

A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: BENEFÍCIOS DO USO DE RECUPERADORES DE CALOR EM AGÊNCIA BANCÁRIA DE CURITIBA-PR – SEGMENTO ATENDIMENTO EXCLUSIVO

Esp. Jeová Alves Diniz Junior – jeovaalves@hotmail.com.

Faculdade Profissional – FAPRO.

Me. Alexandre Fernandes Santos (Apresentador) - projetos.etp@gmail.com.

Mestre em Engenharia LACTEC-UFPR; Professor Fapro (Faculdade Profissional); Doutorando UBI (Universidade Beira Interior-Portugal).

Esp. Heraldo José Lopes de Souza – heraldosouza1@gmail.com

Faculdade Profissional – FAPRO.

A1 Aplicações para Conforto

Resumo: Este documento simulou duas situações para uma agência bancária pertencente ao segmento de atendimento a clientes exclusivos, localizada na cidade de Curitiba- PR. Inicialmente a agência apresenta-se de acordo com o projeto de climatização original, utilizando doze evaporadoras de ar condicionado VRF, duas condensadoras VRF, um conjunto Split High-Wall convencional e seis ventiladores de Injeção de ar externo com vazão total de 1.750 m³/h e posteriormente, a segunda situação foi alterada a configuração do parque de equipamentos, substituindo as duas unidades condensadoras VRF por outras de menor capacidade térmica, em virtude da substituição dos seis ventiladores por dois recuperadores de calor com vazão conjunta de 2.000 m³/h, demonstrando assim que a segunda situação é possível reduzir os custos, com o investimento na aquisição dos equipamentos de ar condicionado, com gastos de energia elétrica e por fim proporcionando um excelente conforto térmico para clientes e funcionários da agência bancária.

Palavras-chave: Conforto térmico, Ar condicionado, Ventilação.

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico em ambientes internos e sua importância estão estabelecidos por intermédio de parâmetros físicos, de acordo com a NBR-16401 e conforme a recomendação da ANVISA na Resolução-RE nº 09, 16 de janeiro de 2003, visando assim à obtenção de qualidade aceitável de ar interior em sistemas de ar condicionado para conforto, definindo vazões de ar exterior para ventilação, níveis de filtragem do ar, requisitos técnicos dos sistemas e componentes relativos à qualidade do ar e requisitos de manutenção relativos à qualidade do ar.

Um dos grandes consumidores de energia são os sistemas de climatização. Por exemplo, sabe-se que em um mercado, o consumo do sistema de ar condicionado pode chegar a 40% do total consumido em energia elétrica (Branco, 2010), e em um edifício comercial, pode-se chegar a 50% (Cushman, 2010). Atualmente novas tecnologias e pesquisas estão sendo exploradas com o propósito de melhorias da eficiência energética dos sistemas de climatização, com foco no desenvolvimento de equipamentos de alto desempenho, reduções dos gastos com energia elétrica e melhoria no conforto térmico interno. Os grandes fabricantes de equipamentos de ar condicionado possuem reconhecimento no mercado por sua estabilidade, confiabilidade e economia, devido a eficiência dos novos compressores.

Sabe-se que ao conseguir diminuir significativamente o impacto do valor da temperatura do ambiente a ser refrigerado ou a temperatura do ar externo (bulbo seco), durante o percurso de ar nos dutos de ventilação até a troca térmica nos evaporadores, o sistema de climatização estará trabalhando de forma mais eficiente e menos oneroso. Este artigo teve a intenção de simular teoricamente a redução do valor da temperatura dentro dos evaporadores, por intermédio do uso de recuperadores de calor entálpicos, reduzindo assim os efeitos da carga térmica referente a renovação do ar externo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme a resolução 09 da vigilância sanitária estabelece-se que nas condições internas de verão, a faixa recomendável de operação das temperaturas de bulbo seco deve variar entre 23°C a 26°C e nas condições de inverno, a faixa recomendável de operação das temperaturas de bulbo seco deve variar entre 20°C a 22° C. Para as umidades relativas nas condições de verão, a faixa recomendável deve operar entre 40% a 65% e nas condições de inverno, a faixa recomendável deve operar entre 35% a 65%. Para o valor máximo recomendável de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, na região de influência da distribuição do ar é de menos 0,25 m/s. A taxa de renovação do ar adequada será no mínimo, de 27 m³/hora/pessoa. Para concentração CO₂, a faixa recomendável é menor que 1000 ppm de dióxido de carbono, como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar. Para aerodispersóides, a faixa recomendável é menor que 80 µg/m³ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado.

