

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROJETO DE GRADUAÇÃO

DANILO FELIPPE OLIVEIRA
JULIANA CÓ MARTINS

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE E ESCOLHA DE
SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR**

VITÓRIA – ES

2014

DANILO FELIPPE OLIVEIRA

JULIANA CÓ MARTINS

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE E ESCOLHA DE
SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR**

Projeto de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, campus de Goiabeiras, como exigência parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli

VITÓRIA – ES

2014

DANILO FELIPPE OLIVEIRA

JULIANA CÓ MARTINS

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE E ESCOLHA DE
SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. M.Sc. Elias Antônio Dalvi
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

Prof. M.Sc. Leonardo Rodrigues de Araújo
Instituto Federal do Espírito Santo
Examinador

Vitória – ES, 31 de julho de 2014

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho às nossas famílias.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que até aqui nos conduziu.

Aos nossos pais e familiares, pela paciência, carinho, motivação e incentivo nos momentos de dificuldades.

As amizades feitas durante o percurso.

Ao Wagner, pela paciência e auxílio prestado durante o desenvolvimento desse trabalho.

Ao nosso orientador, Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli, pelo suporte, correções e incentivo.

Enfim, agradecemos a todos, por tudo!

RESUMO

Este trabalho destina-se como um guia para o engenheiro projetista e alunos que necessitem ter conhecimento ou referência sobre o processo de análise e seleção de sistemas de condicionamento de ar. Com o objetivo de avaliar diferentes sistemas e evitar que a escolha deste se concentre apenas em sistemas familiares ao projetista, foi desenvolvida uma ferramenta simplificada, baseada na metodologia de classificação numérica, para auxiliar o projetista na escolha do sistema de ar condicionado ideal para diferentes tipos de edificações. Com base em catálogos e manuais de fabricantes foi realizada uma caracterização dos principais sistemas existentes no mercado brasileiro, a fim de compatibilizar as informações obtidas com as necessidades de cada edificação e de seu proprietário. A ferramenta proposta foi aplicada a um caso real, para a seleção do sistema de ar condicionado de uma igreja. Após obter-se um resultado satisfatório, concluiu-se que a aplicação não substitui o projetista, uma vez que é função deste julgar quais dos sistemas selecionados é mais viável para a edificação através de visitas técnicas ao local e de sua experiência de projetos.

Palavras-Chave: Projeto, análise, seleção de sistemas de ar condicionado.

ABSTRACT

This paper was made to guide the design engineer and students with the need of acknowledgement or reference about the process of analysis and selection of HVAC systems. With the propose to evaluate different systems types and avoid the choice focused only in familiar systems to the projectist. was developed a simple tool, based on the numerical ranking methods, to help the designer at the choice of the HVAC system ideal for different kinds of buildings. Based on catalogs and manufacturers manuals was realized a characterization of the main systems existent at the brazilian market, to make compatible the informations with the building's and owner's needs. The proposed tool was applied to a real case, for selection of a church HVAC system. After a satisfactory result, it was concluded the application does not replace a designer, once it is his function decide which systems was selected is more viable to the building through technical visit to the local and his experience in projects.

Keywords: design, analysis, HVAC systems selection.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Pág.
3.1	Eficiências energéticas dos aparelhos de ar condicionado dos tipos <i>Split Hi-Wall</i> e <i>ACJ</i> , alimentados com tensão de 127 V....	23
3.2	Eficiências energéticas dos aparelhos de ar condicionado dos tipos <i>Split Hi-Wall</i> e <i>ACJ</i> , alimentados com tensão de 220 V....	23
3.3	Vista frontal típica de um ar condicionado de janela (<i>ACJ</i>).....	24
3.4	Instalação típica do <i>Split Hi-Wall</i>	25
3.5	Evaporadora tipo Piso Teto.....	26
3.6	Evaporadora tipo Cassete 1 via.....	27
3.7	Evaporadora tipo Cassete 2 vias.....	27
3.8	Evaporadora tipo Cassete 4 vias.....	27
3.9	Evaporadora tipo Cassete 4 vias para instalação em ambientes sem forro.....	28
3.10	Evaporadora tipo <i>Built in</i>	29
3.11	Evaporadora tipo <i>Built in</i> Alta Pressão.....	29
3.12	<i>Split</i> de Precisão com condensação a ar.....	30
3.13	<i>Split</i> de Precisão com condensação a água.....	30
3.14	<i>Multi Split</i>	31
3.15	Splitão.....	32
3.16	Instalação com duto aparente.....	33
3.17	Instalação com duto isolado.....	33
3.18	<i>Self Contained</i>	34
3.19	<i>Rooftop</i>	35

3.20	<i>Fancoil</i>	36
3.21	Chiller.....	37
3.22	Sistema VRF.....	38
5.1	Interface da página de cadastro de ambientes da ferramenta de seleção para sistemas de condicionadores de ar.....	43
5.2	Interface da página de dados da arquitetura e exigências do cliente da ferramenta de seleção para sistemas de condicionadores de ar.....	48
6.1	Cadastro de ambientes da Igreja Católica Santa Luzia.....	52
6.2	Página de dados da arquitetura e exigências da Igreja Católica Santa Luzia.....	53
6.3	Resultados da metodologia para a Igreja Católica Santa Luzia..	54

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Pág.
2.1	Exemplo de Matriz para Análise e Seleção de Sistemas HVAC (Pontuação de 0 a 10), conforme ASHRAE 2008a.....	18
2.2	Crerios de projeto e fatores de triagem, conforme ELLIS (1999).....	20
4.1	Crerios para seleção do sistema de condicionadores de ar.....	40
5.1	Classe mínima de filtragem, conforme Tabela 5 da ABNT NBR 16401-3.....	47

SUMÁRIO

Título	Pág.
DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos.....	13
1.2 Estrutura do Trabalho.....	14
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Métodos e ferramentas para seleção.....	17
CAPÍTULO 3 - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	21
3.1 Sistemas descentralizados.....	21
3.1.1 ACJ - Ar condicionado de janela.....	22
3.1.2 <i>Split</i>	24
3.1.2.1 <i>Hi-Wall</i>	24
3.1.2.2 Piso Teto.....	26
3.1.2.3 Cassete.....	26
3.1.2.4 Dutado (<i>Built In</i>).....	28
3.1.3 <i>Split</i> de precisão.....	29
3.1.4 Multi <i>Split</i>	31

3.1.5 Splitão.....	32
3.1.6 <i>Self Contained</i>	33
3.1.7 <i>Rooftop</i>	35
3.2 Sistemas centrais.....	35
3.2.1 Água gelada.....	36
3.2.2 VRF.....	38
CAPÍTULO 4 - INFORMAÇÕES BÁSICAS DA EDIFICAÇÃO.....	40
CAPÍTULO 5 - METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DOS SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	43
5.1 Zonas térmicas.....	44
5.2 Carga térmica.....	44
5.3 Regime de funcionamento.....	45
5.4 Área.....	45
5.5 Forro.....	45
5.6 Pé direito.....	46
5.7 Paredes externas.....	46
5.8 Controle de umidade e temperatura.....	46
5.9 Atividade desenvolvida no ambiente.....	46
5.10 Análise estrutural.....	48
5.11 Fachada arquitetônica.....	48
5.12 Área técnica.....	49
5.13 Casa de máquinas.....	49
5.14 Acessibilidade para manutenção.....	49
5.15 Alterações futuras do <i>layout</i>	50
5.16 Tensão elétrica de alimentação.....	50

5.17	Certificação.....	50
5.18	Nível de ruído.....	50
5.19	Controle independente.....	51
CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....		52
CAPÍTULO 7 - COMENTÁRIOS FINAIS E SUGESTÕES.....		55
CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS.....		56
ANEXO I - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO.....		57

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Segundo CASTRO (2007), sistemas de condicionamento de ar são utilizados em situações e regiões com temperaturas elevadas e apresentam um alto consumo de energia elétrica, principalmente nos horários de pico, sendo esses sistemas alvo de constantes estudos para aumento de sua eficiência, visando à diminuição do consumo de energia. Nos países com grande variedade de clima, como o Brasil, o incentivo para estudos relacionados à eficiência dos sistemas de ar condicionado é ainda maior.

É fato que o ar condicionado é o grande vilão das edificações quando o assunto é consumo de energia. Nos dias atuais há uma grande preocupação com o meio ambiente e estudos voltados para a sustentabilidade das edificações. Sistemas de certificação para edifícios, como o Procel Edifica e o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) estão cada vez mais em evidência, e a evolução tecnológica dos sistemas e equipamentos é constante. Porém poucos estudos foram detectados sobre os critérios e metodologias utilizados para seleção de sistemas de climatização de ambientes.

ELLIS (1999) afirmou em sua tese de doutorado, que em teoria, é possível aplicar com êxito cada sistema a qualquer edificação. Porém na prática os objetivos do projeto e as restrições limitam a escolha do mesmo, pois os objetivos financeiros, funcionais, as limitações geográficas e físicas de construção e os critérios ditados pelo proprietário restringem as escolhas.

Muitas vezes, a escolha do sistema terá como um dos fatores determinantes o local possível para sua instalação, a existência ou não de forros ou a altura do pé direito. Portanto, uma criteriosa análise inicial do projeto é fundamental para a correta determinação do sistema e do local destinado à instalação do condicionador de ar. Uma vez que preparando o empreendimento, este fica acessível a qualquer tecnologia que esteja disponível no mercado.

Uma ferramenta simplificada para seleção de sistemas de climatização foi desenvolvida durante este estudo visando auxiliar o projetista na seleção de sistemas de condicionamento de ar.

1.1 Objetivos

O trabalho aqui proposto visa à elaboração de uma ferramenta que auxilie os projetistas a selecionar o sistema mais adequado para cada empreendimento, através de uma metodologia de classificação numérica. Tendo como propósito impedir que sistemas sejam escolhidos e instalados aleatoriamente sem que haja um estudo comparativo entre eles.

O objetivo principal é de poder avaliar e dar oportunidade para que diferentes sistemas possam ser selecionados e instalados, evitando que a escolha deste se concentre apenas em sistemas que são mais familiares ao projetista. Levando-o a considerar a adequação das características dos sistemas de ar condicionado às reais exigências da edificação.

Além de evitar que o sistema de climatização seja escolhido somente com base no investimento inicial, mas que também seja levado em consideração a análise dos parâmetros de facilidades de manutenção, interferências sobre a edificação e demais instalações, e qualidade ambiental que se deseja atingir, além de outras exigências do cliente.

Além disso, este trabalho também objetiva:

- i) Caracterizar os sistemas existentes atualmente no mercado nacional, com base nos catálogos e manuais de fabricantes;
- ii) Ser uma ferramenta para uso didático nas aulas de Refrigeração e Ar Condicionado.

1.2 Estrutura do Trabalho

Visando alcançar os objetivos propostos anteriormente, este trabalho está estruturado em oito capítulos como descritos abaixo.

