

AVALIAÇÃO DO USO DE ECONOMIZADORES PARA REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES CLIMATIZADAS

Guilherme Simões da Costa
g.simo.es.costa@gmail.com

Resumo. Este trabalho tem como objetivo analisar diferentes estratégias empregadas no controle de sistemas chamados economizadores. Tais sistemas são utilizados em sistemas de condicionamento de ar com o objetivo de reduzir o consumo energético com refrigeração. Para tal, ar externo é misturado com ar de retorno e direcionado para a zona a ser climatizada sempre que condições como umidade e temperatura externas são favoráveis. A análise é feita num prédio representativo de uma edificação comercial localizada em cidades de diferentes regiões do Brasil, a fim de analisar a aplicabilidade de tais estratégias nas condições climáticas brasileiras. Simulações utilizando o software EnergyPlus são feitas tendo sempre em mente a eficiência energética atingida para garantir a qualidade do ar interno nos diversos cenários.

Palavras-chave: Ar-condicionado, economizadores, edificação comercial.

1. Introdução

1.1. Motivação

O aumento na demanda por energia elétrica vem se tornando um dos problemas de infraestrutura de maior destaque nos últimos tempos, Tal aumento pode ser justificado pelo crescimento econômico alcançado, Em 2010, o PIB brasileiro teve crescimento de 7,5% (IBGE, 2011), o que reflete intensificação nas atividades dos vários setores da economia. Pesquisas (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 1997) revelam que cerca de 20% do consumo de eletricidade em edificações comerciais é fruto da utilização de sistemas de climatização. Observando a importante participação da climatização de ambientes nos gastos em energia somados com o atual crescimento econômico brasileiro, fica justificada a busca por maneiras que visam o aumento da eficiência de tais sistemas.

Os sistemas economizadores são uma das respostas a este problema. Numa esfera mais ampla, as normas relativas aos componentes de uma edificação, bem como o gerenciamento de energia em tais ambientes, também vêm sendo criadas e atualizadas visando à diminuição do consumo dos sistemas de climatização.

1.2. Sistemas Economizadores

Um economizador pode ser modelado de maneira simples como um conjunto de *dampers* que permitem a mistura de ar externo (de renovação) com ar de recirculação quando aquele detém características favoráveis a sua utilização na insuflação, como pode ser visto na Figura 1). O ar externo em condições de temperatura e umidade favoráveis (baixas temperaturas e baixos valores de umidade) pode diminuir a carga térmica sobre o sistema de refrigeração quando comparado com o ar de recirculação. Este pode estar em condições que exijam maior trabalho do sistema para sua adequação às características do ar no ambiente climatizado. Na Figura. (1) são indicadas as temperaturas e umidades relativas do ar externo (t_e e u_e), do ar de recirculação (t_r e u_r), do ar do ambiente climatizado (t_a e u_a) e do ar resultante da mistura entre ar de retorno e externo (t_m e u_m).

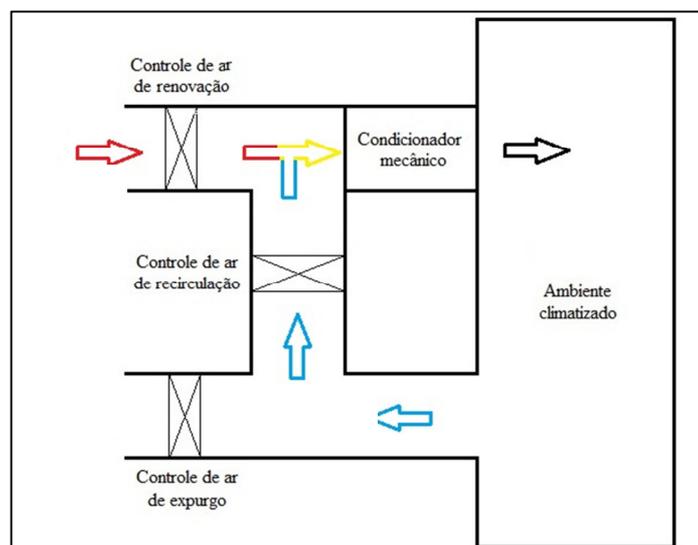


Figura 1. Esquema de sistema de AC com sistema economizador.

A refrigeração do ar depende diretamente de sua temperatura e umidade. O calor trocado no sistema é usualmente dividido em calor sensível (calor sensível representa o calor trocado com o ar se este estivesse idealmente seco) e o calor relacionado com a mudança de estado da água contida no ar. Se ar úmido é resfriado, parte da água contida nele na forma de vapor mudará de estado, aumentando a energia necessária para o resfriamento.

Entre as estratégias de controle atualmente estudadas e utilizadas estão aquelas que levam em consideração a temperatura de bulbo seco externa e entalpia do ar externo. A princípio, estratégias de controle utilizando temperatura de bulbo seco não levam em consideração o calor relacionado com a mudança de estado da água, visto que não introduzem qualquer medida de umidade, ao contrário das estratégias que utilizam entalpia da mistura de ar úmido para controle, a qual é dependente da quantidade de água que está no ar.

