

INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADOS A CONDICIONADORES DE AR: ESTUDO DO PROJETO DO ESCRITÓRIO DE UMA FÁBRICA EM SUAPE-PE

Allan Jayson Nunes de Melo, (UFPE), allan_jayson@hotmail.com

Rafael Barbosa Rodrigues, (Devry- FBV), allan_jayson@hotmail.com

Resumo

As construções são geralmente climatizadas para proporcionar o conforto térmico aos seus usuários. A utilização dos sistemas de refrigeração no Brasil já corresponde em cerca de 20% o consumo de energia da média nacional. Sabendo que a eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia por meio do seu uso racional, este trabalho vem comparar quais equipamentos de ar condicionado possuem o maior potencial de economia de energia através do desempenho dos indicadores de eficiência energética, tendo como base o projeto do escritório de uma fábrica localizada em Suape - PE. A conclusão através dos indicadores de eficiência energética (COP e kW/TR), é que os condicionadores de ar tipo Split possuem uma melhor eficiência energética para o projeto do escritório proposto.

Palavra chave: Indicadores, Ar condicionado, Eficiência energética.

1. Introdução

As construções estão cada vez mais inserindo desde a concepção do projeto até a execução, medidas mais sustentáveis em seus processos. A sua adoção é quase que obrigatória, pois diferentes órgãos como, por exemplo, governo, consumidores e investidores chamam a atenção para o assunto, incitam e pressionam o setor da construção a incorporar essas práticas em suas atividades (SOUSA, 2015).

Dentro das linhas de pensamentos sustentáveis a eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia, por meio do seu uso racional e de modo eficiente para obter um resultado específico. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização (ABESCO, 2015).

A utilização de Ar condicionados no Brasil representa cerca de 20% do total de consumo de energia da média nacional. Quando fazemos uma comparação regional, a região Norte consome cerca de 40% do consumo nacional, o maior de País, e região Sudeste a menor

taxa com 11% do consumo. A explicação seria pelas grandes diferenças climáticas que ocorrem em cada região (MME, 2015).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é comparar quais equipamentos de ar condicionado possuem o maior potencial de economia de energia através desempenho dos indicadores de eficiência energética, tendo como base o projeto do escritório de uma fábrica de placas para painéis fotovoltaicos localizados em SUAPE-PE.

2. Sustentabilidade

Sustentabilidade é um termo usado para definir ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. Em seu sentido lógico sustentabilidade é a capacidade de se sustentar, de se manter. Uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida para sempre.

Segundo MIKHAILOVA, IRINA (2004):

”Uma exploração de um recurso natural exercida de forma sustentável durará para sempre, não se esgotará nunca. Uma sociedade sustentável é aquela que não coloca em risco os elementos do meio ambiente. Desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade da vida do homem na Terra ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vivemos.”

A economia global atual trabalha de forma totalmente interligada e necessitam demandar uma abordagem integrada para promover um crescimento responsável a longos prazos. A implantação gradativa de ideias sustentáveis em torno do desenvolvimento da economia está cada vez mais presente. Para SOUZA (2016):

“A sustentabilidade abrange várias dimensões: política, social, técnico-econômica e ambiental, sendo que o setor energético está conectado a todas estas dimensões. Nesta perspectiva, alguns pesquisadores entendem que níveis de suprimento energético e a sua infraestrutura interagem com o desenvolvimento socioeconômico, impactando também o meio ambiente e sua sustentabilidade.”

3. Eficiência Energética

Todas as atividades humanas requerem energia, seja na forma de fluxos energéticos como calor e energia elétrica, seja na forma de produtos e serviços, que de forma indireta.

A eficiência energética pode ser compreendida como uma particularidade pertinente á edificação em relação ao seu potencial de possibilitar aos usuários conforto térmico, visual e

acústico, tendo por base o baixo consumo de energia. Assim sendo, uma edificação é mais eficiente energeticamente que outra quando oferece condições ambientais semelhantes com um menor potencial de consumo de energia (MME, 2004).

Segundo a (ELEKTRO, 2006):

“O Brasil possui várias instituições que lidam regularmente com o tema da eficiência energética, tais como o Ministério de Minas e Energia – MME; a ELETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); a PETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet); a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, responsável pela execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica – PEE; as próprias concessionárias distribuidoras; o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro, responsável pela execução do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE.”