A norma NBR 16401- 3 2008 estabelece para uma agência bancária (nível três) 5,7 L/s por pessoa ($5,7 \times 3,6 = 20,52 \text{ m}^3/\text{h}$ pessoa) de vazão eficaz mínima de ar externo para ventilação. Em nosso estudo foi utilizado a taxa de renovação do ar externo descrito na resolução nº 09 da ANVISA de $7,5 \times 3,6 = 27\text{m}^3/\text{h}$ por pessoa.

Respeitando os parâmetros citados acima, utilizou-se um software de mercado para o cálculo da carga térmica desta agência bancária. Em primeiro momento foi considerado a situação de projeto, onde o ambiente da agência bancária é climatizado na maioria por sistemas de ar condicionado VRF, com auxílio de ventiladores de injeção de ar externo dutados e na sequência foi simulado em substituição aos ventiladores, os recuperadores de calor de injeção de ar externo e exaustão do ar interno, o qual reduziu a carga térmica referente a renovação do ar externo. Estas situações foram descritas neste estudo, nas condições nº 01 e nº 02, que foram comparadas em relação ao investimento de equipamentos de ar condicionado, custo com gasto em energia elétrica e o conforto ambiental.

2.1 CÁLCULOS DAS CARGAS TÉRMICAS

Primeiramente segue abaixo, o projeto atual desenvolvido (Figura 01) para o sistema de climatização, para os pavimentos da agência bancária, em Curitiba - PR.

