

Modernização de sistema de ar condicionado em instalação hospitalar

Um hospital de São Paulo teve modernizada a central de água gelada do sistema de ar condicionado central, com investimentos de R\$ 1,5 milhão, resultando em maior confiabilidade do sistema e redução substancial na conta de energia elétrica. Seguindo as orientações da Aneel para programas de eficiência energética das distribuidoras, a avaliação foi feita utilizando o Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance.

Rubens Leme Filho e Fernando Luiz Britto Bacellar, da AES Eletropaulo

O projeto de eficiência energética executado no Hospital do Servidor Público Estadual de São Paulo contemplou a central de água gelada (CAG) do sistema de ar condicionado central. Esse sistema não atende a todo o complexo hospitalar, mas dele dependem setores importantes como UTI, centro cirúrgico e laboratórios.

Foi investido no projeto R\$ 1,5 milhão para a modernização completa dos equipamentos que compõem a CAG, incluindo reforma civil, hi-

dráulica e elétrica. Além de aumentar a confiabilidade do sistema e reduzir os custos com manutenção, o projeto ainda proporcionou economia de energia anual equivalente a mais de R\$ 300 mil.

Seguindo as orientações da Aneel - Agência Nacional de Energia Elétrica e o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) [1], desenvolvido pela EVO - Efficiency Valuation Organization, foi implementado um plano de medição e verificação (M&V) no qual

se avaliaram dados de catálogo dos equipamentos e realizaram-se entrevistas com os operadores do sistema e medições de campo.

O projeto foi implementado com investimentos a fundo perdido e, assim, o plano de M&V foi elaborado com o objetivo de demonstrar que a relação custo-benefício do projeto está adequada às determinações da Aneel.

Histórico

A AES Eletropaulo tem intensifica-

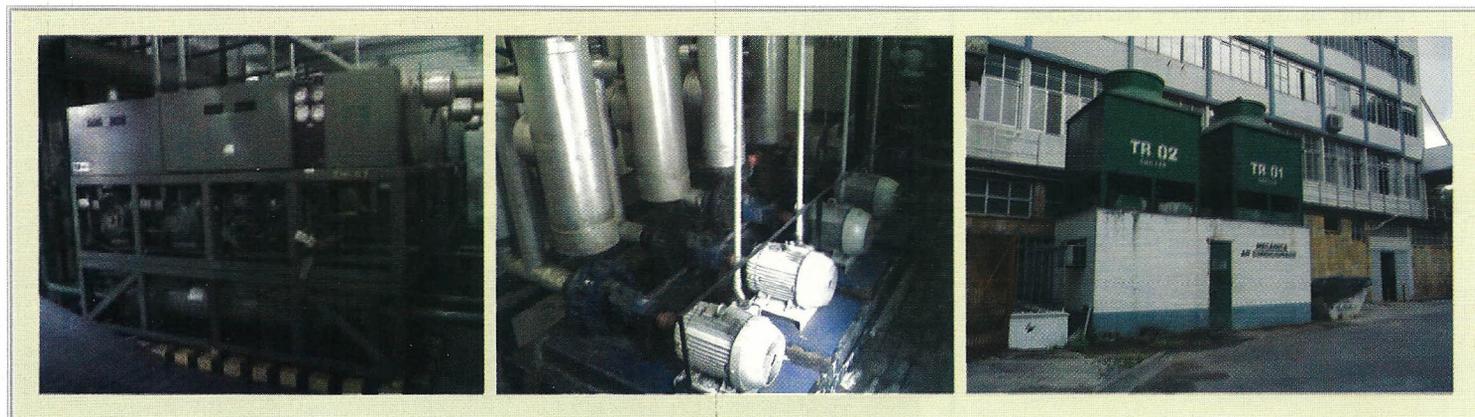


Fig. 1 – Equipamentos do sistema antigo



Fig. 2 – Equipamentos do sistema novo

do a aplicação dos recursos destinados aos projetos de eficiência energética para clientes do poder público, atuando em grande parte nos usos finais de iluminação e ar condicionado. O Hospital do Servidor Público Estadual Francisco Morato de Oliveira (HSPE) foi fundado em 1961 para oferecer atendimento médico aos servidores públicos do Estado de São Paulo, seus dependentes e agregados. O hospital está localizado no bairro de Moema, na Capital Paulista, e figura hoje entre os maiores do Estado.

A direção do hospital solicitou à AES Eletropaulo a avaliação dos equipamentos elétricos com maiores possibilidades de enquadramento no Programa de Eficiência Energética da empresa. Após os estudos dos principais usos finais do hospital, chegou-se à central de água gelada (CAG) do sistema de ar condicionado como o uso final viável para execução de um projeto de eficiência energética (PEE).

