

SUBSTITUIÇÃO DE SISTEMA DE AR CONDICIONADO CENTRAL VISANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESTAURANTE

Nathan Silveira Rodrigues¹

nathansrodrigues@hotmail.com

Claudio Freitas²

claudio.freitas@unilasalle.edu.br

Resumo: Este trabalho faz uma análise real de uma substituição de um sistema de ar condicionado central em um restaurante tradicional da cidade de Porto Alegre, comparando a projeção inicial de economia de energia elétrica com o consumado após a troca do sistema efetivada. Foi realizado um estudo com ferramentas de qualidade para identificar quais equipamentos no empreendimento correspondiam ao consumo elevado de energia elétrica (problemática), um estudo comparativo de eficiência demonstrou que o melhor sistema a ser instalado seria o modelo VRF (Sistema de Fluxo de Refrigerante Variável), reduzindo em 40% o consumo destinado a climatização. Efetivamente essa redução correspondeu a redução de 10% no valor total de consumo de todo o empreendimento, além do melhor funcionamento referente ao ruído e conforto de deslocamento de vento do novo sistema que trouxe maior satisfação dos clientes.

Palavras-chaves: Ar Condicionado; VRF; Eficiência Energética.

REPLACEMENT OF CENTRAL AIR CONDITIONING SYSTEM FOR ENERGY EFFICIENCY IN A RESTAURANT

Abstract: This paper makes a real analysis of a replacement of a central air conditioning system in a traditional restaurant in the city of Porto Alegre, comparing the initial projection of electricity savings with that consumed after the effective system change. A study was carried out with quality tools to identify which equipment in the project corresponded to the high consumption of electrical energy (problematic), a comparative efficiency study showed that the best system to be installed would be the VRF model (Variable Refrigerant Flow System), reducing consumption for air conditioning by 40%. In fact, this reduction corresponded to a 10% reduction in the total consumption value of the entire project, in addition to the better functioning of the noise and comfort of the wind movement of new system, which brought greater customer satisfaction.

Keywords: Air Conditioning; VRF; Energy Efficiency.

1 Universidade La Salle

2 Universidade La Salle

INTRODUÇÃO

O custo da climatização em ambientes comerciais ocupa grande fatia das despesas fixas do empreendimento, o que influencia diretamente no resultado final de lucro do estabelecimento. Tendo em vista a evolução tecnológica dos equipamentos nos últimos 10 anos com relação a eficiência energética muitos empresários que possuem equipamentos antigos buscam a substituição destes por mais modernos e eficientes para, além de reduzir as despesas fixas, também melhorar o conforto em seu ambiente de negócio.

Este trabalho visa apresentar um estudo de caso em um restaurante tradicional em Porto Alegre que realizou a substituição do sistema, analisando as opções de mercado existentes a época, a análise realizada para a escolha do sistema a ser instalado e posteriormente apresentando o resultado após a troca dos equipamentos concluída, comparando o consumo médio do período de verão anterior.

Atualmente, a ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento) enfatiza que em Edifícios Comerciais, o uso dos equipamentos de ar condicionado representam de 30% a 40% do custo total de consumo de energia elétrica, por isso a análise correta do sistema a ser utilizado para o comerciante é crucial para o sucesso na busca pela qualidade de conforto no ambiente juntamente com o menor custo operacional possível. Sendo que desde 2007 os índices mínimos de eficiência energética de condicionadores de ar foram introduzidos no Brasil, e ainda revisados em 2011 e mais recentemente em 2018 com políticas de etiquetagem, esta política que já é bem difundida há mais tempo no resto do mundo encoraja os fabricantes a desenvolver equipamentos cada vez mais eficientes, ajudando assim a redução de demanda energética potencial de eletricidade.

REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Campos (1992) o Controle de Qualidade no processo das empresas brasileiras é fundamental para a sobrevivência do negócio em meio à competição do mercado. O Controle de Qualidade em todos os processos, desde o recebimento de matérias primas até a entrega do produto ou serviço ao cliente tem como objetivo a entrega deste da melhor forma possível para que atenda plenamente a necessidade do cliente, assim o fidelizando.

Um estudo do MME (Ministério de Minas e Energia) publicado em 2018 aponta que nas residências do Brasil o custo de uso do ar condicionado corresponde até 70% do gasto com energia elétrica mensal. Em 2017 a ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento) publicou os dados em empreendimentos comerciais que ficam em torno de 40%.

Para ter a acuracidade de que os custos de energia elétrica do ar condicionado realmente é um dos principais problemas da empresa, podemos utilizar métodos e ferramentas de análise e identificação de problemas. Artigo do site apostiladaqualidade.com.br demonstra que a metodologia dos 5-Porquês é muito eficiente na identificação da causa raiz de um problema por ser simples de aplicar e com alto nível de assertividade, já que foi desenvolvida por Taiichi Ohno, o criador do Sistema Toyota de Produção.

Segundo o site portal-administracao.com, o artigo de Bezerra (2014) menciona o Diagrama de Pareto que permite uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços para resolução, identificando qual problema deve ser sanado com mais urgência. Para o preenchimento dos dados do Diagrama de Pareto, é necessário o preenchimento

de uma tabela de dados, o resultado em um gráfico demonstra que geralmente 20% das causas são responsáveis por 80% dos problemas.

