

IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO EM UM CONSULTÓRIO PARA O MERCADO DA SAÚDE - UM ESTUDO DE CASO

GODOI, Rafael Alvarado de¹

FORTE, Luiz Antonio²

KRÜGER, Suellyn³

RESUMO

No Brasil, o custo da energia elétrica tem sofrido sucessivos aumentos devido à atual crise energética. Nesse cenário, a instalação de um equipamento para climatização de ambientes deve ser precedida de uma análise técnico-econômica. Nesse contexto, o presente artigo trata de um estudo de caso de implementação de sistema de condicionamento de ar em uma construção de seis cômodos que será adaptada para operar como um consultório para o mercado da saúde. A análise da implementação do sistema de climatização em um consultório para o mercado da saúde é o objetivo geral deste artigo. Para tanto, o presente estudo apresenta o cálculo da carga térmica dos ambientes a serem climatizados, uma pesquisa das tecnologias disponíveis no mercado para atender a demanda de refrigeração em questão e uma análise econômica dos custos envolvidos na aquisição do sistema de ar-condicionado. Primeiramente, o cálculo da carga térmica dos ambientes a serem climatizados foi realizado. Posteriormente, pesquisaram-se possíveis tecnologias disponíveis no mercado para atender a demanda de refrigeração em estudo. Por fim, analisaram-se economicamente os custos envolvidos na aquisição do sistema de ar-condicionado. Observou-se que a principal fonte de carga térmica foi o calor oriundo da condução através das paredes externas, sendo a recepção o cômodo com maior carga térmica. Concluiu-se que a opção de sistema de climatização mais adequada para a instalação em questão é o modelo *Split*. A carga térmica total do projeto foi de 109410 Btu/h e o custo para aquisição dos aparelhos de ar-condicionado foi estimado em R\$ 24525,04.

Palavras-chaves: Estudo de caso. Ar condicionado. Carga térmica. Análise econômica.

1 INTRODUÇÃO

Muitas vezes uma construção projetada para um determinado fim é adaptada para outra finalidade. Este cenário é muito comum no centro de grandes cidades, local onde a maior parte dos espaços já se encontra ocupada, e a demanda por pontos

¹ Referencias acadêmicas do autor (sem nomes, RU, e-mail ou títulos)

² Graduado em Engenharia Ambiental pela UTP e pós-graduado em Engenharia de segurança do Trabalho pela UTFPR

³ Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela PUCPR e Professora Orientadora no Centro Universitário Internacional UNINTER

comerciais é muito grande. Com o passar das décadas, a maioria das residências localizadas nas regiões centrais deram espaço para o avanço dos escritórios e comércios, porém muitas vezes as construções não são demolidas para posteriormente serem reconstruídas, elas são apenas adaptadas.

O mercado de serviços de saúde se expandiu muito nos últimos anos, e como consequência deste fato pode-se indicar o crescimento de consultórios de médicos, dentistas, fonoaudiólogos e psicólogos (CARVALHO, 2018). Por ergonomia e conforto dos pacientes é comum haver um sistema de climatização nesses ambientes. Ademais, muitas vezes os testes que são realizados precisam ser feitos em ambiente climatizado, tal como apresentado no estudo de Bandeira *et al.* (2012).

Conforme Godoy (2013) o projeto do sistema de ar-condicionado impacta na qualidade do ar do ambiente climatizado. Marangoni *et al.* (2015) destacam a importância da engenharia econômica no cenário atual em que as tarifas de energia elétrica apresentam aumento sazonal. Os autores defendem que todo projeto de ar condicionado deve ser precedido por uma análise do ambiente a ser climatizado, com o intuito de entender qual o modelo de condicionador de ar mais adequado para cada situação. Quando o sistema de climatização tiver sido implementado sem o estudo em questão, os autores atestam a necessidade de uma análise crítica sobre a viabilidade econômica da substituição do presente modelo por outro. Carneiro *et al.* (2012) trazem a informação de que em uma edificação comercial cerca de 50% do consumo de energia elétrica, em média, é causado pelo uso de aparelhos de ar-condicionado.

