



## **Análise técnica e econômica de um sistema de ar condicionado com fluxo de refrigerante variável**

**Manuela C. Carneiro<sup>1</sup>, Laura B. P. Arouca<sup>2</sup>, Taís da C. Costa<sup>3</sup>, Antonio Gabriel S. Almeida<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Mecânica pela UNIFACS. e-mail: cedrazmanu@hotmail.com

<sup>2</sup>Estudante do Curso Técnico em Refrigeração do IFBA; Graduanda em Física pela UFBA. Bolsista do CNPq. e-mail: laura.arouca@hotmail.com

<sup>3</sup>Graduanda em Engenharia Mecânica pelo IFBA. e-mail: tais.cunha07@hotmail.com

<sup>4</sup>Professor do IFBA; Doutorando em Energia e Ambiente pela UFBA. e-mail: gabrielalmeida@ifba.edu.br

**Resumo:** A utilização dos sistemas de refrigeração é indispensável na maioria das regiões do país, e, como consequência, tem-se um alto consumo de energia elétrica para o acionamento dos equipamentos associados. Com o problema ambiental cada vez mais em pauta, qualquer iniciativa que vise promover a redução no consumo de energia elétrica é válida. Este trabalho tem o objetivo de analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de ar condicionado com equipamentos de fluxo de refrigerante variável (VRF) em comparação com equipamentos split convencionais. Para isso, foi desenvolvido um estudo de caso real, com a realização do cálculo de carga térmica nos ambientes a serem climatizados, obtendo a taxa de calor a ser retirada em cada ambiente, a capacidade dos equipamentos a serem usados e o consumo de energia elétrica para cada sistema. Posteriormente, foi feita uma comparação entre os dois sistemas, comparando aspectos técnicos e os custos de instalação e operacionais de equipamentos VRF e equipamentos split convencionais.

**Palavras-chave:** ar condicionado, carga térmica, fluxo de refrigerante variável (VRF), split system

### **1. INTRODUÇÃO**

Além do levantamento de carga térmica, o projeto de um sistema de ar condicionado deve ser precedido de estudos específicos de viabilidade técnica e econômica. Estima-se que, em uma edificação comercial convencional, o sistema de ar condicionado é responsável por aproximadamente 50% do consumo total de energia elétrica. Portanto, é fundamental usar equipamentos que promovam um consumo menor de energia.

Outro fator importante que deve ser analisado pelo projetista é a seleção de equipamentos que ofereçam flexibilidade de instalação, podendo resultar em uma economia de tempo e mão de obra, melhor nível de conforto térmico, infraestrutura simples e rápida, proporcionando pouca interferência com outras áreas, atendendo as exigências da norma brasileira NBR 16401:2008 e normas internacionais.

O objetivo deste trabalho é comparar dois sistemas de ar condicionado, o sistema VRF em relação ao split system convencional, utilizando como estudo de caso a área de convivência de um edifício, localizado em Salvador, Bahia. Para isso, foi necessária a realização de estudo sobre os dois sistemas, bem como entender as exigências da norma brasileira para projetos de ar condicionado. Foi feita uma análise da planta baixa das áreas a serem climatizadas, realizando o cálculo de carga térmica desses ambientes de acordo com o layout da planta. Com esses resultados, foi possível dimensionar os dois sistemas, realizando as considerações e comparações técnicas e econômicas.

A carga térmica dos ambientes foi calculada de acordo com os dados fornecidos pelo projeto de arquitetura como, por exemplo, características físicas – dimensões e materiais, localização do prédio, orientação de paredes e janelas, iluminação, tipo de ocupação, etc. Foram levantadas também informações sobre o clima no local, de acordo com a norma brasileira. Com essas informações pôde-se calcular a carga térmica dentro dos parâmetros da norma NBR-16401, obtendo assim a taxa de calor que deverá ser retirada em cada ambiente.



## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Tipos de Sistemas de Ar Condicionado

Os sistemas de refrigeração por expansão direta são aqueles onde o gás refrigerante troca calor diretamente com o ar do ambiente. Os condicionadores de ar podem ser do tipo ACJ (Ar Condicionado de Janela), split system, VRF e self contained.