Para identificação do consumo de energia elétrica dos equipamentos de ar condicionado existentes, o levantamento foi feito pelo Manual de Operação e Manutenção do modelo disponível no site do fabricante carrierdobrasil.com.br. Assim como os índices de consumo dos equipamentos novos no site partner.lge.com.

A análise de gastos com cargas parciais dos equipamentos mais modernos é oriundo do cálculo desenvolvido em 2007 pela ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers* – Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado), um cálculo que pondera o impacto de cargas parciais ao longo da vida útil de utilização do sistema de ar condicionado.

Conforto Térmico e Carga Térmica de um ambiente

O principal objetivo dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado para o Ser Humano é o Conforto Térmico. O termo Conforto Térmico é “a condição mental que expressa satisfação com o meio ambiente” (ASHRAE Standard 55-66 / 1992). Porém, a percepção de conforto térmico é individual, pois depende da condição física, idade, nível de atividade e estado mental da pessoa que é controlada pelo Hipotálamo, uma região no cérebro que tem função de regular determinados processos metabólicos como a regulação da temperatura corporal e do comportamento emocional.

As condições que definem o Conforto Térmico são divididas em duas: Condições Psicométricas e Condições Sanitárias. Temperatura, Umidade Relativa do Ar e Movimentação do ar são as Condições Psicométricas. Limpeza do Ar, controle de CO₂, odores e contaminantes são as Condições Sanitárias de um ambiente. A ASHRAE no ano de 1993 definiu como conforto térmico as condições em que pelo menos 80% das pessoas adultas no ambiente estejam se sentindo em condições adequadas e confortáveis. Assim, a temperatura deve estar entre 20 e 26°C e a velocidade média do ar até 0,25 m/s.

A Carga Térmica Total de um ambiente é gerada pelos parâmetros de Carga Sensível e Carga Latente. Para a definição de Carga Térmica de um sistema de climatização deve-se considerar a soma destes parâmetros junto a Carga Térmica estimada de Ar Externo:

- Carga Sensível:
 - ◆ Orientação Solar;
 - ◆ Tipo de parede/janela/telhado/cobertura;
 - ◆ Tipo de iluminação;
 - ◆ Número de pessoas;
- Carga Latente:
 - ◆ Número de pessoas e tipo de atividade;
 - ◆ Dissipação térmica de equipamentos elétricos.

- Carga de Ar Externo:
 - ◆ Carga sensível do ar externo;
 - ◆ Carga latente do ar externo.

A Carga Térmica Total é medida em kW (kilowatts) de acordo com o Sistema Internacional de Medidas (S.I.) e os equipamentos para climatização devem possuir potência equivalente ou superior para atender a demanda. Porém, uma das poucas nações a não adotar estas unidades foi o Estados Unidos da América, uma das maiores potências industriais do mundo no ramo de climatização, devido o esforço em manter barreiras comerciais. Desta forma, diversos países com potência fabril foram adotando diferentes unidades para informar as medidas de capacidades dos equipamentos.

A unidade BTU (unidade térmica britânica) é a mais popular, muito utilizada pelos norte-americanos e no Reino Unido devido a paramétrica de definição que define 1 BTU como a quantidade necessária para se elevar a temperatura de uma massa de 1 lb (libra, outra medida fora no S.I.) de água em 1°F (Fahrenheit), a equivalência de 1 BTU é de aproximadamente 0,293 Watts. A unidade TR (tonelada de refrigeração) é muito usada para equipamentos acima de 60.000 BTUs, 1 TR corresponde a 12.000 BTUs. Existe também o HP (*Horse Power* – Cavalo de Força de caldeira) que na refrigeração a equivalência é diferente que na elétrica, ficando 1 HP igual a aproximadamente 9.600 BTUs e 2,8 kW (kilowatts).

Sistema de Ar Condicionado tipo Mini-Split

São equipamentos de expansão direta com condensação a ar, com capacidades geralmente entre 9.000 BTUs e 60.000 BTUs. Neste sistema, a unidade evaporadora é separada da unidade condensadora, daí o nome *Split* (separado) e são conectados através de tubulações de cobre ficando a evaporadora na parte interna do ambiente a ser climatizado e a condensadora na parte externa. Atualmente é o sistema mais popular no Brasil, pode funcionar em ciclo reverso funcionando como uma bomba de calor, para que a unidade interna insufla ar quente no ambiente interno. Popularizados pelas vantagens comparadas ao sistema de janela como menor nível de ruído devido os motores ficarem fora do ambiente habitado, esta popularização baixou o custo de aquisição desse equipamento e a relativa facilidade de instalação e manutenção além de possibilitar climatização e controle de temperatura individual por ambiente.

Com a nova tecnologia dos compressores com variador de frequência (inverter) fazendo com que o compressor module as rotações de acordo com o comando do circuito eletrônico da unidade interna, traz também uma redução no consumo de energia elétrica comparado aos sistemas mais antigos que não possuem essa tecnologia. Os equipamentos modernos possuem vários modelos de unidades evaporadoras para atender diferentes tipos de necessidades de aplicação nos ambientes.