Observando a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(2) pode-se compreender melhor o que ocorre quando um economizador é utilizado. As esferas representam os estados do ar: na saída da serpentina (cor preta), na entrada da serpentina (cor amarela), na saída do ambiente climatizado (cor azul) e no ambiente externo (cor vermelha). Tanto em um sistema de climatização comum quanto em um sistema utilizando economizador, a vazão de ar externo (vermelho) é misturada com a vazão de ar de retorno (azul). A vazão resultante da mistura (amarelo) troca então calor com a serpentina sendo insuflada para o ambiente a ser climatizado (preto).

O economizador atua no controle da vazão de ar externo a fim de diminuir a carga térmica sobre o sistema de climatização, a qual está diretamente relacionada com a diferença de entalpia entre o ar entrando na serpentina e o ar saindo da mesma. Na carta psicrométrica da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(2) duas situações são representadas. Contornadas em verde, as esferas representam condições onde o economizador controlaria a vazão do ar externo a fim de mantê-la em seu valor mínimo. No entanto, quando as condições do ar externo apresentam temperatura e umidade relativa baixas o suficiente para diminuir a entalpia do ar, a vazão de ar externo é aumentada.

Na carta da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(2), as esferas contornadas em azul simbolizam a situação onde as condições de ar externo são capazes de diminuir a variação de entalpia no sistema de climatização. Embora a umidade não seja menor que na situação anterior, a temperatura é baixa o suficiente para diminuir a entalpia da mistura. No canto esquerdo superior as variações de entalpia na serpentina são ilustradas, mostrando que em certas circunstâncias, a carga térmica sobre a serpentina pode ser diminuída aumentando-se a vazão de ar externo.

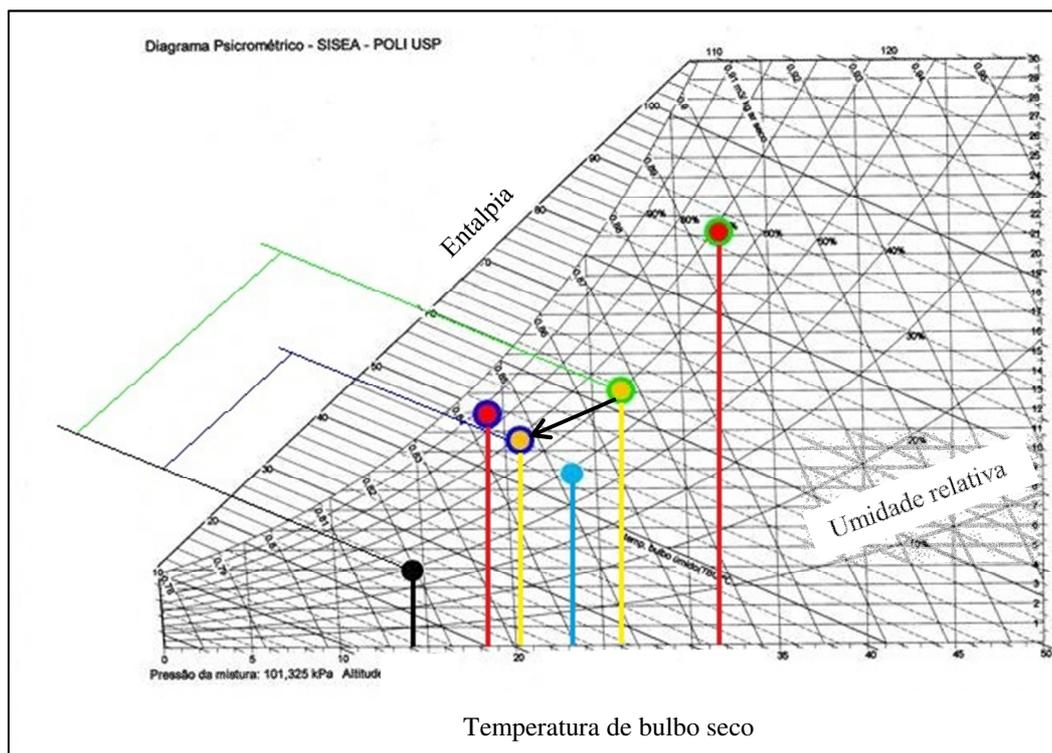


Figura 2. Carta psicrométrica com estados do sistema de climatização.

1.3. Objetivo

Este trabalho visa estudar a implantação de estratégias usuais de controle dos sistemas economizadores em cidades brasileiras com base nas sugestões fornecidas pela norma norte-americana ASHRAE 90.1. Este estudo será feito para uma edificação comercial típica (escritório), a fim de chegar-se a resultados que mostrem a aplicabilidade das estratégias e adequação às cidades brasileiras.

2. Normas

A edificação e o sistema de ar condicionado foram modelados com base nas sugestões contidas nas normas brasileiras ABNT NBR-16401 (ABNT NBR 16402, 2008) e NBR-15220 (ABNT NBR 15220, 2003) e na norma norte-americana ASHRAE 90.1 (ASHRAE 90.1, 2007).