O capítulo 1 apresenta uma introdução, descrevendo os objetivos do trabalho e também as justificativas para a realização do mesmo.

O capítulo 2 evidencia o referencial teórico, a fim de conhecer o que já foi desenvolvido por outros pesquisadores. Neste capítulo são expostos dois métodos e ferramentas existentes para a seleção de sistemas de condicionamento de ar.

O capítulo 3 descreve as principais características dos sistemas existentes no mercado nacional.

O capítulo 4 discorre sobre quais são as informações básicas a respeito da edificação que devem ser coletadas para que seja definido o sistema de condicionamento de ar.

O capítulo 5 explica a metodologia utilizada para o desenvolvimento da ferramenta de seleção do sistema mais adequado para determinado empreendimento.

O capítulo 6 apresenta um exemplo da aplicação da metodologia proposta, a fim de demonstrar sua função.

O Capítulo 7 corresponde às considerações finais, argumenta acerca dos principais conceitos e resultados apresentados no trabalho.

O capítulo 8 apresenta as referências bibliográficas, utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, os quais servem também para a consulta dos profissionais que dele farão uso.

Por fim, seguem os anexos.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A climatização de ar em uma edificação pode ser atendida por diversos sistemas, a cada um correspondendo diferentes custos de aquisição, de operação e de manutenção. Alguns sistemas são mais adequados do que outros para atender as características do edifício e as atividades nele exercidas.

Selecionar o sistema mais adequado para um empreendimento não é uma tarefa simples. Pode ser um desafio até mesmo para projetistas mais experientes. Esta situação é agravada pelo fato de que geralmente há pouca ou nenhuma orientação quando se trata de escolher o sistema certo para uma determinada edificação. CLARK (1994), afirma que na maioria dos casos a seleção é geralmente baseada no custo inicial menor. Em outros casos, os sistemas são selecionados, simplesmente porque os projetistas estão familiarizados com eles ou porque eles são comumente associados a esse tipo de edificação.

BASILE (2009) publicou o artigo “VRF e Água Gelada: Eficiência está no projeto”, onde propôs um questionamento sobre qual sistema apresentaria melhor eficiência energética, ressaltando que esta eficiência varia de acordo com o tipo de instalação, um projeto bem especificado e boas práticas de engenharia. E que a definição da melhor tecnologia ou do melhor sistema a ser utilizado dependerá da aplicação e requerimentos específicos de cada ambiente, edifício e clima. Portanto, o ideal é fazer um estudo caso a caso, com a utilização de *softwares* de dimensionamento, simulação e análise energética e econômica.

A ASHRAE (2008a) ressalta que o engenheiro projetista é responsável pela análise de vários sistemas de climatização e por recomendar um ou dois que vão ao encontro das metas do projeto, e por executar o desejado. Sendo imprescindível que o engenheiro do projeto e o proprietário interajam para identificar e priorizar critérios associados com o objetivo do mesmo. Além disso, se o projeto estiver em fase inicial, o projetista e o operador devem se reunir com o responsável da obra para juntos avaliarem as opções de sistemas existentes no mercado e compatibilizarem os projetos, a fim de evitar retrabalhos e custos extras.

Se o prédio já estiver construído, o projeto pode ser contratado a qualquer momento. Algumas adaptações da construção poderão ser necessárias para viabilizar a instalação de ar condicionado. Em edifícios novos, convém que o projetista comece a atuar na fase da concepção arquitetônica. Os espaços necessários para passagem dos dutos, locais para instalação dos equipamentos internos e externos, além de demais utilidades (pontos de água, drenagem, energia elétrica, ventilação, exaustão, etc), já serão previstos. O projetista de ar condicionado deverá trabalhar em equipe com os demais

projetistas (arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, automação predial, segurança), apresentando solução às interfaces e resolvendo as interferências.

ELLIS (1999) reforça a ideia de que os objetivos do projeto avaliado e as restrições, juntamente com a análise dos pontos fortes e fracos de cada sistema são usados como base para comparação e seleção do sistema mais apropriado. *“A escolha de um sistema depende de quão bem as suas características coincidem com os dos critérios de projeto nominal”*. Lembrando ainda que as características do sistema de ar condicionado podem variar dependendo do tamanho da edificação, do clima e das condições de carga. Uma análise detalhada do sistema é, portanto, necessária para cada nova edificação.

ELLIS (1999) também chama atenção para o fato de que apenas os fatores acima são insuficientes, para serem tomados como base para a seleção do sistema final. *“Sistemas de climatização têm o impacto único e maior na propriedade e custo operacional dos edifícios. Eles também são frequentemente citados como uma das maiores fontes de queixas dos ocupantes. Assim, é essencial que estes sistemas devam ser selecionados e projetados com muito cuidado”*.

ALVES e SAÚDE (2014) salientam que a partir do levantamento preliminar da carga térmica, o projetista deve realizar um estudo comparativo entre os possíveis sistemas a serem projetados, confrontando as peculiaridades de cada sistema, como o espaço requerido para instalação, eficiência energética, custos de manutenção e operação, simplicidade de instalação e níveis de ruído dos equipamentos.

Diante do exposto anteriormente, fica explícita a necessidade de uma metodologia para análise e seleção dos sistemas e equipamentos para instalações de condicionamento de ar.

Ressaltamos que em nossas pesquisas, foram identificados poucos estudos realizados sobre os critérios utilizados para seleção de sistemas de condicionamento de ar. Discorreremos abaixo sobre os métodos encontrados para tal seleção.

2.1 Métodos e Ferramentas para seleção

A ASHRAE (2008a) informa que muitos métodos de classificação estão disponíveis para concluir uma análise comparativa entre sistemas. E destaca que provavelmente, o mais simples é avaliar cada item como excelente, muito bom, bom, regular ou ruim. Um sistema de classificação numérico, com notas de 0 a 10, sendo 10 atribuído para excelente e 0 para ruim ou não aplicável, pode proporcionar um resultado quantitativo, ficando a atribuição das notas a critério do projetista. O sistema de climatização com o maior valor numérico

torna-se então o sistema de condicionamento de ar recomendado para cumprir a meta.

A ASHRAE (2008a) não menciona como varia a distribuição das notas de 0 a 10. E ressalta ainda que o relatório de seleção do sistema deve incluir um breve resumo de cada uma das seleções finais, seguido por um relato mais detalhado da análise do sistema de climatização e sistema de seleção. Este resumo deve destacar pontos importantes e os resultados que levou à recomendação(s). A análise deve referir-se ao sistema matriz de seleção, como na Tabela 2.1, e as razões para a pontuação.

Tabela 2.1- Exemplo de Matriz para Análise e Seleção de Sistemas HVAC (Pontuação de 0 a 10), conforme ASHRAE 2008a.

Objetivo: Fornecer e instalar um sistema de ar condicionado que possua controle de temperatura moderada, controle de umidade mínima, em um orçamento operacional de 220 kW/m ² por ano.				
Categorias	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Observações
1- Critérios para seleção: • 25.6 °C de temperatura do espaço com variação de $\pm 1,7$ K durante o ciclo, com 40% RH e $\pm 5\%$ UR durante o resfriamento. • 20 °C de temperatura do espaço com ± 1 K, com 20% de umidade relativa e variação de $\pm 5\%$ UR durante estação de aquecimento. • Custo inicial. • Ciclo de vida do equipamento.				
2. Fatores importantes: • Área do ambiente a ser refrigerado. • Regime individual de utilização do ocupante.				
3. Outros objetivos: • Sistema de controle de fumaça. • Taxas de ventilação, segundo a ASHRAE Standard 62,1. • Controle digital direto.				
4. Restrições do sistema: • Nenhum equipamento no primeiro andar. • Nenhum equipamento em terreno adjacente à construção.				
5. Outras restrições: • No perímetro da sala de equipamentos não é permitido uso de qualquer tubulação que emita radiação.				
Pontuação Total				

Para cada sistema de climatização considerado, o engenheiro projetista deve observar os critérios associados para cada seleção. Questões como o controle de temperatura e umidade do ar podem eliminar a possibilidade de uso de alguns sistemas. Para vantagens e desvantagens de cada sistema deve ser atribuída uma pontuação a partir da matriz de seleção de sistema de

climatização. Este processo deve reduzir a seleção dos sistemas para uma ou duas escolhas ideais para apresentar ao proprietário. Exemplos de instalações similares para outros proprietários devem ser incluídos no relatório para apoiar a recomendação final.

Além disso, para sistemas de ar condicionado considerados inadequado, deve-se relatar ao cliente como tendo sido considerado, mas que não foi encontrado aplicabilidade para cumprir o objetivo primário do proprietário.

Em sua tese de doutorado ELLIS (1999) afirma que métodos de classificação numérica, são técnicas de avaliação de projeto simples e diretas, apresentadas por OLIVIERI (1971), GREENBERG (1972) e SCANLON (1992). Esses métodos geralmente usam fatores ponderados para classificar os sistemas de condicionamento de ar. Os fatores de classificação dos sistemas são dados de acordo com o quão bem as suas características correspondem a determinados critérios de projeto. Um fator de ponderação é atribuído a cada um dos critérios com base na sua importância relativa. O sistema com a mais alta classificação geral ponderada é classificado como a escolha do sistema mais adequado.

ELLIS (1999) desenvolveu uma ferramenta de projeto preliminar simplificada, obtida através da combinação das características positivas dos “*expert system*” e dos métodos numéricos de classificação. Tal ferramenta retém a simplicidade do método numérico de classificação. Dessa forma, os fatores de classificação não consistem somente no julgamento de um projetista, reduzindo assim o preconceito em relação a certos sistemas.

A ferramenta de seleção preliminar foi desenvolvida e implementada em um aplicativo de planilha. Uma vez que aplicativos de planilha são ideais para este tipo de problema, já que eles são simples e já usados por muitos projetistas. Alterar ou atualizar o banco de dados de conhecimento é uma tarefa simples que não requer qualquer conhecimento de programação.

A importância relativa dos diferentes critérios de projeto é obtida através da atribuição de 100 pontos percentuais a serem distribuídos entre os critérios. Restrições colocadas no projeto podem limitar o uso de determinados sistemas. Como por exemplo, os sistemas que requerem espaço para passagem das linhas frigorígenas ou de dutos, podem ser eliminados caso o projeto de construção não o permita.

Perguntas apropriadas foram identificadas para medir tais limitações. A Tabela 2.2, de ELLIS (1999), apresenta uma lista típica de perguntas com suas possíveis respostas e os respectivos fatores de triagem.

Com base nessas questões, um fator de triagem entre 0 e 1 é atribuído a cada um dos correspondentes objetivos do projeto. O valor 1 indica extrema importância, enquanto o 0, indica que nenhuma exigência absoluta é imposta.

Tabela 1.2 - Critérios de projeto e fatores de triagem, conforme ELLIS (1999).

