

ANÁLISE DO SISTEMA ATUAL E PROJETO DE UM SISTEMA CENTRAL DE AR CONDICIONADO PARA O PALÁCIO DOS BANDEIRANTES

Carlos Roberto Ferrari Junior

cferrari@uol.com.br

Resumo. O Palácio dos Bandeirantes é a residência do Governador do Estado de São Paulo, assim como a sede de seu gabinete e de seus assessores. Isso faz com que o edifício necessite de toda uma infra-estrutura para que se possa comandar todo o estado desse local. Sendo assim, existem inúmeras pessoas, mais de mil funcionários, trabalhando no local, e hoje o prédio não possui condições adequadas. São mais de 7.000 m² de área a ser climatizada, sendo que hoje muitas salas não possuem nenhum ar condicionado, enquanto outras contam com aparelhos de janela de pequeno porte e baixa eficiência. Dado esse problema, esse trabalho propõe o projeto para a instalação de um sistema central de ar condicionado para o Palácio dos Bandeirantes. Para comprovar os benefícios do novo equipamento, serão analisados os sistemas mais usados atualmente, sendo depois feita uma comparação para determinar a alternativa que apresenta melhor retorno do capital investido.

Palavras chave: Ar condicionado, Palácio dos Bandeirantes, sistema central, análise econômica.

1. Introdução

O Palácio dos Bandeirantes é a sede do Governo do Estado de São Paulo, e por isso abriga a residência do Governador, assim como o gabinete de seus assessores. Isso requer toda uma infra-estrutura no local, fazendo deste um edifício comercial com centenas de trabalhadores.

Mas o início das obras para a construção do prédio aconteceu na década de cinquenta, e naquele tempo as exigências para um edifício comercial eram totalmente diferentes das atuais. Além disso, o Palácio foi construído para ser uma faculdade, e assim, teve que passar por inúmeras alterações até hoje para satisfazer as necessidades para ser a sede do governo.

Sendo assim, o Palácio dos Bandeirantes não foi projetado se pensando em um equipamento de ar condicionado, já que na época isso era algo muito raro no país. Mas com o passar do tempo, essa tecnologia se popularizou, tornando-se muito comum em edifícios comerciais, quase um item obrigatório, devido às profundas mudanças no clima da cidade de São Paulo. Então, ao longo dos anos, foram sendo instalados equipamentos de pequeno porte (os conhecidos aparelhos de janela) de forma totalmente desordenada, sem um controle ou planejamento adequado, de forma até mesmo injusta, já que algumas salas foram climatizadas e outras não, criando uma desigualdade entre os funcionários.

Os anos se passaram e nenhum projeto para um sistema central foi proposto, fazendo com que ainda hoje se tenha esses aparelhos de janela com baixa eficiência, altos custos de manutenção e por já serem velhos, estarem ultrapassados e em mal estado. Sendo assim, a desigualdade na instalação dos equipamentos atuais, assim como a baixa eficiência, alto custo de operação e por estarem no final de suas vidas úteis, são fatores que comprovam a necessidade de se instalar um sistema central de ar condicionado para todo o edifício.

Assim, a finalidade desse trabalho é analisar os aparelhos que existem hoje no Palácio, para depois poder ser feito um estudo da matriz energética do prédio, com o intuito de quantificar o potencial de economia ao se instalar novos equipamentos. Depois disso, com informações detalhadas dos ambientes de trabalho, calcula-se a carga térmica necessária e então se projeta o novo sistema central de ar condicionado para todo o edifício.

No final, para comprovar a eficiência do sistema escolhido, três alternativas são propostas. A primeira é de se instalar aparelhos selfs-contained pelo Palácio, já a segunda é utilizar uma central de água gelada (chiller), e a terceira é utilizar o novo sistema de ar condicionado de volume de refrigerante variável (VRV). São feitos os projetos das três alternativas, com seus custos e benefícios avaliados, para que então seja escolhido o sistema mais adequado para o local.

2. Análise Energética

O intuito principal do trabalho é projetar um sistema central de ar condicionado para o Palácio dos Bandeirantes. Porém, antes é muito interessante analisar o que já se tem instalado para o condicionamento de ar.

Para isso, o Palácio foi visitado, e um levantamento de todos os aparelhos de ar condicionado que funcionam hoje foi feito. Como não existe nenhuma central, são aparelhos de pequeno porte, sendo muitas vezes necessário utilizar vários para uma mesma sala. Todos são do tipo split ou os chamados aparelhos de janela, e para o estudo foram anotados as suas potências e condições de estado.

Logo que o levantamento terminou, imediatamente se percebe que muitas salas não têm climatização nenhuma, o que faz com que tenhamos inúmeras pessoas trabalhando em um ambiente de total desconforto térmico. No verão, principalmente, as salas chegam a temperaturas bem altas, e como não é possível abrir muito as janelas por causa das fortes rajadas de vento que surgem, foram constatadas inúmeras reclamações por parte de funcionários, que não

conseguiram trabalhar em dias quentes e ensolarados. O problema é tão grave, que não ocorre só no verão. Mesmo nas outras estações do ano, até no inverno, a temperatura exterior pode estar agradável que devido ao sol, no interior das salas onde a irradiação solar é alta, acaba gerando um calor que atrapalha muito as condições de trabalho.