A norma NBR-16401 auxilia a implantação de sistemas de climatização estabelecendo parâmetros básicos de projeto, definindo metodologias para cálculo de carga térmica, parâmetros de conforto térmico e qualidade do ar interno, bem como tabelas com parâmetros que permitem a descrição de elementos dissipadores de calor. Tais tabelas contêm dados relativos à troca de calor entre o ambiente interno e elementos como: computadores, pessoas, luzes, elevadores etc.

Já a parte 3 da norma NBR-15220 define uma metodologia para o zoneamento bioclimático do território brasileiro e estabelece diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Esta norma será utilizada a fim de confrontar o zoneamento feito pela norma brasileira com o zoneamento feito pela norma norte-americana ASHRAE 90.1.

Estabelecida pela ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning), a norma 90.1 é estabelecida parâmetros mínimos para o projeto de uma edificação energeticamente eficiente, tais como as características térmicas dos materiais utilizados na construção (envoltória) e parâmetros dos equipamentos do sistema de ar condicionado. A norma também estabelece uma metodologia para a classificação das cidades em zonas climáticas. Tal zoneamento serve como referência para a definição dos parâmetros do projeto em questão, ou seja, a caracterização da edificação e do sistema de ar condicionado dependerão da zona climática em questão. A divisão do território dos Estados Unidos da América em tais zonas foi feita, dividindo o país quanto às médias de temperatura e umidade do ar. A norma também classifica cidades de outros países segundo sua metodologia, entre eles o Brasil.

2.1. Cidades e zoneamento climático

Os zoneamentos climáticos observados foram aqueles criados pelas normas ASHRAE 90.1 (ASHRAE 90.1, 2007) e NBR-15220 (ABNT NBR 15220). Poucas cidades brasileiras são classificadas pela norma norte-americana e, portanto, as cidades escolhidas foram 5, das quais 4 são classificadas pela 90.1. As cidades são exibidas na Tabela 1).

Tabela 1. Cidades analisadas e classificações quanto às normas NBR 15220 (ABNT NBR 15220, 2003) e ASHRAE 90.1 (ASHRAE 90.1, 2007).

Cidade	Zona Climática	
	ABNT 15220	ASHRAE 90.1
Belém (PA)	8	1
Rio de Janeiro (RJ)	8	1
Brasília (DF)	4	2
São Paulo (SP)	3	2
Porto Alegre (RS)	3	2

A norma 90.1 enumera as cidades quanto à temperatura em números de 1 a 8 inversamente proporcionais à temperatura média da cidade. Segundo a norma, pode-se afirmar que as cidades brasileiras estão entre as mais quentes (zonas 1 e 2). A norma também faz uma classificação com base na umidade, designando as letras A, B e C para cidades úmidas, secas e marinhas, respectivamente, mas não classifica as cidades brasileiras nesse aspecto.

Já a norma brasileira ABNT 15220 apresenta uma metodologia mais complexa para classificar as cidades. Com base na carta psicrométrica (Figura 3)), dividida em regiões e numa espécie de frequência com que os dias do ano se encaixam em uma dessas regiões da carta, a cidade é classificada em uma zona. Em uma análise superficial, pode-se dizer que cidades da zona 8 apresentam dias com temperaturas e umidades bem distribuídas na carta psicrométrica, não apresentando dias somente na região D da carta. Já as cidades nas zonas 3 e 4 são cidades que devem apresentar dias dentro da região B, e as cidades pertencentes à zona 3 não devem possuir dias nas regiões D e H, caracterizando-as como cidades mais frias.

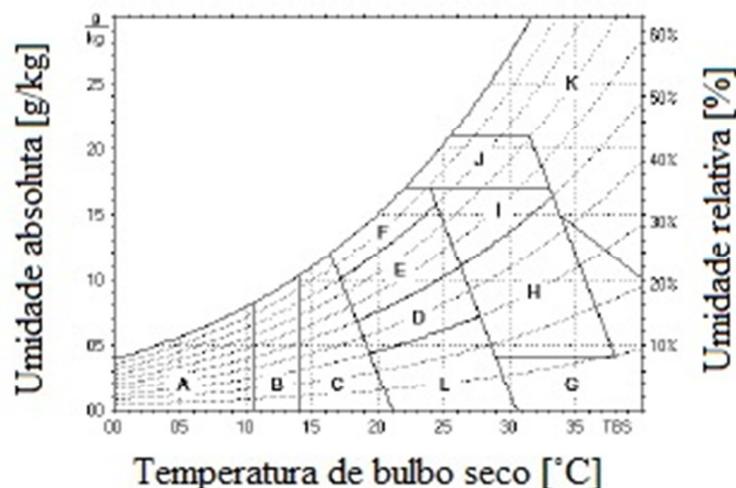


Figura 3. Divisão da carta psicrométrica em regiões segundo a norma ABNT 15220.

2.2. Estratégias de controle

As estratégias de controle encontradas na literatura e normas levam em consideração, em sua maioria, parâmetros como entalpia e temperatura do ar externo. Tais estratégias podem ser vistas na Tabela 2), acompanhadas de suas descrições.

