

# IMPORTÂNCIA DOS ENSAIOS DE RECEPÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO

## APLICAÇÃO AO CASO CONCRETO DE UMA PISCINA

**Castro, Manuel Dias** - [mcastro@fe.up.pt](mailto:mcastro@fe.up.pt)

DEMEGI, Faculdade de Engenharia do Porto  
Rua Dr. Roberto Frias, S/N, 5280-190 Porto, Portugal

**Maldonado, Eduardo** - [ebm@fe.up.pt](mailto:ebm@fe.up.pt)

DEMEGI, Faculdade de Engenharia do Porto  
Rua Dr. Roberto Frias, S/N, 5280-190 Porto, Portugal

### **Abstract.**

*Commissioning plays an essential role for ensuring the quality of any HVAC system. Without detailed commissioning procedures, important deviations from design specifications may exist and not be detected, reducing the system performance and increasing operational costs. This paper describes the measurements performed during commissioning of a HVAC system for a swimming pool delivered as ready by a contractor, showing important deviations that needed correction. The new Portuguese regulations for HVAC systems will require this type of tests as a pre-condition for issuing the use permit for new buildings.*

**Keywords:** - Commissioning. Air Distribution. Energy Efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

Quando um adjudicatário termina a construção de uma instalação de climatização, é necessário proceder a ensaios de recepção que comprovem o desempenho de cada um dos seus componentes, e que demonstrem que o funcionamento global da instalação corresponde ao estipulado no projecto. A não realização de ensaios de recepção adequados poderá trazer consequências gravosas para o desempenho funcional e energético da instalação (consumos excessivos de energia para obter o mesmo efeito, o que conduzirá a custos operacionais superiores aos previstos no projecto).

É pois fundamental para o utilizador/comprador que, antes de recepcionar a instalação, proceda a estes ensaios, recorrendo a meios próprios ou, na sua ausência, a um organismo independente e qualificado. Só quando completados com sucesso estes ensaios, que vão passar a ser obrigatórios nos termos da nova regulamentação portuguesa prevista para o sector a partir de 2005, deverá ser efectuada a recepção da instalação, com uma boa garantia de que ela entrará em funcionamento nas condições previstas pelo projecto.

Para ilustrar a importância dos ensaios de recepção, descrevem-se os procedimentos que foram adoptados para uma piscina pública coberta adjudicada num processo de concepção-construção, caso em que é particularmente importante o Dono da Obra proceder a uma avaliação do desempenho da instalação por uma entidade independente. Foi ensaiada toda a instalação de climatização e de aquecimento antes da sua entrada em funcionamento e recepção da obra. Descrever-se-ão, sinteticamente, a instalação, os ensaios, as deficiências encontradas e as medidas correctivas que foram identificadas.

## 2. A PISCINA E A SUA INSTALAÇÃO DE CLIMATIZAÇÃO

A piscina pública situa-se na zona litoral costeira do Norte de Portugal, próximo do Porto. É uma piscina aquecida, de água doce tratada em central própria, e com 25 m x 12 m de plano de água (Fig. 1).



Figura 1 – Aspecto interior da piscina de Fiães

A envolvente da nave da piscina é constituída por paredes exteriores duplas em alvenaria de tijolo furado de 11 cm e sem isolante na caixa de ar. A cobertura tem uma estrutura da vertente em laje aligeirada e com isolante térmico sobre a laje. Os envidraçados são vidros duplos de cor clara inseridos em caixilharia de metal. Não será a envolvente ideal para uma piscina coberta aquecida, especialmente a falta de isolamento nas paredes e as caixilharias metálicas, o que obriga a cuidados especiais no controle ambiental interior, por forma a evitar a possibilidade de condensações interiores em permanência.

A instalação de climatização é composta por:

- (1) duas bombas de calor desumificadoras (representadas por BC1 e BC2, na Fig. 2) para tratamento do ar no interior da nave da piscina. Cada uma delas dispõe de uma conduta de insuflação com 10 registos (identificados com a letra I) e de uma conduta de extracção com 8 registos (identificados com a letra E).  
As bombas de calor são controladas por sensores de temperatura e humidade relativa localizados a 3 m de altura, no local assinalado na Fig. 2 por S1 e S2.
- (2) uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN) usada para preparar o ar exterior a introduzir nos balneários masculino (M) e feminino (F) da piscina, como se mostra na Fig. 3.
- (3) um ventilador de extracção de ar dos balneários e das instalações sanitárias, cuja conduta contém 20 grelhas de extracção (identificadas com a letra E, na Fig. 3).