Ref.	Critérios de Projeto	Respostas usuais e fator de Triagem Relativa
A	Restrições da Edificação	
A.1	Existe espaço suficiente para o equipamento (incluindo <i>Rooftop</i>)?	Sim = 0 / Restringido = 0,5 / Não = 1
A.2	Há espaço suficiente para um sistema de transferência de calor secundário e tubulações de água gelada?	Sim = 0 / Restringido = 0,5 / Não = 1
A.3	O peso do sistema impacta na estrutura da edificação?	Não=0 / Sim=1
A.4	Sistema é requerido para ambos, interior e zonas periféricas, ou apenas para zonas periféricas?	Não=0 / Sim=1
B	Limitações Estéticas	
B.1	É esteticamente permitido ter o sistema alocado nessa zona?	Sim = 0 / Limitado = 0,5 / Não = 1
B.2	Pode ser usado ar condicionado do tipo janela?	Sim = 0 / Não = 1
B.3	Grelhas ou condensadores podem ser uma das principais características da fachada?	Sim = 0 / Não = 1
B.4	<i>Rooftop</i> ou gabinete externo podem ser esteticamente adequados à arquitetura?	Sim = 0 / Não = 1
C	Requerimentos do Sistema	
C.1	Nível de ruído na zona crítica? (ex.: som de palco vs área do ambiente)	Não = 0 / Intermediário = 0,5 / Sim = 1
C.2	Haverá mão de obra qualificada para fornecer manutenção ao sistema?	Sim = 0 / Não = 1
C.3	A manutenção será permitida no local?	Sim = 0 / Não = 1
C.4	É necessário controle individual de temperatura e <i>setpoint</i> ?	Não = 0 / Sim = 1
C.5	Há grande variação da carga das zonas?	Não = 0 / Sim = 1
D	Qualidade do ar e restrições de fluxo	
D.1	É importante a filtragem do ar?	Não = 0 / Intermediário = 0,5 / Sim = 1
D.2	Há elevadas quantidades de contaminantes de ar na zona? (ex.: laboratórios)	Sim = 0 / Limitado = 0,5 / Não = 1
D.3	É necessária a pressurização do ar? (ex. salas pressurizadas)	Não = 0 / Sim = 1
D.4	A edificação tem algum outro meio de fornecimento de ar externo?	Sim = 0 / Não = 1
D.5	É importante o rigoroso controle de umidade?	Não = 0 / Intermediário = 0,5 / Sim = 1
E	Requisitos de gestão de edifícios	
E.1	O sistema deve ser gerido de uma sala de controle geral?	Não = 0 / Sim = 1
E.2	É importante o corte de fornecimento de zonas não utilizadas? (ex.: Quartos de hotel vazios)	Não = 0 / Sim = 1
E.3	É necessário ratear contas elétricas por zona térmica?	Não = 0 / Sim = 1
E.4	O <i>layout</i> das zonas e a carga térmica podem ser alterados no futuro?	Não = 0 / Sim = 1
F	Custo do sistema (custo inicial ou custo do ciclo de vida)	1
G	Restrições preliminares de projeto	
G.1	É necessária capacidade de refrigeração por zona?	1
G.2	O clima local é seco ou úmido?	Seco = 0 / Úmido = 1

CAPÍTULO 3 - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE CONDICIONAMENTO DE AR

A ABNT NBR 16401-1 estabelece os parâmetros básicos e os requisitos mínimos de projeto para sistemas de ar condicionado centrais e unitários. Assim, encontra-se tal classificação, onde os sistemas de condicionamento de ar são divididos em dois grupos, sistemas descentralizados e centrais, nas referências ASHRAE 2008b e 2008c, respectivamente. Desta forma, neste capítulo, procura-se agrupar os sistemas e equipamentos de condicionamento de ar encontrados no mercado nacional nestes dois grupos.

Diante da definição e classificação dos sistemas mais usuais no Brasil, realizou-se um levantamento de informações através de catálogos técnicos e comerciais, e manuais de instalações e instruções dos seguintes fabricantes: Carrier, Consul, Daikin, Diamont, Eletrolux, Elgin, Fujitsu, Gree, Hitachi, Johnson Controls, York, Komeco, Lg, Midea, Springer, Toshiba e Trane.

3.1 Sistemas descentralizados

Sistema descentralizado é definido como sendo composto por uma ou mais unidades condicionadoras, que atendem a um recinto isolado ou a um grupo de recintos pertencentes à mesma zona térmica.

De acordo com a NBR 16401-1, entende-se por zona térmica o grupo de ambientes com o mesmo regime de utilização e mesmo perfil de carga térmica, permitindo que as condições requeridas possam ser mantidas com um único dispositivo de controle, ou atendidas por um único equipamento condicionador destinado somente àquela zona.

Esse tipo de sistema é indicado para instalações de pequeno e médio porte, que requeiram simplicidade na instalação e baixo custo inicial. Adequado para edificações com várias zonas térmicas, como escritórios, centros comerciais, fábricas, escolas, centros de saúde, hotéis, motéis, apartamentos e casas de repouso. Sendo também adequado para climatização de edificações existentes com limitado potencial de rendimento. Uma vez que se faz necessário verificar a viabilidade técnica da instalação, como por exemplo, se a carga elétrica do local comporta o aumento do consumo.

Aplicados também em instalações que requerem altos níveis de desempenho especializados, tais como CPDs, salas de informática e laboratórios de pesquisa.

Neste item 3.1 destacam-se exemplos trazidos pela ASHRAE 2008b, que são compatíveis com o mercado brasileiro.

3.1.1 ACJ - Ar Condicionado de Janela

Unidade de pequena capacidade, montada em fábrica, comportando uma unidade de tratamento de ar com serpentina de resfriamento de expansão direta, conjugada a uma unidade condensadora resfriada a ar, montados em gabinetes projetados para ser instalado no ambiente, em janela ou em abertura na parede externa, com insuflação do ar por difusor incorporado ao gabinete (ABNT NBR 16401-1).

Equipamento de baixo custo e instalação rápida e simples, possibilita o controle individual de funcionamento e da temperatura. É adequado para espaços que requerem muitas zonas de controle de temperatura individual, porém não indicado para grandes áreas. Disponível no mercado brasileiro com capacidades de 5.000 Btu/h a 30.000 Btu/h.

Os equipamentos de menores capacidades, entre 5.000 e 14.000 Btu/h, são fornecidos por alguns fabricantes com tensão de alimentação de 127 V, e os demais em 220 V.

Apresenta necessidade de contato direto com o ar exterior, uma vez que a rejeição de calor é feita pelo condensador. Por isso o aparelho condicionador deve ser instalado em parede externa, livre de pilares, vigas, canalizações de água e eletrodutos. E a umidificação, quando requerida, deve ser provida por um equipamento separado.

Há alguns anos a disparidade entre o ACJ e o *split* era muito grande, principalmente em relação ao consumo elétrico, ao nível de ruído e às dimensões do equipamento, uma vez que os aparelhos ACJ eram construídos com compressores alternativos, apresentando nível de ruído elevado, consumindo mais energia e possuindo menor vida útil.

Gradativamente este está sendo substituído pelos compressores rotativos, que são mais econômicos e silenciosos.

Esta substituição fez com que os aparelhos de janela ganhassem novamente força no mercado, por apresentarem simples instalação e manutenção com custo reduzido. Além disso, os aparelhos do tipo *split* exigem complementação da instalação do circuito de refrigerante em campo, o que pode trazer problemas, como vazamentos e permanência de umidade no circuito de refrigerante, dentre outros.

Baseado em dados do INMETRO, referente ao Programa Brasileiro de Etiquetagem e o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia

Elétrica) para condicionadores de ar do tipo *split* e do tipo janela, fez-se um comparativo avaliando a eficiência energética entre os modelos de ar condicionado para uso doméstico, conhecidos como aparelhos de janela e o *Split Hi-Wall*.

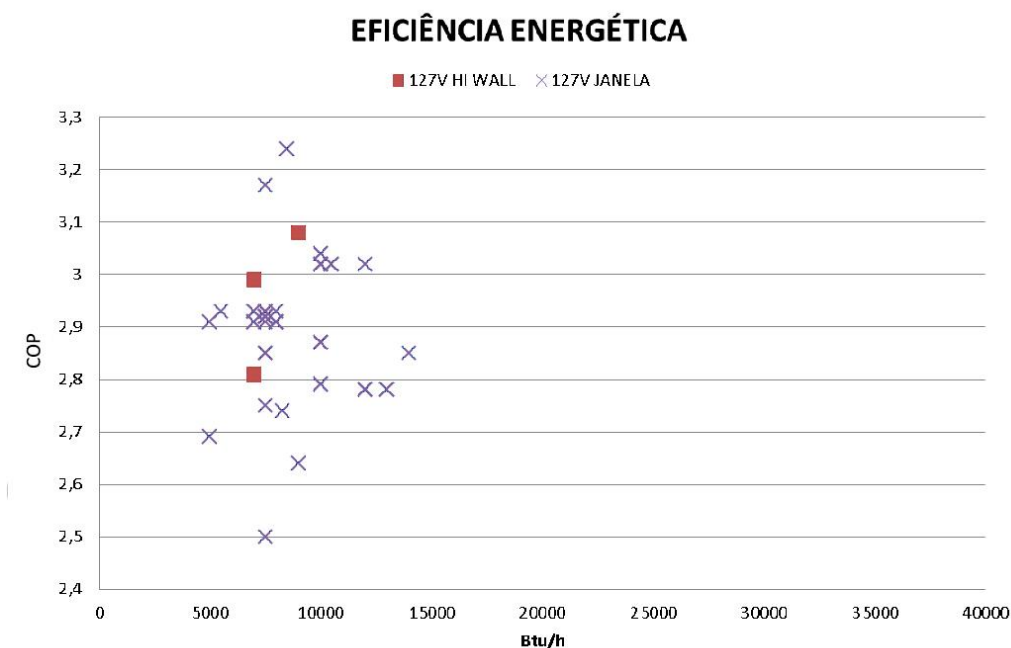


Figura 3.1- Eficiências energéticas dos aparelhos de ar condicionado dos tipos *Split Hi-Wall* e ACJ, alimentados com tensão de 127 V.