Tabela 2. Estratégias de controle dos sistemas economizadores.

Temperatura de bulbo seco fixa	Fluxo de ar externo é fixado a um valor mínimo se sua temperatura é superior à temperatura de bulbo seco limite estabelecida
Entalpia fixa	Fluxo de ar externo é fixado a um valor mínimo se sua entalpia é superior à entalpia limite estabelecida
Diferencial de temperatura de bulbo seco	Fluxo de ar externo é fixado a um valor mínimo se sua temperatura de bulbo seco é superior à temperatura de bulbo seco do ar de retorno
Diferencial de entalpia	Fluxo de ar externo é fixado a um valor mínimo se sua entalpia é superior à entalpia do ar de retorno
Ponto de orvalho e temperatura de bulbo seco fixos	Se o ponto de orvalho ou a temperatura de bulbo seco do ar externo forem maiores que seus respectivos limites superiores, o fluxo de ar externo é fixado a um valor mínimo
Entalpia eletrônica	Simulação estima o limite de umidade absoluta do ar externo baseando-se na sua temperatura de bulbo seco e em curvas quadráticas/cúbicas. Se a umidade absoluta real do ar externo for maior que este limite, o fluxo de ar externo é limitado a um valor mínimo
Diferencial de temperatura de bulbo seco e entalpia	Utiliza tanto a estratégia "Diferencial de temperatura de bulbo seco" como a "Diferencial de entalpia"

A norma 90.1 aconselha a utilização de sistemas economizadores com base nas zonas climáticas e na capacidade térmica do sistema de ar condicionado utilizado. A Tabela 3) mostra os limites para grupos de zonas climáticas, segundo a norma norte-americana.

Tabela 3. Capacidade térmica mínima para utilização de economizador segundo a ASHRAE 90.1 (ASHRAE 90.1, 2007).

Zonas	Capacidade térmica mínima para utilização
1A, 1B, 2A, 3A, 4A	Economizador não requisitado
2B, 5A, 6A, 7, 8	39,6 kW
3B, 3C, 4B, 4C, 5B, 5C, 6B	19,0 kW

A norma também comenta que algumas estratégias para controle do economizador não são aconselhadas para determinadas zonas climáticas. Segundo a norma, cidades pertencentes às zonas 1A e 2A podem utilizar todas as estratégias de controle, exceto a de diferencial de temperatura de bulbo seco. Já edificações situadas nas zonas 1B e 2B podem utilizar todas, exceto a de entalpia fixa. Vale lembrar que a norma não caracteriza as cidades brasileiras quanto à umidade e, portanto, não se pode definir qual estratégia é proibida ou não para as cidades.

Limites de operação das estratégias são também recomendados pela norma, mas serão comentados mais adiante, no item referente às simulações.

3. Metodologia

O estudo será baseado em simulações feitas com o auxílio do software *EnergyPlus*, criado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (<http://energy.gov/>), a fim de auxiliar engenheiros, arquitetos e pesquisadores nos estudos de consumo energético em edificações. O software é capaz de reproduzir condições de tempo (insolação, ventos, temperatura do ar, umidade etc.) e verificar a interação destes aspectos com o sistema.

Simulações considerando uma mesma edificação em diferentes cidades e com diferentes estratégias de controle do sistema economizador serão realizadas a fim de se obter o consumo de energia elétrica em cada uma das combinações. A análise destes consumos possibilitará conclusões acerca da adequação das diretrizes norte-americanas às cidades brasileiras.

3.1. Modelo

O modelo utiliza medidas de uma edificação comercial típica (um escritório), sendo seus parâmetros construtivos definidos com base na norma ASHRAE 90.1 (ASHRAE 90.1, 2007).

Primeiramente definem-se os parâmetros geométricos da edificação estudada através do software *Google Sketchup*, atividade esta que, se feita diretamente no *EnergyPlus*, seria complicada e trabalhosa. Sendo assim, utiliza-se uma ferramenta que possibilita a parametrização dos elementos modelados no *Sketchup* (paredes, janelas, portas etc.) em dados agora utilizados pelo *EnergyPlus*.

Trata-se de um prédio de 20 andares com medidas especificadas na planta mostrada na Figura 4(4).

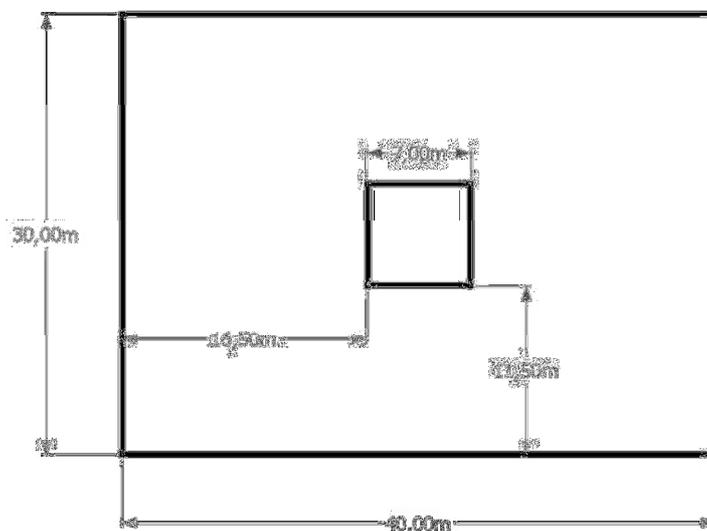


Figura 4. Planta de um dos andares da edificação.

