

## ESTUDO DE ALTERAÇÃO DE UM SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DE UMA UNIDADE HOSPITALAR: AVALIAÇÃO ECONÓMICA

### Resumo

*Sendo a climatização um dos grandes consumidores de energia nos edifícios, a eficiência energética associada a uma utilização racional e otimização de recursos e equipamentos poderá resultar numa diminuição significativa do consumo de energia. Com este trabalho pretende-se, assim, descrever como melhorar a eficiência energética, em cumprimento com os normativos legais em vigor, de uma unidade, dedicada a climatização, existente a nível hospitalar. Para uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA), que serve uma sala de bloco operatório de uma unidade hospitalar foram propostas duas alternativas de modernização: aquisição de um novo equipamento ou modificações no equipamento existente, com a incorporação de inversores de frequência em cada um dos ventiladores e de um sensor de CO<sub>2</sub>. Dentro dessas alternativas, foi calculada a viabilidade económica, através do Payback simples, tendo em conta três modelos de funcionamento: modo contínuo, a 100%; 12 horas à potência nominal e 12 horas a 70%; e 12 horas à potência nominal e 12 horas a 50%. As alternativas de funcionamento com modificações no equipamento existente foram as que se demonstraram com melhor viabilidade económica, sendo que todas são energeticamente mais eficientes do que a UTA atual.*

**Palavras-chave** - Climatização, Especificações Técnicas 06/2008, Unidades de Tratamento de Ar, Payback

### I. INTRODUÇÃO

A entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 78/2006 - Sistema de Certificação Energética, Decreto-Lei n.º 79/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios e Decreto-Lei n.º 80/2006 - Regulamento das

Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, juntamente com os novos requisitos devidos aos avanços tecnológicos verificados nas áreas dos sistemas energéticos, climatização e comportamento térmico dos edifícios, impôs a necessidade de atualização do documento “Tipificação das Instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)”, elaborado em 2005. Daqui, resultou, então, em 2008, uma nova publicação intitulada “Especificações técnicas para Instalações de AVAC” – ET 06/2008 [1]. Devem, assim, ser previstos, ao nível das instalações e equipamentos mecânicos, centrais térmicas e zonas térmicas e aquecimento, ventilação e ar condicionado [1]. Está, também, estipulado que os sistemas de ar condicionado devem basear-se no recurso a unidades de condicionamento de ar com características e tipos descritos neste referencial, sendo que todas as unidades de tratamento de ar (UTA), de tratamento de ar novo, ventiloconvetores e unidades de indução devem estar preparadas para ligação ao sistema de gestão técnica centralizada [1]. As UTA de blocos operatórios devem ser dotadas de inversores de frequência, garantindo caudal nominal e ter certificado de construção higiénica [1].

Por forma a atingir as metas de redução de emissões de CO<sub>2</sub> do Protocolo de Quioto, a União Europeia (UE) adotou, em 2009 a Diretiva de Produtos relacionados à Energia (ErP), que é frequentemente chamada apenas Diretiva de *Ecodesign* [2]. Esta Diretiva é obrigatória para todos os estados membros da UE, afetando fabricantes de produtos de ventilação e ar condicionado. Abrange produtos que são produzidos no Espaço Económico Europeu, assim como os importados de outros países. Produtos para exportação para fora da UE não estão abrangidos pela diretiva [2].

No que diz respeito, especificamente às UTA, estas devem, desde 1 de janeiro de 2016, seguir a Diretiva EU *Ecodesign* 1253/2014, que se refere aos novos requisitos de eficiência energética que estes equipamentos devem cumprir [2].

Assim sendo, devem ser cumpridos os seguintes requisitos: Todos os ventiladores devem funcionar com variação de velocidade (mínimo três velocidades + *off*). O controlo pode ser externo; Todas as unidades bidirecionais têm de ser equipadas com recuperação de energia; Todos os sistemas de recuperação devem ser equipados com *by-pass* térmico [2].