O projeto foi elaborado em consonância com o Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética da Aneel [2], aprovado pela Resolução Normativa nº 300, de 12 de fevereiro de 2008. Este manual define

critérios para o cálculo da relação custo-benefício dos projetos. O PEE atendeu às etapas de contratação de empresa de serviços de conservação de energia (no caso, a Global Soluções Ltda.), elaboração de diagnóstico energético, desenvolvimentos de projeto executivo com a provação do cliente, execução das obras e medição e verificação dos resultados. A etapa de medição e verificação foi realizada buscando atender PIMVP.

Desenvolvimento

A central de água gelada do HSPE era anteriormente composta por três chillers com compressores alternativos de 120 TR (toneladas de refrigeração) cada, quatro bombas de água gelada, quatro bombas de água de condensação e duas torres de resfriamento (figura 1).

O projeto implementado substituiu esses equipamentos pelos seguintes (figura 2):

- três chillers de 120 TR com compressores tipo “parafuso”;
- quatro bombas de água gelada de 56 m³/h x 40 mca (metros de coluna de água);
- quatro bombas de água de conden-

sação de 70m³/h x 30 mca; e

- duas torres de resfriamento totalizando 360 TR.

Foram ainda substituídos os painéis elétricos, instalado um sistema de automação, realizada reforma civil com a construção de fundações e novas bases, e substituída toda a tubulação, válvulas e conexões que compõem o sistema hidráulico da CAG. Também elaborou-se um diagnóstico dos *fan coils* das áreas atendidas pela central, com a finalidade de subsidiar o hospital a elaborar um plano de manutenção desses equipamentos, uma vez que tal atividade ficou fora do escopo do projeto devido a dois fatores: 1) o custo poderia inviabilizar um resultado aceitável da análise de custo-benefício, e 2) dificuldades de acesso e parada das máquinas.

A reforma civil na CAG foi necessária para se respeitarem as condições operacionais do HSPE, pois a produção de frio só poderia ser interrompida por algumas horas em dias predefinidos pelo hospital. A CAG está localizada sob uma rampa de circulação de veículos, que dá acesso a uma das entradas principais do hospital. Junto à CAG havia banheiros públicos, que foram demolidos para aumento da área da central. Neste local, foram construídas as bases dos novos chillers.

Enquanto as tubulações de água gelada e de condensação estavam sendo montadas, as torres de resfriamento e as bombas foram substituídas uma a uma, de modo a evitar interrupção da produção de frio. A instalação dos chillers ocorreu num período

Tab. 1 – Cálculo da eficiência média da CAG – Sistema antigo

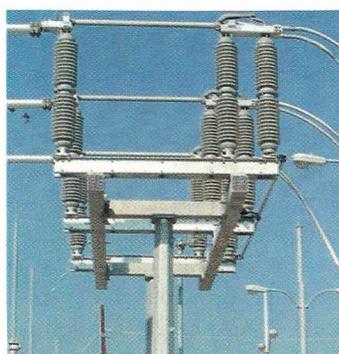
Vazão (m ³ /h)	165
Temperatura média de entrada de água gelada (°C)	7,92
Temperatura média de saída de água gelada (°C)	5,68
Produção média de TR = (TEAG-TSAG)*Vazão*1000/3024	84,19
Potência média registrada (kW)	171,33
Eficiência média (kW/TR)	2,04

Comprovadamente o sistema epóxi cicloalifático mais eficiente com resistência ao intemperismo



Sistemas cicloalifáticos hidrofóbicos com alta performance em componentes isolantes para uso externo como chaves seccionadoras, religadores e transformadores de medição.

GARANTIA DE FORNECIMENTO ININTERRUPTO



epHoxal
technology

EPHOXAL DO BRASIL IND E COM LTDA

Rua Austrália, 50 - Pq. Industrial Daci
06785-400 - Taboão da Serra - SP
Fone: 11 4138-9347
vendas@ephoxal.com.br
www.ephoxal.com.br

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Tab. II - Eficiência do sistema novo

Período de medição	Qtidade. de medidas úteis	TR médio	kW/TR médio
16 a 23/jan.	546	111	0,80

do em que a temperatura ambiente permitia que se operasse com apenas um equipamento, o que colaborou para evitar paradas prolongadas.

O Plano de Medição e Verificação seguiu o disposto no PIMVP, método B, em que as economias são determinadas por medições de campo do uso de energia dos sistemas nos quais a ação foi aplicada, separado do uso de energia do restante da instalação do hospital. O plano seguiu as etapas abaixo.