4. Ar condicionado

Os sistemas de condicionamento de ar são responsáveis pela manutenção dos níveis de temperatura e umidade de um ambiente, de forma a atender as condições de conforto dos seus ocupantes ou às necessidades de um processo produtivo. O custo de operação desses sistemas pode ser bastante significativo em alguns industriais, tais como têxteis e gráficas, e principalmente em edifícios comerciais. Neste caso o consumo de energia pode chegar a 60% de toda a energia consumida pela edificação. Portanto, a racionalização do uso de energia deve ser uma premissa tanto no projeto, quanto na operação e manutenção do mesmo. ELETROBRAS (2016)

Segundo a Eletrobrás (2016), os aspectos considerados para a redução do consumo de energia no momento da instalação são:

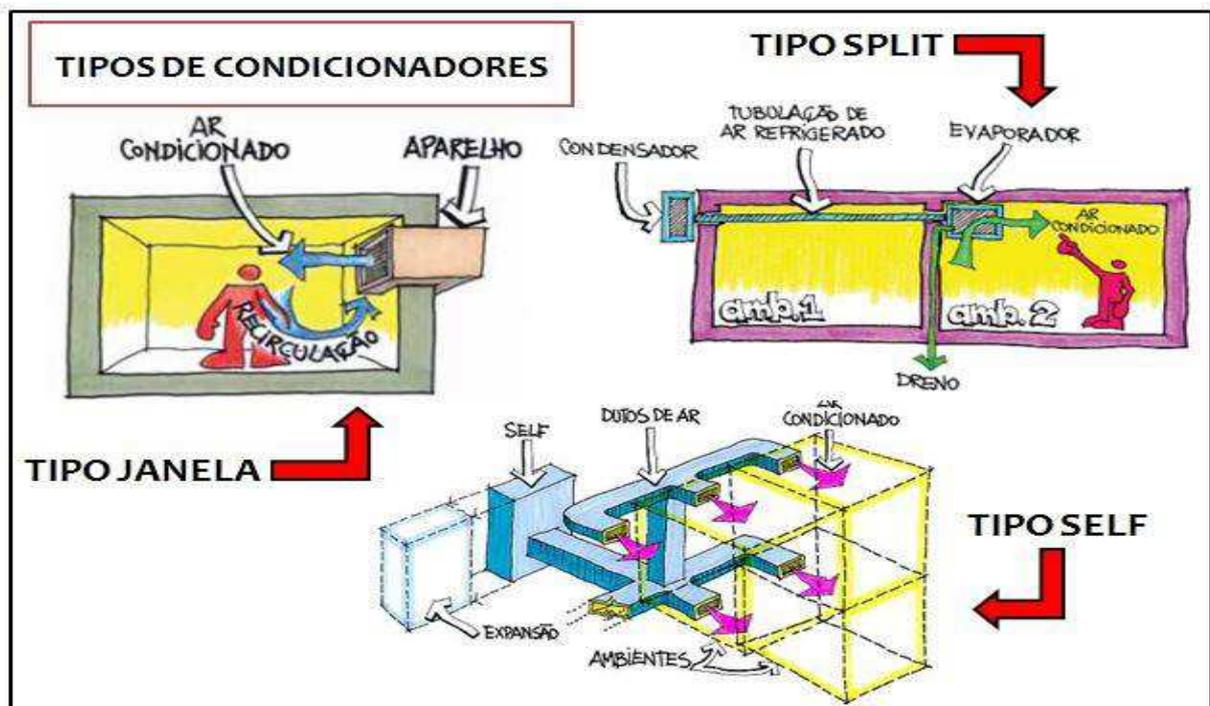
- Selecionar componentes e sistemas que resultem em instalações econômicas e energeticamente eficientes;
- Monitorar e controlar efetivamente as condições internas da edificação, mantendo temperatura e umidade dentro dos limites requeridos;
- Fornecer a quantidade de ar externo para a renovação, de forma a manter a qualidade do ar interno (QAI);
- Utilizar equipamentos e sistemas com baixa relação kW/TR;

- Minimizar a liberação de substâncias que agredam a camada de ozônio ou contribuam para o aquecimento global;
- Estabelecer programas de manutenção adequados, de forma que as condições dos equipamentos e sistemas permaneçam próximas das condições de projetos.

Uma dos princípios sustentáveis utilizados é o da eficiência energética das edificações é um dos indicadores de desempenho do edifício e é um dos requisitos sempre avaliados quando se fala em construções sustentáveis

Instalações de até 100 TR são consideradas de pequeno ou médio porte (CEPEL,2014). As instalações podem ser compostas por condicionadores de ar mais simples tipo Janela, Split ou mais complexos como condicionadores tipo *self-contained* (compacto), Podendo ser compostos por redes de dutos ou não.