Adicionalmente, os motores dos módulos de ventilação das UTA devem cumprir os requisitos de eficiência energética da “*International Electrotechnical Commission*”, especificamente a normativa IEC 60034-30-1. Esta foi publicada a 6 de março de 2014 e pretende harmonizar, globalmente, as classes de eficiência energética de motores elétricos. Assim, existem quatro classes definidas, descritas a um nível crescente de eficiência energética: Eficiência Standard (IE1); Eficiência Alta (IE2); Eficiência “Premium” (IE3); Eficiência “*Super-Premium*” (IE4) [3].

Desde 1 de janeiro de 2015 só os motores assíncronos, com uma classe de eficiência igual ou superior a IE2 (potências até e incluindo 5,5 Kw), ou IE3 (potências superiores a 7,5Kw) podem ser comercializados no Espaço Europeu. A utilização de motores IE2 para potências superiores a 7,5 Kw é permitida, desde que a velocidade do motor seja controlada, usando, para tal, por exemplo, um variador de frequência [2].

## II. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O equipamento a ser alvo de estudo neste trabalho é uma UTA, localizada numa área técnica do segundo piso de um edifício hospitalar, sendo responsável pela climatização de uma sala de operação do bloco operatório central (localizada o primeiro piso do edifício). A UTA tem a sua montagem do tipo sobreposta, ligação a 4 tubos, sendo a ventilação assegurada por dois ventiladores acoplados a dois motores elétricos, trifásicos, por meio de correias. O motor elétrico, que está localizado no módulo de ventilação de insuflação, tem a potência nominal de 2.2 KW. O motor elétrico, que está localizado no módulo de ventilação de extração, tem a potência nominal de 0.37 KW.

O equipamento está montado e em funcionamento desde 1997. Tendo em conta que a vida média deste tipo de equipamentos ronda os 25 anos, torna-se necessário ponderar a sua substituição por outra UTA, nova, ou, enquanto o equipamento instalado ainda se apresenta funcional, efetuar apenas algumas modificações por forma a torná-lo energeticamente mais eficiente e em cumprimento com a regulamentação em vigor.

No caso de se optar efetuar algumas modificações na unidade, estas poderiam passar por fazer o controlo da ventilação, com a aplicação de inversores de frequência, quer no ventilador de insuflação quer no ventilador de extração. Estes dispositivos são usados para controlar a velocidade de um motor de indução. Sendo os motores de indução de corrente alternada de velocidade constante, pode-se reduzir o consumo energético variando a velocidade do motor, em resposta às necessidades do processo [4]. Também poder-se-iam empregar sensores de CO<sub>2</sub>, que garantem a qualidade de ar interior e a sua renovação.

## III. RESULTADOS

Antes de se poderem calcular as poupanças (energética e económica) com a implementação destas modificações na unidade, é necessário, primeiramente, efetuar os cálculos dos custos anuais da utilização dos dois motores da UTA.

Calculando a potência absorvida para estes motores trifásicos [5], e considerando um funcionamento contínuo (24h/dia, 7 dias/semana, 52 semanas/ano), calcula-se o valor da energia consumida (E).

Assim e para o motor de 2,2 kW o valor de E é de 24076,42 kWh e para o de 0,37 kW é de 4385,47 kWh.

Em relação aos custos anuais de utilização (CE), tem de se ter em conta o preço médio do kWh. Assumindo o valor consultado no documento Energia em Números, 2020 [6], referente ao ano de 2019 e conforme (1):

$$C_E = E \times \text{preço médio kWh} \quad (1)$$

Tendo uma vez mais, primeiramente, em conta o motor de 2,2 kW, o valor de CE é de 3392,31 € e para o motor de 0,37 kW 617,91 €.

O relatório final da avaliação nacional dos blocos operatórios refere o estabelecimento, como padrão, para cálculo de produtividade por parte do Serviço Integrado de Gestão de Inscritos para Cirurgia, do tempo standard para o funcionamento das salas de bloco operatório: 12h diárias, 5 dias úteis por semana durante 48 semanas por ano [7]. Na tabela 1 estão apresentados os valores de E e CE, recalculados, com base neste funcionamento.