Neste sentido, entende-se que é de suma importância um estudo preliminar para analisar e otimizar o projeto de ar condicionado do ponto de vista técnico-econômico. A otimização de processos faz parte das competências inerentes à Engenharia de Produção. O fato de comumente não se realizar tais estudos prévios em projetos de ar-condicionado motivou a realização deste trabalho. O presente texto trata de um estudo de caso cujo enfoque foi as etapas fundamentais para a implementação de um sistema de climatização em um prédio de 6 (seis) cômodos, anteriormente utilizado como moradia e que passará a operar como um consultório para o setor da saúde. A análise da implementação do sistema de climatização em um consultório para o mercado da saúde é o objetivo geral deste artigo. Os objetivos específicos são: (i) calcular a carga térmica dos ambientes a serem climatizados; (ii) pesquisar as possíveis tecnologias disponíveis no mercado para atender a demanda

de refrigeração em questão; e (iii) analisar economicamente os custos envolvidos na aquisição do sistema de ar-condicionado.

Para atingir os objetivos traçados, o presente trabalho se valeu de uma revisão de estudos de caso análogos ao proposto nesta pesquisa e de informações obtidas a partir de livros técnico-científicos para a modelagem do problema de cálculo da carga térmica dos ambientes a serem climatizados. Os cálculos foram realizados através do *software* EES (*Engineering Equation Solver*®).

A pesquisa apresentada no presente texto será de grande relevância para o sucesso da adequação do espaço físico em questão para a sua nova função. Este artigo está estruturado da seguinte maneira: a presente introdução; fundamentação teórica, na qual se apresentam os textos técnicos e científicos que serviram de base para os cálculos que foram realizados e para a análise que foi aplicada; metodologia, tópico que apresenta os materiais e os métodos que foram utilizados para atingir o objetivo traçado; resultados encontrados, seção em que os valores de carga térmica obtidos são expostos e discute-se acerca dos modelos de equipamento disponíveis no mercado que melhor se adequariam à situação em questão; apresentação das conclusões.

2 PROJETO DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Nesta seção apresenta-se a revisão bibliográfica realizada para a elaboração do presente artigo. A fundamentação teórica divide-se em: cálculo da carga térmica; opções de sistemas de climatização presentes no mercado; revisão de estudos de caso sobre análise econômica de sistemas de climatização.

2.1 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

Creder (2004) apresenta o passo a passo a ser seguido para o cálculo da carga térmica de um determinado ambiente. Em termos gerais, o autor define que a carga térmica de um ambiente pode ser calculada através das seguintes fontes calor:

- a. Calor proveniente das paredes externas: fluxo de calor por condução proveniente do ambiente externo ao edifício.

- b. Calor proveniente das paredes internas: fluxo de calor que flui do cômodo vizinho, por condução, até o ambiente a ser refrigerado. Caso o cômodo vizinho também esteja refrigerado o fluxo de calor é desprezível.
- c. Calor proveniente do teto: fluxo de calor por condução através do teto.
- d. Calor proveniente das janelas e portas de vidro: fluxo de calor que provém por condução e por radiação caso haja janelas e portas de vidro.
- e. Calor proveniente da iluminação: fluxo de calor proveniente das lâmpadas utilizadas na iluminação do ambiente a ser climatizado. Parte da potência consumida é convertida em calor e a própria luz é também uma fonte de calor.
- f. Calor proveniente dos equipamentos eletroeletrônicos: tais dispositivos convertem parte da potência consumida para sua operação em calor.
- g. Calor proveniente das pessoas presentes no ambiente a ser climatizado: o número de pessoas que frequentarão o ambiente é importante pois o corpo humano colabora para a carga térmica com calor sensível e calor latente.
- h. Calor proveniente da ventilação: existe a necessidade de renovação do ar interno, através da sucção de ar externo e expulsão de ar interno, para garantir a qualidade do ar que será respirado pelas pessoas. Para ambientes destinados a serviços de saúde a necessidade de renovação do ar é ainda mais significativa.

2.2 SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR

Conforme Leão Júnior (2008), os primeiros aparelhos de ar-condicionado datam do início do século XX. Todavia, somente em 1960 seu comércio ganhou relevância no mercado interno brasileiro e atingiu significativo espaço apenas em 1990. Segundo Pedreira (2017), atualmente cerca de 40% dos domicílios urbanos e 4,3% dos domicílios rurais fazem uso de ar condicionado. A autora defende que no ano de 2030 o número de domicílios urbanos com uso de ar condicionado atingirá 60%. O estudo apresenta ainda a divisão do mercado de condicionadores de ar entre os modelos tipo janela e os modelos tipo *split*. A Tabela 1 resume as projeções de Pedreira (2017) até 2030.