O quadrado contido no interior do desenho representa o poço dos elevadores do prédio, uma área não climatizada.

A Figura 5) possibilita a visualização das janelas, as quais obedecem às diretrizes da norma, tendo área equivalente a 40% da área total da parede onde ela está situada (máximo valor de área, segundo a norma).

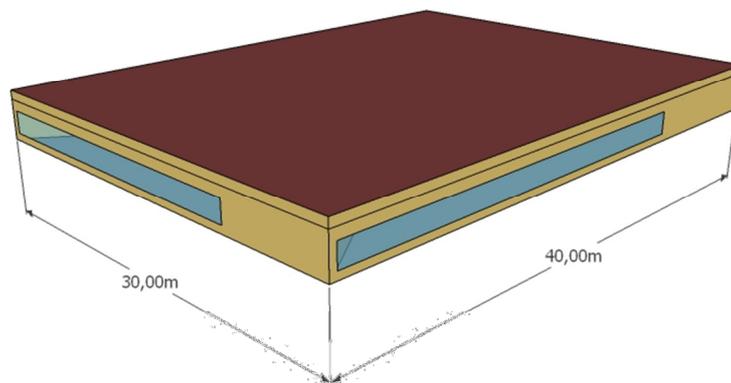


Figura 5. Vista isométrica de um dos andares da edificação.

O aplicativo leva em consideração fatores relativos à troca de calor através dos elementos constituintes do prédio. Sabe-se que a troca de calor entre o meio interno e o externo é dada por convecção, condução e radiação. Sendo assim, os parâmetros utilizados são relativos a tais fenômenos e devem obedecer aos limites estipulados pela norma 90.1.

Em específico, a norma estipula valores máximos para os coeficientes de transferência térmica globais () de cada elemento usado em cada zona climática. No caso, espessuras de alguns materiais constituindo os elementos foram modificadas a fim de obterem-se valores máximos de , correspondendo ao requisito mínimo de isolamento térmico segundo a norma, ou seja, uma edificação no limite de sua eficiência térmica.

Como as simulações serão realizadas em cidades pertencentes a 2 zonas climáticas definidas pela norma 90.1, 2 edificações serão levadas em consideração, cada uma respeitando os valores de de sua respectiva zona climática.

O modelo do sistema de ar condicionado utilizado como referência é representativo do sistema usualmente empregado em edifícios comerciais. É composto basicamente por 3 unidades: torre de resfriamento, resfriador (*chiller*) e serpentinas de resfriamento. As serpentinas de resfriamento atuam diretamente na troca de calor com o ambiente condicionado, retirando calor do ambiente, o qual é mais tarde transmitido ao resfriador. O resfriador trabalha para trocar calor entre o circuito da serpentina e o circuito que dissipa calor ao ambiente externo, a torre de resfriamento. O sistema anteriormente apresentado pode ser visto no esquema da Figura 6(6).

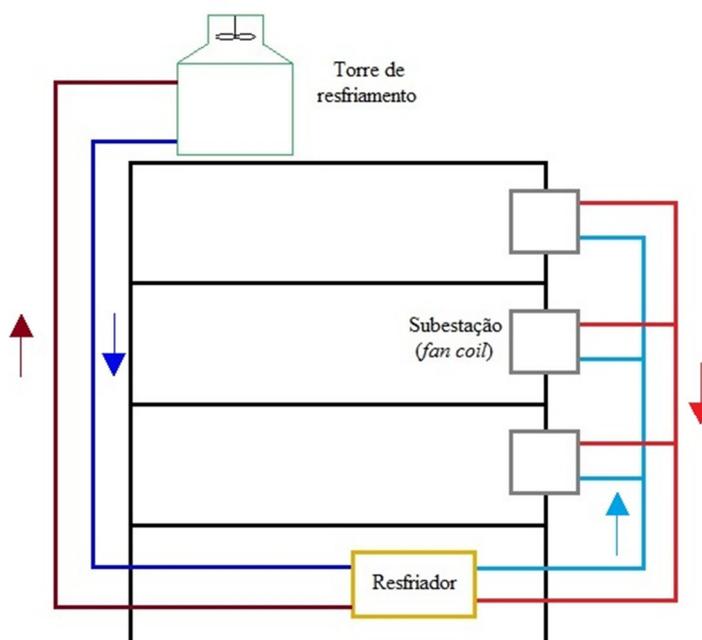


Figura 6. Esquema do sistema de ar condicionado utilizado no modelo.

Na Figura (6), estão esquematizados os dois ramos do circuito do sistema de climatização. O ramo que troca calor com o ambiente externo está representado em tons mais escuros e o ramo que troca calor com o ambiente climatizado, em tons mais claros.