Figura 1 – Evaporadora tipo High-Wall

Fonte: Site Dufrio Refrigeração (2020)

A Figura 1 demonstra o modelo mais popular, chamado de High-Wall devido a instalação na parte superior da parede interna do ambiente.

Figura 2 – Evaporadora tipo Piso-Teto

Fonte: Site Dufrio Refrigeração (2020)

A Figura 2 apresenta o modelo Piso-Teto, utilizado para capacidades entre 24.000 BTUs e 60.000 BTUs é muito utilizado em ambiente comerciais com grandes áreas devido sua força do ventilador da unidade evaporadora, este modelo pode ser instalado em paredes tanto na posição junto ao chão quanto em alturas de até 5 metros. Já a Figura 3 irá apresentar o modelo Cassete de 4 vias, com instalação no teto e saídas de ar para os 4 lados possui uma melhor distribuição do ar climatizado. Muito utilizado em ambientes corporativos, o Cassete de 4 vias também varia a capacidade entre 24.000 BTUs e 60.000 BTUs.

Existe também o modelo Duto Embutido (*Built-in*) que a aplicação é mais elaborada (Figura 4), pois é instalado embutido no forro e o ar climatizado é distribuído através de uma rede de dutos calculada e dimensionada para atender as vazões necessárias. Por serem muito aplicadas em ambientes área média a grande, as capacidades compactuam com os modelos Cassete e Piso-Teto.

Figura 3 – Evaporadora tipo Cassete de 4 vias

Fonte: Site Dufrio Refrigeração (2020)

Figura 4 – Evaporadora tipo Duto Embutido

Fonte: Site Dufrio Refrigeração (2020)

Sistema de Ar Condicionado tipo Split Modular

Conhecido também como *Split Package* ou “Splitão” (Figura 5), são equipamentos também modulares com unidades internas e externas em ambientes separados conectados pelas tubulações de cobre com expansão direta, porém com capacidades maiores em torno de 60.000 a 360.000 BTUs. As unidades evaporadoras desse tipo são do modelo Duto, possibilitando uma climatização central para vários ambientes ao mesmo tempo através da rede de dutos de distribuição de ar. Foram os primeiros modelos modulares popularizados para aplicações comerciais que necessitam de climatização em grandes ambientes ou diversos ambientes ao mesmo tempo.

Figura 5 – Conjunto Splitão

Fonte: Manual de Instalação, Operação e Manutenção Splitão – carrierdobrasil.com.br (2018)