Figura 1: Tipos de condicionadores de ar



Fonte: Adaptação de CEPEL (2015)

5. Indicadores de eficiência de condicionadores de ar

O indicador de eficiência relaciona o consumo de energia elétrica necessário para gerar o “frio” requerido (ou vice-versa). Os indicadores trazem orientações ao projetista e ao consumidor quanto à forma econômica de seleção do equipamento.

5.1 COP (Coeficiente de Performance)

Segundo CEPEL (2015) o COP:

“Este é um índice importante para avaliar o desempenho (eficiência) de um equipamento de climatização/refrigeração (*selfs, chillers, etc.*). Ele nos dá um valor que relaciona a capacidade de remoção de calor de um equipamento (potência útil ou Efeito Frigorífico) à potência requerida pelo compressor. Ele é adimensional e quanto maior o COP, melhor o rendimento do equipamento“.

Pode ser observado que o COP é um índice maior que um e sua expressão é dada por (5.1):

$$COP = \frac{POTÊNCIA\ DEMANDADA}{POTÊNCIA\ ÚTIL} \quad (5.1)$$

5.2 EER (Relação de Eficiência Energética)

Esse indicador é composto pela relação do Efeito Frigorífico (EF) produzido e o trabalho de compressão (w) realizado, sua expressão é dada por (5.2):

$$EER = \frac{EF}{w} = \frac{BTU/h}{W} \quad (5.2)$$

5.3 kW/TR

Esse indicador é composto pela relação do trabalho de compressão em kW, com o efeito frigorífico em TR (Tonelada de Refrigeração) equivalente a 12.000 BTU/h, sua expressão é dada por (5.3):

$$kW/TR = \frac{w}{EF} = \frac{(kW)}{TR} \quad (5.3)$$

Existe uma correlação entre o indicador de eficiência EER e a eficiência expressa em kW/TR, conforme mostrado nas expressões (5.4) e (5.5):

$$COP = \frac{3,53}{kW/TR} \quad (5.4)$$

$$kW/TR = \frac{12}{EER} \quad (5.5)$$

Na Figura 2 abaixo segue o resultado de alguns indicadores de acordo com a tipologia de cara equipamento condicionador, apresentando algumas vantagens e desvantagens para a aplicação do sistema.