Split system significa sistema separado, ou seja, o condicionador de ar possui duas unidades, sendo uma unidade externa e a outra a unidade interna. Existem modelos chamados multi-split, com mais de uma unidade evaporadora para um único condensador, onde é possível refrigerar vários ambientes diferentes, de maneira independente, com apenas uma unidade externa (SILVA, 2004).

As unidades condensadoras, chamadas de unidades externas, contêm juntos o compressor e o condensador do circuito frigorígeno. Possuem um ventilador que sopra o ar para condensação do fluido refrigerante, e que devem ser instalado na parte externa do ambiente. A descarga do ar pode ocorrer horizontal ou verticalmente.

A unidade evaporadora, chamada de unidade interna, é instalada no ambiente a ser climatizado. Contém a válvula de expansão, o evaporador e o filtro e troca calor com o ar do ambiente, que é puxado através de um ventilador (SILVA, 2004). As unidades internas podem ser encontradas em diversas formas como hi-wall (parede), piso teto, cassete, teto aparente ou para dutos.

Fluxo de Refrigerante Variável (VRF) é uma designação de um sistema multifuncional modernizado que possui um sistema multi-split. Nele, há apenas uma unidade externa ligada a múltiplas unidades internas que operam individualmente por ambiente, podendo chegar até 64 unidades internas.

O diferencial do sistema VRF, comparado ao split system, é a combinação de tecnologia eletrônica com sistemas de controle microprocessado, aliado a combinação de múltiplas unidades internas em um só ciclo de refrigeração.

A variação de capacidades do sistema em função da mudança de carga térmica dos ambientes é feita por variação na velocidade de rotação do compressor, na maioria das vezes do tipo scroll, através do conversor de frequência (inverter), instalado na alimentação elétrica do motor de acionamento dos compressores.

### 2.2 Viabilidade Técnica e Econômica de Projeto

Uma das etapas mais importantes na elaboração de um projeto é a análise da viabilidade econômica e financeira (REBELATTO, 2004). Definido os equipamentos, é necessário considerar diversos fatores com o objetivo de realizar um estudo preliminar sobre a viabilidade inicial do projeto, esses fatores são: desempenho do equipamento ou sistema, a durabilidade, manutenção, aspectos ergonômicos e principalmente o consumo de energia.

O método de análise da viabilidade econômica será o Método do Período de Retorno do Capital (Payback), que segundo REBELATTO (2004), consiste em selecionar projetos de investimentos enfatizando o período de recuperação do capital investido, isto é, calculando o prazo necessário para que o valor atual dos reembolsos (retorno de capital) se iguale ao desembolso com o investimento efetuado, visando à restituição do capital aplicado.

a) Investimento Inicial:

Inicialmente deve-se calcular o investimento de um projeto calculando a diferença entre os custos iniciais da instalação de dois projetos, como pode ser observado na equação (8).

$$I_i = C_{I_1} - C_{I_2} \quad (8)$$

Onde:

$I_i$  → Investimento inicial;

$C_I$  → Custo de instalação do projeto;



b) Custo Operacional:

Após calcular o investimento inicial, deve-se calcular o custo operacional anual de cada projeto. No custo operacional está incluído basicamente o gasto com o consumo de energia de cada projeto ou sistema, como pode ser observado na equação (9).

$$C_{OP} = C_C \times C_E \quad (9)$$

Onde:

$C_{OP}$  → Custo operacional anual;

$C_C$  → Custo da energia da concessionária em R\$/kW;

$C_E$  → Consumo de energia por ano em kW;

c) Receitas do Investimento:

As receitas de investimento são obtidas anualmente e geradas pelo custo de energia evitada, como pode ser observada na equação (10).

$$R_I = C_{E1} - C_{E2} \quad (10)$$

Onde:

$R_I$  → Receita do Investimento ou Custo de Energia Evitada;

$C_E$  → Consumo de energia por ano em kW;

d) Tempo de Retorno do Capital:

O método escolhido foi o Payback, que é fundamentado no conceito de tempo no qual a soma das receitas de um projeto reproduz o total do capital investido para sua implantação. O Payback, tempo no qual o investimento inicial,  $I_i$ , é equivalente ao número de receitas anuais,  $R_I$ , é determinado pela equação (11).

$$T_{Pb} = \frac{I_i}{R_I} \quad (11)$$

Onde:

$T_{Pb}$  → Tempo de Retorno do Capital;

$R_I$  → Receita do Investimento ou Custo de Energia Evitada;

$I_i$  → Investimento inicial;

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Descrição as áreas climatizadas

O pavimento térreo do edifício, onde foi desenvolvido o estudo de caso, é localizado na cidade de Salvador, estado da Bahia, abrangendo oito espaços para serem climatizados, que são: o auditório, sala de reuniões, foyer, lobby, administração, café-salão, espaço gourmet e fitness.

#### 3.2 Cálculo de Estimativa da Carga Térmica dos Ambientes

O cálculo de carga térmica é imprescindível para o dimensionamento do sistema de ar condicionado. A Tabela (1) mostra alguns dados retirados da planta baixa do edifício, de acordo com o layout de cada ambiente, como área do ambiente, área de vidro e parede externa, quantidade de pessoas, entre outros, usados para a realização da carga térmica.

Inicialmente devem-se definir alguns parâmetros que serão usados por todos os ambientes. A NBR 16401-1 apresenta as condições externas para 34 cidades brasileiras, incluindo Salvador, que pode ser observado na tabela C1 (anexo C da NBR). Com os dados obtidos da NBR 16401 e o apoio da carta psicrométrica, definem-se parâmetros como: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa externa e interna e umidade absoluta.



Tabela 1 – Dados do levantamento do layout

| Ambiente      | Área (m <sup>2</sup> ) | P.D. | Área de vidro externo (m <sup>2</sup> ) |       |       |       | Área de parede externa |    |      |       | Paredes internas | Pessoas |       |
|---------------|------------------------|------|---|-------|-------|-------|------------------------|----|------|-------|------------------|---------|-------|
|               |                        |      | NNE                                     | SE    | S     | NW    | N S                    | SW | W    | NW    |                  |         |       |
| Auditório     | 45,13                  | 2,60 |   | 13,00 |       |       |                        |    |      | 22,10 |                  | 36,40   | 45,00 |
| Sala de       | 15,50                  | 2,60 |   | 11,70 |       |       |                        |    |      |       |                  | 30,00   | 4,00  |
| Foyer         | 28,11                  | 2,60 |   |       |       |       |                        |    |      |       |                  | 60,00   | 6,00  |
| Lobby         | 182,00                 | 2,60 |   | 62,50 |       |       |                        |    |      |       |                  | 265,00  | 30,00 |
| Administração | 25,40                  | 2,60 |   |       |       | 10,40 |                        |    | 9,10 | 2,60  |                  | 35,10   | 4,00  |
| Café/Salão    | 210,74                 | 2,60 |   | 23,40 | 31,20 |       |                        |    |      |       |                  | 93,60   | 50,00 |
| Espaço        | 140,00                 | 2,60 |   |       |       | 26,00 |                        |    |      | 14,80 |                  | 100,00  | 40,00 |
| Fitness       | 62,00                  | 2,60 |   |       |       |       |                        |    |      |       |                  | 59,00   | 10,00 |

Com as considerações feitas sobre os elementos que contribuem para adição de carga térmica, foi feita a estimativa da carga térmica dos ambientes que segue detalhada na Tabela 2: resumo da carga térmica obtida de cada ambiente, com o calor total, calor latente e sensível, vazão de ar exterior e vazão de ar de insuflamento.

### 3.3 Seleção dos Equipamentos

Com os resultados obtidos na estimativa de carga térmica e uma análise dimensional dos ambientes, foi possível definir a potência dos equipamentos, necessária para condicionar o ar. Para comparação dos sistemas de ar condicionado, serão usados equipamentos da Toshiba para o sistema VRF, e equipamentos da Carrier para o sistema Split System. Os dois sistemas são de expansão direta e condensação a ar.