Tabela 1 Projeção de Mercado de Ar-Condicionado até 2030

| Ano | Janela | Split | Imóveis Urbanos |
|------|--------|-------|-----------------|
| 2018 | 45,0% | 55,0% | 48,0% |
| 2020 | 42,5% | 57,5% | 50,0% |
| 2022 | 40,0% | 60,0% | 52,0% |
| 2024 | 37,5% | 62,5% | 54,0% |
| 2026 | 35,0% | 65,0% | 56,0% |
| 2028 | 32,5% | 67,5% | 58,0% |
| 2030 | 30,0% | 70,0% | 60,0% |

Fonte: Pedreira (2017).

Conforme ABNT (2008) os sistemas de condicionamento de ar se separam em dois tipos: sistemas centrais e sistemas unitários. Oliveira e Martins (2014) apresentam a classificação ASHRAE para aparelhos de ar condicionado: centrais e descentralizados. Os primeiros representam cerca de 25% dos sistemas de climatização no mundo e são ideais para projetos de grande porte, já o segundo tipo é utilizado para projetos de pequeno e médio porte e demanda menor aporte financeiro inicial. Os autores listam as tecnologias de condicionamento de ar presentes no mercado, dentre as quais destacam-se as tecnologias descentralizadas a seguir:

- a. ACJ ou Ar-Condicionado de Janela: com capacidade de refrigeração de 5000 a 30000 Btu/h, é adequado para áreas pequenas, onde se deseja controle individual da temperatura. A maioria opera com tensão de 220V.
- b. *Split*: com o sistema de refrigeração separado em duas partes, unidade evaporadora e unidade condensadora, apresenta menor ruído para dentro do recinto refrigerado. Encontrado com condensadoras horizontais ou verticais e evaporadora tipo: *Hi-Wall*; *Piso-teto*; *Cassete*; *Built In*. A capacidade de refrigeração pode variar de 7000 a 60000 Btu/h.
- c. *Multi-split*: encontrado com capacidade de refrigeração de 14000 a 58000 Btu/h apresenta uma unidade condensadora para mais de uma unidade evaporadora. As unidades evaporadoras são capazes de operar independentemente em relação umas às outras.

2.3 ANÁLISE ECONÔMICA

Conforme Braga (2016), a busca por melhor eficiência energética ganha cada vez mais relevância na construção civil pois o desempenho energético da construção relaciona-se com a eficiência financeira e o impacto ambiental do projeto. O projeto

de sistemas de refrigeração tem sido alvo de inúmeros estudos que visam implementar alterações que o levem a maior ecoeficiência, uma vez que se trata de um sistema que demanda muita energia e alto aporte financeiro.

Oliveira *et al.* (2016) apresentam uma análise multicritério para seleção de aparelhos de condicionamento de ar. Os autores participaram do procedimento de troca dos equipamentos de ar condicionado de um dos prédios de uma empresa após detectarem o alto consumo que os equipamentos apresentavam devido a sua obsolescência. Os autores apresentaram metodologias para a escolha da melhor opção de aparelho de ar condicionado dentre as alternativas previamente selecionadas pela empresa. Estudos sobre o reaproveitamento da água de condensação de sistemas de refrigeração demonstram a importância de implementar melhorias durante todas as etapas do projeto de um sistema de refrigeração (DIAS *et al.*, 2018) (CABRAL *et al.*, 2015).

O cálculo da carga térmica, a escolha do sistema de refrigeração mais adequado e a revisão de estudos de caso podem fornecer o embasamento teórico necessário para um projeto do sistema de condicionamento de ar. A apresentação do projeto do cálculo da carga térmica até a estimativa do aporte financeiro necessário para a sua implementação mostra-se como um diferencial do presente estudo, uma vez que os trabalhos previamente citados não cobriram todas essas etapas.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa quantitativa, de caráter exploratório e realizada a partir de um estudo de caso. A metodologia utilizada dividiu-se em 3 partes: levantamento de informações sobre os espaços a serem climatizados, cálculo da carga térmica e análise financeira da implementação do projeto mediante pesquisa de equipamentos disponíveis no mercado.