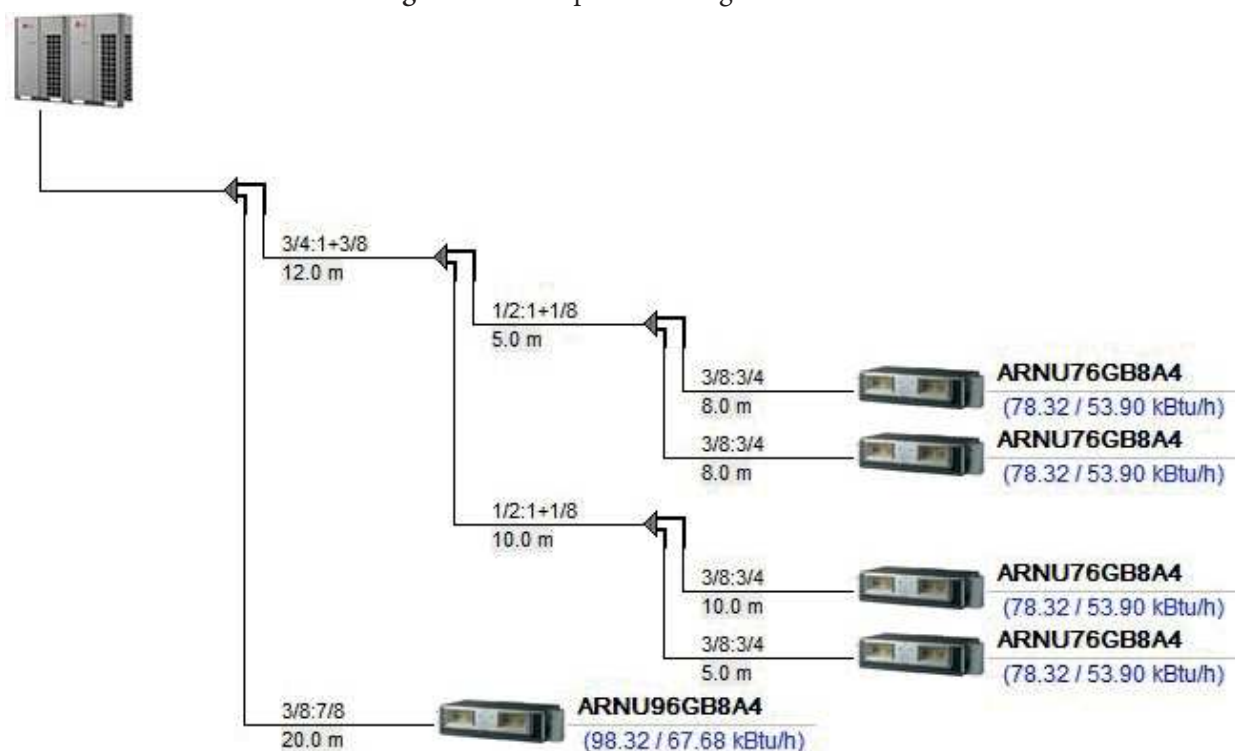
Sistema de Ar Condicionado tipo VRF

O sistema VRF (*Variable Refrigerant Flow* – Volume de Refrigerante Variável) trata-se de um sistema central onde a unidade condensadora externa pode ser conectada pelas tubulações de cobre e derivando para várias unidades evaporadoras internas, possibilitando a climatização de diversos ambientes ao mesmo tempo, mas com controle individual de funcionamento e temperatura. Atualmente é um sistema com maior tecnologia embarcada, possui sensores em todas unidades

evaporadoras e em vários componentes mecânicos que são controlados por mais de 7 circuitos eletrônicos na unidade condensadora, que interpreta os parâmetros dos sensores e comanda o funcionamento também do compressor inverter para um funcionamento de performance ideal com maior rendimento utilizando a menor energia possível.

Esse sistema por poder utilizar várias unidades evaporadoras os modelos destas podem ser diferentes no mesmo sistema, apresentando uma maior flexibilidade de aplicação em diversos ambientes utilizando apenas uma unidade condensadora, os sistemas VRF podem conectar até 64 unidades evaporadoras em um único sistema.

Figura 6 – Exemplo de Fluxograma de VRF



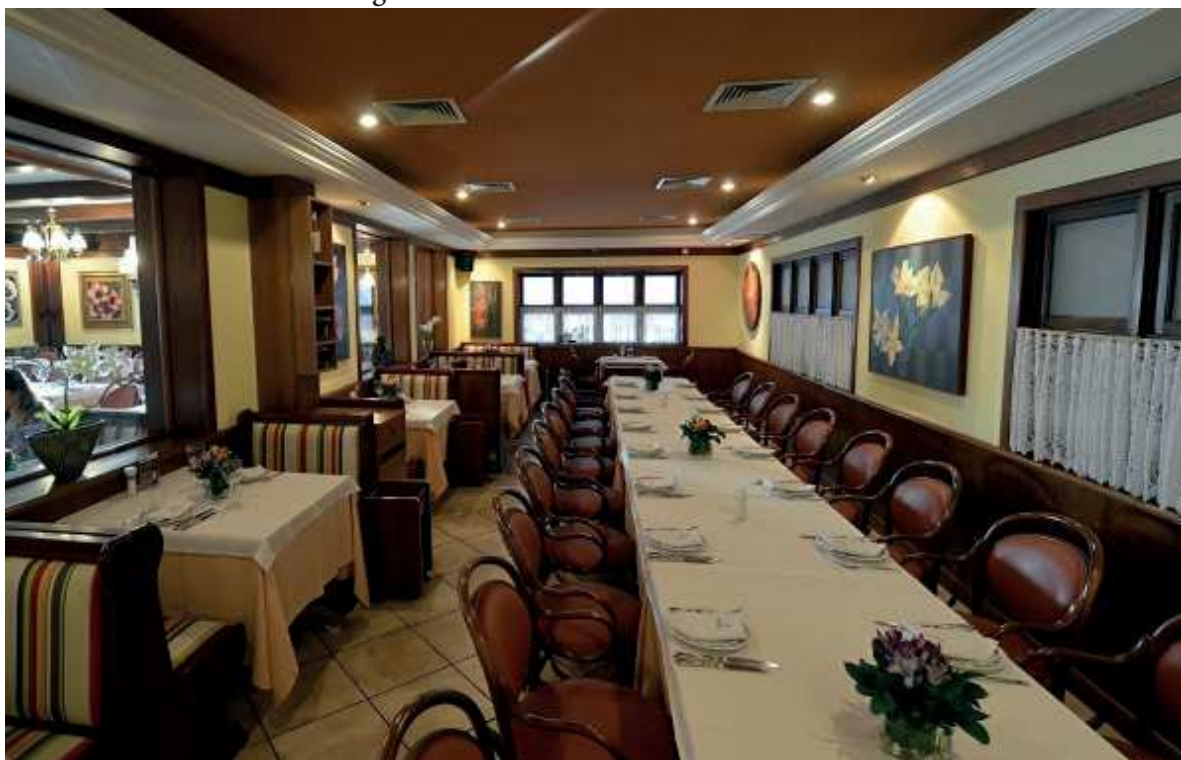
Fonte: O autor (2019)

A instalação desse sistema traz diversas vantagens, além da facilidade e flexibilidade de instalação e manutenção, alta eficiência energética podendo trabalhar em cargas parciais entre 5% e 100% de sua capacidade, variando conforme necessário, baixo nível de ruído e melhor controle de temperatura do ambiente a ser climatizado quando bem dimensionado.