**Tabela 2. Resumo da carga térmica**

| Ambiente      | Calor Sensível (kcal/h) | Calor Latente (kcal/h) | Carga Térmica Total (Btu/h) | Vazão de ar de insuflamento (m <sup>3</sup> /h) | Vazão de ar exterior (m <sup>3</sup> /h) |
|---------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|---|--|
| Auditório     | 11.355,34               | 13.918,37              | 100.292,50                  | 2.608,86  | 453,74                                   |
| Sala de       | 3.691,73                | 566,69                 | 16.898,49                   | 1.230,82  | 52,74                                    |
| Foyer         | 3.098,70                | 1.290,94               | 17.419,21                   | 1.001   | 84,36                                    |
| Lobby         | 26.225,04               | 5.062,84               | 124.158,25                  | 8.669,87  | 466,56                                   |
| Administração | 6.187,82                | 766,43                 | 27.596,23                   | 2.074,60  | 73,91                                    |
| Café/Salão    | 25.535,92               | 14.144,69              | 157.462,74                  | 7.712,10  | 1.366,80                                 |
| Espaço        | 20.585,47               | 10.568,25              | 123.625,87                  | 6.297,80  | 1.000,80                                 |
| Fitness       | 13.259,05               | 5.160,72               | 73.094,33                   | 4.320,95  | 313,92                                   |

A renovação de ar dos ambientes será realizada por ventiladores, com vazão de ar atendendo a necessidade de cada ambiente, e filtros de ar de acordo com a tabela de classe mínima de filtragem da NBR 16401-3, tabela C13, anexo C.

As Tabelas 3 e 4 apresentam a quantidade de calor que deverá ser retirado de cada ambiente, a vazão de ar de insuflamento, e a capacidade dos equipamentos em Btu/h, para o sistema Split System e para o sistema VRF, respectivamente.





A seleção da potência dos equipamentos considera a quantidade de calor a ser removida e a vazão de ar de insuflamento dos equipamentos. A diferença na potência dos equipamentos de um sistema para outro caracteriza a disponibilidade de cada sistema para a potência e o modelo a ser usado no ambiente climatizado.

Ao observar a relação da potência dos equipamentos VRF, e somarmos a potência das unidades evaporadoras, que é de 890.000 Btu/h e compararmos com o somatório da potência das unidades condensadoras, que é de 748.800 Btu/h, verifica-se que existe uma diferença de 141.200 Btu/h.

Essa diferença existe porque o sistema VRF possibilita considerar o fator de simultaneidade das cargas térmicas, ou seja, nem todos os equipamentos funcionarão em sua capacidade máxima ao mesmo tempo, e o dimensionamento de cada ambiente é feito para a máxima carga térmica que ocorre em horários diferentes.

Tabela 3 - Relação da potência e quantidade dos equipamentos Split System

| Ambiente         | Calor a ser retirado (Btu/h) | Vazão de ar de insuflamento (m <sup>3</sup> /h) | Potência dos equipamentos (Btu/h) | Quantidade |
|------------------|------------------------------|---|-----------------------------------|------------|
| Auditório        | 100.292,50                   | 2.608,86  | 48.000                            | 2          |
| Sala de Reuniões | 16.898,49                    | 1.230,82  | 18.000                            | 1          |
| Foyer            | 17.419,21                    | 1.001,10  | 24.000                            | 1          |
| Lobby            | 124.158,25                   | 8.669,87  | 18.000                            | 1          |
|                  |                              |   | 48.000                            | 4          |
| Administração    | 27.596,23                    | 2.074,60  | 30.000                            | 1          |
| Café/Salão       | 157.462,74                   | 7.712,10  | 60.000                            | 4          |
| Espaço Gourmet   | 123.625,74                   | 6.297,80  | 48.000                            | 4          |
| Fitness          | 73.094,33                    | 4.320,95  | 48.000                            | 2          |