- (4) uma caldeira alimentada a gás natural utilizada na preparação:
- da água da piscina, processada através de um depósito de armazenamento e de um permutador de calor da piscina;
  - das águas quente sanitárias (AQS), também processada através de um depósito de armazenamento e de um permutador de calor;
  - da água quente de abastecimento das baterias de aquecimento das bombas de calor desumidificadoras;
  - e da água quente de abastecimento da bateria de aquecimento da UTAN.

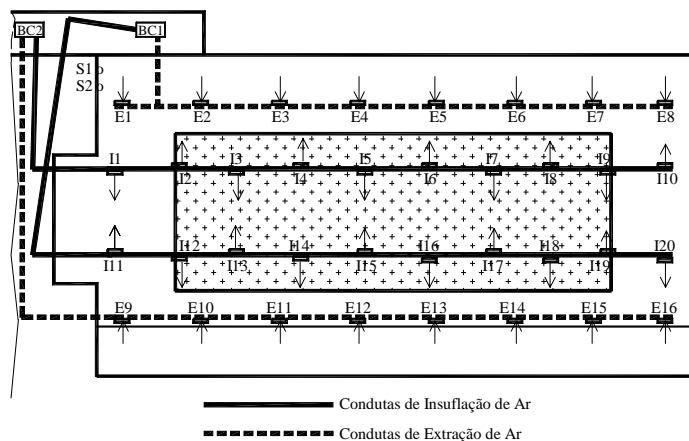


Figura 2 – Identificação dos registos de insuflação/extracção de ar da piscina

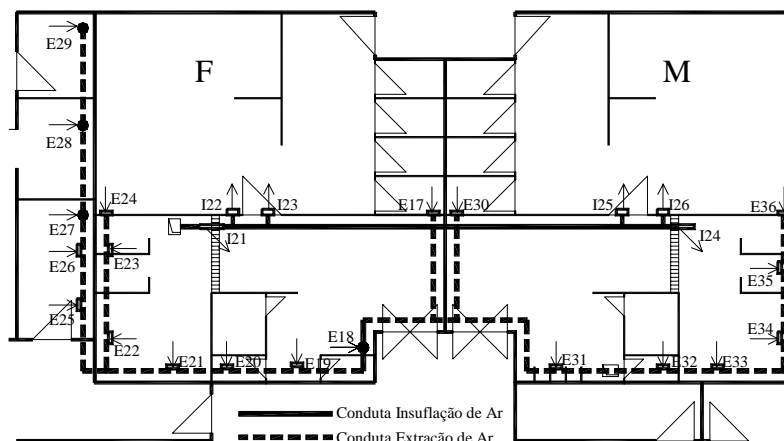


Figura 3 – Identificação dos registos de insuflação/extracção de ar dos balneários

### 3. ENSAIOS DE RECEPÇÃO

#### 3.1. Metodologia

Os ensaios de recepção sobre a instalação entregue pelo adjudicatário ao Dono da Piscina foram estruturados da seguinte forma:

- (1) Verificação visual dos equipamentos;

- (2) Medição dos parâmetros de funcionamento (caudais, temperaturas, humidades, velocidades do ar, eficiência da caldeira, etc.) com equipamentos devidamente calibrados;
- (3) Análise de resultados e determinação de anomalias, comunicadas ao adjudicatário para correcção;
- (4) Ensaios de confirmação das correcções (repetição dos passos 2 e 3);
- (5) Relatório final.