Empreendimento Comercial de estudo – Restaurante

O empreendimento de estudo é um Restaurante em Porto Alegre/RS, tradicional por sua excelência culinária nas tradições alemãs funcionando desde 1982 na edificação atual. O sistema de ar condicionado instalado em 1998 foi do tipo Split Modular (Splitão), o que era tecnologia na época em que foi instalado transformou-se em grandes custos operacionais e de manutenção. Os ambientes do estudo são: Salão Interno 01, Salão Interno 02, Bar e Hall de entrada.

Figura 7 – Salão Interno 02 do Restaurante



Fonte: Cedido pela Administração do Restaurante (2020)

OBJETIVOS

Objetivos Gerais

Estudo de caso da substituição de um sistema de ar condicionado antigo do modelo Split Modular com mais de 20 anos por um novo mais eficiente, apresentando as Ferramentas da Qualidade para fundamentar o problema, propor uma solução e comparando os resultados reais com o resultado estimado antes da aplicação.

Objetivos Específicos

Com base nos números apresentados após levantamento de consumo energético antes e depois da implementação da nova tecnologia, avaliar se a redução estimada realmente foi atingida. Comparando os dados reais fornecidos pelo empreendimento de estudo com os dados estimados no início das tratativas.

Justificativa

Ao longo do tempo a busca de conforto em ambientes internos através da climatização artificial foi crescendo e se transformando um quesito muitas vezes primordial para um tema de qualidade de vida. Em ambientes comerciais, por exemplo, esse tema está diretamente atrelado ao sucesso do negócio onde seus clientes sentem-se confortáveis a tendência é que se tornem clientes fiéis. Equipamentos de climatização atuais comparados com os comercializados há 20 anos podem chegar a uma eficiência energética superior em até 70% de acordo com alguns fabricantes.

Empresas que estimam se manter competitivas, entregando seus serviços ou produtos com qualidade que desponham no mercado estão direcionando seus procedimentos para um gerenciamento moderno, se reinventando nas metodologias de condução e gerenciamento do negócio. A adoção de práticas de Melhoria Contínua pelos empresários visa sempre a evolução dos resultados, desde a década de 1990 e mais fortemente nos anos 2000 no Brasil, assim podendo atender às exigências de um mercado cada vez mais exigente. Em 2015 a norma ISO9001 traz na seção 10.3 (Melhoria Contínua) a necessidade da organização em melhorar continuamente seus processos e que a sistemática se torne permanente, devendo a empresa integrar o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) em seus Planos de Negócio.

METODOLOGIA

Apresentar técnicas de identificação de problema utilizando as Ferramentas da Qualidade como o 5 Porquês, priorização de problema com Diagrama de Pareto, identificação de causa e efeito para direcionamento de resolução com o Diagrama de Ishikawa, controle de qualidade com estruturação de análise e solução de problema com PDCA – Plan, Do, Check, Act (Planejar, Fazer, Checar e Agir) e analisar se o planejado foi efetivamente atingido.

Identificação da Causa Raiz – 5 Porquês

Metodologia de identificação de problema raiz desenvolvida pelo criador do Sistema Toyota de Gestão da Qualidade, o japonês Taichii Ohno em 1950. Consiste na repetição da pergunta “Por quê” diante da questão a ser estudada para melhor entendimento do problema.

- Lucro baixo:

Por quê? Alto custo operacional;

Por quê? Custos fixos altos;

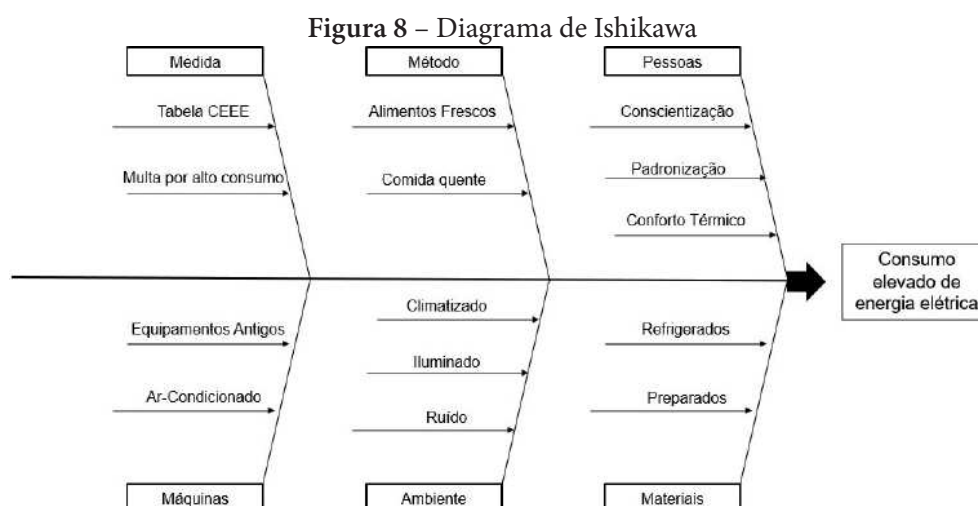
Por quê? Gasto com energia elétrica alto;

Por quê? Alto consumo de eletricidade por equipamentos;

Por quê? Equipamentos elétricos antigos.