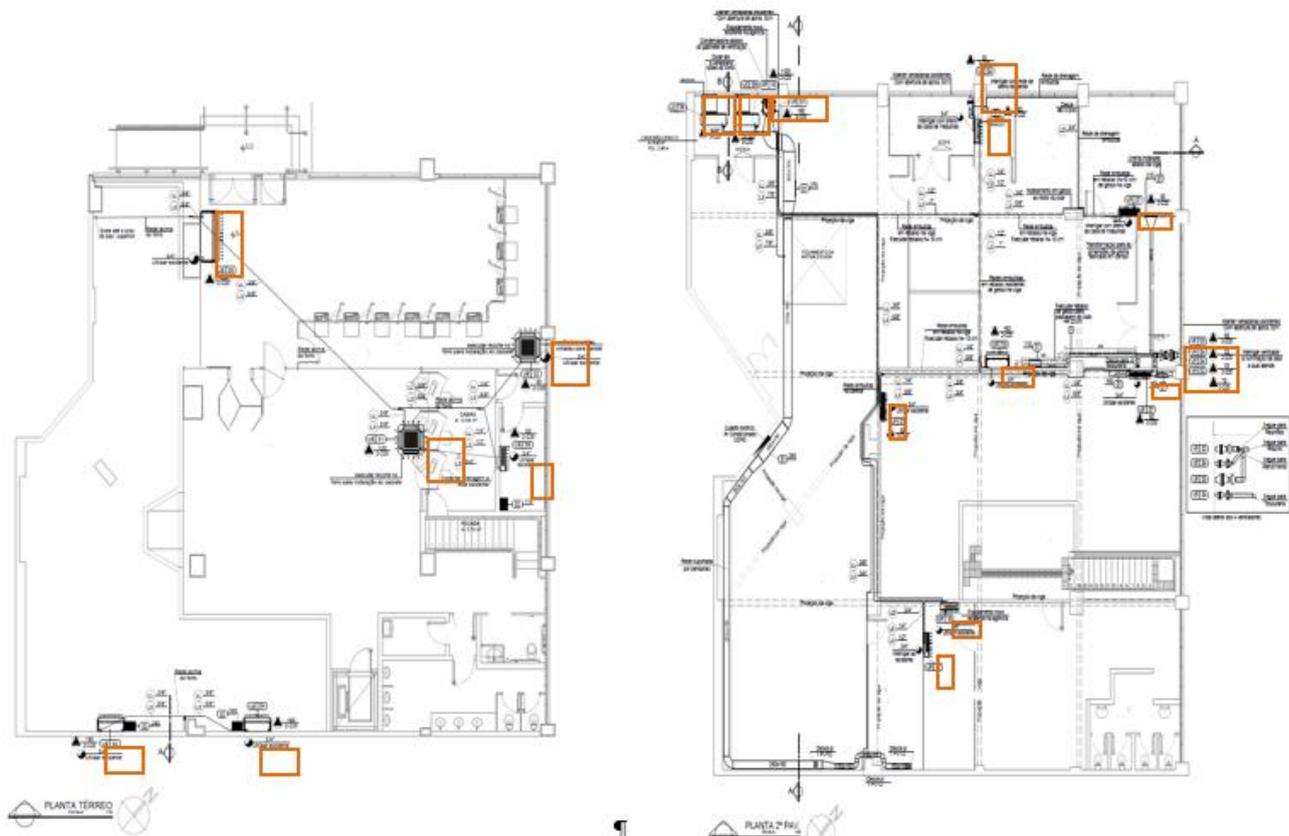


Figura 1 - Planta térrea e 1º piso da agência bancária em Curitiba-PR

Os cálculos da carga térmica foram realizados pelo Engenheiro Mecânico: Luiz Carlos Freire Arraes – CREA-SC: 023.506-6, Através do Software: **PRO-AR CONDICIONADO – 9 VERSÃO**.

Seguem abaixo as referências relevantes utilizadas nos pavimentos, para o cálculo da carga térmica da agência bancária.

Tabela 01. Cálculos de carga térmica

Projeto Banco – Térreo	Projeto Banco – 1º Pavimento
Latitude: 25° Sul. Direção Norte: 47.3° (Direção relativa ao desenho)	Latitude: 25° Sul. Direção Norte: 58.2° (Direção relativa ao desenho)
Área: 280.12 (m ²)	Área: 183.75 (m ²)
Temperatura: 24 (°C)	Temperatura: 24 (°C)
Entalpia: 12 (kcal/kg)	Entalpia: 12 (kcal/kg)
TBS externa (15h00min): 30.9 (°C)	TBS externa (15h00min): 32 (°C)
Entalpia externa (15h00min): 17 (kcal/kg)	Entalpia externa (15h00min): 17 (kcal/kg)
Umidade Relativa: 50 (%)	Umidade Relativa: 50 (%)
Volume Específico do Ar: 0.9 (m ³ /kg)	Volume Específico do Ar: 0.9 (m ³ /kg)
TBS Insuflamento: 12 (°C)	TBS Insuflamento: 12 (°C)
Taxa média por pessoa: 27 (m ³ /h)/pessoa	Taxa média por pessoa: 27 (m ³ /h)/pessoa
Variação Temp. (24h): 8 (°C)	Variação Temp. (24h): 8 (°C)
Variação Temp. interna/externa: 6 (°C)	Variação Temp. interna/externa: 6 (°C)

Após executar o software da carga térmica, seguem abaixo os valores encontrados para a carga térmica (Tabelas 02 e 03) com pico da carga térmica na agência bancária

Tabela 02 – Valores obtidos da carga térmica na agência bancária – Térreo

AMBIENTE	Carga Térmica				Vazão de Ar					ÁREA (m ²)	Nº Pessoas
	Total (Btu/h)	Sensível (Btu/h)	Fator Carg.S	m ² por (Btu/h)	Insuf (m ³ /h)	Ext. (m ³ /h)	TBS ins (°C)	Trocas por h	Trocas/h Ar. Ext		
Abastecimento	15.805	15.805	1,00	0,00131	1.244	0	12	25,10	0,00	20,66	0
Autoatendimento	43.419	26.857	0,62	0,00114	1.597	900	12	13,45	7,58	49,50	20
Plataforma/Caixa/Público	78.552	63.177	0,80	0,00261	4.652	561	12	9,47	1,14	204,69	33
Salão de autoatendimento	4.349	3.747	0,86	0,00121	282	27	12	22,37	2,13	5,27	1
TOTAL	14.2126	109.587	0,77	0,00197	7.777	1.488				280,12	54