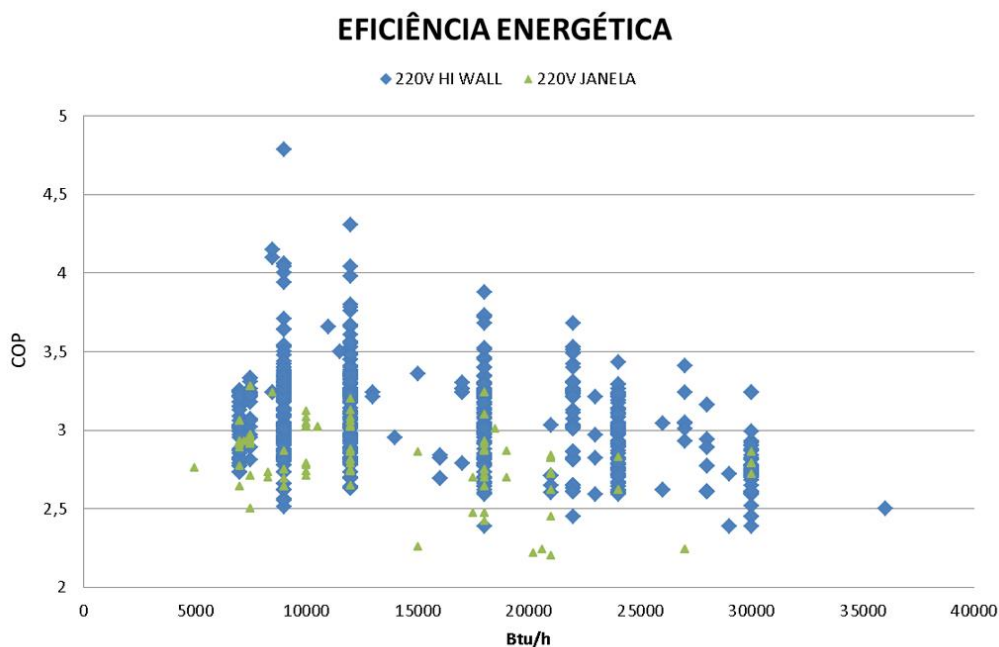


Figura 3.2 – Eficiências energéticas dos aparelhos de ar condicionado dos tipos *Split Hi-Wall* e ACJ, alimentados com tensão de 220 V.

Como observado nas figuras 3.1 e 3.2, ratifica-se a informação de que atualmente não há disparidade com relação a eficiência energética desses dois sistemas. Podendo-se até mesmo encontrar equipamentos ACJ mais eficientes do que *Split Hi-Wall*.



Figura 3.3 – Vista frontal típica de um ar condicionado de janela (ACJ)

3.1.2 Split

É um sistema de refrigeração dividido em dois blocos, constituído por uma unidade de tratamento de ar de expansão direta, de pequena capacidade, instalada dentro do ambiente a que serve (designada unidade interna ou unidade evaporadora), geralmente projetada para insuflação do ar por difusor incorporado ao gabinete, sem dutos, suprida em fluido refrigerante líquido por uma unidade condensadora, instalada externamente (designada também como unidade externa) (ABNT NBR 16401-1).

Pelo fato do condensador ser alocado no lado externo da edificação o nível de ruído é menor no ambiente interno.

Este sistema dispõe de quatro tipos de evaporadoras (*Hi-Wall*, Piso teto, Cassete e dutada / *Built In*), permitindo melhor interação dos equipamentos com a arquitetura local. Possibilita também o controle individual de funcionamento e da temperatura, além de apresentar compressores de alta eficiência.

Existe no mercado *splits* com compressores de rotação fixa ou variável, e condensadores com descarga de ar horizontal ou vertical.

A área para instalação de cada unidade condensadora é relativamente pequena, podendo até mesmo ser instalada na fachada do prédio, caso não haja restrição.

3.1.2.1 Hi-Wall

É o tipo mais comum de *split*, instalado na parede, é indicado principalmente para residências e estabelecimentos comerciais de pequeno porte.

De acordo com dados do INMETRO, referente ao Programa Brasileiro de Etiquetagem e o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), está disponível no mercado as capacidades entre 7.000 e 36.000 Btu/h. Somente o fabricante ELGIN apresenta modelos de equipamentos com tensão de alimentação de 127 V, sendo três com capacidade de 7.000 Btu/h e um com capacidade de 9.000 Btu/h. As demais capacidades e os demais fabricantes somente dispõem de alimentação elétrica monofásica em 220 V.

O nível de ruído das unidades externas varia de 34,7 a 58 dB, e o peso de 19 a 66 kg, dentre os equipamentos pesquisados, variando de acordo com a capacidade e modelo.

Em relação ao modelo ACJ, o *Split Hi-Wall* apresenta o custo de instalação mais elevado, mas em contrapartida alguns fabricantes possuem equipamentos com tecnologia inverter, com compressor de rotação variável, permitindo uma redução de até 40% no consumo de energia. Além de que, equipamentos com essa tecnologia utilizam o gás refrigerante ecológico R-410A, que não é nocivo à camada de ozônio.

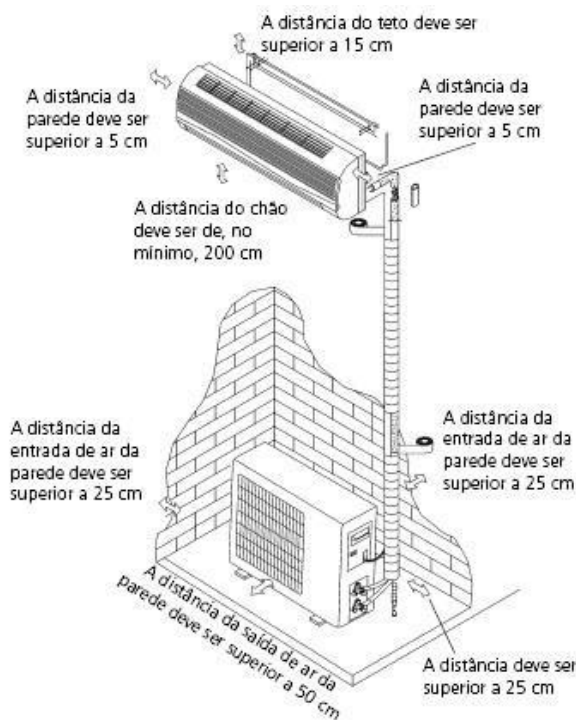


Figura 3.4 – Instalação típica do *Split Hi-Wall*

3.1.2.2 Piso Teto

A principal característica deste modelo é o bom aproveitamento de espaço, visto que apresenta uma instalação versátil, podendo ser instalado sobre o piso, na parede ou no teto. Liberando um espaço maior para o tráfego de pessoas ou objetos.

Sua capacidade de refrigeração varia normalmente de 17.000 a 60.000 Btu/h, com tensão de alimentação de 220 V mono ou trifásico e 380 V trifásico para as capacidades maiores que 35.000 Btu/h. Os compressores podem ser de rotação fixa ou variável de acordo com o modelo e fabricante.

O fabricante TRANE, destaca-se por possuir dois modelos piso teto, também chamado de console, com capacidade de 12.000 Btu/h, alimentação de 220 V monofásico e compressor de rotação fixa. E a fabricante CARRIER por apresentar um modelo de 90.000 Btu/h, com compressor *scroll*, alimentação trifásica podendo ser de 220 V, 380 V ou 440 V e gás refrigerante R407C, que é considerado um gás ecológico.

O nível de ruído das unidades externas varia de 48 a 62 dB, e o peso de 23 a 115 kg, dentre os equipamentos pesquisados, variando de acordo com a capacidade e modelo.



Figura 3.5 – Evaporadora tipo Piso Teto

3.1.2.3 Cassete

Este modelo de condicionador possui uma, duas ou quatro vias para a saída do ar, o que proporciona uma melhor distribuição do mesmo no ambiente. Instalado no forro, necessita de pelo menos 30 cm de altura livre no entreforro, porém esta medida pode variar de acordo com cada fabricante. Há também modelos de quatro vias de sobrepor, para ambientes que não possuem espaço livre no entreforro.

Indicado para ambientes de médio porte, residenciais ou comerciais, é encontrado no mercado com compressores de rotação fixa ou variável, nas

capacidades de 17.000 a 60.000 Btu/h, disponíveis com alimentação de entrada em 220 V mono ou trifásicos e 380 V trifásico.

O nível de ruído das unidades externas varia de 52 a 60 dB, e o peso de 17 a 108 kg, dentre os equipamentos pesquisados, variando de acordo com a capacidade e modelo.



Figura 3.6 – Evaporadora tipo Cassete 1 via



Figura 3.7 – Evaporadora tipo Cassete 2 vias



Figura 3.8 – Evaporadora tipo Cassete 4 vias



Figura 3.9 – Evaporadora tipo Cassete 4 vias para instalação em ambientes sem forro

3.1.2.4 Dutado (*Built in*)

O *split* dutado é um sistema normalmente indicado para ambientes grandes onde o ar deva ser distribuído uniformemente, ou para climatização de vários ambientes que apresentam condições de conforto semelhantes simultaneamente. Porém o controle de temperatura é restrito a um único ponto.

Para sua instalação, necessita-se de espaço livre no entreforro, podendo variar de acordo com a capacidade da evaporadora e do fabricante. Esse *split* permite instalação embutida em sancas de gesso, maleiros, armários, consoles, etc, proporcionando discrição na decoração de ambientes.

Disponíveis nas capacidades de 18.000 a 60.000 Btu/h, com compressor rotativo ou *scroll*, podem ser encontrados com tensão de alimentação em 220 V monofásico, ou 380 V trifásico para capacidades superiores a 48.000 Btu/h e fluido refrigerante R-22, R410A ou R407C. Alguns fabricantes dispõem de filtragem G1 e G4 em seus equipamentos.

O *split* dutado apresenta maior custo de aquisição, instalação e manutenção, e o peso das unidades condensadoras variar de 25 a 89 kg.



Figura 3.10 – Evaporadora tipo *Built in*



Figura 3.11 – Evaporadora tipo *Built in* Alta Pressão

3.1.3 *Split* de Precisão

Sistema *split* desenvolvido para atender ambientes críticos, que necessitem de rigoroso controle de temperatura e umidade 24h por dia e 365 dias por ano. Indicados para cargas térmicas média, são encontrados no mercado brasileiro com capacidades de 18.000 a 60.000 Btu/h. Apresentando condensação a ar ou a água, compressor do tipo *Scroll*, e fluído refrigerante R-22 ou fluído ecológico R407C.

As máquinas de menores capacidades são 220 V monofásicas, e as demais em 220 V ou 380 V trifásicas. E o nível de ruído das unidades externas varia de 64 a 71 dB, e o peso das unidades de condensação a ar variam de 85 a 160 kg e do módulo de condensação a água de 40 a 60 kg, dentre os equipamentos pesquisados, variando de acordo com a capacidade e modelo.

Visto que a qualidade do ar é essencial nos sistemas de refrigeração de precisão, o fabricante DIAMONT disponibiliza de toda a classe de filtragem que a ABNT NBR 16401-3 requer.

Condensação a ar: Consiste de uma unidade evaporadora e um condensador remoto. O calor é removido do local e transferido para o fluido refrigerante, que libera esta energia no lado externo da instalação através do condensador remoto. O próprio ar externo é responsável pela condensação do fluido refrigerante quando este passa pelo condensador

Condensação a água: Na condensação a água o calor removido do local é liberado para fora através de um trocador de placas usando água para condensar o fluido refrigerante. Neste caso, agrega-se mais um módulo que pode ser um *drycooler* ou uma torre de resfriamento caso a instalação tenha uma disponível.