Identificação da Causa e Efeito – Diagrama de Ishikawa

Conhecido também como “Diagrama Espinha de Peixe” e “Diagrama de causa e efeito” ajuda a identificar a causa raiz de um problema envolvendo todos os fatores da execução do processo. A Figura 8 demonstra o diagrama desenvolvido juntando as informações do Gerente de Operações de Restaurante, do Cozinheiro Chefe e do proprietário do empreendimento.



Fonte: O autor (2018)

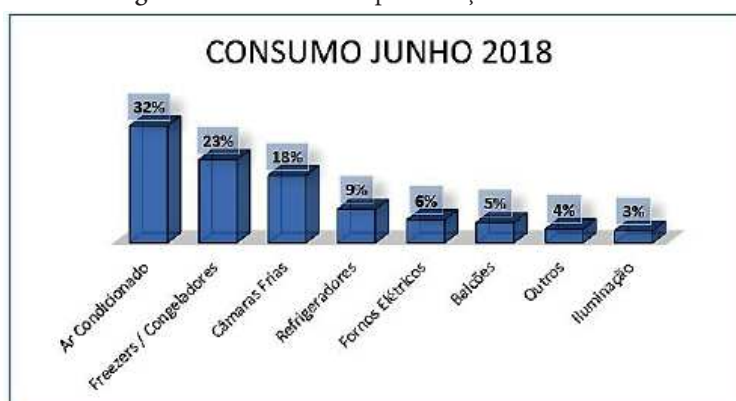
Priorização de Problema – Gráfico de Pareto

Metodologia que permite fácil visualização dos problemas identificados mais importantes, com levantamento de dados que demonstra que geralmente 20% das causas são responsáveis por 80% dos problemas.

Tabela 1 – Dados Energéticos do Restaurante

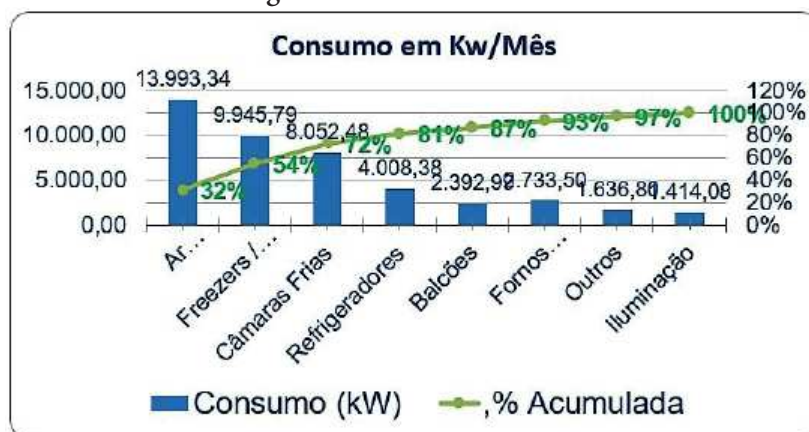
| Descrição | Consumo (kW) | Consumo Mensal (kW) | Representação |
|-------------------------|--------------|---------------------|---------------|
| Ar Condicionado | 13993,34 | 9795,338 | 32% |
| Freezers / Congeladores | 9945,79 | 6962,053 | 23% |
| Câmaras Frias | 8052,48 | 5636,736 | 18% |
| Refrigeradores | 4008,38 | 2805,866 | 9% |
| Fornos Elétricos | 2733,5 | 1913,45 | 6% |
| Balcões | 2392,99 | 1675,093 | 5% |
| Outros | 1636,8 | 1145,76 | 4% |
| Iluminação | 1414,08 | 989,856 | 3% |
| TOTAL | | 30924,152 | 100% |

Figura 9 – Gráfico de Representação de Consumo



Fonte: O autor (2018)

Figura 10 – Gráfico de Pareto



Fonte: O autor (2018)

Com o Gráfico de Pareto confirmamos que os equipamentos de ar condicionados obsoletos são os que possuem a maior fatia de participação no consumo de energia elétrica do empreendimento.

PDCA (Planejar, Fazer, Checar e Agir)

Método de Gestão da Qualidade que visa a melhoria contínua. No caso em questão, o plano é a troca do sistema de ar condicionado atual.

Tabela 2 – Informações de Potência x Consumo Equipamentos Existentes

| EQUIPAMENTO AC | Capacidade (W) | Capacidade (BTU/h) | Consumo Nominal (W) | EER | QTDE | Preço | Consumo Total (KW) |
|----------------|----------------|--------------------|---------------------|------|------|----------|--------------------|
| SSHB 100 | 35000 | 120.000 | 14100 | 2,48 | 1 | R\$ 0,00 | 14,10 |
| SSHB 060 | 17500 | 60.000 | 7100 | 2,46 | 1 | R\$ 0,00 | 7,10 |

Fonte: Manual de Instalação, Operação e Manutenção Splitão – carrierdobrasil.com.br (2018)

A Tabela 2 que demonstra o índice de rendimento EER é informado diretamente no catálogo, já que a relação de consumo será sempre com o consumo de 100% da capacidade do sistema pois o compressor não possui o variador de frequência.