Tabela 03 - Valores obtidos da carga térmica na agência bancária - 1º Pavimento

AMBIENTE	Carga Térmica				Vazão de Ar					ÁREA (m ²)	Nº Pessoas
	Total (Btu/h)	Sensível (Btu/h)	Fator Carg.S	m ² por (Btu/h)	Insuf (m ³ /h)	Ext. (m ³ /h)	TBS ins (°C)	Trocas por h	Trocas/h Ar. Ext		
Arquivo/Suporte/Circulação	18.936	16.681	0,88	0,00343	1.241	108	12	8,11	0,71	64,91	4
Sala online	6.734	7015	1,04	0,00175	552	0	12	19,87	0,00	11,78	0
Sala de Reunião	15.268	10.757	0,70	0,00107	703	216	12	18,31	5,63	16,27	8
Telefonista	4.072	3.047	0,75	0,00110	204	54	12	19,25	5,10	4,49	2
Atendimento/Hall Público	33.354	26.847	0,80	0,00259	1.898	323	12	9,32	1,59	86,30	19
TOTAL	78.366	64.349	0,82	0,00234	4.600	701				183,75	33

Conclui-se que o pico da carga térmica na agência ocorre as 15h00min, logo se chegou aos seguintes valores: 109.258,09 BTU/h (térreo) e 59.795,98 BTU/h (1º pavimento); $Q_{Total} = 169.054,07$ BTU/h (**14,09 TR**).

Para o cálculo da **parcela referente carga térmica do ar externo** relativo a carga térmica total de **14,09 TR** foi escolhido inicialmente dois parâmetros. Neste caso, as temperaturas de bulbo seco e as entalpias do ar externo, conforme a NBR 16.401-1 2008 e os dados técnicos das condições internas dos ambientes utilizados como referência no cálculo da carga térmica.

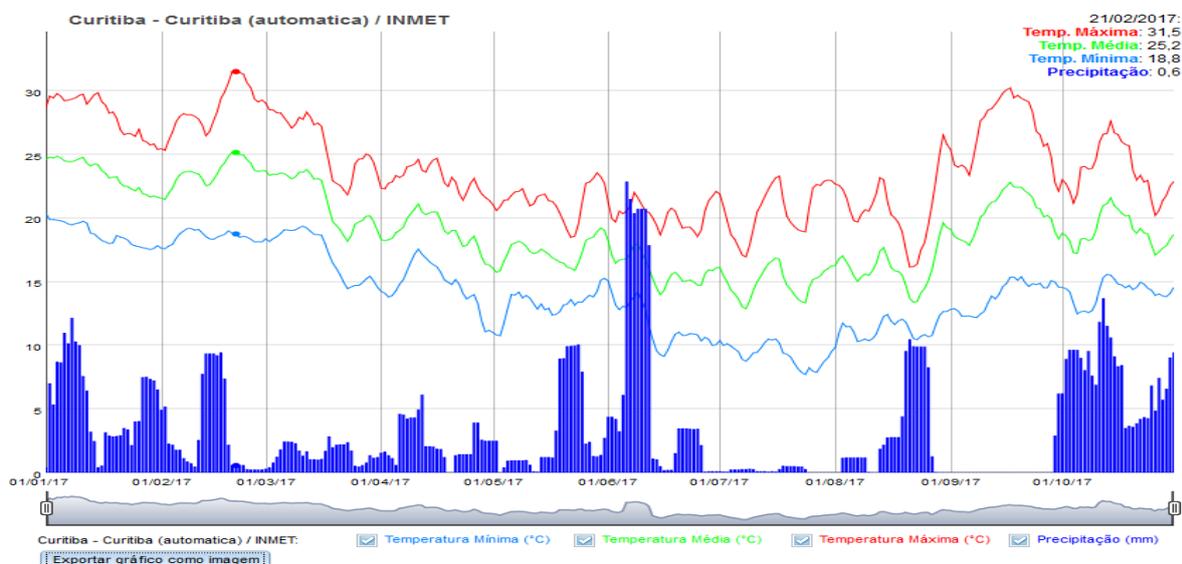


Gráfico 01- Variação TBS Curitiba-PR. Período janeiro a outubro de 2017 (Agritempo, 2017).