3.1 COLETA DE INFORMAÇÕES

O edifício utilizado como objeto de estudo encontra-se na região central da cidade de Belo Horizonte/MG. Inicialmente projetado e construído para fins residenciais, o prédio encontra-se em etapa de adaptação para operação como consultório para o mercado da saúde.

Realizaram-se 2 etapas de visita de campo para o levantamento das informações que seriam utilizadas no presente trabalho. A primeira visita aconteceu nos dias 20, 21 e 22 de dezembro do ano de 2020 e a segunda visita nos dias 26, 27 e 28 de fevereiro de 2021. As datas das visitas foram escolhidas de acordo com os meses mais quentes na cidade de Belo Horizonte, conforme INPE (2020). Durante as visitas foram aferidas grandezas como: comprimento, largura e profundidade dos cômodos; temperatura e umidade relativa ambiente (medidos através de um termo-higrômetro); identificação das janelas e portas de vidro; orientação geográfica do prédio. Para garantir o êxito das visitas, um *checklist* foi previamente elaborado.

Os cômodos do prédio que foram alvo do presente estudo de viabilidade de implementação de sistema de climatização são: Recepção; Consultório; Sala de Exames. Para tais cômodos, realizou-se o levantamento de informações adicionais para garantir o êxito da etapa de cálculo da carga térmica, tais como: quantidade de lâmpadas utilizadas para iluminação; presença de equipamentos eletroeletrônicos; quantidade média de pessoas que permanecem nos cômodos; espessura e material das paredes, janela e portas.

3.2 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

O cálculo da carga térmica foi realizado de acordo com a teoria presente em Creder (2004). Para tanto, foram utilizadas as equações básicas para cálculo de transferência de calor por condução (Equação de Fourier – Eq. 1) e por convecção (Lei do Resfriamento de Newton – Eq. 2). Nas equações, tem-se que: q refere-se à taxa de transferência de calor (W), k refere-se ao coeficiente de transferência de calor por condução do meio (W/mK), h refere-se ao coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m²K), A_T refere-se à área da seção transversal ao fluxo de calor por condução, L refere-se à espessura da camada que o fluxo de calor por condução percorre, A_S refere-se à área superficial da troca de calor por convecção, T_2 é a temperatura da fonte quente e T_1 é a temperatura da fonte fria.

$$q_{cond} = k \frac{A_T}{L} (T_2 - T_1) \quad (1)$$

$$q_{conv} = h A_S (T_2 - T_1) \quad (2)$$

Para o cálculo da carga térmica foi utilizado o *software* EES® (*Engineering Equation Solver*) na versão de estudante. O programa apresenta como grande diferencial a vasta biblioteca de propriedades termodinâmicas de variados fluidos. Para o presente trabalho, a possibilidade de trabalhar com as propriedades de ar seco e ar úmido da biblioteca do EES® mostrou-se muito vantajosa. Outro fator que corroborou com a escolha desta plataforma computacional foi a possibilidade de resolver sistemas de equações rapidamente, uma vez que o método de Newton-Raphson já se encontra implementado.

Os valores de carga térmica calculados foram utilizados para nortear a etapa de levantamento de preços e análise econômica.

3.3 ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica do projeto foi realizada a partir de um levantamento de preços no mercado das diferentes tecnologias de sistemas de condicionamento de ar, de modo a determinar quais são mais viáveis economicamente. Para tanto, fez-se uma análise da capacidade de refrigeração que seria demandada do sistema de condicionamento de ar e do aporte financeiro inicial para aquisição do sistema de climatização para os três cômodos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do presente trabalho serão apresentados em 3 subseções: coleta de dados, cálculo da carga térmica e análise econômica.