Tabela 3 – Informações de Potência x Consumo VRF

| EQUIPAMENTO AC | Capacidade (W) | Capacidade (BTU/h) | Consumo Nominal (W) | EER | QTDE | Preço | Consumo Total (KW) |
|--------------------------|----------------|--------------------|---------------------|-------|------|---------------|--------------------|
| SISTEMA VRF 12 FP 380V-3 | 39.200 | 133.800 | 10800 | 15,23 | 1 | R\$ 63.000,00 | 8,79 |

Fonte: Catálogo Técnico LG – partner.lge.com (2018)

Conforme a Tabela 3, a relação de consumo elétrico e capacidade de refrigeração do equipamento VRF em cargas parciais é muito superior ao equipamento existente demonstrado na Tabela 2, denominado IEER (*Integrated Energy Efficiency Ratio* - Índice de Eficiência Energética Integrado) que quer dizer que a proporção do consumo é integrada, um índice de rendimento com cargas parciais quando aplicável e respeitadas as diferenças de metodologia de cálculo entre o EER e o IEER.

- Analisar opções de mercado para equipamentos novos mais eficientes. Identificar quem, quando e o que fazer para a resolução;
- Novo sistema escolhido de acordo com custo e consumo projetado: Sistema VRF (Fluxo de Refrigerante Variável) de acordo com a análise financeira de Recuperação de Investimento (PayBack).

O índice de rendimento de cargas parciais de acordo com a ASHRAE (2007) é calculado a partir de dados técnicos do catálogo do equipamento, que mede seu consumo em rendimento considerando o sistema trabalhando a 25, 50, 75 e 100% de sua capacidade total. O método de cálculo considera que menos de 2% do tempo de vida útil dos equipamentos com tecnologia no compressor inverter devem trabalhar entre 75 e 100% de sua capacidade, ele considera que a maior parte do tempo o trabalho será em cargas parciais com o motor trabalhando entre 25 e 75%.

Tabela 4 – Cálculo ASHRAE para cargas parciais do VRF de estudo

| Dados de Entrada | | | | | | | | |
|------------------|--------------|-------------------------|------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|-------|
| Stage | Ambient (°C) | Actual % Load (Net Cap) | Net Cap kW | Cmpr (Pc) kW | Cond (Pcf) kW | Indoor (Pit) kW | Control (Pct) kW | kW/kW |
| 4 | 35,0 | 100 | 31,50 | 7,70 | 0,00 | 1,12 | 0,05 | 3,55 |
| 3 | 27,5 | 75 | 23,65 | 3,84 | 0,00 | 1,12 | 0,05 | 4,72 |
| 2 | 20,0 | 50 | 15,80 | 2,38 | 0,00 | 1,12 | 0,05 | 4,45 |
| 1 | 18,3 | 25 | 7,90 | 1,18 | 0,00 | 1,12 | 0,05 | 3,36 |

$$\text{IEER} = (0,02 \times \text{Stage 4}) + (0,617 \times \text{Stage 3}) + (0,238 \times \text{Stage 2}) + (0,125 \times \text{Stage 1})$$

$$\text{IEER} = (0,02 \times 3,55) + (0,617 \times 4,72) + (0,238 \times 4,45) + (0,125 \times 3,36)$$

$$\text{ICOP}_{\text{Sist.}} = 4,46 \text{ kW/kW}$$

$$\text{IEER} = 15,23 \text{ (BTU/h) / kW}$$

$$\text{COP}_{\text{Sist 100\%}} = 3,55 \text{ kW/kW}$$

$$\text{EER} = 12,12 \text{ (BTU/h) / kW}$$

$$\text{ICOP}_{\text{Cond.}} = 6,30 \text{ kW/kW}$$

$$\text{IEER} = 21,49 \text{ (BTU/h) / kW}$$

$$\text{ICOP}_{\text{Cond 100\%}} = 4,09 \text{ kW/kW}$$

$$\text{EER} = 13,96 \text{ (BTU/h) / kW}$$

Fonte: O autor (2018)

Assim, é possível realizar um comparativo e estimativa de retorno de investimento do novo sistema, que o orçamento foi de R\$ 63.000,00 (Sessenta e três mil reais) conforme a Tabela 5, estimando que com uma tarifa fixa de R\$ 0,71 por kWh (informado pelo restaurante) mesmo que essa tarifa não sofra acréscimo o investimento é retornado em pouco mais de 3 anos considerando o tempo de utilização do sistema de ar condicionado em 8 horas por dia de segunda a sábado.

Tabela 5 – Resultado do comparativo de retorno de investimento

| | |
|-----------------------------------------|---------------|
| R\$ kWh em tarifa amarela POA | 0,71 |
| Horas / dia | 8 |
| dias / mês | 24 |
| Custo mensal em energia Elétrica VRF | R\$ 1.197,61 |
| Custo mensal em energia Elétrica Slit | R\$ 2.889,98 |
| PAYBACK | |
| Diferença custo equipamentos | R\$ 63.000,00 |
| Diferença gasto mensal energia elétrica | R\$ 1.692,37 |
| Meses | 37,23 |
| Ano | 3,10 |

Fonte: O autor (2018)

Comparativo de consumo Antes e Depois

O empreendimento de estudo disponibilizou em tabelas os valores de consumos e custos das contas de energia elétrica dos meses de Janeiro, Fevereiro e Março tanto do ano de 2018 (antes da troca) quanto do ano de 2019 (após a troca), considerando que são os meses do verão em que os valores das contas são os que mais oneram o orçamento do restaurante devido à taxas de “bandeira vermelha” que são aditivos de consumo em que a administradora CEEE-RS (Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul) aplica geralmente no verão. Por escolha do proprietário, não foi informado o valor total da conta de energia, apenas o consumo em kW.