Apenas com esses fatores, já é possível concluir a enorme insatisfação dos funcionários com o sistema de climatização atual. Mesmo desconsiderando o ponto de vista energético, o edifício tem uma grande carência de equipamentos de ar condicionado. Uma estimativa rápida mostra que aproximadamente metade das salas do Palácio, desconsiderando a do governador e de seus assessores, não possuem nenhuma climatização, sendo assim, mais ou menos metade dos funcionários trabalham grande parte do ano em ambientes muito quentes.

Para determinar a energia elétrica consumida pelo aparelho, é necessário introduzir o coeficiente de performance. O chamado COP, é um índice importante para avaliar o rendimento de um equipamento de climatização, quer ele seja um split, aparelho de janela, chiller ou qualquer outro. Ele relaciona a capacidade de remoção de calor de um equipamento, a sua energia útil, com a potência requerida pelo seu compressor, que seria a energia consumida, já que quase toda a energia gasta pelo ar condicionado é gasto pelo compressor. Lembrando que quanto maior o COP, melhor o rendimento do equipamento, e que este é um índice com valor sempre maior que um.

$$COP = \frac{ENERGIA\acute{U}TIL}{ENERGIA\text{CONSUMIDA}}$$

A equação acima diz que ao dividir a energia útil, que é a potência do aparelho indicada pelo fabricante, por exemplo, trinta mil BTUs por hora, pelo COP, o resultado é a energia que o equipamento consome. Com essa fórmula e a listagem dos equipamentos instalados no Palácio, estimando o tempo que os aparelhos funcionam, é possível determinar aproximadamente a energia gasta pelos aparelhos de ar condicionado existentes hoje no local.

Tendo acesso a todas as contas de energia do Palácio dos Bandeirantes do ano de 2005, foram tiradas três médias do consumo de energia: uma do verão, uma do inverno e outra do ano todo. Com esses resultados já se pode constatar a diferença de consumo entre o inverno e o verão, causada principalmente pelo uso dos ar condicionados. Então, foi feita uma matriz energética para cada período estudado, e os resultados serão melhores descritos mais abaixo.

3. Cálculo da Carga Térmica

A qualidade do ar em um ambiente interno climatizado deve ser garantida para que exista conforto e condições apropriadas para saúde. As fontes de poluição podem ser internas ou externas, e sendo assim, essas partículas poluidoras devem ser removidas ou diluídas. Nesse sentido a ventilação é um processo muito importante. Na maioria dos casos a ventilação é realizada para eliminar odores, irritações (alergias) e renovar o ar ambiente (evitar concentração de gás carbônico), ao invés de eliminar contaminantes nocivos à saúde.

Assim, será adotada uma taxa de troca de ar com o ambiente externo para proporcionar essa renovação do ar. O valor mais adequado é o recomendado pelo ASRAE, em torno de 36 m³/h por pessoa no local.

As condições de projeto são todos os parâmetros, determinados pelo projetista, que serão adotados para se obter resultados satisfatórios para o projeto, e é a partir deles que os cálculos serão efetuados.

As condições para a determinação da carga de resfriamento são as de especificação mais difícil, exigindo a definição da temperatura de bulbo seco, da umidade e da intensidade de radiação solar. As condições limites para a carga de resfriamento estão relacionadas com os extremos da radiação solar, e não com a temperatura de bulbo seco externa. Assim, seria necessário fazer cálculos preliminares para diferentes horas do dia, assim como para as diferentes estações do ano. Também são fatores relevantes, a localização geográfica do local, no caso São Paulo está a 24° de latitude sul, e a face para que o ambiente está voltado, já que para o hemisfério sul, uma parede voltada para o norte recebe insolação todo o dia, enquanto uma voltada para o sul fica na sombra o tempo todo.

Como o equipamento é o mesmo sempre, ele deve ser capaz de resfriar o ambiente durante todo o tempo, suportando as variações das condições externas. Assim, os cálculos serão feitos para a cidade de São Paulo, no verão de janeiro, durante as vinte e quatro horas do dia. As condições externas da cidade são: temperatura de bulbo seco de aproximadamente 32°C e a umidade relativa de 70% e absoluta de 0,022481. Para o ambiente interior, as condições pretendidas são: temperatura de bulbo seco de 24°C, umidade relativa de 50%, que em São Paulo gera uma umidade de 0,009876 kg/kg de ar seco.

O método utilizado para o cálculo da carga térmica é CLTD / CLF, recomendado pela ASHRAE, explicitado no seu manual Fundamentals. A carga térmica resultante é a soma das parcelas devido a vários fatores que resultam ganho de calor. Para o cálculo, foram contabilizados os ganhos por condução pelas paredes, condução e radiação pelos vidros, pela infiltração e ventilação de ar externo, e pela geração interna de calor, devido às pessoas, equipamentos e iluminação.

Depois de determinadas todas as parcelas de ganho de calor, são utilizados fatores para contabilizar efeitos de inércia dos ambientes, assim como para irradiação dentro das salas, isso para que o valor da carga térmica resultante não seja sub nem superdimensionada. Esses fatores foram obtidos através de inúmeros estudos, e são catalogados pela

ASHRAE. Depois disso, todas essas parcelas são somadas para se chegar à carga térmica total que o ar condicionado deve retirar de cada ambiente.