4.1 COLETA DE DADOS

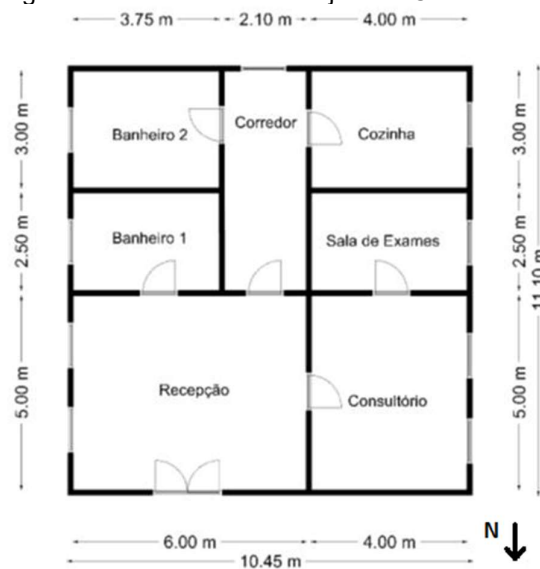
Durante as visitas realizadas ao edifício objeto de estudo do presente trabalho (Figura 1), se procedeu o levantamento de informações para a determinação da planta baixa do edifício. Os três cômodos que serão climatizados são: Recepção; Consultório; Sala de Exames. Os cômodos do edifício podem ser identificados na planta baixa apresentada na Figura 2. O pé direito do edifício foi medido igual a 3,00 metros.

Figura 1: Desenho 3D do Edifício do Consultório



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 2: Planta Baixa do Projeto do Consultório



Fonte: Autoria própria (2021).

Outras informações relevantes determinadas durante as visitas de campo foram:

- Teto sob isolamento (presença de telhado).
- Fumo não permitido.
- Carga térmica oriunda do piso desprezível por se tratar de andar térreo.
- Janelas possuem persianas, mas a porta de vidro da Recepção não possui proteção.
- Paredes com alvenaria média e paredes externas de cor clara.
- Ocupação máxima: 10 pessoas na recepção, 2 pessoas na sala de exames e 2 pessoas no consultório.

- g. Condições ambiente externas (verão): temperatura de 35°C e umidade relativa de 70%.
- h. Condições ambiente interna desejada: temperatura de 22°C e umidade relativa de 50%.
- i. Umidade relativa do ar insuflado de 90%.
- j. Iluminação interna: 5 lâmpadas fluorescentes de 30 W na recepção, 2 lâmpadas fluorescentes de 30 W na sala de exames e 2 lâmpadas fluorescentes de 30 W no consultório. Todas as lâmpadas apresentam potência adicional de 20% devido ao funcionamento dos reatores.
- k. Conforme orientado por Creder (2004), assumiu-se vazão de renovação de ar de 25 m³/h para cada pessoa presente no cômodo.

Dessa forma determinou-se as seguintes informações expostas nas Tabelas 2, 3 e 4. Nota-se que dentre as paredes internas apresentadas na Tabela 3, aquelas que envolvem dois cômodos climatizados puderam ser desprezadas durante o cálculo da carga térmica.

Tabela 2: Coleta de dados – Paredes Externas.

| Paredes externas | Altura (m) | Largura (m) | Orientação |
|--------------------|------------|-------------|------------|
| Recepção (1) | 3,00 | 6,00 | Norte |
| Recepção (2) | 3,00 | 5,00 | Leste |
| Sala de Exames (1) | 3,00 | 2,50 | Norte |
| Consultório (1) | 3,00 | 4,00 | Norte |
| Consultório (2) | 3,00 | 5,00 | Oeste |

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 3: Coleta de dados – Paredes Internas.

| Paredes Internas | Altura (m) | Largura (m) | Cômodo |
|--------------------|------------|-------------|----------------|
| Recepção (1) | 3,00 | 5,00 | Consultório |
| Recepção (2) | 3,00 | 2,10 | Corredor |
| Recepção (3) | 3,00 | 3,75 | Banheiro 1 |
| Sala de Exames (1) | 3,00 | 4,00 | Cozinha |
| Sala de Exames (2) | 3,00 | 2,50 | Corredor |
| Sala de Exames (3) | 3,00 | 4,00 | Consultório |
| Consultório (1) | 3,00 | 4,00 | Sala de Exames |
| Consultório (2) | 3,00 | 5,00 | Consultório |

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 4: Coleta de dados – Área de Janelas e Portas de Vidro.

| Cômodo | Janela (m ²) | Porta (m ²) |
|----------------|--------------------------|-------------------------|
| Recepção | 6,00 | 4,00 |
| Sala de Exames | 2,00 | 0,00 |
| Consultório | 6,00 | 0,00 |

Fonte: Autoria própria (2021).