Figura 3.12 – Split de Precisão com condensação a ar



Figura 3.13 – Split de Precisão com condensação a água

3.1.4 Multi Split

Sistema de condicionamento de ar dividido em blocos, constituído de múltiplas unidades internas conectadas a uma única unidade externa. Ideal para climatizar mais de um ambiente ao mesmo tempo. Comparado com sistemas simples, a flexibilidade de instalação da unidade externa gera uma economia de espaço.

Indicados para residências, pequenos escritórios ou ambientes de médio porte, sua capacidade varia comumente de 14.000 a 58.000 Btu/h no mercado nacional, podendo atender de 2 a 4 tipos de evaporadoras do tipo *Hi-Wall*, piso teto, cassete ou dutada, e condensadores com descarga de ar horizontal ou vertical. O peso e a dimensão dos condensadores variam de acordo com a capacidade total do equipamento.

As capacidades e suas configurações variam de acordo com o fabricante. Dentre eles destaca-se a CARRIER, por possuir uma linha de *bi split*, com compressor *scroll*, atendidas por unidades internas do tipo piso teto e dutada, com capacidade total variando de 120.000 a 180.000 Btu/h. Disponíveis na tensão de 220 V, 380 V ou 440 V, trifásico, com fluido refrigerante R-22 ou R407C.

Outro fabricante que se destaca nesse sistema é a FUJITSU, com uma linha de *multi split* variando de 14.000 a 48.000 Btu/h, atendendo até 8 unidades evaporadoras, do tipo *Hi-Wall*, piso teto, cassete ou dutada. Apresenta compressor rotativo, com tensão de alimentação 220 V monofásica e gás refrigerante R-410A.

A maior vantagem deste sistema é que todas as unidades internas são independentes, ou seja, possibilita o controle individual de funcionamento e temperatura.

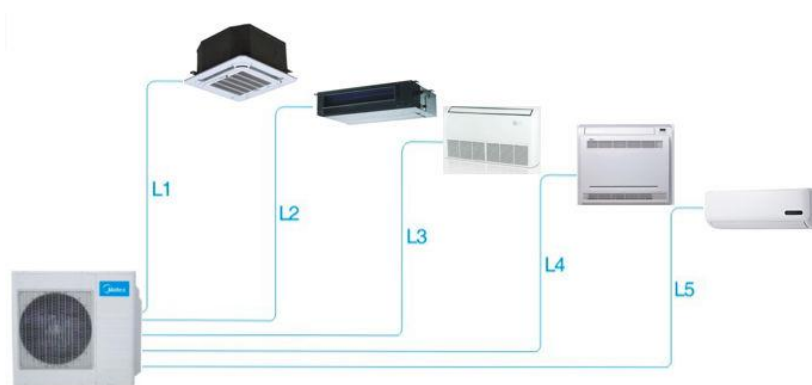


Figura 3.14 – Multi Split

3.1.5 Splitão

O conceito básico deste é a centralização do sistema em uma casa de máquinas, acoplado a uma rede de dutos para distribuição do ar. A unidade condensadora deve ser instalada em local seco e ventilado, que não possua obstáculo que obstrua a saída de ar, e que não permita um aumento no nível de ruído e vibração.

Projetados para aplicações doméstica, comercial e industrial, sua capacidade varia de 5 a 50 TR, com possibilidade de montagem na horizontal ou na vertical.

Disponível no mercado com compressor *scroll*, alimentação elétrica de 220 V, 380 V ou 440 V, trifásico, e gás refrigerante R-22, R410A ou R407C. Alguns fabricantes apresentam a tecnologia inverter em suas máquinas.

O peso das unidades externas varia de 74 a 510 kg, variando de acordo com a capacidade e modelo. O nível de ruído não foi informado nos catálogos analisados.

Alguns equipamentos trazem de fábrica a filtragem G3 ou G4, dependendo do fabricante, porém têm-se como opcionais outros tipos de filtragem.



Figura 3.15 – Splitão

A rede de dutos acoplada aos equipamentos do tipo splitão podem ser do tipo:

- Duto Aparente

Indicado para grandes ambientes, sem divisão, como por exemplo, supermercados, teatros, igrejas, bancos e cinemas. Podendo ser do tipo: giroduto, giroval ou convencional.

Pelo fato do duto ser aparente, dispensa a instalação de forro no ambiente.



Figura 3.16 – Instalação com duto aparente

- Duto Isolado:

Indicado para distribuição de ar em vários ambientes de uso contínuo, porém não possibilita o controle de funcionamento e de temperatura por ambiente.

Este apresenta necessidade de espaço no entreforro para passagem da rede de dutos e demais elementos da obra.



Figura 3.17 – Instalação com duto isolado

3.1.6 Self Contained

Unidades com capacidades entre 5 e 40 TR, montada em fábrica, comportando uma unidade de tratamento de ar com serpentinas de resfriamento de expansão direta conjugada a uma unidade condensadora,

resfriada a ar ou a água, incorporada ao gabinete da unidade. O condicionador é previsto para insuflação do ar por dutos e pode também ser apresentado dividido, para instalação à distância da unidade condensadora (ABNT NBR 16401-1).

Disponível com compressores *scroll*, nas tensões de alimentação 220 V, 380 V ou 440 V, trifásico. O peso das unidades externas varia de 165 a 1060 kg. E o fluido refrigerante varia de acordo com o fabricante, podendo ser o R-22, R410A ou R407C.

O nível de filtragem proveniente de fábrica também varia de acordo com o fabricante, porém têm-se como opcionais outros tipos de filtragem.

Este sistema é indicado para ambientes com ocupação variável de horários, como hotéis, escolas, bancos, centro de artes, centro médico, entre outros.

Podem ser instalados diretamente no ambiente condicionado desde que dispondo de parede externa, para o tipo integrado. Ou instalados em casas de máquina, distante do ambiente condicionado sendo o insuflamento de ar feito por meio de dutos de insuflação ou para os de pequena capacidade poderá ser utilizado caixa plenum dotada de grelha, para a insuflação direta no ambiente a ser beneficiado.

Os condicionadores permitem ainda, quando associados a conjuntos de aquecimento e ou umidificação, manter um controle mais rigoroso de temperatura e umidade. Podendo ser utilizado o sistema de variação do volume de ar insuflado (VAV), resultando uma economia de energia consumida, ao longo do seu funcionamento.



Figura 3.18 – Self Contained

3.1.7 Rooftop

Condicionador compacto, similar ao *self contained*, projetado para ser instalado ao tempo, sobre a cobertura ou telhado, como o nome sugere, ou em alternativa, ao nível do solo da edificação, dispensando casa de máquina e permitindo rede de dutos menores, com o equipamento fora do ambiente a ser climatizado.

O nível de ruído das unidades varia de 92 a 94 dB, e o peso de 460 a 1160 kg, dentre os equipamentos pesquisados, variando de acordo com a capacidade e modelo. Este sistema necessita de uma área maior do que o sistema *Split* e *multi split* para instalação.

Indicado para ambientes de grandes proporções e com poucas divisórias, como galpões, salões de festas, tendas de eventos, entre outros.

Disponível com compressores *scroll*, nas tensões de alimentação 220 V, 380 V ou 440 V, trifásico. O fluido refrigerante varia de acordo com o fabricante, podendo ser o R-22, R410A ou R407C.

O nível de filtragem proveniente de fábrica também varia de acordo com o fabricante, porém têm-se como opcionais outros tipos de filtragem.



Figura 3.19 – Rooftop

3.2 Sistemas Centrais

Um sistema de ar condicionado central pode ser definido como um sistema composto por uma unidade condensadora interligada a várias unidades evaporadoras alocadas em diversos ambientes.

Podendo ser aplicado em quase todos os tipos de edificações, mas principalmente em grandes edifícios e complexos. Ideal para instalações de grande porte.

Segundo a ASHRAE 2008c, este tipo de sistema representa aproximadamente 25% das aplicações do sistema de climatização.

Os sistemas centrais que disputam espaço no mercado nacional são o sistema de água gelada (expansão indireta), e o sistema VRV (volume de refrigerante variável) ou VRF (do inglês “*variable refrigerant flow*”), devido a semelhança de suas aplicações. Além de serem os mais energeticamente eficientes.

3.2.1 Água Gelada

O sistema consiste em uma central onde uma ou mais unidades de tratamento de ar, cada uma operada e controlada independentemente da demais, são supridas com água gelada (ou outro fluido térmico) produzida numa central frigorígena constituída por um ou mais grupos resfriadores de água e distribuída por bombas, em circuito fechado (ABNT NBR 16401-1).

Nos sistemas de expansão indireta faz-se necessária a instalação de uma central de água gelada para as unidades condicionadoras de ar do tipo *fancoil* presentes em cada ambiente a ser condicionado. E em paralelo a este sistema deve ser implementado um sistema de automação, de modo que cada ambiente condicionado deverá possuir, de acordo com sua área, um ou mais sensores de temperatura a fim de que esta propriedade possa ser controlada.

O *fancoil* trata-se de um módulo que comporta em seu interior uma serpentina de cobre ou alumínio onde circula água gelada, um ventilador provido de motor e correias que tem a função de captar o ar do ambiente, passar este ar por um sistema de filtros, e após, pela serpentina onde será refrigerado e devolver através do insuflamento ao mesmo ambiente já refrigerado e filtrado.

O insuflamento interno varia conforme a escolha do projetista ou aplicação que mais se adapte ao ambiente, podendo ser através de unidades *hi-wall*, piso teto, cassete, *built in* ou em sistemas de grande capacidade onde são utilizados no conjunto ramais de dutos.



Figura 3.20 – Fancoil

Chillers são equipamentos projetados para realizar o resfriamento de água ou soluções através do ciclo frigorífico, composto por componentes que realizam a troca de calor, a movimentação dos fluidos, e permitem ao usuário controlar a temperatura desejada de seu processo.

Os chillers podem ser de condensação a ar ou a água. Indicados para instalações de grande porte podem ser encontrados com capacidades variando entre 7,5 e 1400 TR, numa faixa de alimentação de 200 a 4160 V, trifásica.

Fabricados com compressores *scroll* ou parafuso, alguns fabricantes possuem a tecnologia inverter, e podem ser refrigerados pelos fluidos R-22, R-103, R-134A, R-407 ou R410A.

O nível de ruído dos chillers varia de 53 a 95 dB, e o peso de 320 a 22100 kg, dentre os equipamentos pesquisados, variando de acordo com a capacidade e modelo. Este sistema necessita de uma área para instalação maior do que os demais sistemas.



Figura 3.21 – Chiller

3.2.2 VRF

O VRF é classificado como um sistema central em que o conjunto de unidades de tratamento do ar de expansão direta, geralmente instaladas dentro do ambiente a que servem (designadas unidades internas), cada uma operada e controlada independentemente das demais, é suprido em um fluido refrigerante líquido em vazão variável (VRF) por uma unidade condensadora central, instalada externamente (designada unidade externa), (ABNT NBR 16401-1).