A carga térmica é calculada para cada sala individualmente, e depois os resultados são somados para se selecionar o equipamento central necessário. A informação detalhada de cada ambiente também será utilizada posteriormente para balancear a distribuição de ar, buscando-se retirar a quantidade de calor necessária sem causar desconforto aos usuários.

4. Alternativas de Projeto

Para o projeto do sistema central de ar condicionado para o Palácio dos Bandeirantes, foram estudadas algumas alternativas para a instalação. O critério para a escolha de quais opções seriam cogitadas foi as mais usuais no mercado atualmente, ou seja, central a água gelada (chiller), self-contained e VRV (volume de refrigerante variável).

Cada um com sua característica própria, a intenção desse comparativo é determinar qual equipamento é mais adequado para o local, descrevendo suas vantagens e desvantagens, analisando os ganhos a longo prazo de cada sistema.

Basicamente o que será considerado é o custo de instalação, custo de manutenção, economia gerada pela redução do consumo de energia e a vida útil de cada equipamento. Esses fatores são todos quantitativos, porém fatores qualitativos também serão mencionados, como facilidade para a instalação e manutenção, restrições para se utilizar determinada alternativa, e perspectivas futuras para os custos de cada sistema.

4.1 Self Contained

A primeira opção seria a mais simples e com menor gasto inicial, utilizando o sistema de self contained. Os selfs são sistemas acoplados, ou seja, a unidade condensadora e evaporadora ficam juntas. Com capacidades normalmente até 30TR, é necessário a instalação de várias máquinas na mesma obra. Nesse caso, devido ao tamanho do edifício seria melhor que as máquinas não ficassem todas juntas, e sim mais próximas dos ambientes que elas irão refrigerar.

Isso causa uma grande limitação para o projeto, o posicionamento dos equipamentos. Lembrando que são máquinas com dimensões nem um pouco desprezíveis, geralmente com quase dois metros de altura e uma base retangular de mais ou menos um metro quadrado de área, dependendo obviamente da capacidade e da marca do aparelho. Porém, além de seu tamanho, o self necessita de casa de máquinas, o que complica ainda mais o projeto, já que seriam necessárias várias casas de máquinas distribuídas pelo prédio.

Mas essa limitação do posicionamento das máquinas pode ser contornada. A edificação é antiga, sendo superdimensionada em todos os aspectos, não necessitando se preocupar com peso. No telhado o espaço é amplo para a colocação das casas de máquinas para os equipamentos do piso superior. Como o prédio na verdade é uma casa, dotada de um jardim muito amplo, também seria possível fazer as casas de máquinas dos andares inferiores no chão. Nesse projeto espaço nunca é uma limitação.

Assim, depois de escolhido o equipamento, o sistema self requer dutos para passar o ar da máquina até os ambientes. Essa rede de dutos deve ser cuidadosamente projetada, levando em conta perdas de carga, vazões mínimas em cada ponto de insuflação de acordo com a carga térmica requerida pelo ambiente, e também o nível de ruído, já que estamos em um escritório, e com a climatização do ambiente busca-se maior conforto dos ocupantes das salas, e com um ruído excessivo, isso não seria alcançado.

Para o dimensionamento dos dutos, foi utilizado o método de perda de carga constante ao longo da tubulação. E os cálculos foram feitos a partir da velocidade máxima recomendada pela ASHRAE para escritórios, de 7,5m/s nas tubulações próximas aos ambientes.

Pode-se dizer que esta é uma alternativa quase obsoleta, e que cada vez mais vem sendo substituída por splits em instalações pequenas e por chillers ou VRVs em projetos maiores. Porém ainda sim, esse é um sistema muito difundido no país, e por isso é válido estudá-lo nesse trabalho.

4.2 Chiller

A segunda opção é a mais importante, visto que baseado em projetos anteriores semelhantes a esse, essa seria a melhor alternativa para ser instalada. O chiller, ou central de produção de água gelada, é um sistema muito mais complexo que o self, porém com uma eficiência muito maior.

Enquanto o self é uma unidade única, contendo a condensadora e a evaporadora, já expelindo o ar resfriado pronto para ser levado para os ambientes, o processo do chiller é bem diferente. A máquina do chiller em si, resfria água, até a temperatura de aproximadamente 7°C. Essa água gelada é distribuída por dutos ao longo do edifício, chegando até um outro equipamento que são os fancoils, que recebem essa água gelada, e com ela, através de uma serpentina, resfriam o ar que vai ser insuflado nos ambientes.

Ligado a um chiller, temos inúmeros fancoils de potências bem menores. As saídas dos fancoils podem ser dutadas, e a partir daqui, as linhas de dutos podem ser as mesmas do projeto do self contained, contanto que o fancoil tenha a mesma potência. Como os custos dos dutos e das grelhas são os mesmos da segunda para a primeira opção, a diferença

fica apenas na substituição dos aparelhos selfs por fancoils de mesma potência, e o adicional do chiller central. O custo da distribuição da água gelada vai ser desprezado, embora não seja tão pequeno, é pouco significativo perto dos gastos com equipamentos.

Como no prédio não se tem problema para construir uma casa de máquinas grande, a instalação de uma central chiller se torna viável e assim muito interessante. A lage superior é grande, espaçosa e agüenta facilmente um equipamento desse porte, sendo assim, um ótimo lugar para se construir a casa de máquinas.