A verificação visual de todo o equipamento instalado permitiu concluir que a instalação estava globalmente de acordo com o projecto e em condições de satisfazer as necessidades do edifício. No entanto, foram detectadas algumas deficiências:

- (1) Os registos de controle da entrada e saída de ar na nave da piscina e nos balneários estavam todos totalmente abertos, o que levou a concluir (como se confirmou posteriormente, com as medições efectuadas) que a distribuição e extração do ar nessas duas zonas não deveria poder garantir os valores de projecto.
- (2) Os “set points” de controle das temperaturas e humidade relativa do ar ambiente não estavam regulados para os valores propostos no projecto (31°C para a temperatura e 65% para a humidade relativa do ar), situando-se a níveis inferiores.
- (3) Não existia controle da temperatura do ar ambiente nos balneários, o que não permitiria garantir o valor indicado no projecto (23 °C).
- (4) Não foram instalados duas grelhas de extração das previstas pelo projecto para os balneários.
- (5) As válvulas com tomada de pressão previstas no projecto para verificar os caudais de água quente, quer no permutador de calor da piscina, quer nas baterias de aquecimento dos principais equipamentos de climatização (bombas de calor desumidificadoras e unidade de tratamento de ar novo), não estavam instaladas.

### 3.2. Medições de desempenho da instalação inicial (entregue como concluída pelo adjudicatário)

#### 3.2.1. Temperatura e humidade relativa do ar ambiente na nave da piscina

A temperatura e a humidade do ar no interior da nave da piscina foram medidas em 20 pontos, identificados na Fig. 4 (pontos 2 a 21. O ponto 1 foi usado para medir as condições ambientais na central térmica). Em cada ponto, as medições foram realizadas em três níveis (0,5m, 1,2m e 2,3m de altura), com o objectivo de verificar se existiria estratificação.

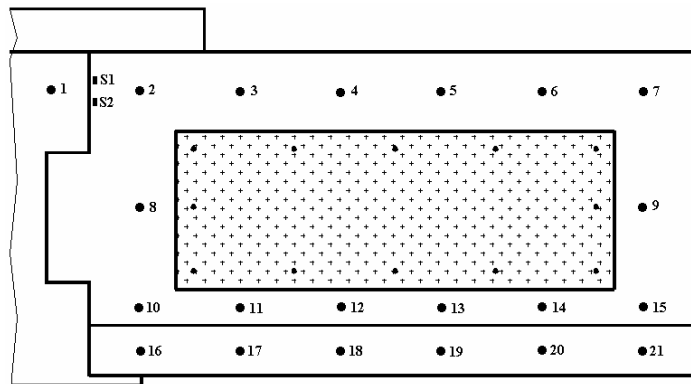


Figura 4 – Localização dos pontos de medição da temperatura e da humidade relativa do ar na nave da piscina

Na Fig. 5.a) mostram-se os valores medidos da temperatura do ar em cada ponto, comparados com o valor da temperatura de projecto (31°C). A Fig. 5.a) mostra claramente que, em geral, a nave da piscina estava a uma temperatura bastante inferior à do projecto (31°C). A diferença máxima entre os valores medidos e os de projecto situa-se nos 2,6°C, enquanto que a diferença média é de 1°C aproximadamente. Estas diferenças são provocadas pela deficiente distribuição e extração do ar e também pela incorrecta regulação dos sensores de temperatura ambiente, como adiante se demonstra.

A Fig. 5.b) mostra os valores da humidade relativa, bem como a prevista no projecto. De uma forma geral, a humidade relativa do ar na nave da piscina estava abaixo do valor previsto, pelos mesmos motivos atrás indicados para a temperatura do ar interior.

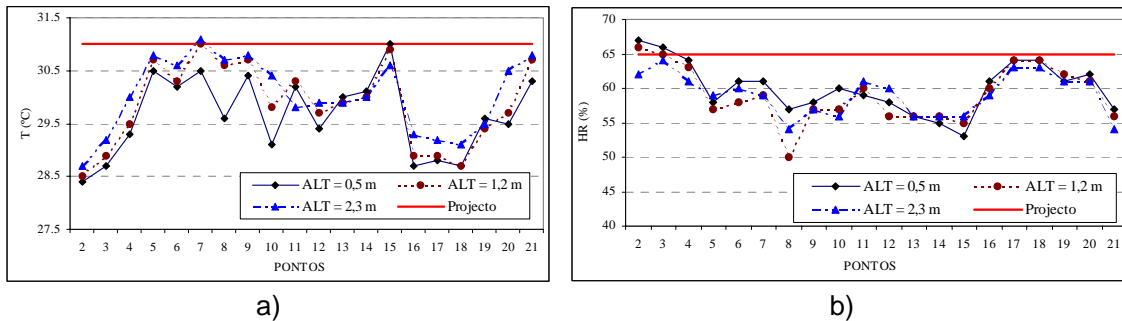


Figura 5 – Valores medidos da temperatura e humidade relativa do ar ambiente da piscina

### 3.2.2. Sensores da temperatura e humidade relativa do ar ambiente da piscina

Verificou-se a precisão dos sensores de controle das bombas de calor desumidificadoras, S1 e S2, na leitura da temperatura e da humidade relativa do ar ambiente da nave da piscina.