SOUZA (2010) compara este sistema ao *split* convencional, pois ambos possuem expansão direta e contam com unidade condensadora e evaporadora. Porém são sistemas que possuem limitações bem diferentes.

O grande diferencial do sistema VRF, está na combinação entre a tecnologia eletrônica e sistemas de controle microprocessados, além da interligação de múltiplas unidades internas em um só ciclo de refrigeração, podendo ser as evaporadoras do tipo *Hi-Wall*, piso teto, cassete e *built in*. Destacando-se por sua ecoeficiência de operação, baixo nível de ruído e baixo consumo elétrico.

Diferentemente do sistema de água gelada que necessita de um projeto de automação paralelo ao de climatização, como citado anteriormente, o VRF traz em sua constituição uma automação já embarcada em seus equipamentos.

Pode-se dizer que esse sistema, atualmente, é o sistema mais moderno e versátil do mercado. Sua aplicabilidade atende especificações de um sistema de água gelada, tanto na capacidade de condicionar amplos ambientes quanto na possibilidade de dimensionamento levando-se em consideração a simultaneidade de carga térmica ao longo do dia.

Disponível em capacidade de 1,70 a 12,72 TR, e alimentação 220 e 380 V, trifásico, todos com tecnologia inverter e refrigerante R410A.

O nível de ruído das unidades externas varia de 51 a 67 dB, e o peso e a dimensão dependem da capacidade total do equipamento, pois este é constituído por módulos de unidades condensadoras.



Figura 3.22 – Sistema VRF

CAPÍTULO 4 - INFORMAÇÕES BÁSICAS DA EDIFICAÇÃO

A escolha do sistema de ar condicionado depende do local onde o mesmo será implementado. A ABNT NBR 16401-1 aborda sobre os fatores que devem ser levados em consideração.

O primeiro fator que deve sempre ser lembrado, é que o projetista, o empreendedor e o arquiteto formam uma equipe, e devem sempre trabalhar em conjunto, evitando assim, o superdimensionamento dos sistemas, retrabalho e erros arquitetônicos.

ALVES e SAÚDE (2014) apresentaram um plano de procedimento básico de elaboração e implantação de projetos de sistemas de ar condicionado baseado na ABNT NBR 16401. Eles desenvolveram um fluxograma, apresentado no Anexo I, contendo todas as etapas do processo e os pontos de tomadas de decisões.

De acordo com o fluxograma apresentado, a seleção do sistema de climatização a ser implantado inicia-se na etapa 2.3, com a seleção dos equipamentos principais. Esta seleção é abordada no capítulo 8 da ABNT NBR 16401-1.

Após o levantamento de dados e o cálculo de carga térmica da edificação o projetista deve efetuar um comparativo entre os possíveis sistemas existentes no mercado.

A tabela 4.1 foi elaborada a fim de guiar o projetista na coleta de informações sobre a edificação e atividades exercidas no local.

Tabela 4.1 - Critérios para seleção do sistema de condicionadores de ar

A	Zonas Térmicas
A.1	Número de zonas térmicas
A.2	Número de ambientes por zonas térmicas
B	Dados Preliminares
B.1	Carga térmica total da edificação
B.2	Carga térmica por zona térmica
B.3	Carga térmica por ambiente
B.4	Regime de funcionamento de cada ambiente
B.5	Algum ambiente requer climatização 24h? Quais?
C	Arquitetura da edificação
C.1	Número de ambientes da edificação
C.2	Área, em m ² , de cada ambiente
C.3	Todos os ambientes possuem forro?
C.4	Altura do entreforro
C.5	Há a possibilidade de instalação de forro?
C.6	Altura do pé direito útil
C.7	Todos os ambientes possuem parede externa?
C.8	O peso dos equipamentos impacta a estrutura do prédio?
C.9	Equipamentos e acessórios podem ser instalados na fachada do prédio?
C.10	Há possibilidade de conciliar o design da fachada com os equipamentos e acessórios a serem instalados?
C.11	Há área disponível para instalação dos condensadores?
C.12	Qual a área disponível para instalação dos condensadores?
C.13	Há disponibilidade para casa de máquinas?
C.14	Há acessibilidade para manutenção?
C.15	O <i>layout</i> da edificação pode sofrer alterações no futuro?
C.16	Tensão de alimentação elétrica disponível
D	Qualidade do Ar
D.1	Necessita de controle de temperatura e umidade rígidos?
D.2	Tipo de atividade desenvolvida em cada ambiente
D.3	Filtragem requerida
E	Exigências do cliente
E.1	Deseja controle individual por ambiente?
E.2	Objetiva alguma certificação?
E.3	Há preocupação com o nível de ruído externo em relação à vizinhança?
E.4	É importante o corte de fornecimento de ar refrigerado para zonas sem uso?
E.6	Levar em consideração o custo inicial do sistema?

A ABNT NBR 16401-1 ressalta que não se deve superdimensionar o sistema de climatização. E que em locais onde há uma grande variação da carga térmica (sazonal ou outra) deve-se considerar a opção de subdividir o sistema, o que propicia uma maior confiabilidade no mesmo, pois em caso de falha não ocorre a queda total do sistema.

Salienta ainda que se deve evitar atender locais pequenos com regime de funcionamento fora do horário normal previsto em projeto, e evitar atender locais com demanda especial, termoigrométricas e ou de pureza de ar, como centro de processamento de dados ou laboratórios, utilizando a mesma unidade de tratamento de ar que atenda a locais adjacentes que exijam apenas condições de conforto.

O projeto do sistema deve obedecer aos critérios e requisitos de qualidade do ar estipulados na ABNT NBR 16401-3.

E os níveis de ruído ambiente na vizinhança da edificação, decorrentes da operação do sistema de ar condicionado, não devem ultrapassar os valores da ABNT NBR 10151. Assim como os níveis de ruído nas salas de máquinas aos quais os operadores estiverem expostos devem obedecer ao estipulado na NR 15 do Ministério do Trabalho.

Devendo prevalecer as exigências que constam em regulamentos e legislações vigentes (federais, estaduais ou municipais) na época da elaboração do projeto, sempre que mais restritivas que o estipulado na ABNT NBR 16401-1.

Figura 5.1 – Interface da página de cadastro de ambientes da ferramenta de seleção para sistemas de condicionadores de ar

Com bases nessas informações é possível efetuar uma triagem dentre os sistemas expostos no capítulo 3.

5.1 Carga térmica

Após o cadastramento de todos os ambientes, a carga térmica total da edificação é calculada, e com base neste valor é determinado o porte da instalação do sistema.

Após pesquisa junto a empresas locais no ramo de ar condicionado, chegou-se à definição de que instalações com capacidades de até 100 TR são consideradas de pequeno porte, as de 100 a 300 TR são consideradas de porte médio e as acima de 300 TR de grande porte.

Caso a instalação se enquadre na categoria de pequeno porte, para todos os sistemas é atribuído nota 1, exceto para o de água gelada que pode ser instalado, mas não é viável para esta categoria, recebendo nota 0,5. Se o custo inicial for uma preocupação e exigência do cliente, os sistemas centrais recebem nota zero e são eliminados, uma vez que possuem custo de aquisição e de instalação mais elevados que os demais.

Se a instalação se enquadrar na categoria de médio porte, o sistema ACJ é desclassificado, o sistema *Split* recebe nota 0,75 e os demais nota 1. Caso o custo inicial seja uma preocupação e exigência do cliente, os sistemas centrais recebem nota 0 e são eliminados, uma vez que possuem custo de aquisição e de instalação superiores aos demais.

Se a instalação for considerada de grande porte atribui-se nota 1 para os sistemas centrais e elimina-se os demais.

5.2 Zonas térmicas

Através do número de zonas térmicas existentes e do porte da instalação requerida, é feita uma triagem entre os sistemas propostos.

Para edificações de pequeno e médio porte com mais de uma zona térmica, são indicados os sistemas descentralizados, atribuindo-se 1 para o ACJ, *Split*, *Multi Split*, *Splitão*, *Self Contained* e *Rooftop* e 0,5 para os sistemas centrais.

E para a existência de uma única zona térmica em instalações de pequeno ou médio porte atribui-se 0,5 para todos os sistemas, levando em consideração que todos podem ser aplicados, porém cada um com suas particularidades, que serão filtradas com a ajuda dos próximos quesitos.

5.3 Regime de funcionamento

O regime de funcionamento permite decidir se será ou não instalado um equipamento separado para atender este ambiente.

Se o regime for contínuo, onde todos os ambientes são ligados e desligados no mesmo horário qualquer sistema pode ser aplicado, já se o funcionamento for esporádico, intermitente ou 24h, aconselha-se que equipamentos com controle individuais sejam instalados neste ambiente.

Portanto, será feita uma análise sobre os números de ambientes que trabalham com regime diferenciado, e se pelo menos 30% de cada zona térmica se encaixar nesse perfil, será atribuído 1 para o sistema ACJ e *Split*, e zero para os demais. Se não, considera-se que todos os sistemas podem ser aplicados.

Ressalta-se que a análise para esse quesito vai além de uma classificação numérica. Ficando a cargo do projetista analisar a viabilidade da combinação de sistemas na edificação.

5.4 Área

A informação sobre as áreas de cada ambiente se faz necessária para avaliar se o ambiente é grande ou não. Nesta ferramenta desenvolvida considera-se grande um ambiente com área superior a 100 m², sem divisórias.

Se o ambiente for considerado grande as notas são as seguintes: 0,25 para o ACJ e multi *Split*; 0,75 para *Split*, água gelada e VRF; e 1 para splitão, *self contained* e *rooftop*. Se não, todos os sistemas são considerados.

5.5 Forro

A pergunta sobre a existência ou possível instalação de forro dá-se para avaliar a viabilidade de equipamentos que necessitem de espaço no entreforro para sua instalação.

Caso haja forro, com pelo menos 30 cm de entreforro livre, as notas atribuídas são as seguintes: 0,5 para ACJ, *Splits Hi-Wall* e Piso teto; 0,75 para *Multi Split*; e 1 para Split cassete, *Split dutado (Built in)*, Splitão, *Self Contained*, *Rooftop*, Água gelada e VRF.

Caso não haja forro e nem mesmo a possibilidade de instalação, ou que a altura do entreforro seja menor que 30 cm todos os sistemas podem ser aplicados, com a ressalva de que a evaporadora cassete seja de sobrepor ao forro e a rede dutos seja aparente.

5.6 Pé direito

Para pé direito útil acima de três metros, recomenda-se o uso de evaporadoras do tipo piso teto, cassete ou duto aparente. Logo atribui-se 0 somente para os sistemas ACJ e *Split* com evaporadoras tipo *Hi-Wall*, e 1 para os demais.

Em alguns modelos de cassete é possível ajustar a vazão de ar das evaporadoras para três níveis de altura, o que possibilita a utilização em instalações com teto elevado, acima de três metros de altura.