Talvez a maior desvantagem do chiller seja, por causa da sua complexidade, a manutenção. Primeiramente, é necessário uma equipe especializada permanente no local, para poder operar o equipamento corretamente. Também por causa disso, juntamente com outros fatores ligados a grandiosidade do equipamento central, o custo de manutenção resulta num valor bem elevado, muito maior que o gasto com self contained ou VRV. Esse ponto é importante porque torna essa alternativa inviável para instalações de pequeno porte, não justificando um gasto tão alto de manutenção, para um ganho pequeno por causa da maior eficiência na operação.

Considerando também o fato de se ter uma central única para o edifício inteiro, o equipamento leva um tempo considerável para entrar em regime permanente após ser ligado, e também não tem ótima eficiência em carga parcial, tudo isso faz com que essa alternativa seja apropriada apenas para locais que utilizem o sistema em plena carga por um longo período de tempo. Ou seja, em ambientes onde o uso é bem variado durante o dia, e o equipamento possa ser desligado em alguns momentos, esse sistema não se torna tão eficiente. Mas no caso do Palácio dos Bandeirantes, o que acontece é exatamente o contrário. A utilização é constante durante o dia todo, com o equipamento devendo ficar ligado durante todo o horário comercial, e após isso, podendo ser completamente desligado. Isso faz a opção de se instalar um chiller no prédio, algo bem viável e interessante.

4.3 VRV

Visando deixar o trabalho o mais moderno possível, é muito interessante discutir novas tecnologias que já se encontram presentes no mercado. Nos últimos anos, os splits vêm ganhando cada vez mais uma parcela maior no mercado. Hoje, muitos projetos em que se poderia instalar um sistema central, acabam optando pela colocação de inúmeros splits distribuídos pelo prédio.

Muito pouco conhecido no Brasil, porém já utilizado há algumas décadas no exterior, o sistema de volume de refrigerante variável é um sistema similar ao split, porém, ao invés de ter uma condensadora de baixa capacidade, ligada a no máximo quatro evaporadoras todas de pequeno porte, esse sistema conta com uma evaporadora com uma potência bem maior, suprindo inúmeras condensadoras, chegando até a mais de quarenta e cinco evaporadoras ligadas a uma única condensadora.

Esse sistema também não seria como o chiller, onde se tem uma central única. É mais parecido com as potências dos selfs maiores, onde seriam necessárias algumas condensadoras no lugar do selfs e inúmeras evaporadoras no lugar das grelhas.

A grande vantagem vem do fato de não se precisar construir a rede de dutos, o que barateia e facilita muito a instalação. Sem contar que isso geralmente é uma limitação de projeto em edifícios já construídos e em plana utilização, além de ocupar um espaço considerável na edificação. No lugar dos dutos temos dois tubos de cobre, de certa forma delgados, que vão da condensadora até as evaporadoras. Fazer a passagem desses tubos pelo prédio é muito mais fácil que passar os dutos, exigindo modificações muito menores no edifício. Isso significa um custo de instalação bem reduzido, além de necessitar de uma mão de obra pouca especializada e por isso mais barata, fatores que podem ser decisivos a favor da escolha dessa opção.

Os defensores do VRV dizem que a tecnologia conseguirá dominar os projetos para ambientes como escritórios, estabelecimentos comerciais e residenciais. Sendo assim, o futuro do chiller estará restrito a projetos que precisem de carga plena por todo o período de utilização, como em shoppings, auditórios, ambientes industriais, etc.

Com supostamente uma eficiência próxima a de um chiller, os sistemas VRV são inovadores, e por isso vale aqui uma comparação entre esse sistema e os mais utilizados atualmente. Como a utilização do equipamento de ar condicionado é quase constante ao longo do dia, essa alternativa ainda não é tão atrativa nesse caso, mesmo assim, os resultados são quase imprevisíveis.

Outro ponto interessante é o custo de manutenção supostamente muito baixo. Pela ausência de dutos, se as junções dos tubos de cobre forem bem feitas, não apresentarão problemas de vazamentos durante a vida útil do equipamento. Sendo assim, a manutenção é muito mais simples, não necessitando de uma equipe especializada fixa no local, como para o chiller, fazendo com que os gastos fiquem concentrados na reposição de peças. Hoje esse custo é estimado para um valor um pouco elevado, já que as peças são todas importadas, vendidas em escala reduzida, e por isso têm um preço elevado. Porém, com o passar do tempo, e a tecnologia ficar mais difundida no país, esse custo tende a cair drasticamente, fazendo dessa alternativa cada vez mais interessante.

Como existem poucas instalações feitas hoje, e com poucos anos de utilização, não é possível chegar a conclusões muito precisas quanto à operação dessa tecnologia. Assim, as vantagens na operação aqui apontadas são todas alegações dos fabricantes, que obviamente querem vender seu produto, e portanto é mais aconselhável que estudos independentes determinando os ganhos de se usar VRV como sistema central de climatização sejam realizados. Com o passar do tempo esses estudos serão feitos, porém hoje, as informações são apenas dados dos fabricantes.

Sendo assim, algumas ressalvas já podem ser feitas. Primeiro de tudo, assim como com os splits, é necessário se projetar dispositivos que farão a renovação do ar ambiente com o meio externo, já que o sistema não promove troca de ar. Além disso, teremos centenas de metros de tubos de cobre passando pelo edifício, e as junções desses tubos devem ser feitas através de soldas, criando aqui um potencial problema sério de vazamentos. Lembrando que diferentemente da distribuição da água gelada, o vazamento é de refrigerante, componente muito caro para ser desperdiçado. Sem contar que por ser algo novo, a manutenção é cara e com poucas pessoas especializadas.