Figura 2: Indicadores, vantagens e desvantagens por tipos de condicionador de ar

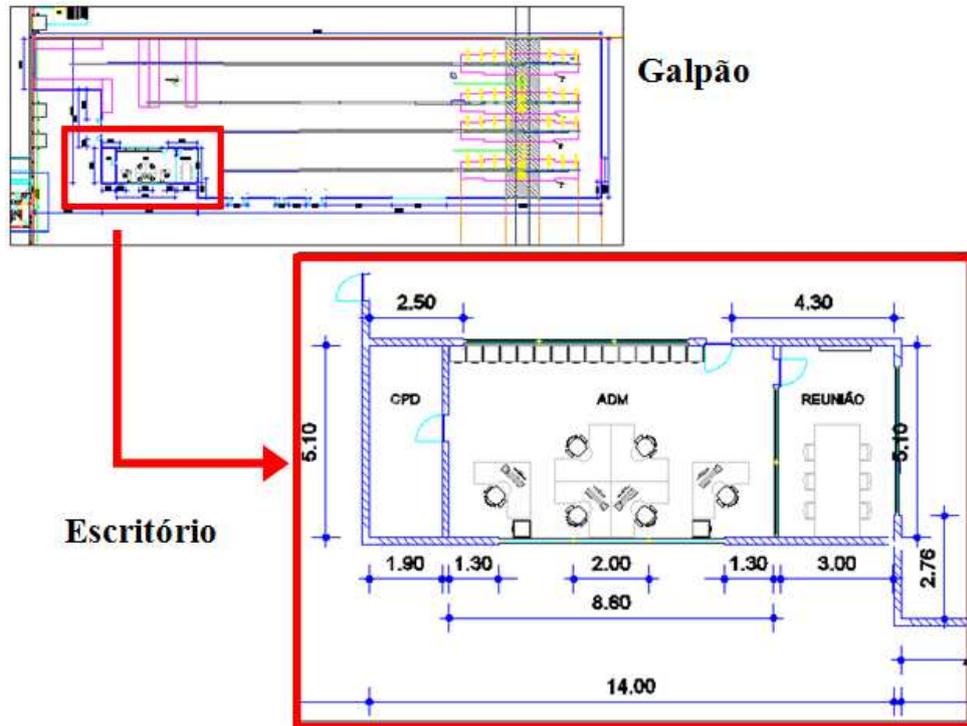
EQUIPAMENTO	EFICIÊNCIA	COP* (W/W)	kW/TR*	APLICAÇÃO (TAMANHO DA INSTALAÇÃO)	VANTAGENS	DESVANTAGENS/LIMITAÇÕES
 Condicionador de ar unitário tipo "janela" (CU)		≥2,82	≤1,25	PEQUENA - MÉDIA	<ul style="list-style-type: none"> -menor custo inicial (investimento); -instalação simples; -manutenção: é requerida mão de obra menos especializada; - relativo controle sobre a temperatura de conforto (do ar) nas áreas cobertas; -aparelhos "eletrônicos" permitem ajuste mais preciso de temperatura; 	<ul style="list-style-type: none"> -interfere na fachada do prédio; -requer ponto de drenagem para bandeja de condensado (externa); -pouco ou nenhum controle sobre vazão de ar de renovação (ventilação), podendo ter uso limitado a 36000 BTU/h para área delimitada - Ver Norma; - maior nível de ruído no ambiente; - aparelhos "mecânicos" não permitem ajuste preciso de temperatura;
 Condicionador de ar tipo split		≥3,2	≤1,10	PEQUENA - MÉDIA	<ul style="list-style-type: none"> -menor custo inicial (investimento); -instalação simples; -manutenção: é requerida mão de obra menos especializada; - relativo controle sobre a temperatura de conforto (do ar) nas áreas cobertas; -funcionamento silencioso; 	<ul style="list-style-type: none"> - interfere na fachada do prédio (unidade externa); - requer ponto de drenagem para bandeja de condensado (unidade interna); - pouco ou nenhum controle sobre vazão de ar de renovação (ventilação); - pode requerer caixa ventiladora auxiliar com filtragem. Ver Norma;
 Condicionador de ar tipo self @água/ar		3,53 2,71	1,0 (Cond.-água) 1,3 (Cond.-ar)	PEQUENA - MÉDIA	<ul style="list-style-type: none"> -médio custo inicial (investimento); -manutenção: mão de obra medianamente especializada; 	<ul style="list-style-type: none"> -instalação de média complexidade, podendo ser instalada no recinto (sem dutos) ou em sala de máquinas (com dutos para distribuição de ar, interferindo durante a obra); - requer tomada de ar de ventilação (renovação); - para condensação a água, requer torre de resfriamento (cobertura ou térreo), bomba, tubulações, etc. - para condensação a ar, requer tomar de ar externo;

Fonte: CEPEL (2015).

6. Material e metodologia

Á área que será analisada a eficiência energética para os diversos sistemas de ar condicionado através dos indicadores de eficiência é do projeto do Escritório de uma Fábrica localizada em SUAPE-PE. A empresa X é do ramo de tecnologia na geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos. O escritório possui 3 salas que são: Reunião (15,30 m²), Administrativo (43,86 m²) e CPD (9,69 m²).

Figura 3: Croqui do projeto da fábrica e localização do escritório



Fonte: Fábrica X (2016).

Os aparelhos de ar condicionado, quando em utilização, possuem um consumo kW/h de acordo com sua capacidade térmica. Para estipular a capacidade térmica dos ambientes foi utilizado um programa livre da ENEBRAS, entretanto existem diversos outros programas desenvolvidos e registrados pelos principais fabricantes dos equipamentos (NBR-16401-1, 2008).

Figura 4: layout do programa e dados solicitados para cálculo de carga térmica

Área do ambiente em m ²	<input type="text" value="0"/>
Quantidade de pessoas no ambiente	<input type="text" value="0"/>
Aparelhos que irradiem calor (computador, xerox, refrigerador)	<input type="text" value="0"/>
Paredes p/Oeste sem proteção em m ²	<input type="text" value="0"/>
Vidros p/Oeste em m ²	<input type="text" value="0"/>
Carga térmica total em Btu/h	<input type="text" value="0"/>
<input type="button" value="CALCULAR"/> <input type="button" value="LIMPAR"/>	

Fonte: ENEBRAS (2016).

A seleção dos equipamentos foi de acordo com a capacidade em BTU's ou TR encontradas pelo resultado da carga térmica dos ambientes. Através da pesquisa verificaram-se os melhores indicadores para a eficiência energética do projeto proposto.