3.2. Simulações

As simulações realizadas surgem, portanto, da combinação entre as cidades e estratégias de controle utilizadas no sistema economizador. As estratégias a serem simuladas serão as de entalpia fixa e de temperatura de bulbo seco fixa. A norma 90.1 recomenda valores de referência para cada estratégia de controle. Sendo assim, as simulações serão realizadas com tais valores e com variações deles, a fim de obter uma análise de sensibilidade. As estratégias a serem simuladas são mostradas na Tabela 4), bem como os valores a partir dos quais o sistema economizador regula a vazão de ar externo para o valor mínimo.

Tabela 4. Limites das estratégias a serem simuladas.

Temperatura de bulbo seco fixa	Limite [°C]	Entalpia fixa	Limite [kJ/kg]
variação menor	22	20% a menos	52,5
Referência ASHRAE 90.1	23,9	Referência ASHRAE 90.1	65,6
variação maior	25	20% a mais	78,8

O aplicativo *EnergyPlus* fornece um relatório de saída de dados com um resumo que possibilita a análise de diversos parâmetros do sistema, como aqueles relativos a: envoltória, consumo dos equipamentos, consumo do sistema de ar condicionado, condições de tempo externo, condições de tempo interno etc. No caso, a parte do resumo a ser utilizada é aquela relativa ao consumo de todos os equipamentos e do sistema de ar condicionado.

O consumo energético dos equipamentos envolve o consumo de equipamentos de escritório (computadores, monitores etc.), consumo de iluminação e elevadores. Já o consumo do sistema de climatização considera os consumos de: ventiladores, bombas do sistema de ar condicionado, refrigeração e rejeição de calor. Vale lembrar que o aplicativo também possibilita a discriminação dos consumos ao longo dos meses do ano, bem como o consumo anual.

4. Resultados

Observando o consumo total de energia elétrica de todas as cidades, percebe-se que os valores de consumo dos equipamentos e da iluminação são iguais para todas as cidades. Este resultado já era esperado dado que os perfis de utilização dos equipamentos e da iluminação, bem como os valores de potência dissipada por eles foram os mesmos em todas as simulações. O que se nota, com a ajuda de gráficos como o de pizza mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é a grande participação percentual dos elementos que constituem o sistema de ar condicionado, cerca de 42% no caso da cidade de São Paulo.

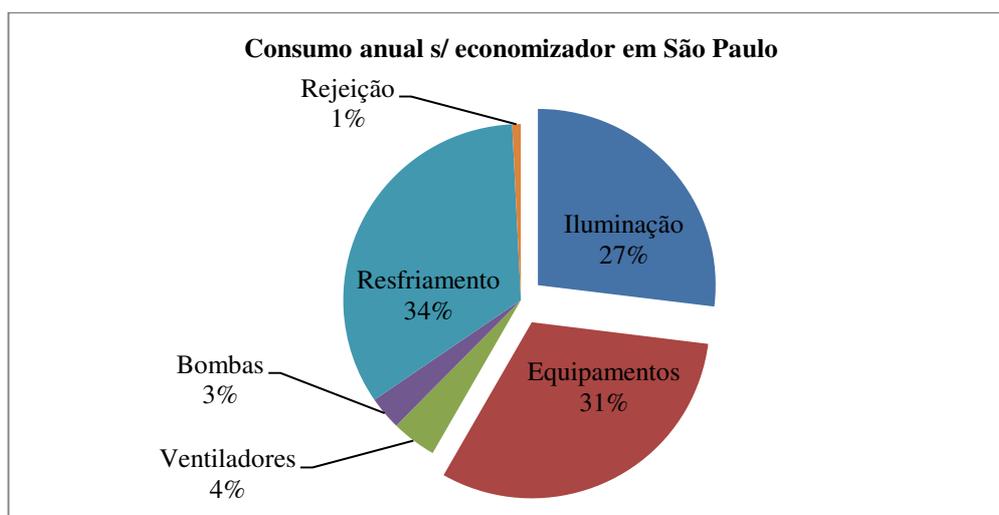


Figura 7. Divisão do consumo elétrico anual de São Paulo sem sistema economizador.

É interessante notar a diferença do consumo do ar condicionado quando comparando as cidades. A participação em porcentagem do consumo do sistema AC sem sistema economizador é mostrada para cada cidade na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 5. Consumo percentual do sistema AC sem sistema economizador para as cidades consideradas.

Cidade	Zona climática (ASHRAE 90.1)	Consumo do sistema AC com relação ao consumo total [%]
São Paulo	2	41,7
Brasília	2	39,1
Porto Alegre	2	42,6
Rio de Janeiro	1	52,4
Belém	1	58,7

Desta tabela (Tab. (5)) percebe-se uma sensível diferença entre as cidades situadas em zonas diferentes. Os consumos das cidades classificadas na zona 1, mais quente, apresentam maior participação do sistema de ar condicionado no consumo de energia elétrica. As cidades na zona 2 apresentam participação mais próxima aos 40% enquanto que as cidades da zona 1 apresentam participação mais próxima aos 50% ou até aos 60%, como no caso de Belém.