TABELA 1 ENERGIA CONSUMIDA E CUSTOS ANUAIS DE UTILIZAÇÃO PARA O REGIME DE FUNCIONAMENTO PROPOSTO		
Regime de Funcionamento	Parâmetro	Valor
12h diárias, 5 dias úteis por semana durante 48 semanas por ano	E motor 2,2 kW	7937,28 kWh
	E motor 0,37 kW	1445,76 kWh
	CE motor 2,2 kW	1 118,36 €
	CE motor 0,37 kW	203,71 €
E= energia; CE= custo anual de utilização; CE evitado= custo de utilização anual evitado; kW= kiloWhatt; kWh= kiloWhatt.hora; €= euro		

Verifica-se, assim uma redução, expectável, nos parâmetros apresentados. Com esta alteração horária os custos anuais de utilização evitados, ao final de um ano seria resultado da diferença entre CE dos dois motores, conforme (2):

$$C_{E\text{evitado}} = (CE_{2,2kW\text{atual}} - CE_{2,2kW\text{reduzido}}) + (CE_{0,37kW\text{atual}} - CE_{0,37kW\text{reduzido}}) \quad (2)$$

Esta alteração de funcionamento horário representa uma poupança anual de 2688,21 €. Nesta situação, apenas seria necessária uma regulação horária de funcionamento da UTA, através da gestão técnica centralizada. Tendo em atenção o estipulado pelos serviços técnicos do hospital, de que a UTA deverá estar em funcionamento em regime contínuo, torna-se interessante verificar a rentabilidade da aplicação de inversores de frequência e sensor de CO2. Foram selecionados dois cenários de funcionamento: funcionamento de 12 horas à potência nominal e 12 horas a

70%; funcionamento de 12 horas à potência nominal e 12 horas a 50%. Na tabela 2 estão apresentados os valores de E, CE e CEevitado para os dois cenários de funcionamento.

Tendo como base pesquisa de mercado em fornecedores nacionais, teve-se em conta um investimento (em dois inversores de frequência e um sensor de CO2) de 860 € (com IVA incluído, à taxa de 23%).

De referir que, nos cálculos de viabilidade económica não foram tidos em conta custos de instalação, programação e manutenção (que ficariam sob a responsabilidade de uma empresa com contrato de manutenção dos equipamentos de AVAC).

O *Payback* do investimento feito é obtido por (3), descrita em [8]:

$$\text{Payback simples} = \frac{IC_0}{CF_1} \quad (3)$$

Sendo,

IC0– valor do capital investido

CF1 – fluxo monetário alcançado como resultado da implementação de medidas de poupança energética

TABELA 2 ENERGIA CONSUMIDA, CUSTOS ANUAIS DE UTILIZAÇÃO E CUSTOS DE UTILIZAÇÃO ANUAIS EVITADOS PARA OS DOIS REGIMES DE FUNCIONAMENTO PROPOSTOS		
Regime de Funcionamento	Parâmetro	Valor
12h a potência nominal + 12h a 70%	E motor 2,2 kW	20464,95 kWh
	E motor 0,37 kW	3727,65 kWh
	CE motor 2,2 kW	2883, 51 €
	CE motor 0,37 kW	525,23 €
	CE evitado	601,54 €
12h a potência nominal + 12h a 50%	E motor 2,2 kW	18057,31 kWh
	E motor 0,37 kW	3289,10 kWh
	CE motor 2,2 kW	2 544,28 €
	CE motor 0,37 kW	463,43 €
	CE evitado	1 002,57 €
E= energia; CE= custo anual de utilização; CE evitado= custo de utilização anual evitado; kW= kiloWhatt; kWh= kiloWhatt.hora; €= euro		

Tendo, então, em conta os cenários apresentados, o Payback para o regime de 12 horas a potência nominal com uma redução para 70% nas restantes 12 horas será de 17,16 meses. Por sua vez, para o regime com uma redução para 50% (12 horas a 50%, com as restantes a potência nominal), será de 10,29 meses.