Tabela 4 - Relação da potência e quantidade dos equipamentos VRF

| Ambiente         | Calor a ser | Vazão de ar de | Potência dos | Quantidade |
|------------------|-------------|----------------|--------------|------------|
| Auditório        | 100.292,50  | 2.608,86       | 48.000       | 2          |
| Sala de Reuniões | 16.898,49   | 1.230,82       | 18.000       | 1          |
| Foyer            | 17.419,21   | 1.001,10       | 24.000       | 1          |
| Lobby            | 124.158,25  | 8.669,87       | 18.000       | 1          |
|                  |             |                | 48.000       | 4          |
| Administração    | 27.596,23   | 2.074,60       | 30.000       | 1          |
| Café/Salão       | 157.462,74  | 7.712,10       | 60.000       | 4          |
| Espaço Gourmet   | 123.625,74  | 6.297,80       | 48.000       | 4          |
| Fitness          | 73.094,33   | 4.320,95       | 48.000       | 2          |
| Condensadora     |             |                | 249.000      | 3          |

## 4. ANÁLISE DOS DADOS

### 4.1. Análise da Viabilidade Técnica

Ao observar as possibilidades de configuração no projeto de ar condicionado para os dois sistemas, conclui-se que, quanto aos aspectos ergonômicos, de flexibilidade de instalação e interferência com outras áreas, o sistema VRF é mais flexível e possui uma menor interferência com outras áreas que o sistema split system. Um aspecto decisivo é a redução no impacto arquitetônico externo, com a diminuição substancial de unidades condensadoras a somente três equipamentos.



O controle da temperatura do ambiente do sistema split system é feito do modo convencional, on/off, ou seja, quando o termostato mede a temperatura indicada pelo usuário, o sistema desliga o compressor, quando a temperatura do ambiente aumenta, o sistema liga o compressor. Com isso, há uma variação de cerca de 2°C da temperatura do ambiente, gerando desconforto térmico. O sistema VRF tem a válvula de expansão eletrônica, que controla gradativamente a temperatura do ambiente. Isso é possível porque esse sistema possui um dispositivo que ajusta gradualmente a frequência do motor que executa o seu trabalho, gerando um melhor conforto térmico nos ambientes.

#### 4.2 Análise da Viabilidade Econômica

Após a análise da viabilidade técnica entre os dois sistemas de ar condicionado, se faz necessária uma análise da viabilidade econômica entre os sistemas. Para isso, foi feito o levantamento do custo de aquisição e instalação dos sistemas VRF e split system, como pode ser observado nas Tabelas 5 e 6, respectivamente, e o consumo de energia de cada sistema, como pode ser observado nas Tabelas 7 e 8.

Os custos de aquisição e instalação dos sistemas de ar condicionado foram feitos através de consultas aos fornecedores dos equipamentos e empresas montadoras dos sistemas de ar condicionado.

O consumo de energia médio por hora dos equipamentos foi determinado através de catálogos técnicos dos fabricantes dos sistemas de ar condicionado de acordo com o tipo e a capacidade de cada equipamento.

Tabela 5 - Custo de aquisição e instalação dos equipamentos VRF

| Condicionar de Ar    | Potência (Btu/h) | Quantidade | Custo por Equipamento |
|----------------------|------------------|------------|-----------------------|
| Modelo Teto-Piso     | 48.000           | 8          | R\$ 5.865,00          |
| Modelo Teto-Piso     | 24.000           | 1          | R\$ 3.779,00          |
| Modelo Teto-Piso     | 30.000           | 1          | R\$ 4.723,00          |
| Modelo High-Wall     | 18.000           | 2          | R\$ 2.318,00          |
| Modelo Cassete       | 56.000           | 4          | R\$ 6.246,00          |
| Modelo Cassete       | 48.000           | 4          | R\$ 5.534,00          |
| Unidade Condensadora | 249.600          | 3          | R\$ 57.569,00         |
| Total do Custo       |                  |            | R\$ 279.885,00        |

O método escolhido para a análise econômica dos sistemas de ar condicionado foi o payback. No item 2.4 analisamos algumas equações para, o cálculo de investimento inicial, custo de operação e receitas de investimento, que são necessárias para o cálculo do tempo de retorno de capital, ou seja, o payback.