Observando o consumo anual quando utilizando as estratégias de controle com parâmetros sugeridos pela ASHRAE (ASHRAE 90.1, 2007), não se observa redução considerável para nenhuma das cidades, não ultrapassando 1%. A Tabela 6) mostra a diferença no consumo quando utilizando as estratégias reguladas segundo a norma americana.

Tabela 6. Consumo anual dos sistemas de AC confrontando estratégias de controle para as cidades consideradas.

Cidade	Redução percentual no consumo anual total	
	TBS fixa (%)	Entalpia fixa (%)
São Paulo	-0,17	-0,57
Brasília	0,15	0,14
Porto Alegre	-0,06	-0,09
Rio de Janeiro	0,9	0,88
Belém	0,04	0

A variação dos valores utilizados para os parâmetros de controle dos economizadores revelou baixa sensibilidade para a maioria dos casos aqui estudados quando analisando o consumo anual total da edificação: menores que 1% quando comparadas com as simulações utilizando os valores sugeridos pela norma ASHRAE 90.1 (ASHRAE 90.1, 2007). As diferenças mais pronunciadas foram observadas na cidade do Rio de Janeiro.

Os resultados não mostram uma tendência comum à todas as cidades. No entanto, comparando os resultados obtidos utilizando as variações dos parâmetros com os resultados obtidos utilizando os parâmetros sugeridos pela norma norte-americana (ASHRAE 90.1, 2007), observa-se diminuição no consumo para grande parte das cidades quando ambos os valores são reduzidos (entalpia 20% menor que a sugerida e temperatura de bulbo seco de 22 °C).

A análise dos consumos anuais não revela, no entanto, se as estratégias podem ser efetivas em alguns períodos específicos e piorarem em outros, o que balancearia os resultados gerando uma economia anual não significativa. Portanto, é interessante analisar o consumo ao longo do ano, em cada mês.

Os resultados mensais mostram pequenas diferenças para a cidade de Belém (diferenças menores que 1%). Já no caso do Rio de Janeiro, há aumentos de até 4,7% nos meses de inverno.

No caso das cidades pertencentes à zona climática 2, ocorre o fenômeno esperado. Todas as cidades apresentam redução no consumo nos meses de inverno, o qual é balanceado pelo aumento no consumo nos meses de verão.

As cidades de São Paulo, Brasília e Porto Alegre apresentaram redução máxima nos meses de inverno de 4%, 2,3% e 5% respectivamente. Nos meses de verão, houve aumento no consumo das cidades com máximos percentuais

entre 1% e 2%. O aumento foi percebido com aproximadamente os mesmos valores em ambas as estratégias, havendo diferença apenas no caso da cidade de São Paulo, como pode ser visto na Figura 8).

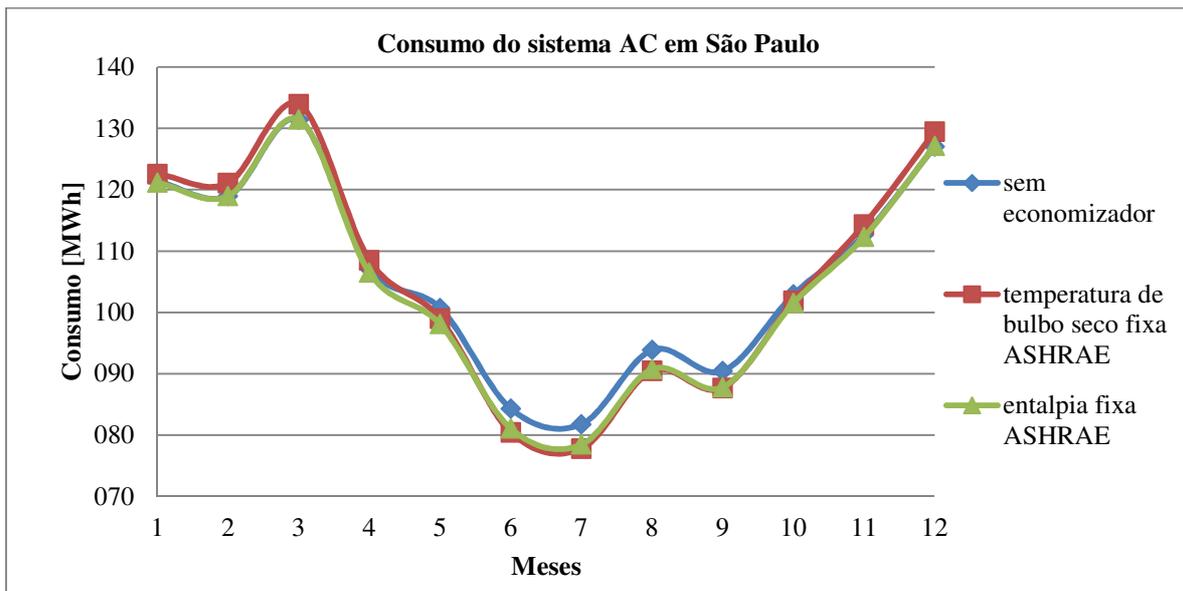


Figura 8. Consumo mensal do sistema de ar condicionado em São Paulo para as 2 estratégias consideradas.