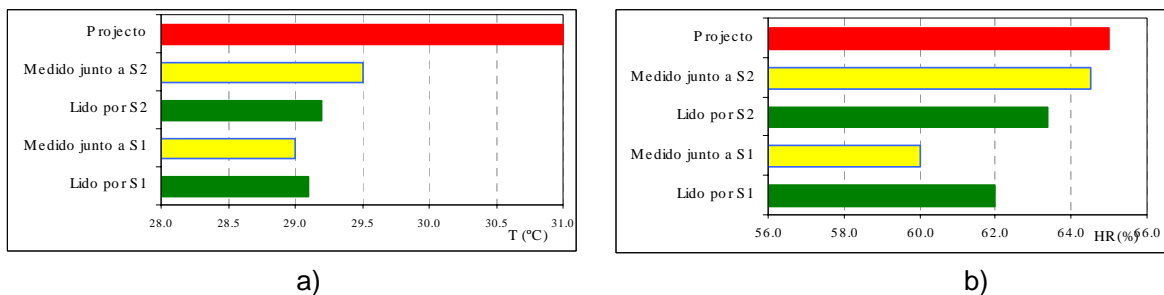


Figura 6 – Valores das temperaturas e humidades relativas medidas e lidas pelos sensores

A análise da Fig. 6.a) permite concluir que a precisão dos sensores de medição da temperatura da instalação é boa. No entanto, os sensores não estavam devidamente regulados para que no interior da nave da piscina se atingisse a temperatura prevista no projecto, exigindo-se, pois, a sua correcta regulação para a temperatura de projecto.

A Fig. 6.b) mostra que os sensores mediam correctamente a humidade relativa do ar, mas os controladores necessitavam também de ser um pouco melhor regulados.

### 3.2.3. Temperatura e humidade relativa do ar ambiente nos balneários.

A Fig. 7 mostra os pontos de medida (34 a 42 nos balneários femininos e 43 a 51 para os balneários masculinos), e as Figs. 8.a) e 8.b) mostram os resultados obtidos, para a

temperatura e a humidade relativa, respectivamente. É de referir que o projecto não previa o controle da humidade relativa nos balneários.

Uma análise dos resultados permitiu retirar as seguintes conclusões:

(1) A temperatura do ar situa-se sempre acima da temperatura de projecto (23°C), sendo portanto necessário instalar nos balneários um sensor de controle da unidade de tratamento do ar novo (UTAN) que é insuflado nos balneários para controlar a temperatura do ar. A humidade do ar apresentava valores aceitáveis (60% a 65%).

(2) Não havia estratificação digna de registo (0,2°C nos balneários masculinos e 0,5°C nos balneários femininos). No entanto, nas áreas correspondentes aos pontos de medida 36, 37 e 39 (ver Fig. 7) havia penetração do jacto de ar insuflado no espaço de ocupação, o que poderia provocar algum desconforto, sendo aconselhável corrigir a posição dos registos das grelhas de insuflação correspondentes.