Fronteiras de medição

Adotaram-se fronteiras de medição visando à definição dos pontos para obtenção dos dados a serem utilizados no cálculo das economias:

- Antes da implantação – quadro elétrico da CAG existente.
- Depois da implantação – quadro elétrico da nova CAG instalada.

Avaliação dos sistemas

Sistema antigo – Durante o processo de reforma da CAG, foi instalado medidor de grandezas elétricas, que operou durante 15 dias, de forma a medir o perfil de utilização de energia de todos os equipamentos integrantes da central. Assim, obteve-se a potência elétrica (kW) utilizada pela CAG com registro horário para o período avaliado.

Da mesma forma, fizeram-se medições de temperatura de entrada e de saída da água gelada em pontos que totalizam a vazão de água produzida por todos os *chillers* em operação. Tratando-se de uma instalação

dotada apenas de circuito primário de distribuição de água gelada, é dado do sistema que a vazão de água gelada é constante. Da multiplicação, a cada hora, do dado referente à diferença de temperatura entre a entrada e a saída da água pela vazão de água circulando nesse circuito, obteve-se a produção de frio, em TR, da CAG.

Dividindo, hora a hora, os kW medidos pelas TR, obteve-se a eficiência da CAG para o período considerado: 2,04 kW/TR — vide tabela I, que apresenta resultados das medições em maio.

Para explicar este valor alto de kW/TR, que na realidade é função do lado térmico da relação, foram consideradas as seguintes hipóteses:

- No *chiller*:
 - carga de gás refrigerante insuficiente;
 - folga na camisa dos pistões dos compressores;
 - folga nas palhetas dos pistões dos compressores; e
 - incrustação parcial dos tubos dos trocadores de calor (condensadores).
- No sistema:
 - incrustação na tubulação de água gelada e de condensação;
 - sistema hidráulico desbalanceado; e
 - baixa vazão de ar nos climatizadores.

Adicionalmente, associou-se aos parâmetros de desempenho medidos a situação do clima na cidade no mesmo período.

Sistema novo – Para obtenção dos dados do sistema novo, foram utilizadas 546 medições considerando:

Tab. III - Variação da temperatura ambiente entre os períodos de medição

Fase do projeto	Temperaturas médias (°C)			Diferença (%)
	Mínima	Máxima	Média	
Diagnóstico (maio)	15,60	23,30	19,45	24,28
Diagnóstico (junho)	11,50	22,00	16,75	
M&V (janeiro)	18,14	26,85	22,495	

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

- temperatura de saída da água gelada dos *chillers* (através dos sensores dos *chillers*);
- temperatura de retorno da água gelada aos *chillers* (através dos sensores dos *chillers*);
- medição pontual de vazão (sistema com vazão constante); e
- potência elétrica efetiva nos mesmos horários.

No período apontado na tabela II, observaram-se valores máximos medidos de 360 TR, e mínimos de 60 TR.

O cálculo final foi elaborado através de integração de software fornecido pela empresa contratada para a instalação da automação do projeto e das medições.

Relação com temperatura externa - Avaliando-se as temperaturas externas durante as medições das grandezas elétricas e de temperaturas de saída e retorno da água gelada, notou-se, em função do período do ano, uma diferença entre as temperaturas médias mínimas e máximas antes da implantação (maio e junho) e depois da implantação do projeto (janeiro do ano seguinte): durante as primeiras medições, regis-

Tab. IV - Premissas para cálculo da RCB

Parâmetro	Valor
C1 (TR)	111,1
EF1 (kW/TR)	2,04
C2 (TR)	111,1
EF2 (kW/TR)	0,8
t (h)	8 760
CED (R\$/kW)	441,18
CEE (R\$/MWh)	165,96
RDP (kW)	137,80
EE (MWh)	1 206,80
i (%)	8
Custo total	R\$ 1 505 049,33

CED = Custo evitado de demanda
CEE = Custo evitado de energia
i = Taxa de juros

traram-se média mínima de 13,5°C e máxima de 22,6°C, e, nas segundas medições, média mínima de 18,1°C e máxima de 26,8°C. A diferença entre os dois momentos, considerando-se a média do mês (média entre as médias mínimas e máximas) foi de 24,3% (22,5°C/18,1°C) — tabela III.

A variação de produção de frio registrada no mesmo período foi de

54,2% (111 TR/72 TR). Sendo que o valor de 72 TR foi obtido pela média entre as médias registradas nas medições de maio (84 TR) e junho (60 TR).