Em São Paulo houve diferença no aumento do consumo nos meses de verão quando comparando as duas estratégias: a utilização da estratégia de temperatura de bulbo seco resultou em aumento de consumo maior que o aumento utilizando a estratégia de entalpia. Em alguns meses, como o de dezembro, o aumento utilizando temperatura de bulbo seco alcançou o valor de 1,9% enquanto que o aumento utilizando entalpia para o controle foi de 0,1%.

Tal diferença no caso da cidade de São Paulo evidencia a diferença entre as duas estratégias de controle. Utilizando a temperatura de bulbo seco como parâmetro de controle não se obtém informação sobre a quantidade de água no ar. Por outro lado, quando se mede a entalpia do ar, automaticamente se está levando em consideração a entalpia da água contida no ar na forma de vapor.

Observando novamente a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), pode-se incorrer que as cidades aqui consideradas apresentam a maioria dos estados do ar externo em posições da carta psicrométrica que não resultam em redução na variação de entalpia através do sistema de climatização.

A cidade de São Paulo, por exemplo, apresenta umidade relativa elevada, o que pode levar a entalpias do ar externo elevadas mesmo que a temperatura de bulbo seco seja baixa.

5. Conclusões

Os resultados mostraram que a utilização de economizadores controlados pelas estratégias consideradas não resultaria em diminuição significativa no consumo de energia elétrica de um edifício comercial, quando observando o consumo anual total da edificação. Também se pode notar que há diferença no consumo de energia por parte do sistema de climatização ao longo do ano, dado que nos meses de inverno as temperaturas tendem a ser menores, aumentando as chances de utilização de economizadores. No entanto, não se pôde notar diminuição relevante mesmo observando os consumos mensais (diminuição mensal de no máximo 5%).

A análise de sensibilidade revelou pouca influência da variação dos parâmetros de controle sobre o consumo. Em grande parte das simulações, os modelos utilizando diminuição do valor de referência resultaram em diminuição no consumo, quando comparados com os modelos utilizando parâmetros sugeridos pela ASHRAE (ASHRAE 90.1, 2007). Os modelos utilizando valores maiores que os recomendados revelaram o oposto: aumento no consumo.

Com isso pode-se inferir que a norma norte-americana (ASHRAE 90.1, 2007) apresenta coerência entre a classificação climática das cidades e às sugestões de utilização dos economizadores, considerando as cidades aqui estudadas.

Os estudos aqui realizados focaram na análise de cinco cidades e na utilização de duas estratégias de controle para o economizador. Dado que a norma norte-americana (ASHRAE 90.1, 2007) classifica ainda outras três cidades, e lista outras 5 estratégias de controle para economizador, seria interessante seguir estudando as outras cidades bem como as outras estratégias de controle.

Talvez as outras cidades aqui não estudadas apresentem características climáticas suficientes para a utilização das estratégias aqui analisadas. Outra possibilidade seria a de as outras estratégias não consideradas nas simulações poderem mostrar-se eficientes para as cidades aqui estudadas.

6. Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2003, 28p.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projetos das instalações. Rio de Janeiro, 2008, 60p.
- Air conditioning Heating Refrigeration News. Disponível em: <<http://www.achrnews.com/articles/keeping-cool-with-outdoor-air-airside-economizers>>. Acesso em: 30 ago. 2011.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS – ASHRAE. Disponível em: <<http://www.ashrae.org/>>. Acesso em: 03 dez. 2011.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS – ASHRAE. ASHRAE 90.1: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 2007, 190p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1830&id_pagina=1>. Acesso em: 08 dez. 2011.
- INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O novo mercado de serviços de eficiência energética no Brasil**. Rio de Janeiro: INEE, 1997, 49p.
- SEEM, J. E.; HOUSE, J. M. Development and evaluation of optimization-based air economizer strategies. **Elsevier Journal**, 2009, 15p.
- STOECKER, W. F. **Refrigeração e ar condicionado**. São Paulo: McGraw-Hill, 1985. 481p.
- U.S. Department of Energy. Disponível em: <<http://energy.gov/>> Acesso em: 10 dez. 2011.
- WYLEN, G. J. V. **Fundamentos da termodinâmica clássica**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995. 589 p.

EVALUATION OF USE OF ECONOMIZERS FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTION IN AIR CONDITIONED BUILDINGS

Guilherme Simões da Costa

g.simoes.costa@gmail.com

***Abstract.** This work has the objective of analyzing different strategies used in the control of the so called economizer systems. Such systems are used in the air conditioning systems with the objective of reducing energy consumption with refrigeration. For doing so, external air is mixed with return air and directed to the zone to be cooled whenever the humidity and external temperature conditions are favorable. The analysis is done based on the building representative of a commercial edification placed on different regions of Brazil, with the intention of analyzing the applicability of such strategies in the Brazilian climate conditions. Simulations using the software EnergyPlus will be done having always in mind the energy efficiency obtained to assure the internal air quality on the different scenarios.*

***Keywords.** Air conditioning, economizers, commercial building.*