5.7 Paredes externas

Com a informação sobre a existência de paredes externas nos ambientes, é possível avaliar o uso do ACJ.

Caso não haja paredes externas em todos os ambientes a ser climatizados, o sistema ACJ é descartado, atribuindo pontuação 0 para o mesmo, e 1 para os demais.

Este é outro requisito que necessita de uma avaliação do projetista, uma vez que se pode fazer uso de combinações de sistemas, como por exemplo, indicando-se ACJ para ambientes que possuem paredes externas e *Splits* para os demais.

5.8 Controle de umidade e temperatura

Caso a informação sobre o rígido controle de umidade e temperatura seja afirmativa, tem-se que o sistema mais indicado para este ambiente é o *split* de precisão, atribuindo nota 1 para este e desclassificando os demais.

Esta é a única informação necessária para a avaliação desse sistema, alertando para o fato de que se o regime de trabalho for 24h é necessária a instalação de dois equipamentos de mesma capacidade no ambiente, operando em sistema de revezamento. A fim de controlar o desgaste das máquinas.

5.9 Atividade desenvolvida no ambiente

A informação referente ao tipo de atividade desenvolvida no ambiente é de suma importância para avaliar a filtragem requerida pela ABNT NBR16401-3, conforme a tabela 5.1. Levando em consideração que alguns equipamentos já possuem compartimentos para instalação de filtros, além de já vir com alguma filtragem de fábrica.

Nesta ferramenta iremos pontuar como mais indicado os sistemas que possuem filtragem proveniente de fábrica podendo ser alteradas as classes dos filtros. Logo os *Spits* de precisão, *Splitão*, *Self contained*, *Rooftop* e água gelada (*faincoils*) recebem pontuação 1. Como os demais sistemas de condicionamento de ar necessitam de um sistema paralelo ao de climatização para o tratamento do ar ambiente recebem pontuação 0,75.

Tabela 5.1 – Classe mínima de filtragem, conforme Tabela 5 da ABNT NBR 16401-3.

Aplicação Típica	Classe
Supermercado, <i>mall</i> de centros comerciais, agências bancárias e de correios, lojas comerciais e de serviços	G4
Escritórios, sala de reunião, CPD, sala de digitação, <i>call center</i> , consultórios	F5
Aeroporto - Saguão, salas de embarque	F5
Aeroporto - torre de controle	G3 + F6
Biblioteca, museu - áreas do público	F5
Biblioteca, museu - exposição e depósito de obras sensíveis	G3 + F8
Hotéis três estrelas ou mais - apartamentos, <i>lobby</i> , salas de estar, salões de convecções	F5
Hotéis - outros, motéis - apartamentos	G4
Teatro, cinema, auditório, locais de culto, sala de aula	F5
Lanchonete, cafeteria	G4
Restaurante, bar, salão de coquetel, discoteca, danceteria, salão de festas, salão de jogos	F5
Ginásio (área do público), <i>fitness center</i> , boliche, jogos eletrônicos	G4
Centrais telefônicas - sala de comutação	G3 + F6
Residências	G3
Sala de controle - ambiente eletrônico sensível	G3 + F6
Impressão - litografia, <i>offset</i>	G3 + F7
Impressão - processamento de filmes	G3 + F8

Após finalizar o cadastro de todos os ambientes, o projetista deve seguir para a segunda parte do formulário respondendo as perguntas referentes à arquitetura da edificação e às exigências do contratante do projeto, conforme figura 5.2.

Esta etapa avalia a arquitetura e a estrutura da edificação, bem como as exigências do cliente. Muitas das informações solicitadas neste formulário não podem ser classificadas numericamente, servindo basicamente para o auxílio do projetista na tomada de decisões entre os sistemas mais indicados pela ferramenta de seleção.

Arquitetura e exigências do cliente

O peso dos equipamentos impactam a estrutura do prédio?

Equipamentos e acessórios podem ser instalados na fachada do prédio?

Há possibilidade de conciliar o design da fachada com os equipamentos e acessórios a serem instalados?

Há área disponível para instalação dos condensadores?

Qual a área disponível para instalação dos condensadores?

Há disponibilidade para casa de máquinas?

Há acessibilidade para manutenção?

O layout da edificação pode sofrer alterações no futuro?

Tensão de alimentação elétrica disponível

Deseja controle individual por ambiente?

Objetiva alguma certificação?

Há preocupação com o nível ruído externo em relação à vizinhança?

É importante o corte de fornecimento de ar refrigerado para zonas sem uso?

Custo do sistema (custo inicial ou custo durante ciclo de vida) ?

Finalizar

Figura 5.2 – Interface da página de dados da arquitetura e exigências do cliente da ferramenta de seleção para sistemas de condicionadores de ar

5.10 Análise Estrutural

Caso o peso dos equipamentos impactem a estrutura da edificação os sistemas ACJ, *Split* e *multi Split* recebem 1, Splitão e *Self contained* e *Rooftop* 0,5 e Água gelada e VRF 0,25 pontos.

Porém cabe ao projetista avaliar se os equipamentos não poderiam ser alocados ao lado da edificação, por exemplo.

5.11 Fachada arquitetônica

A interferência na fachada diz respeito às grelhas de captação de ar externo, utilizadas no sistema dutados ou na instalação dos condensadores do sistema *split*, caso não haja locais destinado para estes. Este fator deve ser avaliado pelo projetista após a escolha do sistema.

5.12 Área técnica

Área técnica é a área destinada à instalação dos condensadores. Este item influencia fortemente na definição do sistema de ar condicionado a ser instalado, porém esta informação deve ser verificada pelo projetista em visita técnica ao local ou através da análise da planta arquitetônica do empreendimento, uma vez que a área requerida varia de acordo com a capacidade do equipamento e com o sistema escolhido.

5.13 Casa de máquinas

A disponibilidade para casas de máquina faz com que o sistema Splitão, o *Self contained* e água gelada / *fan coil* apresentem vantagem sobre os demais sistemas. Porém não há como atribuir uma pontuação que elimine esses sistemas caso não haja disponibilidade para casas de máquina, pois como dito anteriormente equipamentos de menores capacidades podem fazer uso de caixa plenum dotada de grelha para a insuflação direta no ambiente a ser beneficiado.

Esta é mais uma análise que deve ser feita pelo projetista.

5.14 Acessibilidade para manutenção

Em 28 de Agosto de 2008, através da Portaria nº 3523 foi criado para a manutenção de ar condicionado o Plano de Manutenção Operação e Controle (PMOC) onde são estipulados quando as verificações e correções técnicas deverão ser executadas em cada ponto do sistema de refrigeração.

A manutenção dos equipamentos de ar condicionado através do PMCO é obrigatória para todas as empresas cujo sistema de climatização possuir capacidade de 5 TR (60.000Btu/h). Mesmo que esta capacidade seja atingida pela soma de pequenos sistemas dentro de um mesmo ambiente.

Diante dessa necessidade os equipamentos devem ser instalados em locais de fácil acesso. A fim de não colocar em risco a vida do técnico de manutenção. Pois a atuação neste setor inclui atividades que exigem atenção, como trabalhos em andaimes e telhados, além do risco de gases tóxicos liberados pelos equipamentos com defeito.

5.15 Alterações futuras do *layout*

Esta informação é basicamente para decidir a disposição das unidades internas após a escolha do sistema de condicionamento de ar a ser instalado.

Muitas vezes uma edificação é construída visando alterações futuras no *layout*, como por exemplo, uma sala grande que no futuro pode vir a ser dividida em salas menores. Portanto as unidades evaporadoras devem ser dispostas de maneira que o as alterações no *layout* não interfiram na qualidade do projeto de condicionamento de ar. Para isso indica-se o uso de evaporadoras de menores potência ou dutos flexíveis.

5.16 Tensão elétrica de alimentação

A ferramenta de seleção faz uma triagem nos sistemas, compatibilizando a tensão disponível dos equipamentos no mercado com a tensão informada pelo projetista no formulário.

Ao preencher o formulário o projetista pode optar pelas seguintes tensões de alimentação: 127 V monofásico, 220 V monofásico, 220 V trifásico, 380 V trifásico e outros. O capítulo 3 deste trabalho traz informações sobre esse quesito.

Ressaltando que pode ser feito o uso de transformadores abaixadores ou elevadores para obter a tensão de alimentação necessária para a instalação dos equipamentos.

5.17 Certificação

Se o cliente objetiva alguma certificação deve-se considerar apenas sistemas refrigerados com gás ecológico ou à água, e equipamentos dotados de tecnologia inverter.

Dentre os catálogos e manuais utilizados para levantamento de dados e caracterização dos sistemas não foi identificado a tecnologia inverter incorporada ao *Rooftop* e nem ao *Self contained*. Logo, nota 0 é atribuída a esses sistemas e 1 aos demais.

5.18 Nível de ruído

Antigamente os aparelhos ACJ apresentavam elevado nível de ruído interno, porém com a modernização e tecnologia implantada nesses equipamentos o nível de ruído interno não é mais um agravante nesse sistema. O sistema dutado também não apresenta ruído interno considerável, se bem dimensionado. Por isso só foi levado em consideração o nível de ruído externo na edificação.

Nem todos os fabricantes trazem em seus catálogos informações quantitativas a respeito do nível de ruído, seja ele interno ou externo. Porém este quesito não pode ser desconsiderado, uma vez que há normas que regulamentam a intensidade desses níveis, como foi abordado no capítulo 4.

Portanto fica a cargo do projetista avaliar as opções de sistemas de ar condicionado indicadas pela ferramenta de seleção levando em consideração sua experiência em projetos anteriores.

5.19 Controle independente

Caso o cliente exija controle individual no acionamento e temperatura e por ambiente os sistemas dutados serão desclassificados. Assim o Splitão, *Rooftop* e Água gelada recebem nota 0 e os demais sistemas nota 1.

CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Como forma de avaliação da ferramenta proposta, é apresentada uma simulação da seleção de sistema para condicionadores de ar de uma igreja.

A igreja em estudo é a Comunidade Católica de Santa Luzia, localizada na Rua Leocádia, Nº 21, Praia da Costa, Vila Velha – ES.

O sistema de climatização para esta edificação foi fonte de estudo de OLIVEIRA e NUNES (2014). Após o levantamento de dados, concluiu-se que a carga térmica a ser combatida é de 24,75 TR.