4.2 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

A carga térmica foi calculada e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: - Carga térmica de cada fonte (kcal/h).

| Fonte de Carga Térmica | Recepção | Sala de Exames | Consultório |
|--|--------------|----------------|-------------|
| Condução via paredes externas | 5081 | 1242 | 4230 |
| Condução via paredes internas | 736,1 | 500,2 | 632,5 |
| Condução via teto | 877,6 | 235,1 | 501,4 |
| Condução e radiação via janelas e portas | 1222 | 763,4 | 1002 |
| Insolação | 3369 | 1798 | 2032 |
| Iluminação | 61,94 | 61,94 | 154,9 |
| Aparelhos eletrônicos | 237,9 | 125,2 | 300,5 |
| Pessoas | 774,3 | 154,9 | 154,9 |
| Renovação do ar | 936,0 | 187,2 | 187,2 |
| TOTAL | 13296 | 5068 | 9195 |

Fonte: Autoria própria (2022).

As cargas térmicas das diversas fontes foram calculadas em kcal/h por conveniência matemática. Todavia, comercialmente a carga térmica é tratada em Btu/h. Para converter de kcal/h para Btu/h multiplicou-se pelo fator 3,97 Btu/kcal. A Tabela 6 traz as informações das cargas térmicas para cada um dos cômodos na unidade comercial Btu/h.

Tabela 6: Carga térmica total de cada cômodo a ser climatizado.

| Carga Térmica | Recepção | Sala de Exames | Consultório |
|---------------------|----------|----------------|-------------|
| kcal/h | 13296 | 5068 | 9195 |
| Btu/h | 52784 | 20120 | 36506 |
| Percentual do total | 48,2% | 18,4% | 33,4% |

Fonte: Autoria própria (2022).

4.3 ANÁLISE ECONÔMICA

A carga térmica total do projeto de ar-condicionado foi calculada como, aproximadamente, 109410 Btu/h. Conforme apresentado por Oliveira e Martins (2014), para esse valor de carga térmica não é plausível a utilização de aparelhos de ar-condicionado modelo *Multi Split*. Diante desse cenário, procedeu-se a pesquisa de modelos *Split* que pudessem ser utilizados para atender a climatização de cada um dos ambientes.

As Tabelas 7, 8 e 9 apresentam os valores de aparelhos de ar condicionado *Split* obtidos mediante pesquisa de mercado realizada durante os meses de março e abril de 2022.

Tabela 7: Ar Condicionado para Recepção.

| Informações | Marca 1 | Marca 2 | Marca 3 |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Capacidade de Refrigeração (Btu/h) | 52000 | 5400 | 60000 |
| Indicado para área (m ²) | 65 | 67,5 | 75 |
| Preço | R\$ 13674,60 | R\$ 14099,00 | R\$ 14997,58 |

Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 8: Ar Condicionado para Consultório.

| Informações | Marca 1 | Marca 2 | Marca 3 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Capacidade de Refrigeração (Btu/h) | 36000 | 36000 | 36000 |
| Indicado para área (m ²) | 45 | 45 | 45 |
| Preço | R\$ 7302,24 | R\$ 6870,60 | R\$ 6699,00 |

Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 9: Ar Condicionado para Sala de Exames.

| Informações | Marca 1 | Marca 2 | Marca 3 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Capacidade de Refrigeração (Btu/h) | 22000 | 22000 | 22000 |
| Indicado para área (m ²) | 27,5 | 27,5 | 27,5 |
| Preço | R\$ 3593,66 | R\$ 3461,71 | R\$ 2876,72 |

Fonte: Autoria própria (2022).

A partir dos valores apresentados nas Tabelas 7, 8 e 9, definiu-se o valor médio para aquisição dos equipamentos para climatização dos 3 ambientes do edifício igual a R\$ 24525,04. Os custos percentuais para a Recepção, Consultório e Sala de Exames foram, respectivamente, 58,1%, 28,4% e 13,5%.