Qualquer um dos cenários apresentados, em termos de alteração de funcionamento, tendo em conta o baixo tempo de retorno do investimento, seriam opções que poderiam ser tidas em conta para a UTA em questão. Atendendo a que a unidade hospitalar possui 10 UTA para salas operatórias do bloco central, poderia existir uma maximização da poupança introduzindo estes equipamentos (com qualquer um dos cenários de funcionamento apresentados) em todas as UTA. No caso de se optar pela instalação de uma UTA nova esta deve, para além de estar em conformidade com a ET 06/2008, deverá cumprir a Diretiva EU *Ecodesign* 1253/2014 e ter classificação de eficiência energética de acordo com a norma IEC 60034-30-1. Vários fatores devem ser tidos em conta, aquando da seleção de um novo equipamento, para além dos cumprimentos legais e que podem estar relacionados com questões de orçamento, disponibilidade do equipamento no período de tempo pretendido, garantia e manutenção, por exemplo. Assim sendo, o equipamento descrito abaixo é meramente exemplificativo. A UTA nova apresentada é da mesma marca da que está instalada atualmente. As principais melhorias, neste equipamento, centram-se no sistema de filtragem (ar de insuflação com dupla filtragem – F5 e F9 e ar de extração com filtragem F5) e no sistema de ventilação (com a utilização de ventiladores EC). O custo estimado deste aparelho é de 18000,00 € (com IVA incluído, à taxa de 23%). Também nesta situação, para calcular as poupanças (energética e económica) é necessário, primeiramente, efetuar os cálculos dos custos anuais da utilização dos dois motores da UTA. Tendo em conta que o valor  $P_{abs}$ , nos dois motores, já é fornecido, é, então, possível calcular E, CE e  $CE_{evitado}$ , conforme (1), (2) e (3). Também nas condições de funcionamento atuais, considerando um fator de carga de 100% (tabela 3). De referir que, para esta UTA, o motor de insuflação é de 2,5 kW e o de extração é de 0,5 kW.

Regime de Funcionamento	Parâmetro	Valor
Funcionamento contínuo	E motor 2,5 kW	13016,64 kWh
	E motor 0,5 kW	2620,80 kWh
	$C_E$ motor 2,5 kW	1 834,04 €
	$C_E$ motor 0,5 kW	369,27 €

E= energia;  $C_E$ = custo anual de utilização;  $C_{E\ evitado}$ = custo de utilização anual evitado; kW= kiloWhatt; kWh= kiloWhatt.hora; €= euro

Calculando o *Payback*, conforme (3), a poupança anual, com a aquisição desta UTA e no cenário proposto é de 1806,97 €. Tal como seria espectável, a aquisição de um novo sistema implica um investimento inicial superior, logo, o *Payback* também é superior, comparativamente com todos os cenários anteriores. Importa aqui, referir que, apesar disso, o investimento é recuperado ao fim de 119,53 meses, ou seja, 9,96 anos.

Empregando o sensor de CO<sub>2</sub>, pode, também, considerar-se cenários de redução de carga nos ventiladores. Assumindo os mesmos cenários (funcionamento de 12 horas à potência nominal e 12 horas a 70% e funcionamento de 12 horas à potência nominal e 12 horas a 50%), torna-se pertinente efetuar a avaliação económica do investimento. Na tabela 4 estão apresentados os valores de E, CE e  $CE_{evitado}$  para os dois cenários de funcionamento.

Calculando novamente o *Payback*, conforme (3), para os cenários alternativos apresentados, podemos referir que para o regime de 12 horas a potência nominal com uma redução para 70% nas restantes 12 horas será de 101,05 meses. Por sua vez, para o regime com uma redução para 50% (12 horas a 50%, com as restantes a potência nominal), será de 91,61 meses.