Considerando que somente a nave da igreja será climatizada, temos as seguintes informações para alimentar a ferramenta em estudo:

Cadastro de ambientes

Nome do ambiente: Nave

Número da zona térmica: 1 Carga térmica deste ambiente: 24,75 TR

Área (m²): 214,09 Possui parede externa? Sim Possui forro? Não

Altura do entreforro (cm): 0 Há a possibilidade de instalação de forro? Não

Altura do pé direito útil (m): 6,38 Regime de funcionamento: Esporádico

Necessita de controle de temperatura e umidade rígidos? Não

Tipo de atividade desenvolvida: Teatro, cinema, auditório, locais de culto, sala de aula

Ambientes cadastrados

Id	Ambiente	Zona Térmica	Carga térmica	Unidade	Área
----	----------	--------------	---------------	---------	------

Inserir Excluir Finalizar Editar Confirmar

Figura 6.1 – Cadastro de ambientes da Igreja Católica Santa Luzia

Arquitetura e exigências do cliente

O peso dos equipamentos impactam a estrutura do prédio? Não

Equipamentos e acessórios podem ser instalados na fachada do prédio? Sim

Há possibilidade de conciliar o design da fachada com os equipamentos e acessórios a serem instalados? Não

Há área disponível para instalação dos condensadores? Não

Qual a área disponível para instalação dos condensadores? 0

Há disponibilidade para casa de máquinas? Sim

Há acessibilidade para manutenção? Sim

O layout da edificação pode sofrer alterações no futuro? Não

Tensão de alimentação elétrica disponível 220V Trifásica

Deseja controle individual por ambiente? Sim

Objetiva alguma certificação? Não

Há preocupação com o nível ruído externo em relação à vizinhança? Não

É importante o corte de fornecimento de ar refrigerado para zonas sem uso? Não

Custo do sistema (custo inicial ou custo durante ciclo de vida) ? Sim

 Finalizar

Figura 6.2 - Página de dados da arquitetura e exigências da Igreja Católica Santa Luzia

Após alimentar a ferramenta com os dados da edificação e exigências do cliente, verificou-se que os sistemas mais indicados para instalação é o Split com evaporadoras do tipo piso teto ou do tipo cassete, conforme indicado na figura 6.3.

Sistemas	Pontuação	Resultado	Porcentagem
ACJ	10,50	Reprovado	75%
<i>Split Hi-Hall</i>	11,00	Reprovado	79%
<i>Split</i> Piso Teto	13,00	Aprovado	93%
<i>Split</i> Cassete	13,00	Aprovado	93%
<i>Split Built in</i>	12,00	Reprovado	86%
Split de Precisão	11,50	Reprovado	82%
Multi <i>Split</i>	11,50	Reprovado	82%
Splitão	11,50	Reprovado	82%
<i>Self Contained</i>	12,50	Reprovado	89%
Rooftop	11,50	Reprovado	82%
Água Gelada	9,75	Reprovado	70%
VRF	11,00	Reprovado	79%

Figura 6.3 - Resultados da metodologia para a Igreja Católica Santa Luzia

O resultado apresentado é satisfatório, pois ambos os tipos de evaporadora são indicadas para grandes ambientes com pé direito alto.

Atualmente encontra-se instalado no local o sistema Split com evaporadoras do tipo piso teto. Porém, se escolha fosse pelo Split cassete, as evaporadoras deveriam ser do tipo de sobrepor, uma vez que a edificação em questão não possui forro, como pode ser visto na figura 6.4, e compatibilizada com as luminárias do ambiente.



Figura 6.4 - Foto do interior da Igreja Católica Santa Luzia

CAPÍTULO 7 - COMENTÁRIOS FINAIS E SUGESTÕES

Acredita-se que essa ferramenta irá contribuir para a melhoria da eficiência e do conforto interno. Este estudo mostra que as ferramentas de projeto não precisam ser complexas, e que a sua aplicação não substitui o projetista, uma vez que é função deste julgar quais dos sistemas selecionados é mais viável para a edificação através de visitas técnicas ao local e de sua experiência de projetos.

A metodologia de classificação numérica utilizada no desenvolvimento da ferramenta possui algumas limitações que precisam ser abordadas. Alguns destes métodos não levam em consideração todos os critérios de projeto, podendo ser tendenciosos em direção a determinados sistemas. Isto é devido ao fato das notas serem atribuídas exclusivamente com base na experiência e julgamento do projetista.

Outro problema dos métodos de classificação numérica é que ela exige uma análise detalhada de cada sistema para ser concluída, a fim de compatibilizar as necessidades de cada edificação e de seu proprietário.

Durante o levantamento de dados foi identificado a dificuldade de se caracterizar cada um dos sistemas, pois os fabricantes não trazem informações suficientes para essa caracterização em seus catálogos e manuais. Além de que a cada tecnologia nova implantada nos equipamentos, o banco de dados de cada tipo de sistema deveria ser atualizado, o que é inviável para o projetista fazê-lo perante o rápido avanço tecnológico nos sistemas e equipamentos de condicionamento de ar. Além de que os catálogos dos fabricantes não trazem informações suficientes para essa caracterização.

O que os fabricantes costumam fornecer aos projetistas são programas próprios para seleção e dimensionamento de equipamentos. Porém esses devem ser usados somente após a seleção do sistema de condicionamento de ar a ser instalado. Como exemplo desses programas pode-se citar o Lats-Multi V, para a seleção de equipamentos que compõem o sistema VRF do fabricante LG; o *eDesign software*, que é um conjunto de softwares para o cálculo da carga térmica da edificação e seleção de equipamentos para sistemas de ar condicionado do fabricante Carrier; e o software TRACE™ 700 *Chiller Plant Analyzer*, utilizado para a seleção de chillers do fabricante TRANE.

Para melhoria da ferramenta apresentada fica como sugestão a implementação de outros dados que caracterizem os sistemas, como por exemplo, dimensões, peso das unidades internas, consumo, coeficiente de performance, custos e necessidade de renovação de ar no ambiente.

Outra sugestão é estender o estudo para sistemas de aquecimento, uma vez que este trabalho considerou apenas projetos de resfriamento.

CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS

ALBERICO, A., 2003, **Visão geral do condicionamento de ar**, Apostila Ansett Tecnologia e Engenharia. São Paulo.

ALVES, D. N., SAÚDE, R. R. C., 2014, **Procedimento básico de elaboração e implantação de projetos de sistemas de ar condicionado baseado na ABNT NBR 16401**, Trabalho de Conclusão de Curso, UFES, Vitória, Espírito Santo.

ASHRAE Handbook Fundamentals 2008a – Cap 1 – **HVAC System Analysis and Selection**. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – Atlanta, GA.

ASHRAE Handbook Fundamentals 2008b – Cap 2 – **Decentralized Cooling and Heating**. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – Atlanta, GA.

ASHRAE Handbook Fundamentals 2008c – Cap 3 – **Central Cooling and Heating**. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – Atlanta, GA.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento, Rio de Janeiro, 2000.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401**: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários, Rio de Janeiro, 2008.

BASILE, A. P., 2009, **VRF e Água Gelada: eficiência está no projeto**, Climatização e Refrigeração, n. 109, p. 40-49.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº **3523**, 28 ago 1998. Diário Oficial da União, Brasília, 31 de agosto de 1998.

CASTRO, D. M., 2007, **Análise de eficiência de um sistema de ar condicionado**, Trabalho de Conclusão de Curso, UNIOESTE, Foz do Iguaçu, Paraná.

CLARK, J., 1994, **Selecting the optimum HVAC system**, Proc. Strategic planning for energy and the environment, Association of Energy Engineers, v.13, n.4, p. 13-18.

ELLIS, M. W., 1999, **New simplified thermal and HVAC design tools**, Doctor Tese, University of Pretoria, South Africa.

GONÇALVES, L. P., 2005, **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica**, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, São Paulo.

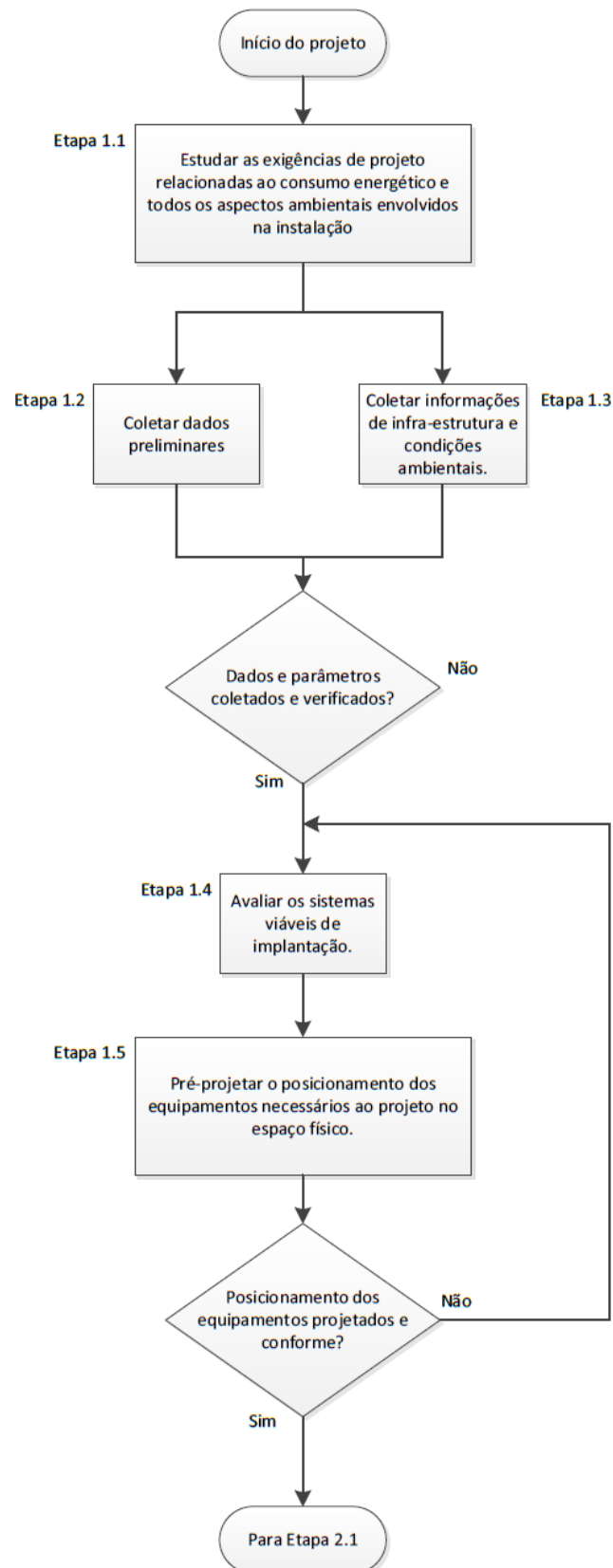
GREENBERG, A., 1972, **Introductory approach to the rating of air-conditioning systems**, ASHRAE Journal, p. 35-39.

OLIVIERI, J.B., 1971, **A proposed air-conditioning rating system**, ASHRAE Journal, p. 80-85.

SCANLON, P.W., 1992, **Economic Impact of HVAC system selection**, Heating / Piping / Air Conditioning, p. 32-44

SOUZA, W. B., 2010, **Comparação entre dois sistemas de ar condicionado para prédio histórico**, Trabalho de Conclusão de Curso, UFRGS, Porto Alegre - RS.

ANEXO I - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO



ANEXO I - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO (CONTINUAÇÃO)