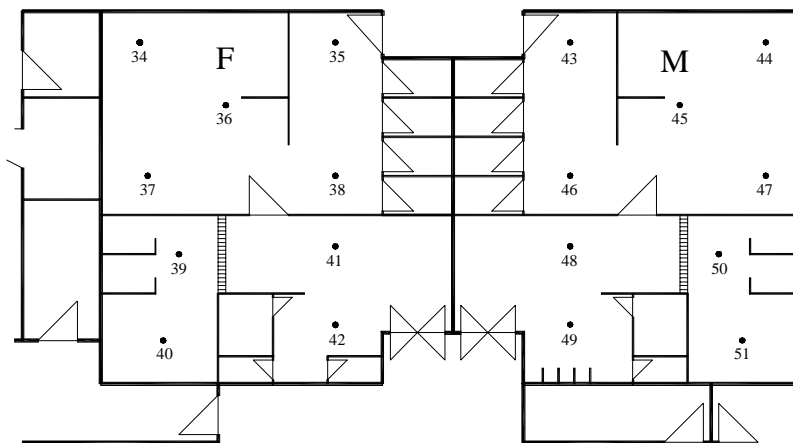


Figura 7 – Localização dos pontos de medida da temperatura do ar, nos balneários

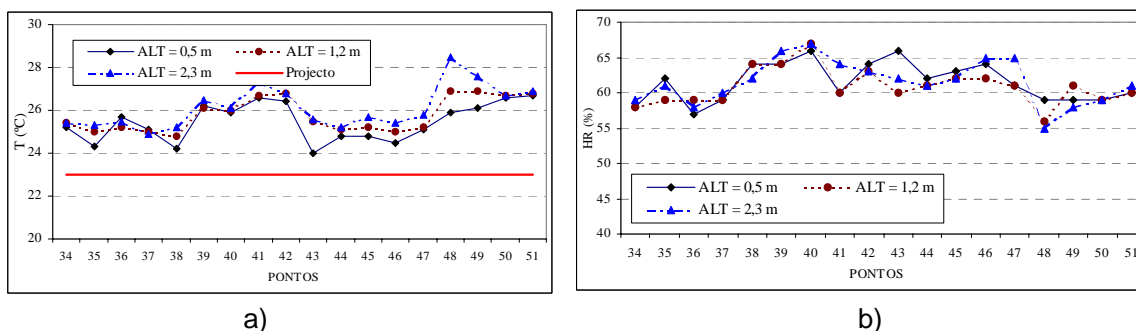


Figura 8 – Temperatura ambiente e humidade relativa medida nos balneários

### 3.2.4. Temperatura da água da piscina

A temperatura da água da piscina foi medida nas 12 posições (n<sup>os</sup> 22 a 33) indicadas na Fig. 9. Os valores medidos estão visualizados na Fig. 10. Verificou-se que a temperatura média da água da piscina estava cerca de 0,6°C abaixo do valor de projecto (30°C).

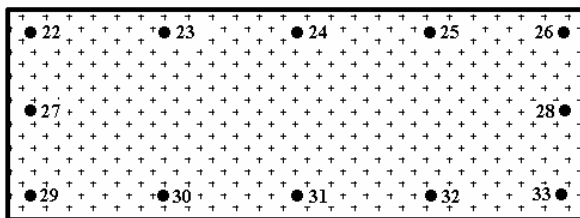


Figura 9 – Localização dos pontos de medição da temperatura da água da piscina

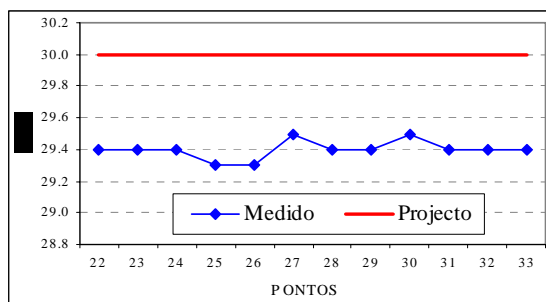


Figura 10 –Valores medidos da temperatura da água da piscina e temperatura de projecto

Foi confirmada a precisão do sensor que mede a temperatura da água da piscina, instalado no circuito de retorno da água. Procedeu-se da seguinte forma: (1) Mediu-se a temperatura da água como se indica no parágrafo anterior; (2) retirou-se a sonda da baíinha e mediu-se a temperatura da água no interior da baíinha. Compararam-se os resultados das medições com a temperatura lida pelo sensor e com a temperatura de projecto (Fig. 11). A Fig. 11 permitiu concluir que, embora a temperatura lida pelo sensor e a temperatura de projecto sejam iguais, existe uma diferença de 0,6°C entre a temperatura real da água da piscina e a assinalada pelo sensor (no quadro de controle). Embora esta diferença de temperatura seja pequena e aceitável, seria necessário fazer uma regulação mais fina do respectivo controlador.