7. Resultados e Discussões

Com o resultado das Cargas térmicas obtidas através do Programa, as seleções dos equipamentos foram de acordo com as capacidades necessárias e a oferecida pelos equipamentos disponibilizados no mercado. As marcas utilizadas para a pesquisa foram a Carrier, Springer e Hitachi.

Após a seleção do modelo dos equipamentos utilizados, alguns dados necessários para o cálculo foram retirados do manual técnico ou especificações disponibilizadas no site do fabricante, como a potência do equipamento em watts (W), capacidade térmica em BTU's ou TR, que são dados necessários para o cálculo dos indicadores.

Os levantamentos e resultados dos cálculos dos indicadores para cada tipo de equipamento estão apresentados na tabela 1. Ao comparar os resultados, pode ser visto que os indicadores COP (quanto maior melhor) e kW/TR (quanto menor melhor) que representam a eficiência relacionada ao consumo de energia elétrica necessário para gerar o “frio” requerido, tem sua melhor desempenho para os sistema tipo Split com base no projeto proposto.

Tabela 1. Dados e indicadores por tipo de equipamentos

TIPO SPLIT				
Ambiente:	REUNIÃO	ADM	CPD	TOTAL DO SISTEMA
Carga Térmica (BTUs/h)	24.771	67.371	19.244	111.386
Equipamento	Split Hi Wall	Split Hi Wall	Split Hi Wall	—
Capacidade (BTUs)	24.000	36.000	22.000	118.000
Quantidade	1	2	1	4
Modelo	split inverter	x-power inverter	x-power inverter	—
Indicador COP(W/W)	3,4	3,3	3,35	4,81
Indicador kW/TR	1,03	2,12	1,05	0,73
TIPO PISO TETO				
Ambiente:	REUNIÃO	ADM	CPD	TOTAL
Carga Térmica (BTUs/h)	24.771	67.371	19.244	111.386
Equipamento	Piso Teto	Piso Teto	Piso Teto	—
Capacidade (BTUs)	24.000	36.000	24.000	120.000
Quantidade	1	2	1	4
Modelo	Space	Space Inverter	Space Inverter	—
Indicador COP(W/W)	2,63	3,34	2,63	4,15
Indicador kW/TR	1,32	2,1	1,05	0,84
TIPO SELF				
Ambiente:	REUNIÃO	ADM	CPD	TOTAL
Carga Térmica (BTUs/h)	24.771	67.371	19.244	111.386
Equipamento	Self a Ar			—
Capacidade (TR)	10			10
Quantidade	1			1
Modelo	R-401 A (Classe 10)			—
Indicador COP(W/W)	3,05			3,05
Indicador kW/TR	1,16			1,16

Fonte: Autor (2016)

8. Conclusão

De acordo com os resultados observados nesse trabalho é possível concluir que a escolha dos sistemas e equipamentos de climatização a serem utilizados nas mais diversas aplicações, possui capacidades de eficiência energética diferentes, onde neste trabalho foi expresso através dos indicadores COP (quanto maior melhor) e kW/TR (quanto menor melhor), evidenciando que os condicionadores de ar tipo Split possuem uma melhor eficiência energética para o projeto do escritório proposto.

O desenvolvimento de estudos para a execução de projetos de eficiência energética promove benefícios ao sistema de refrigeração, sendo possível a promoção de economia de energia elétrica, além de despertar para outros modelos construtivos voltados a sustentabilidade.

9. Bibliografia

ABESCO, **O que é eficiência energética**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>> acesso em: 16 dez. 2016.

ABNT, **NBR-16401-1 – instalação de ar-condicionado: Sistemas centrais e unitários parte 1: projetos das instalações**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM374/NBR_16401-1_2008.pdf> Acesso em: 19 dez. 2016.

CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL, **Guia para efficientização energética nas edificações públicas**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA, **Sustentabilidade e eficiência energética no ambiente construído**. Minas Gerais, 2009. Disponível em <<http://www.crea-mg.org.br/publicacoes/Cartilha/Sustentabilidade%20e%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20no%20Ambiente%20Constru%C3%ADdo.pdf>> Acesso em: 14 de dez. 2016.

ELEKTRO, **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1º ed. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf> Acesso em: 14 dez. 2016.

IRINA MIKHAILOVA, **Sustentabilidade: Evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática.** Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/eed/article/viewFile/3442/1970>> Acesso em: 12 de dez. 2016.

LAMBERTS R.; DUTRA L.; PEREIRA F. O. R., **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3º ed. São Paulo: Editora ELETROBRAS/PROCEL, 2014.