Ponto 01 - Dados Ar Externo

TBS externa: 32°C (TBS externa crítica, Curitiba-PR= 30,9°C);

Entalpia externa = 17 kcal/kg;

Ponto 02 – Dados Ar interno

TBS ambiente: 24°C;

Entalpia ambiente: 13 kcal/kg;

Posteriormente utilizou-se um aplicativo e assim determinou-se a parcela referente carga térmica do ar externo (AE), ligando o ponto 01 ao 02, conforme figura abaixo, gerando 9.736 kW (4.195 kW- calor sensível e 5.541 kW- calor latente). Transformando, **9.736 kW x 0.28434517** (conversão), então **AE= 2,77 TR**.

2.2 ANÁLISE DA SITUAÇÃO: CONDIÇÃO Nº 01

A primeira condição de análise refere-se a seguinte configuração do sistema de climatização abaixo.

Tabela 04. Cadastro de equipamento.

Quantidade	Equipamentos de climatização	Capacidade (kW)
01	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> - VRF	2,8
01	Unidade evaporadora Cassete - VRF	5,6
01	Unidade evaporadora Cassete - VRF	7,0
02	Unidade evaporadora Piso Teto - VRF	16,80
01	Unidade evaporadora Piso Teto - VRF	14,00

O valor de investimento para aquisição e instalação dos equipamentos de climatização acima é aproximadamente R\$ 39.000,00. Equipamentos do térreo, consomem em média 0,45 kW.

Tabela 05. Cadastro de equipamento.

Quantidade	Equipamentos de climatização	Capacidade (kW)
01	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> - VRF	2,8
01	Conjunto Split <i>High Wall</i> convencional	3,5
01	Unidade evaporadora Piso Teto - VRF	5,6
04	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> -VRF	16,80
01	Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 10 HP	28,00
01	Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 12 HP	33,50

Tabela 06. Cadastro de equipamento

Quantidade	Ventiladores de injeção de ar externo	Vazão de ar (m³/h)
01	Ventilador	1100
01	Ventilador	215
01	Ventilador	325
03	Ventiladores	110

O valor de investimento para aquisição e instalação dos equipamentos de climatização acima é aproximadamente R\$ 92.000,00.

Equipamentos do primeiro pavimento, consomem em média 23,55 kW.

Então para condição do pico da carga térmica, tem:

- Capacidade frigorífica (Q_{Total}) = 14,09 TR, logo: $Q_{interna} + A.E = 11,32 + 2,77 = 14,09$ TR;
- Capacidade térmica dos compressores do sistema: 61,50 kW (17,50 TR);
- Consumo de energia: 24 kW;
- Valor médio investimento em equipamentos: R\$ 131.000,00;
- Gasto mensal com energia elétrica:

Tabela 07. Gasto mensal com energia elétrica condição nº 01

Período 2017	Potência (kW)	Fator Utilizado	Horas/dia	Dias médio/mês	Tarifa de cobrança 1 kW/h (subgrupo B3)	Valor mensal médio em R\$
Janeiro a outubro	24	0,7	10	20	0,69	2.318,40

2.3 ANÁLISE DA SITUAÇÃO: CONDIÇÃO Nº 02

A Segunda condição de análise refere-se a seguinte configuração alterada do sistema de climatização abaixo.

No térreo: Mesma configuração descrita na condição nº 01, no primeiro pavimento:

Tabela 08. Cadastro de equipamento.

Quantidade	Equipamentos de climatização	Capacidade (kW)
01	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> - VRF	2,8
01	Conjunto Split <i>High Wall</i> convencional	3,5
01	Unidade evaporadora Piso Teto - VRF	5,6
04	Unidade evaporadora <i>High Wall</i> - VRF	16,80
01	Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 8 HP (em substituição a Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 10 HP)	22,40
01	Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 10 HP (em substituição a Unidade condensadora <i>Front Flow</i> - VRF 12 HP)	28

Tabela 09. Cadastro de equipamento.

Quantidade	Recuperadores de calor	Vazão de ar (m³/h)
02	Recuperadores de calor entálpicos (em substituição aos ventiladores de injeção de ar externo)	2200

O valor de investimento para aquisição e instalação dos equipamentos de climatização acima é aproximadamente R\$ 100.000,00.

Equipamentos do primeiro pavimento, consumindo 15,86 kW.