5 CONCLUSÕES

A adaptação de construções já existentes para outras finalidades é algo comum, notadamente nos grandes centros urbanos. Nesse contexto, destaca-se o crescimento do mercado da saúde, através do aumento de consultórios de médicos, dentistas, psicólogos e fonoaudiólogos. Para o mercado da saúde, a adaptação dos edifícios passa, inevitavelmente, pela implementação de um sistema de climatização dos ambientes, no intuito de garantir o conforto térmico para os profissionais e também para os pacientes. A implementação de um sistema de condicionamento de ar para um edifício deve ser feito mediante um projeto prévio. Tal anteprojeto é fundamental para garantir a saúde financeira do empreendimento, uma vez que a implementação de um sistema de climatização de ar envolve gastos a curto, médio e longo prazo. O aumento do custo da energia elétrica evidenciou ainda mais a necessidade de um estudo preliminar para analisar o sistema de ar condicionado mais adequado para a situação em questão, de modo a minimizar desperdícios.

Neste cenário, o presente trabalho traz um estudo de caso de implementação de sistema de condicionamento de ar em um edifício do centro da cidade de Belo Horizonte/MG que seria adaptado para atuar como prédio do mercado da saúde. A análise da implementação do sistema de climatização em um consultório para o mercado da saúde foi o objetivo geral deste artigo. Os objetivos específicos foram: cálculo da carga térmica dos ambientes a serem climatizados; pesquisa das possíveis tecnologias disponíveis no mercado para atender a demanda de refrigeração em questão; análise econômica dos custos envolvidos na aquisição do sistema de ar condicionado.

De modo a garantir o cumprimento de todos os objetivos (geral e específicos), dividiu-se a metodologia do trabalho em três partes. Inicialmente, executou-se a etapa de coleta de dados. Para tanto, realizaram-se duas visitas às instalações do edifício e coletaram-se informações como: dimensões das paredes, quantidade e dimensões das janelas, orientação geográfica, etc. Com as informações coletadas, elaborou-se a planta baixa do edifício, a qual foi de suma importância para as etapas posteriores. Após finalizar a etapa de coleta de dados, procedeu-se o cálculo da carga térmica de cada um dos três cômodos a serem climatizados. Por fim, realizou-se uma pesquisa no mercado, com o intuito de estimar os custos de aquisição dos equipamentos que seriam necessários para implementar o sistema de climatização desejado.

Notou-se que o ambiente com maior carga térmica foi a Recepção do edifício (48% da carga térmica total do projeto). O fato de esse ambiente apresentar área maior em relação aos demais cômodos permite entender o porquê de corresponder à aproximadamente metade da carga térmica do projeto. O alto valor da carga térmica total do projeto (109410 Btu/h) inviabilizou a possibilidade de se operar com o sistema *Multi Split*, o qual permitiria ter apenas 1 condensadora para 3 evaporadoras (uma em cada cômodo a ser climatizado). Dessa forma, decidiu-se realizar o levantamento de preços de equipamentos do tipo *Split* com capacidade de refrigeração suficiente para suprir as cargas térmicas dos três cômodos a serem refrigerados separadamente. O valor médio encontrado para a aquisição dos aparelhos de ar condicionado para climatizar os três cômodos foi de R\$ 24525,04. O cômodo que mais impactou no custo final foi a Recepção (58% do custo total). Tal fato já era esperado, uma vez que esse cômodo apresentou maior carga térmica.

O presente trabalho apresentou a análise da implementação do sistema de climatização. Para tanto, executou-se as etapas de cálculo da carga térmica dos ambientes a serem climatizados, pesquisa das tecnologias disponíveis no mercado para atender a demanda de refrigeração em questão e análise econômica dos custos envolvidos na aquisição do sistema de ar condicionado. Sugere-se, como possibilidade para trabalhos futuros, o estudo da operação do sistema de climatização quando ele já estiver implementado. A implantação de um sistema para aproveitamento da água de condensação faz-se necessário para garantir maior caráter ecoeficiente ao projeto, por exemplo.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 16401-1**: Instalação de ar-condicionado: Sistemas Centrais e Unitários. Parte 1: Projeto das Instalações. Rio de Janeiro: 2008. 66 p.