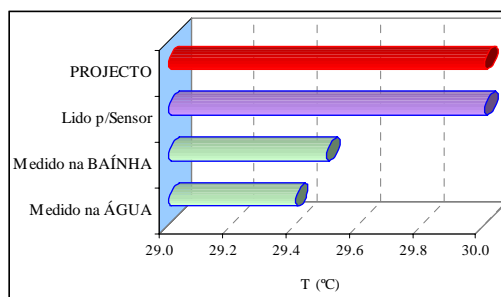


Figura 11 – Análise da precisão do sensor que mede a temperatura da água da piscina

### 3.2.5. Caudais de ar insuflados e extraídos da nave da piscina

O ar insuflado na piscina é tratado nas duas bombas de calor desumidificadoras. O projecto indica que cada uma trata 15000 m<sup>3</sup>/h de ar sendo 2000 m<sup>3</sup>/h de ar novo. Cada bomba de calor está ligada a uma conduta de insuflação com 10 grelhas, identificadas na Fig. 2. Foi medido o caudal de ar em cada grelha de insuflação e procedeu-se à sua comparação com os caudais previstos no projecto. Os resultados estão registados nos gráficos da Fig. 12.a), para a bomba de calor nº1, e Fig. 12.b), para a bomba de calor nº2.

A análise destes gráficos permite deduzir que os caudais de insuflação são bastante inferiores aos previstos no projecto e que há desequilíbrio entre os caudais realmente insuflados em cada grelha, derivado de uma incorrecta regulação dos registos. Comparando os valores totais insuflados medidos e de projecto (Fig. 14), verificou-se que os caudais insuflados eram inferiores em 55,0% (BC nº2) e 17,0% (BC nº1) aos de projecto.

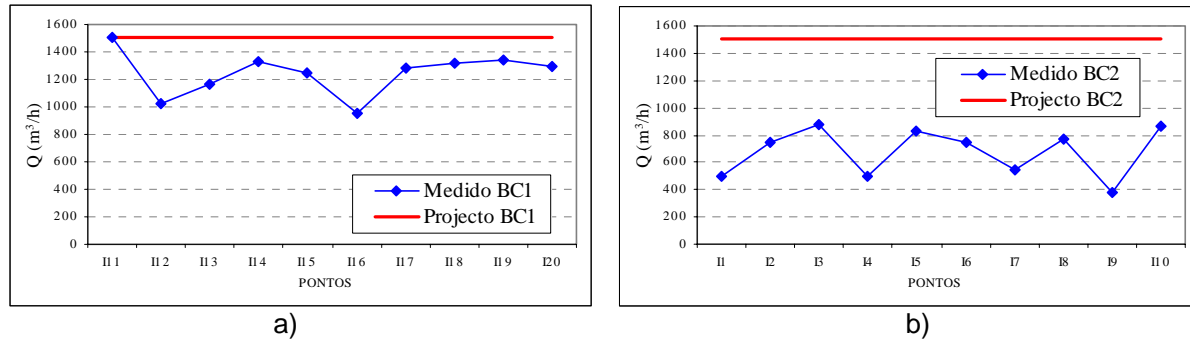


Figura 12 – Caudais de ar insuflados na piscina pela BC nº1 e nº 2

Para os caudais extraídos da nave da piscina, procedeu-se a uma análise idêntica à efectuada para os caudais insuflados, estando os resultados representados nas Figs. 13.a) e b), respectivamente para as bombas de calor nº1 e nº2. Os caudais de extração também são geralmente bastante inferiores aos previstos no projecto. Há também há um desequilíbrio acentuado e óbvio entre os caudais realmente extraídos em cada grelha, motivado pela incorrecta regulação dos registos: os caudais diminuem desde as grelhas mais próximas das bombas de calor desumidificadoras até às mais afastadas, que não estão a extrair qualquer caudal. Os caudais totais extraídos, eram também inferiores em 44,7% (BC nº2) e 34,4% (BC nº1) relativamente aos de projecto, como se observa na Fig. 14.b).