Tabela 6 - Custo de aquisição e instalação dos equipamentos split system

| Condicionador de ar | Potência (Btu/h) | Quantidade | Custo por Equipamento |
|---------------------|------------------|------------|-----------------------|
| Modelo Teto-Piso    | 48.000           | 8          | R\$ 5.074             |
| Modelo Teto-Piso    | 24.000           | 1          | R\$ 2.972,00          |
| Modelo Teto-Piso    | 30.000           | 1          | R\$ 3.715,00          |
| Modelo High-Wall    | 18.000           | 2          | R\$ 1.896,00          |
| Modelo Cassete      | 60.000           | 4          | R\$ 6.745,00          |
| Modelo Cassete      | 48.000           | 4          | R\$ 6.073,00          |
| Total do Custo      |                  |            | R\$ 102.343,00        |

A Tabela 9 apresenta os valores calculados de acordo com as equações do item 2.2, considerando o consumo de energia anual, baseado no funcionamento dos equipamentos durante 8 horas por dia e 365 dias por ano, e um custo de energia de R\$ 0,50 kW/h.



Tabela 7 - Consumo de energia dos equipamentos VRF

| Equipamentos              | Potência (Btu/h) | Quantidade | Consumo de Energia (kW) |
|---------------------------|------------------|------------|-------------------------|
| Modelo Teto-Piso          | 48.000           | 8          | 0,11                    |
| Modelo Teto-Piso          | 24.000           | 1          | 0,05                    |
| Modelo Teto-Piso          | 30.000           | 1          | 0,05                    |
| Modelo High-Wall          | 18.000           | 2          | 0,112                   |
| Modelo Cassete            | 56.000           | 4          | 0,11                    |
| Modelo Cassete            | 48.000           | 4          | 0,037                   |
| Unidade Condensadora      | 249.600          | 3          | 21,11                   |
| Total do Consumo por Hora |                  |            | 65,27                   |

Tabela 8 - Consumo de energia dos equipamentos split system

| Equipamentos              | Potência (Btu/h) | Quantidade | Consumo de Energia (kW) |
|---------------------------|------------------|------------|-------------------------|
| Modelo Teto-Piso          | 48.000           | 8          | 4,82                    |
| Modelo Teto-Piso          | 24.000           | 1          | 2,49                    |
| Modelo Teto-Piso          | 30.000           | 1          | 3,28                    |
| Modelo High-Wall          | 18.000           | 2          | 1,89                    |
| Modelo Cassete            | 60.000           | 4          | 5,44                    |
| Modelo Cassete            | 48.000           | 4          | 4,82                    |
| Total do Consumo por Hora |                  |            | 89,15                   |

Tabela 9 - Cálculo de investimento inicial e Receitas de investimento

| Investimento Inicial | Custo de Operação Sistema Split System | Custo de Operação do Sistema VRF | Custo de Energia Evitada |
|----------------------|--|----------------------------------|--------------------------|
| R\$ 177.542,00       | R\$ 130.159,00                         | R\$ 95.297,12                    | R\$34.861,88             |

O sistema de climatização por Fluxo de Refrigerante Variável, (VRF) possui custo de operação mais baixo, cerca de 37% menor, quando comparado com o sistema split system. Porém, quanto ao custo de aquisição e instalação, os equipamentos split system são mais econômicos.

O Payback, tempo no qual o investimento inicial,  $I_i$ , é equivalente ao número de receitas anuais,  $R_r$ , determinado pela Eq. 11, foi de aproximadamente 5 anos, podendo ser observado na Figura 1.

Outro fator importante a ser observado para os equipamentos de ar condicionado é a sua vida útil, intervalo de tempo em que, sob determinadas condições, os equipamentos ou bens são considerados irreparáveis no contexto operacional, técnico ou econômico.