Com a utilização dos dois recuperadores de calor em nossa condição nº 02, onde o processo de operação deste dispositivo utiliza-se por intermédio da diferença de energia entre a massa de ar que entra vinda do exterior e a massa de ar interna que será exaurida, a fim de manter o equilíbrio da pressão interna, possibilitou a substituição duas unidades condensadoras descritas na condição nº 01, por outras duas de menor capacidade térmica. Premissas de Cálculo Carga Térmica

- Condições Externas:

Temperatura de Bulbo Seco = 32,0°C
 Temperatura de Bulbo Úmido = 22,1°C
 Entalpia = 17 kcal/kg

- Condições Internas

Temperatura de Bulbo Seco = 24,0°C
 Temperatura de Bulbo Úmido = 16,8°C
 Entalpia = 12 kcal/kg

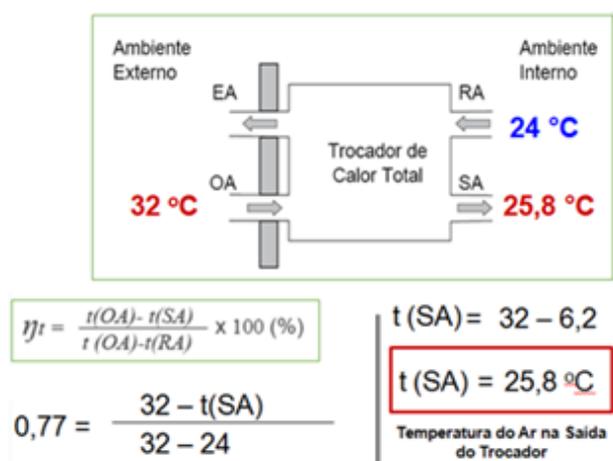


Figura 02- Cálculo da T (°C) na saída do trocador

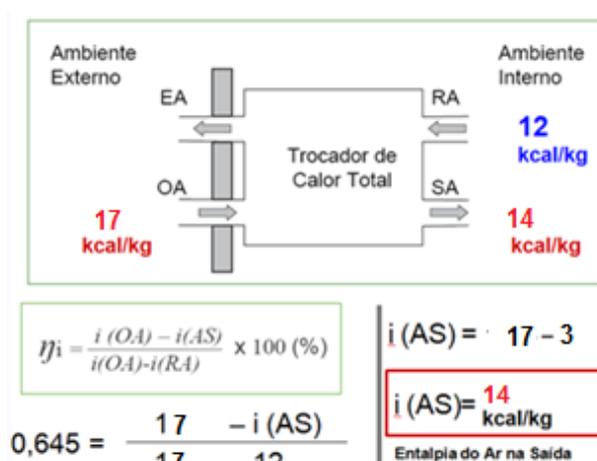


Figura 03 - Cálculo da entalpia na saída do trocador

Assim os recuperadores de calor terão variação na sua capacidade de retirar calor do ar, conforme as condições de temperatura e umidade do projeto da agência.

Utilizando a vazão ar externo descrito no projeto em 1.750 m³/h, calculou-se essa variação para os dois equipamentos:

$$Q_{T_v} = \text{Vazão ar} \times 1,18 \times (i_{OAE} - i_{OAS})$$

$$Q_{T_v} = 1750 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,18 \times (17 - 14)$$

$$Q_{T_v} = 6.195 \text{ kcal/h (0,51 TR)}$$

Em seguida, calculou-se a quantidade de calor retirado pelos recuperadores de calor, sabendo-se que a parcela referente carga térmica do ar externo (AE) é de **2,77 TR**, então:

$$Q_T \text{ retirado} = 2,77 - 0,51 = 2,26 \text{ TR (aproveitamento dos recuperadores)}$$

$$\text{Ar Externo condição n}^\circ 02 \text{ (AE2)} = 2,77 \text{ TR} - 2,26 \text{ TR} = 0,51 \text{ TR}$$

Então para condição do pico da carga térmica na condição n° 02, se tem:

- Capacidade frigorífica (Q_{Total}) = 14,09 - 2,26 = 11,83 TR., logo: $Q_{\text{interna}} + \text{AE2} = 11,32 \text{ TR} + 0,51 \text{ TR} = 11,83 \text{ TR}$.
- Capacidade térmica dos compressores do sistema: 50,40 kW (14,34 TR). Compressores com melhor COP em relação a situação n° 01;
- Consumo de energia: 16,31 kW;
- Valor investimento em equipamentos: R\$ 139.000,00;
- Gasto mensal com energia elétrica.

