uma vez que o IEE<sub>real</sub> é inferior ao IEE<sub>ref.</sub>.



**Figura 4:** Classificação Energética [5] do Edifício de Portugal

Os índices de eficiência energética (IEE) mencionados estão de acordo com a designação e metodologia definida pelo SCE. O IEE real é caracterizado pelo registo dos consumos que se verificam na factura energética e calibração do modelo definido na simulação dinâmica multizona. O IEE nominal tem origem nos padrões e densidades das tipologias dos espaços climatizados e o IEE de referência determina o valor máximo para cada tipologia referidas, ambos caracterizados pelo SCE.

## 7. Propostas de Medidas de Melhoria de Utilização racional de Energia

Com base na auditoria energética, foi possível identificar medidas de URE que se apresentam de seguida:

- Melhoria da Eficiência Energética no sistema de AVAC
- Melhoria da Eficiência Energética na Iluminação
- Melhoria da Eficiência Energética dos Equipamentos de escritório
- Melhoria da Eficiência Energética em Elevadores

A correcta implementação das medidas propostas terá como consequência a diminuição dos valores dos IEE, de acordo com os valores apresentados no quadro seguinte:

Medida de URE	IEE <sub>Real</sub>		EE <sub>Nom</sub>		Classificação do edifício	
	Final	Var.	Final	Var.	Original	Final
Isolamento térmico na envolvente vertical exterior	53,6	-1,7%	73,9	-0,2%	C	C
Produção de AQS com energia solar térmica (130 m <sup>2</sup> , f = 34,1%)	54,0	-1,0%	73,5	-0,7%	C	C
Retrofit da iluminação	46,8	-14,2%	66,2	-10,5%	C	C
Conjugação das medidas AVAC	53,3	-2,4%	72,7	-1,8%	C	C
Substituição de aquecimento por efeito de Joule por aquecimento com sistema com COP <sub>aq</sub> = 2,5	48,1	-11,9%	58,0	-21,6%	C	B
Conjunto de todas as medidas	35,8	-34,3%	46,6	-37,1%	C	A+
Conjunto das medidas de iluminação e eliminar o efeito de Joule	40,3	-26,1%	50,2	-32,1%	C	A+

**Quadro 2:** Impacto das medidas de URE nos valores de IEE

Realização de campanhas de sensibilização, juntos dos colaboradores do Banco de Portugal, sobre Utilização Racional de Energia.

Por exemplo:

- Iluminação:
  - ✓ Utilização da luz natural,
  - ✓ Controlo da iluminação,
  - ✓ Lâmpadas de alto rendimento,
- Sistemas de climatização:
  - ✓ Sistemas Móveis,
  - ✓ Sistemas Estáticos,
  - ✓ Radiadores,
  - ✓ Acumulador de calor,

✓ Ar Condicionado.

- Electrodomésticos:
  - ✓ Etiqueta de Eficiência Energética,
  - ✓ Consumos em Stand-by,
- Análise de factures:
  - ✓ Medidas de economia de energia
- Medidas de economia de energia;

## 8. Conclusões

Com base nesta auditoria, foi possível evidenciar a existência de algumas oportunidades de melhorar o desempenho energético da instalação, nomeadamente ao nível de alguns dos sectores e equipamentos, de que serve de exemplo: a iluminação, AVAC, produção de AQS, elevadores, equipamentos informáticos, entre outros.

Medida Economia	Potencial de economia		Investimento		PayBack
	tep	€	t <sub>CO2</sub>	€	Anos
<b>AVAC</b>	165	65 294	360	---	< 5 anos
<b>Iluminação</b>	267	116 744	584	712 000	6,1
<b>Outros</b>	1	348	2	Boa gestão	imediatos
<b>Total</b>	<b>433</b>	<b>182 386</b>	<b>946</b>	--	-

**Quadro 3:** Quadro resumo das medidas

Em termos globais, a correcta implementação das medidas de URE apresentadas, possibilita uma diminuição do consumo global de energia em cerca de 2 014 000kWh/ano (433 tep), o que representa aproximadamente 21,8% do consumo total da instalação durante o período de referência.

Esta diminuição de consumo prevista permite uma redução das emissões de CO<sub>2</sub> em aproximadamente 946 ton. de CO<sub>2</sub> equivalente por ano.

No que diz respeito aos custos, a correcta implementação das medidas propostas proporciona uma economia anual em energia eléctrica de aproximadamente 172 000€ (não está contabilizada a redução dos custos de manutenção dos equipamentos). De referir, que se for considerado o aumento de 6% no custo de energia eléctrica previsto para 2009, as economias obtidas passam a representar um valor de 182 000€.

## Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer a todas as equipas do Banco de Portugal e Siemens que participaram e permitiram a concretização do presente estudo.

Este trabalho é um dos resultados da investigação Sustainable Urban Energy System (SUES), projecto

apoiado pelo Programa MIT Portugal (PMP). Gostaria de agradecer ao Prof. Paulo Ferrão e Prof. Carlos Silva pela oportunidade de fazer a minha investigação no MPP/SUES e aos colegas pelos seus esforços em apoiar o meu trabalho.

## Referências

- [1] Directiva Comunitária 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 Dezembro de 2002 relativa ao desempenho Energético dos Edifícios.
- [2] DL 78/2006 de 4 de Abril, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE).
- [3] DL 79/2006 de 4 de Abril, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE).
- [4] DL 80/2006 de 4 de Abril, Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).
- [5] Despacho n.º 10250/2008 de 8 de Abril, define o Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior, emitidos no âmbito do SCE (D.L. 78/2006 de 4 de Abril).