Tendo em conta o tempo médio estimado de vida de uma UTA qualquer um dos cenários de funcionamento apresentados demonstram que o investimento seria viável. De realçar o último cenário, em que o equipamento estaria pago num terço da vida útil da unidade.

TABELA 4 ENERGIA CONSUMIDA, CUSTOS ANUAIS DE UTILIZAÇÃO E CUSTOS DE UTILIZAÇÃO ANUAIS EVITADOS PARA OS DOIS REGIMES DE FUNCIONAMENTO PROPOSTOS, COM UMA NOVA UNIDADE TRATAMENTO DE AR		
Regime de Funcionamento	Parâmetro	Valor
12h a potência nominal + 12h a 70%	E motor 2,5 kW	11064,14 kWh
	E motor 0,5 kW	2227,68 kWh
	C <sub>E</sub> motor 2,5 kW	1 558,94 €
	C <sub>E</sub> motor 0,5 kW	313,88 €
	C <sub>E</sub> evitado	2 137,46 €
12h a potência nominal + 12h a 50%	E motor 2,5 kW	9762,48 kWh
	E motor 0,5 kW	1965,60 kWh
	C <sub>E</sub> motor 2,5 kW	1 375,53 €
	C <sub>E</sub> motor 0,5 kW	276,95 €
	C <sub>E</sub> evitado	2 357,80 €

E= energia; C<sub>E</sub>= custo anual de utilização; C<sub>E</sub> evitado= custo de utilização anual evitado; kW= kiloWhatt; kWh= kiloWhatt.hora; €= euro

#### IV. CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho foi possível verificar que, efetuando pequenos investimentos, como a aquisição de inversores de frequência e sensores de CO<sub>2</sub>, em unidades de custo de aquisição avultado, como é uma UTA, se pode aumentar a eficiência energética e, ao mesmo tempo, reduzir a fatura energética, num curto prazo.

A aquisição de uma unidade nova (que é, por si, energeticamente mais eficiente do que uma antiga), apesar de representar um investimento elevado pode ter um retorno, dependendo do tipo de funcionamento que ela tenha, num período de tempo não muito longo.

Em termos de trabalho futuro, seria importante que a análise à unidade descrita neste trabalho fosse alargada a todas as UTA da unidade hospitalar em questão, podendo, depois, optar-se pela solução economicamente mais viável e energeticamente mais sustentável.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] UIE/ACSS, “Especificações Técnicas para Instalações de AVAC – ET 06/2008”, UIE/ACSS, 2014.
- [2] C. Europeia, Regulamento (UE) nº1253/2014 da Comissão de 7 de julho de 2014, Jornal Oficial da União Europeia, pp. 337/8 – 337/26, 2014.
- [3] A. B. Boveri, “Note. IEC 60034-30-1 standard on efficiency classes for low voltage AC motors”, ABB, 2018.
- [4] G. Wang, Z. Wang, Z. Han, R. D. Rodriguez, “Investigation of efficiency models in EnergyPlus and AMCA standard 207 for induction motors powered by variable frequency drives”, Energy & Buildings, vol. 196, pp. 94-102, April 2019, 10.1016/j.enbuild.2019.04.045.
- [5] S. D. Umans, “Apêndice A – Circuitos Trifásicos”, in Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley, 7ª ed. Mc Graw Hill Education, Bookman, 2014, pp. 648.
- [6] O. Energia, DGEG, D. S. P. Energético e Estatística, ADENE, “Energia em Números”, ADENE, 2020.
- [7] J. M. V. S. P. (Coordenação), “Avaliação da Situação Nacional dos Blocos Operatórios – Relatório Final”, Ministério da Saúde, 2015.
- [8] A. S. Gorshkov, N. I. Vatin, P. P. Rymkevich, O. O. Kydrevich. “Payback period of investments in energy saving”, Magazine of Civil Engineering, nº. 2, vol. 78, pp. 65-75, 2018, 10.18720/MCE.78.5.