Os consumos estão expressos na Tabela 6.

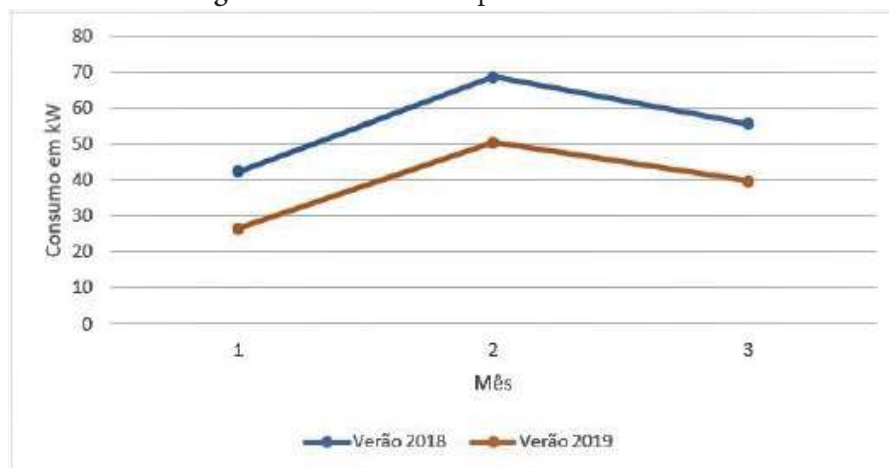
Tabela 6 – Consumo de energia elétrica do restaurante

| Verão 2018 | | Verão 2019 | |
|------------|--------------|------------|--------------|
| Mês | Consumo (kW) | Mês | Consumo (kW) |
| Janeiro | 42,48 | Janeiro | 26,54 |
| Fevereiro | 68,59 | Fevereiro | 50,41 |
| Março | 55,63 | Março | 39,69 |

Fonte: Gerente Operacional do Restaurante (2020)

Com essa tabela, podemos comparar graficamente a diferença do consumo:

Figura 11 – Gráfico comparativo de consumo



Fonte: O autor (2020)

Analisando os números informados, é comprovado que houve uma média de redução de aproximadamente 42% do consumo de um ano para o outro, antes e depois da substituição do sistema de ar condicionado. Esta comprovação condiz com o projetado inicialmente e comprova as estimativas das entidades de referência em climatização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os números informados, é comprovado que houve uma média de redução de aproximadamente 42% do consumo de um ano para o outro, antes e depois da substituição do sistema de ar condicionado. Esta comprovação condiz com o projetado inicialmente e comprova as estimativas das entidades de referência em climatização.

No estudo deste trabalho, a satisfação do proprietário em ter chegado a um resultado de acordo com o planejado é muito grande, pois além da comprovada melhoria com relação a eficiência energética o novo sistema de ar condicionado vai de encontro aos valores do restaurante que polui menos o ambiente com seu fluido ecológico e baixo ruído, além de diminuir drasticamente os custos de manutenções corretivas que o antigo sistema demandava. Apenas com uma manutenção preventiva mensal, o sistema VRF implantado possui 5 anos de garantia do fabricante e uma estimativa de aproximadamente 20 anos de vida útil.

As Ferramentas da Qualidade foram imprescindíveis para tomada de decisão de troca do sistema por parte do proprietário do restaurante, afirmando que com um estudo estruturado e um planejamento correto é possível atingir as metas estipuladas.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total** (no estilo japonês). 7. ed. Belo Horizonte: Bloch. 1992.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus. 1993.

GESTÃO DA QUALIDADE. **Ferramentas da qualidade**. Disponível em: <<http://gestao-de-qualidade.info/ferramentas-da-qualidade.html>> Acesso em: Nov. 2019.

ASHRAE (AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS). ASHRAE JOURNAL. **Maximum Efficiency for Skyscraper**. April 2016.

ABRAVA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO). **O uso do ar-condicionado e o consumo de energia elétrica**. 2017. Disponível em: <<https://abrava.com.br/o-uso-do-ar-condicionado-e-o-consumo-de-energia-eletrica-abrava/>> Acesso em: Set. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética**. Brasília. 2018

CAMPANHOLA, F. P. Avaliação de Sistemas de Condicionamento de Ar para salas de prédio público. 25f. **Dissertação** de especialização, Universidade Federal de Santa Maria/RS. 2014.

APOSTILAS DA QUALIDADE. **Os 5 porquês** – análise da causa raiz. 2014. Disponível em: <<https://www.apostilasdaqualidade.com.br/os-5-porques-5-why-analise-da-causa-raiz/>> Acesso em: Out. 2019.