Sendo assim, temos essas três alternativas para estudar e depois de projetar a instalação de cada sistema, determinar seus custos e seus ganhos, para assim, no final, poder chegar a uma conclusão do melhor sistema a ser instalado.

5. Resultados

A primeira etapa do trabalho constituiu-se na análise energética do edifício. Para isso, foi feita uma média dos gastos de eletricidade do Palácio no período de um ano. É importante ressaltar que o prédio tem a tarifação diferenciada, diferente da cobrança em residências, levando em conta não só a energia utilizada, mas também a demanda no pico, fator de potência entre outras coisas.

Tendo acesso às contas de energia, chegou-se a um gasto mensal médio de 700 kWh no ano todo, que gera um gasto em torno de R\$ 60.000,00. Também se calculou o consumo médio nos meses de inverno e de verão, chegando a 575kWh e 750kWh, respectivamente.

Também foi feito um levantamento de todos os equipamentos de ar condicionado existentes hoje no Palácio, número próximo de 150 aparelhos, analisando sua capacidade, tipo (aparelho de janela ou split) e estado de conservação. Com esse estudo foi possível estimar o consumo de energia gerado por esses ar condicionados, para então determinar o percentual da eletricidade é gasto atualmente com climatização.

Na média do ano todo, o consumo desses aparelhos foi de 280kWh por mês, correspondendo a aproximadamente 40% do total utilizado. Sendo assim, uma análise grosseira mostra que o gasto com ar condicionado hoje é de mais ou menos R\$25.000,00. Abaixo está a matriz energética do Palácio dos Bandeirantes.

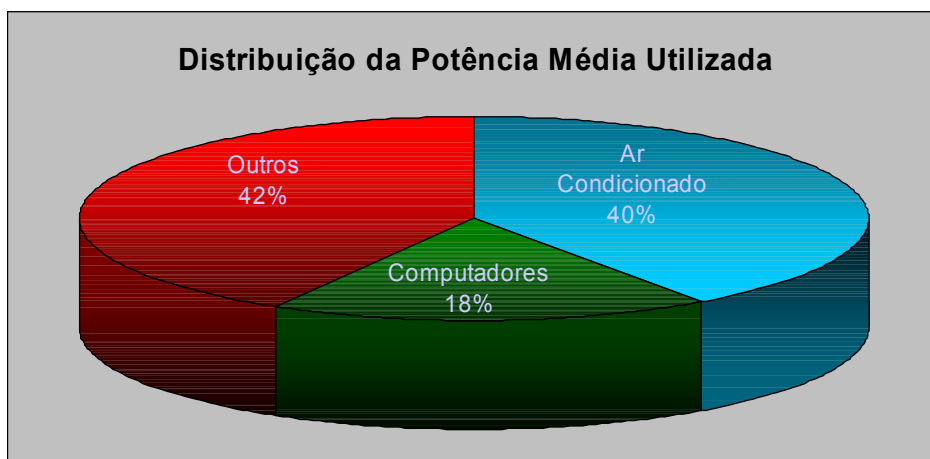


Figura 1 – Matriz energética do Palácio dos Bandeirantes

Esse valor elevado de consumo somente do ar condicionado, já abre espaço para viabilizar as alternativas de se instalar um novo sistema de climatização central para o edifício, com o custo operacional menor, compensando o gasto inicial.

Como já se tinha calculado o consumo de energia durante o verão e o inverno, também foram feitos gráficos da distribuição do consumo de eletricidade para esses períodos. Os gráficos são mostrados abaixo:

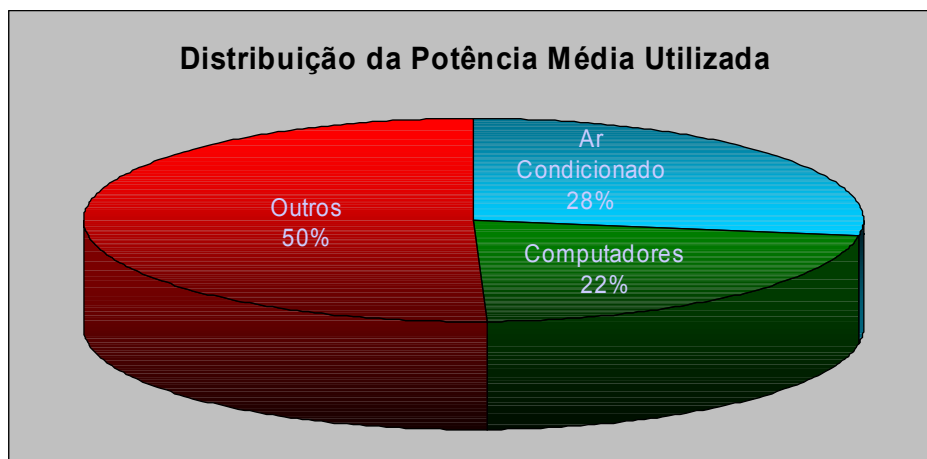


Figura 2 – Matriz energética do Palácio dos Bandeirantes nos meses de Inverno

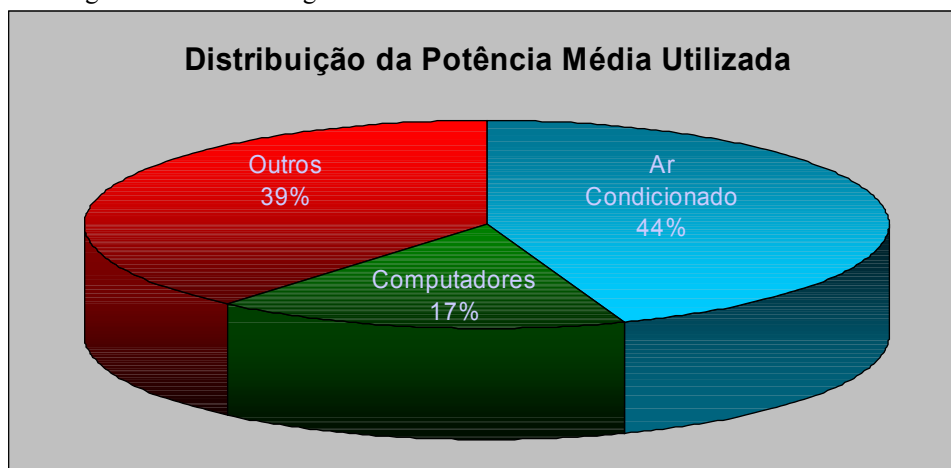


Figura 3 – Matriz energética do Palácio dos Bandeirantes nos meses de verão

Esses gráficos são muito interessantes para mostrar a dependência que o edifício tem do sistema de climatização. Durante o verão, quase metade do consumo de energia é devido aos aparelhos de ar condicionado. Já no inverno, uma estação onde o clima poderia dispensar totalmente a utilização do ar condicionado, ainda se verifica que mais de um quarto do consumo vem desses equipamentos. Lembrando que hoje, inúmeras salas não possuem nenhum sistema de climatização, esses gráficos mostram um suposto desconforto térmico relevante, já que se pode comprovar que quem possui ar condicionado o utiliza bastante durante o ano, inclusive no inverno. Sendo assim, quem trabalha numa sala sem nenhum aparelho, deve sentir um desconforto acentuado. Portanto, esses gráficos são muito importantes para evidenciar a necessidade da instalação de um sistema central, de qualquer tecnologia existente, mas que atenda a todo o edifício.

Depois de se fazer a análise energética, com as informações detalhadas dos ambientes, foi calculada a carga térmica requerida para cada sala. Somando os ganhos de calor que deveriam ser compensados em cada ambiente, chegou-se a um valor superior a 220 TR, valor que deveria ter o equipamento central. Na hora de se projetar a distribuição de ar, e analisar a finalidade de cada ambiente, algumas salas não receberam climatização, e por isso, determinou-se que o equipamento a ser instalado tem de ter 180 TR.

Agora, é possível selecionar os equipamentos de acordo com o sistema escolhido. Para a opção de se instalar selfs contained, foram necessárias 14 máquinas. Os equipamentos são todos selfs com condensação a ar e compressores herméticos alternativos, da marca Hitachi. Segundo a divisão dos sistemas de distribuição de ar, será utilizado um self de 5TR (código RP-514AVL), quatro de 10TR (código RP-1014AVL), e nove de 15TR (código RP-1516AV). O total de gasto estimado para a compra desses equipamentos foi de quase R\$300.000,00.

Para se instalar selfs, é necessário projetar os dutos de distribuição de ar ao longo do edifício. O custo dessa distribuição é composto pelo gasto com os dutos com o isolamento térmico, mais os difusores que insuflam o ar nos ambientes.

Do dimensionamento dos dutos, utilizando chapas de 24mm e 26 mm de espessura, com isolamento de lã de vidro, estimou-se um gasto de aproximadamente de R\$13.000,00. Como ainda faltam os dispositivos para o balanceamento do ar nos ambientes, e sempre ocorrem perdas na instalação dos dutos, esse valor será aproximado para R\$20.000,00, para contabilizar esses gastos extras.

Já os difusores utilizados são da marca Trox, todos lineares e quadrados (modelo ADE), variando apenas as dimensões, de acordo com a necessidade de cada ambiente. Os preços de cada um varia de R\$250,00 até mais de R\$700,00. No final, o gasto total com os difusores foi calculado em torno de R\$110.000,00.

Sendo assim, o gasto total para se instalar equipamentos self contained, mais a distribuição de ar necessária para sua utilização, fica em torno de R\$430.000,00.

Já ao se optar por chiller, os gastos com dutos e difusores se mantém os mesmos. O que acaba mudando, é que substitui o custo das máquinas self por fancoils, a ainda deve-se somar o gasto com a central de água gelada, o chiller.

O chiller escolhido também é com condensação a ar, compressor parafuso, o modelo sendo Hitachi RCU180SAZ 4AP, e seu preço é de R\$241.500,00. Para poder utilizar o mesmo sistema de distribuição de ar do self para o chiller, os fancoils selecionados devem ser análogos aos selfs. Sendo assim, será escolhido um fancoil de 5TR (códigos TCA-CQ-05), quatro de 10TR (código TCA-CQ-10), e nove de 15TR (código TCA-CQ-15). Todos também da marca Hitachi, do modelo horizontal. O custo desses equipamentos fica em torno de R\$80.000,00.

Sendo assim, a alternativa de se optar por uma central chiller, tem um custo de instalação aproximado de R\$530.000,00.