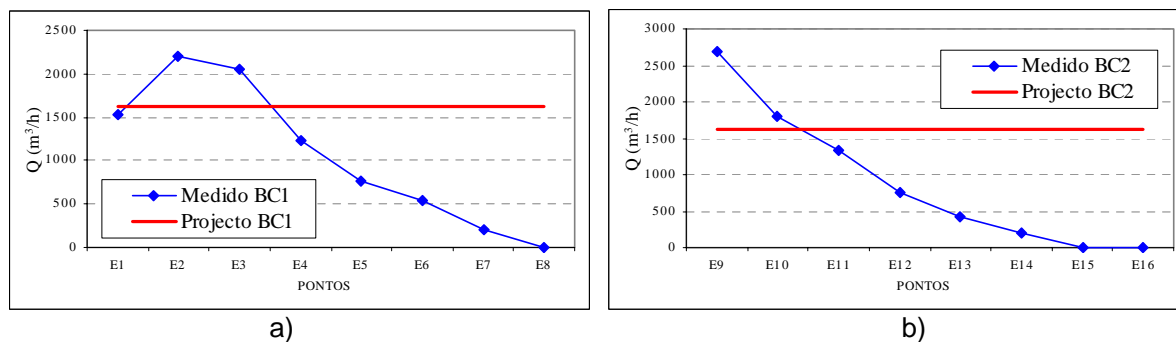


Figura 13 – Caudais de ar extraídos na piscina pela BC nº1 e nº 2

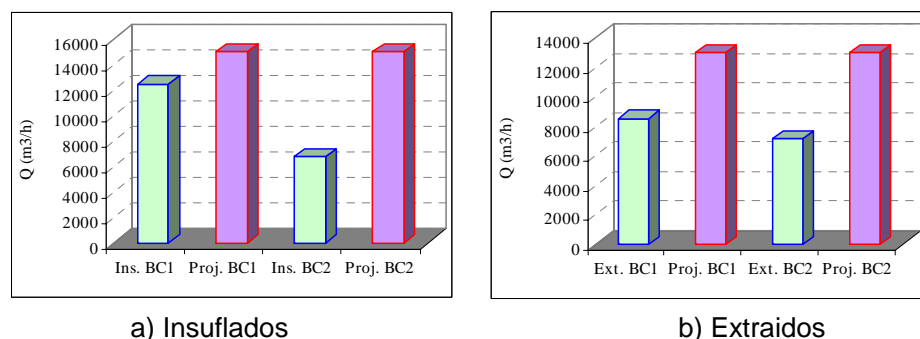


Figura 14 – Caudais de ar insuflado e extraído (medidos e de projecto) na nave da piscina

Perante estes resultados, concluiu-se que o desempenho de ambas as bombas de calor e do respectivo sistema de insuflação era inaceitável.

### 3.2.6. Caudais de ar novo aspirados pelas bombas de calor desumidificadoras

O projecto previa um caudal de 2000 m<sup>3</sup>/h para o ar novo a introduzir na nave da piscina por cada uma das bombas de calor. Os valores medidos e de projecto (Fig. 15) eram ligeiramente diferentes, carecendo apenas de um pequeno ajuste dos respectivos registos.

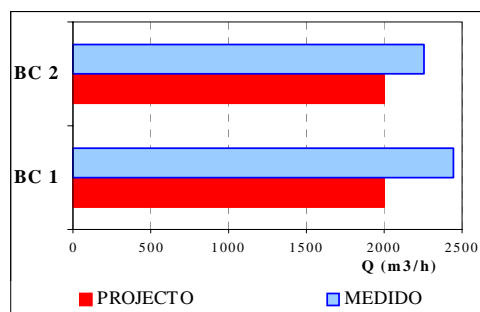
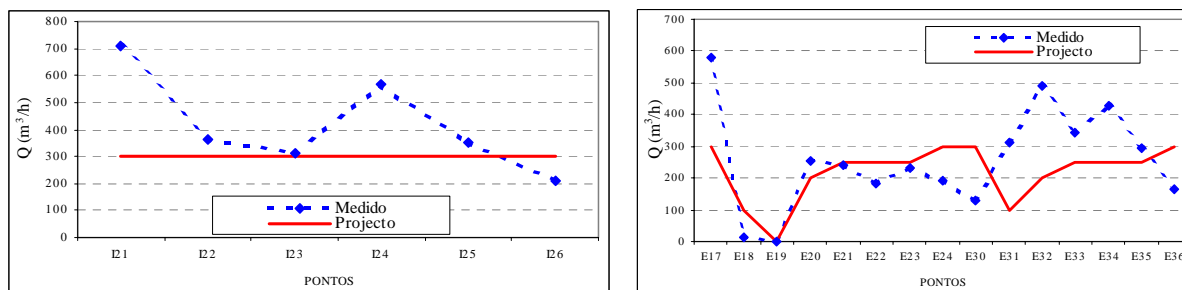