Cálculo das economias

O cálculo da economia de energia elétrica com a modernização dos equipamentos da CAG é dado por:

$$EE = (C1 \cdot N1 \cdot EF1 - C2 \cdot N2 \cdot EF2) \times t \cdot 0,001$$

$$EE = (111,1 \cdot 1 \cdot 2,04 - 111,1 \cdot 1 \cdot 0,8) \cdot 8760$$

$$EE = 1 206,8 \text{ MWh/ano}$$

O cálculo da redução de demanda com a modernização dos equipamentos da CAG é dado por:

$$RDP = (C1 \cdot N1 \cdot EF1 - C2 \cdot N2 \cdot EF2) \cdot FCP$$

$$RDP = (111,1 \cdot 1 \cdot 2,04 - 111,1 \cdot 1 \cdot 0,8) \cdot 1$$

$$RDP = 137,8 \text{ kW}$$

Onde:

EE = energia economizada em MWh/ano;

RDP = redução de demanda na ponta;

Na FEICON 2014 conheça mais um grande lançamento DUTOTEC:

DUTOTEC® 40

A nova canaleta de alumínio para fazer mais diferença.

FLEXIBILIDADE de layout
RAIO 40 - Design inteligente
ALTA capacidade de cabos

www.dutotecr40.com.br

De 18 à 22/03
visite nosso stand
na rua B - 401
Anhembi - São Paulo - SP

Conheça também:

OTMOV®
Soluções práticas para móveis.

DUTOTEC®
CAD
Software para cabeamento estruturado
inteiramente gratuito.

DUTOTEC®
A eletrocalha de alumínio
que faz a diferença.

0800 702 6828 Fone: +55 (51) 2117 6600 www.dutotec.com.br

$C1$ = média de refrigeração solicitada corrigida – sistema antigo;

$C2$ = média de refrigeração solicitada medida – sistema novo;

$N1$ = número de equipamentos antigos – considerado o sistema;

$N2$ = número de equipamentos novos – considerado o sistema;

$EF1$ = rendimento do sistema antigo (kW/TR);

$EF2$ = rendimento do sistema novo (kW/TR);

t = horas de funcionamento por ano; e

FCP = fator de coincidência na ponta.
O valor de capacidade utilizado nos cálculos acima (111 TR) representa a produção média da CAG como um todo (sistema), ao invés de se considerar cada *chiller* individualmente.

RCB calculada do projeto

Para a obtenção da relação custo-benefício foram identificadas e calculadas as premissas da tabela IV. De posse das premissas, aplicou-se a fórmula indicada no Manual para a

Elaboração do Programa de Eficiência Energética da Aneel:

$$RCB = \frac{\text{Custo anualizado}}{\text{benefício anualizado}}$$

$$RCB = \frac{R\$ 153 292,60}{R\$ 261 061,35}$$

$$RCB = 0,587$$

Conclusões

O projeto de eficiência energética executado no Hospital do Servidor Público faz parte de uma série de projetos que a AES Eletropaulo desenvolve atualmente no sentido de proporcionar aos seus clientes os benefícios do uso racional da energia elétrica. O projeto, além de resultar em economia de energia e redução de demanda de ponta, importantes para o setor elétrico e para o cliente, trouxe outros benefícios diretos, como maior confiabilidade, com um sistema modernizado atendendo a áreas críticas do hospital, e redução dos custos e paradas de manutenção.

Atendendo ao Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética da Aneel, a avaliação do projeto foi baseada no Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance.

Ao iniciar o projeto, foram efetuadas medições de campo nos equipamentos antigos com medidores específicos. Após a entrada em funcionamento dos novos equipamentos, novas medições foram realizadas.

Com o plano de medição e verificação aplicado foi possível identificar as economias obtidas com o projeto e comprovar seu atendimento à relação custo-benefício determinada pela Aneel.

4. Referências Bibliográficas

- [1] INEE: Tradução do *International Performance Measurement and Verification Protocol: Concepts and Options for Determining Energy Savings* – outubro/2000.
- [2] Aneel: *Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética*. Aprovado pela Resolução Normativa nº 300, de 12/02/2008.

Trabalho apresentado no Sendi 2012 - Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, RJ.

MENOR PRAZO DE ENTREGA

AMPLA ESTOQUE

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Soluções completas para painéis elétricos, comando e sinalização, proteção, automação de máquinas e processos, movimentação e posicionamento, sensoriamento e muito mais.

METALTEX
desde 1958

Empresa
certificada
**ISO
9001**

www.metaltex.com.br

Rua José Rafaelli, 221 - 04763-280 - São Paulo - SP - Tel: (11) 5683-5700

Filiais: Campinas e Interior de SP (19) 3741-3590 • Espírito Santo (27) 3533-1803 • Minas Gerais (31) 3384-9476 • Paraná (41) 3357-3370
Pernambuco (81) 3342-0235 • Rio de Janeiro (21) 3872-3227 • Rio Grande do Sul (51) 3362-3652 • Santa Catarina (47) 3435-0439