A última alternativa, do sistema VRV, também foi levantado seus custos de instalação. A marca escolhida foi a Daikin, que gentilmente ajudou no projeto desse sistema ainda pouco difundido no Brasil, e fez a cotação do total dos equipamentos necessários. O orçamento total ficou em torno de US\$560.000,00, equivalendo a aproximadamente R\$1.200.000,00. Um valor um pouco elevado, comum para máquinas importadas com pequena demanda no mercado.

Para o projeto do sistema VRV foram necessárias 6 condensadoras, sendo uma de 16HP (código RXY16MYL), 1 de 26HP (RXY26MYL), duas de 28HP (RXY28MYL), uma de 40 HP (RXY40MYL) e uma de 48 HP (RXY48MYL). Essas 6 condensadoras são capazes de suprir 172 evaporadoras. As evaporadoras são escolhidas de acordo com a necessidade e disposição de cada ambiente, podendo ser do tipo Hi Wall que fica na parede e possui uma única saída de ar, ou tipo cassete que é instalada internamente ao teto e possui quatro saídas de ar. As potências das evaporadoras são de 20kcal, 25kcal, 32kcal, 40kcal, 63kcal e 80kcal. As evaporadoras utilizadas foram 44 do modelo FXA20LVE, 11 unidades FXA25LVE, 2 unidades FXA20LVE, 1 unidade FXA63LVE, 1 unidade FXK25LVE, 25 unidades FXF25LVE, 21 unidades FXF32LVE, 34 unidades FXF40LVE, 28 unidades FXF63LVE e 5 unidades FXF80LVE.

Ao invés de se ter gastos com dutos e difusores, nessa alternativa, é necessário se considerar os gastos com dutos de cobre e seu isolamento, assim como com os refnets (peças que dividem os ramais da tubulação de cobre). Dependendo da potência da ramificação, deve-se selecionar o diâmetro do duto e o tipo do refnet apropriado. Para todo o projeto foram necessários mais de 150 refnets e mais de 2,5km de tubos.

Com todos esse custos, pode-se fazer um estudo para saber qual a melhor alternativa a longo prazo. Algumas suposições são feitas, como taxa de juros real de 8% ao ano, utilização da potência máxima dos equipamentos em 75% do tempo e os COP adotados são constantes ao longo da utilização e seus valores são dados do fabricante. Todos os custos são arredondados para cima, prevendo eventuais gastos adicionais que sempre existem na instalação de um projeto. A tabela a seguir mostra com detalhes os custos e o retorno das alternativas em relação à condição atual.

Também se deve levar em conta a vida útil dos equipamentos para os cálculos do payback, ou seja, quanto tempo cada alternativa se paga. Para o self contained, a Hitachi garante vida útil em torno de 15 anos, enquanto a central chiller chega facilmente a 20 anos. Já para o VRV da Daikin, a expectativa é de uma vida útil em torno dos 12 anos, porém novamente é uma tecnologia recente, faltam dados para comprovar melhor essa informação.

Esses valores valem apenas para as máquinas, a vida útil dos dutos, difusores, tubos de cobre e refnets é muito maior do que a dos equipamentos, portanto ao final da vida útil, e reciclar os equipamentos, isso deve ser considerado.

A seguir está a tabela com os valores do cálculo do retorno do capital investido para cada alternativa a ser instalada no Palácio dos Bandeirantes.

Tabela 1 – Estudo de viabilidade econômica

Opção 1	Self		Opção 2	Chiller		Opção 3	VRV	
Dutos	R\$ 20.000,00		Dutos	R\$ 20.000,00		Máquinário	R\$ 1.166.300,00	
Difusores	R\$ 110.000,00		Difusores	R\$ 110.000,00				
Máquinas	R\$ 300.000,00		Fancoils	R\$ 150.000,00				
			Chiller	R\$ 250.000,00				
Total	R\$ 430.000,00			R\$ 530.000,00			R\$ 1.166.300,00	
Capacidade	180	TR		180	TR		160	TR
Capacidade	633,6	Kw		633,6	Kw		563,2	Kw
COP	2,2			3			2,9	
Consumo	216	Kw		158,40	Kw		145,6551724	Kw
Antigo	280	Kw		280	Kw		280	Kw
Economia	-22,86%			-43,43%			-47,98%	
Em reais	-R\$ 5.714,29			-R\$ 10.857,14			-R\$ 11.995,07	
Manutenção	R\$ 2.000,00			R\$ 3.000,00			R\$ 2.200,00	
Se paga	209	meses		88	meses		222	meses
Se paga	17,4	anos		7,3	anos		18,5	anos

Percebe-se que a instalação de um chiller é melhor opção, com um payback de pouco mais de 7 anos, sendo a opção com melhor retorno do capital investido.

6. Conclusão

Os resultados estão de acordo com o esperado, já que atualmente, para instalações do porte e do tipo de utilização do Palácio dos Bandeirantes, a melhor opção ainda é a instalação de uma central de água gelada. Sempre que existe uma demanda grande, como neste caso de mais de 150 TR, uma distribuição de utilização uniforme ao longo do dia, como em escritórios, que funcionam o dia inteiro com praticamente a mesma demanda, e o equipamento pode ser desligado fora do horário comercial, a melhor opção é o chiller.