Figura 15 – Caudais de ar novo (medidos e de projecto) insuflados na nave da piscina

### 3.2.7. Caudais de ar insuflado e extraído dos balneários

O projecto prevê, para cada balneário, um caudal de ar novo, tratado na UTAN, de 900 m<sup>3</sup>/h, e um caudal extraído de 1650 m<sup>3</sup>/h. As Figs. 16.a) e b), mostram, respectivamente, os valores dos caudais de insuflação e de extração medidos, havendo necessidade de óbvios ajustes dos registos das grelhas.



a) b)  
Figura 16 – Caudais de ar insuflado e extraído dos balneários

Os caudais totais de insuflação e extração medidos para ambos os balneários, Fig. 17, apresentam diferenças de cerca de 30% relativamente aos valores de projecto, nuns casos por excesso, noutros por defeito. Novamente, havia necessidade de óbvios ajustes.

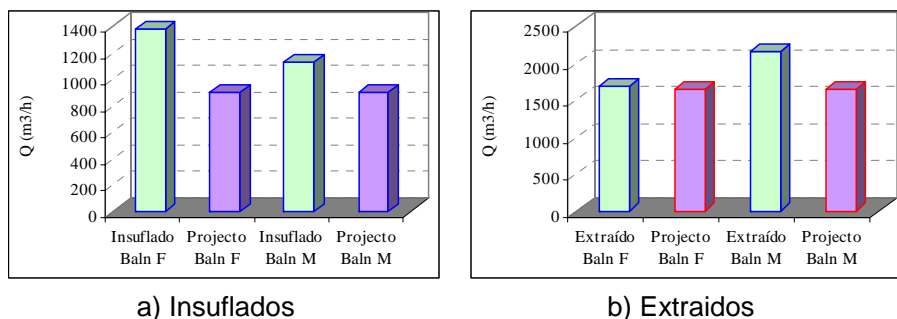


Figura 17 – Caudais de ar insuflado e extraído (medidos e de projecto) nos balneários

### 3.2.8. Outras medições

Foram ainda medidos os seguintes parâmetros:

- O caudal medido de ar novo aspirado pela UTAN era 33% superior ao previsto no projecto. A correspondente potência de aquecimento era sensivelmente igual à nominal.
- O caudal de ar extraído pelo ventilador de extração estava muito próximo do valor previsto no projecto (3750 m<sup>3</sup>/h).
- A potência transferida no permutador de calor da piscina era idêntica à prevista no projecto.
- A potência útil da caldeira coincidia com o valor nominal. A análise dos gases de combustão da caldeira indicaram um excesso de ar de 81%, valor bastante acima do aconselhado (10-20%), e um rendimento de 91%.
- O caudal de água condensado pela bombas de calor desumidificadoras era substancialmente inferiores ao especificado em projecto.

## 4. Conclusão

A instalação descrita neste texto foi executada com os procedimentos médios habituais prevalentes no mercado. Aparentemente, estava a funcionar e, em muitos casos, teria sido aceite pelo Dono da Obra sem questionar o respectivo desempenho.

A realização dos ensaios de recepção aqui descritos permitiu corrigir deficiências só detectáveis com uma campanha de medições detalhada, o que demonstra o quanto são essenciais para que as instalações funcionem nas condições previstas no projecto e com boa eficiência. Uma vez corrigidas as deficiências descritas, a instalação ficou a funcionar de modo totalmente satisfatório a contento do Dono da Obra.

A nova regulamentação térmica portuguesa, em conjugação com o novo sistema de inspeções associado à Certificação Energética e da Qualidade do Ar nos Edifícios, a implementar como consequência da nova Directiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios, exigirá este tipo de procedimentos de recepção em todas as novas instalações, o que vai permitir um melhor desempenho generalizado dos sistemas de climatização. Como vai também ser exigido um programa de manutenção adequado e implementado com regularidade, estarão em princípio garantidas as condições que permitirão uma melhor eficiência energética nos edifícios durante o seu funcionamento corrente.