BANDEIRA, Fábio *et al.* Pode A Termografia Auxiliar No Diagnóstico De Lesões Musculares Em Atletas De Futebol? **Revista Brasileira Medicina Esporte**, v. 18, n. 4, p.246-251, ago. 2012. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-653694>. Acesso em: 15 set. 2020

BRAGA, Mariana Rodrigues. **REQUISITOS PARA CERTIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA**

BRASIL X PORTUGAL. 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2016. <https://core.ac.uk/download/pdf/302870751.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020

CABRAL, Fernando da Silva et al. SUSTENTABILIDADE APLICADA A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CONDICIONADORES DE AR. In: ENGEPE, 36., 2015, Fortaleza. **Anais [...]**. Abepro, 2015. p. 1-15. http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_216_277_27473.pdf. Acesso em: 30 ago. 2020.

CARNEIRO, Manuela C. et al. Análise técnica e econômica de um sistema de ar condicionado com fluxo de refrigerante variável. In: CONNEPI, 7., 2012, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Ifto, 2012. p. 1-8.

CARVALHO, Marselle Nobre de *et al.* Necessidade e dinâmica da força de trabalho na Atenção Básica de Saúde no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 1, p.295-302, jan. 2018. FapUNIFESP. <https://www.scielo.br/j/csc/a/DJFdsSxtpnwZwT7SHvNQnzR/?lang=pt>. Acesso: 05 set. 2020.

CREDER, Hélio. **Instalações de Ar Condicionado**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 326 p.

DIAS, Fernanda Gomes et al. APROVEITAMENTO DA ÁGUA CONDENSADA DOS APARELHOS DE AR CONDICIONADOS DO LABORATÓRIO DE MATERIAIS DA UNIVERSIDADE CEUMA - SÃO LUÍS-MA. In: ENGEPE, 36., 2018, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: Abepro, 2018. p. 1-18. http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_268_532_35210.pdf. Acesso: 01 set. 2020.

GODOY, Renata Cristina Zanotelli. **O AR CONDICIONADO COMO FONTE POTENCIAL DE RISCO À SAÚDE DOS TRABALHADORES DE CALL CENTERS**. 2013. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, UTFPR, Curitiba, 2013. http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17982/2/CT_CEEST_XXV_2013_32.pdf. Acesso: 06 out. 2020.

INPE (org.). **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**: dados históricos. 2020. Disponível em: <http://bancodedados.cptec.inpe.br/>. Acesso: 10 nov. 2020.

LEÃO JÚNIOR, Ricardo Sérgio Neves. **Impacto econômico do uso de ar condicionado em edifícios residenciais na cidade de Maceió/AL**. 2008. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, UFAL, Maceió, 2008. <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/687>. Acesso: 06 out. 2020.

MARANGONI, Filipe *et al.* COMPARATIVO ECONÔMICO ENTRE CONDICIONADORES DE AR COM TECNOLOGIAS CONVENCIONAL E INVERTER. In: ENGEPE, 35°, 2015, Fortaleza. **Anais [...]**. Enegepe, 2016. p. 1 - 20.

http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_214_267_28340.pdf. Acesso: 02 out. 2020.

OLIVEIRA, Danilo Felipe; MARTINS, Juliana CÔ. **METODOLOGIA PARA ANÁLISE E ESCOLHA DE SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR**. 2014. 59 f. TCC - Curso de Engenharia Mecânica, UFES, Vitória, 2014. <https://historiapt.info/danilo-felippe-oliveira.html>. Acesso: 29 set. 2020.

OLIVEIRA, Vania Aparecida Rosario de et al. ANÁLISE MULTICRITÉRIO COM DEA E AHP DA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE AR-CONDICIONADO. In: ENGEPE, 36., 2016, João Pessoa. **Anais** [...]. Abepro, 2016. p. 1-9. http://abepro.org.br/biblioteca/tn_sto_231_348_29009.pdf. Acesso: 11 out. 2020.

PEDREIRA, Nathalia de Menezes Silva. **CENÁRIOS DE CONSUMO DE ENERGIA DOMICILIAR NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: A CONTRIBUIÇÃO DA EFICIENTIZAÇÃO PARA UMA REFLEXÃO SOBRE A POBREZA ENERGÉTICA**. 2017. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pesquisa de Engenharia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2017. <http://www.ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/dissertacoes/2017/247-cenarios-de-consumo-de-energia-domiciliar-no-estado-do-rio-de-janeiro-a-contribuicao-da-eficientizacao-para-uma-reflexao-sobre-a-pobreza-energetica>. Acesso: 06 set. 2020.