A alternativa de se instalar um self-contained obviamente não seria a melhor, já que mesmo tendo um investimento inicial inferior ao do chiller, devido a sua menor eficiência seu custo de operação é bem maior. Mesmo assim, esse estudo é válido para se poder quantificar as diferenças entre as duas opções, uma com maior custo inicial, e outra com maior custo operacional.

E a terceira alternativa, de se instalar o novo sistema de volume de refrigerante variável (VRV) acabou sendo a pior opção. Mesmo com um ótimo custo operacional, melhor até mesmo do que o do chiller, o elevado investimento inicial fez com que a alternativa se tornasse inviável. É bom ressaltar que essa é uma tecnologia moderna, ainda pouco utilizada no Brasil, de equipamentos importados, e assim, em poucos anos se espera que o custo de instalação desse sistema caia drasticamente, depois de se tornar mais difundido no país. Sendo assim, esses cálculos comprovam o potencial desse novo sistema, e a partir do momento que o preço dos equipamentos reduzirem, essa se torna uma alternativa muito interessante.

Uma outra ressalva importante quanto ao VRV é que o custo de manutenção está baseado em grande parte na compra de peças de reposição, que hoje ainda têm um preço elevado. Novamente, em alguns anos com o barateio da tecnologia, o custo de manutenção deve cair ainda mais, tornando a alternativa muito mais atrativa do que é hoje. Assim, pode-se concluir que no futuro o VRV será um sistema muito interessante, mostrando-se cada vez mais capaz de aposentar os selfs contained e roubar uma parcela significativa do mercado dos chillers.

Assim, pode ser comprovada a utilidade de se instalar um sistema central de água gelada para o Palácio dos Bandeirantes. Primeiramente, o potencial de economia foi estimado, para depois de projetado o sistema, calcular o novo gasto com eletricidade, para se poder determinar a energia e então o dinheiro que será economizado mensalmente com o novo equipamento. Com essa economia e o valor gasto para a instalação, foi feito um estudo admitindo taxa de juros real de 8% ao ano. O chiller tem o menor tempo para o payback, menos de oito anos, comprovando que o benefício financeiro desse projeto é bem grande, com o investimento sendo recuperado em um tempo relativamente curto. Como a vida útil desse equipamento é a maior de todas, em torno de 20 anos, e a instalação se paga em menos de 8 anos, esse é mais um fator que comprova a maior eficiência desse sistema.

Outra coisa interessante de se ressaltar é que hoje, inúmeras salas não possuem climatização nenhuma, sendo assim, o novo sistema atinge mais pessoas que o atual, e mesmo assim, ainda consegue ser mais econômico. Esse fato não

pode ser quantificado, mas se fossem instalados aparelhos de janela nas salas que não possuem climatização, o ganho seria maior ainda.

Sendo assim, está comprovada a necessidade da instalação do chiller no Palácio dos Bandeirantes, já que promoverá uma melhora na climatização atual, satisfazendo todos os funcionários igualmente, além de ser totalmente viável economicamente, e possuir um payback muito atrativo.

O trabalho se encerra no estudo de se determinar o tempo para o payback das alternativas de se instalar um chiller, self ou VRV. Mas também seria interessante aprofundar mais em alguns aspectos, incrementando as alternativas. Primeiramente, pode-se cogitar fazer uma instalação de equipamentos VAV (volume de ar variável) nas saídas de ar dos dutos de insuflação nas salas, o que aumentaria o conforto dos usuários, e traz economia de energia. Outro aspecto que pode ser considerado é que as máquinas selecionadas são de condensação a ar, então, sendo interessante compará-las com equipamentos com condensação a água, que conseguem eficiência um pouco maior. Obviamente para isso seria necessário projetar uma torre de resfriamento.

Existem outras alternativas interessantes a serem estudadas que trariam maior eficiência, porém de menor impacto, podem assim serem discutidas anos após a instalação do novo sistema, buscando uma maior economia.

7. Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao arquiteto Ângelo Ponzoni Neto, curador chefe do estado, que ajudou a conseguir todas as informações do Palácio dos Bandeirantes para que o trabalho pudesse ser realizado.

8. Referências

ASHRAE (2001). Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, New York.
Stoecker, W. F.; Jones, J.W. Refrigeração e ar condicionado. Ed. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1985.
Mariani, A. L. Notas de aula PME 2515 – Ar condicionado e ventilação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

9. Direitos autorais

O autor é o único responsável pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

ANALYSIS OF THE CURRENT SYSTEM AND PROJECT OF A CENTRAL AIR CONDITIONING SYSTEM FOR THE PALÁCIO DOS BANDEIRANTES

Carlos Roberto Ferrari Junior

cferrari@uol.com.br

Abstract. The Palácio dos Bandeirantes is the official residence of the Governor of the State of São Paulo, as it is the base of his office and his staff. Because of that, the building requires a whole infra-structure so that the State can be ruled from there. Thus, there are thousands of employees there working under conditions that are not appropriate. There are over 7.000 m² to be conditioned, and today many offices have no cooling system, while others have small window air conditioning equipments of low power and efficiency. Based on that, this paper presents the design of a central air conditioning system for the Palácio dos Bandeirantes. To assure the benefits of the new equipment, the most used technologies of today will be analyzed, and then a comparison will be made to show which one is the best alternative to be installed.

Key words: Air conditioning, Palácio dos Bandeirantes, central system, economic analysis.