De acordo com a Instrução Normativa SRF nº 162, de 31 de dezembro de 1998, anexo I, bens relacionados na Nomenclatura Comum do MERCOSUL – NCM, a vida útil para máquinas e aparelhos de ar condicionado, contendo um ventilador motorizado e dispositivos próprios para modificar a temperatura e a umidade, incluídos as máquinas e aparelhos em que a umidade não seja regulável separadamente, é de 10 anos, (RECEITA FEDERAL, 1998).

## 5. CONCLUSÕES

Em uma análise comparativa técnica e econômica, buscou-se verificar a viabilidade de utilização entre equipamentos split system convencionais e equipamentos com fluxo de refrigerante variável, conhecidos como VRF. Utilizando um estudo de caso, verificou-se que, em relação ao custo de aquisição e instalação, os equipamentos split system são mais econômicos, porém, os equipamentos VRF possuem um menor consumo de energia, aproximadamente 37%.

Para recuperar o capital investido, ou seja, o payback, levaria cerca de 5 anos. Para os equipamentos VRF, além de possuir menor consumo energético, possuem uma melhor flexibilidade de

instalação, melhor distribuição do conforto térmico, menores níveis de ruído, e principalmente menor interferência com outras áreas.

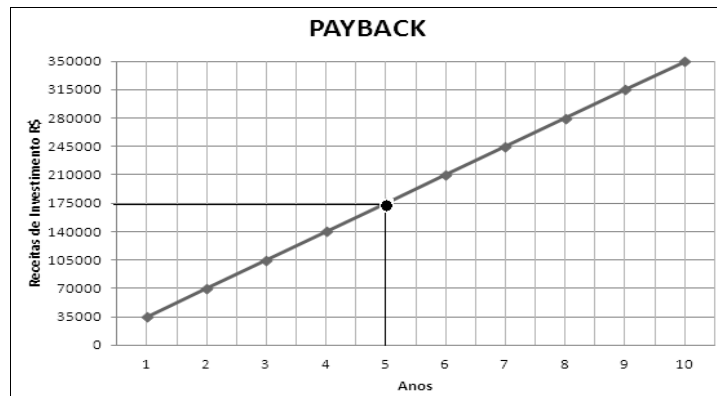


Figura 1: Gráfico do Payback

De acordo a Instrução Normativa SRF nº 162, de 31 de dezembro de 1998, a vida útil para esses equipamentos é de 10 anos. Desse modo, podemos concluir que a utilização de equipamentos com sistema com fluxo de refrigerante variável (VRF) já se mostra viável para a climatização de áreas comerciais, como a apresentada no estudo de caso, quando comparado com equipamentos split system convencionais, pois o retorno do seu investimento é de 5 anos, metade da vida útil esperada para esses equipamentos. Apesar dos equipamentos VRF possuírem um custo maior de aquisição e instalação, proporcionam menor custo operacional e pouca interferência com outras áreas, além de melhor distribuição do conforto térmico, viabilizando a sua escolha.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401: Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto - Parâmetros Básicos de Projetos**. Rio de Janeiro, 2008.
- AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RE 176** – Padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Rio de Janeiro, 2000.
- ASHRAE. **ASHRAE Application Handbook-HVAC**. EUA, 2000.
- CREDER, H. **Instalações de Ar Condicionado**. 6 ed, João Pessoa: Editora LTC, 2004.
- CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. **Manual de Aire Acondicionado**. 5 ed. México: Carrier, 1980.
- REBELATTO, D. A. do N. **Projeto de Investimento: com estudo de caso completo na área de serviços**. Ed. Manoli, 2004.
- Receita Federal do Brasil. **Instrução Normativa SRF nº 162**. Brasil, 1998.
- SILVA, José C. **Refrigeração Industrial e Climatização Industrial**, 1 ed., Editora Hermus, 2004.
- TORREIRA, R. P. **Elementos Básicos de Ar Condicionado**. 1 ed., Editora RPA Editorial, 2005.
- TOSHIBA; CARRIER. Catálogo técnico de Instalação. 2011