Tabela 10. Gasto mensal com energia elétrica condição n° 02

Período 2017	Potência (kw)	Fator Utilizado	Horas/dia	Dias médio/mês	Tarifa de cobrança 1 kW/h (subgrupo B3)	Valor mensal médio em R\$
Janeiro a outubro	16,31	0,7	10	20	0,69	1.575,55

3 COMPARATIVO DOS SISTEMAS NA PIOR CONDIÇÃO EXTERNA

Para as seguintes condições psicrométricas abaixo, as mesmas referem-se a pior condição de operação em relação aos dados do ar externo:

- Ar Retorno - TBS= 24 °C; TBU= 16,8 °C.
- Ar Externo - TBS= 32 °C; TBU= 22,1 °C. No projeto utilizou-se fator de segurança, quando usou-se TBS= 32 °C, ao invés de TBS= 30,9 °C, (conforme tabela de dados NBR 16401-1 2008).

Tabela 11 - Tabela dados climáticos da cidade de Curitiba-PR

PR	Curitiba		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			25,52S	49,17W	908m	90,88	82/01		27,4	32,9	1,0	-1,4	2,0	
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Jan	0,4%	TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jul	TBS	TPO	w	TBSc	
	1%	30,9	20,2	23,2	26,8	22,2	18,9	24,3		99,6%	2,4	-1,2	3,8	6,7
ΔT_{md}	9,5	2%	29,8	20,2	22,6	26,2	21,7	18,3	23,9	99%	4,8	1,7	4,8	9,3
			28,7	20,2	22,0	25,6	21,1	17,6	23,2					

Segue abaixo (Tabela 12) com o comparativo entre os dois sistemas mencionados para a vazão de 1750 m³/h.

Tabela 12 - Tabela comparativa entre as condições

1.750 m³/h

02 Recuperadores

06 ventiladores

Tratamento do ar externo (condições)	(2ª condição)	(1ª condição)
$Q_{interna} (TR)$	11,32	11,32
Carga térmica parcela ar externo (TR)	2,77	2,77
Calor retirado com tratamento do ar externo (TR)	2,26	0,00
Variação do calor a ser retirado com tratamento do ar externo (TR)	0,51	2,77
$Q_{Total} (TR)$	14,09	14,09
Consumo de energia equipamentos ar condicionado (kW)	15,41	23,62
Consumo de energia dos equipamentos para tratamento do ar externo (kW)	0,90	0,38
Total de consumo (kW)	16,31	24,00
Operação (h/ano)	1.680	1.680
Potência consumida (kW)	27.405,84	40.314,96
Custo operacional anual (tarifa Copel B3 0,69 R\$/kW)	18.910,03	27.817,32
Custo operacional médio/mês (R\$)	1.575,55	2.318,40

Tarifa Convencional COPEL Curitiba-Paraná- sub grupo B3n valor R\$ 0,44056 (resolução ANEEL) e R\$ 0,69118 (com imposto)

4 RESULTADOS OBTIDOS

Para o sistema de climatização descrito na condição nº 01 obteve-se um custo médio de implementação de R\$ 132.872,40, enquanto na condição nº 02 com uso de recuperadores em relação aos ventiladores obteve-se um custo de R\$ 140.575,55.

Apresentando uma diferença de R\$ 7.703,15 entre as duas condições (Tabela 15). Essa diferença torna-se viável, quando observamos adiante o *payback*.

Tabela 13 - Tabela investimento comparativo entre situações

Custo (R\$)	Condição nº 01	Condição nº 02
Fornecimento e instalação dos equipamentos ar condicionado	R\$ 128.000,00	R\$ 124.000,00
Fornecimento e instalação dos equipamentos para tratamento do ar externo	R\$ 2.554,00	R\$ 15.000,00
Gasto médio mensal com energia elétrica	R\$ 2.318,40	R\$ 1.575,55
Total	R\$ 132.872,40	R\$ 140.575,55

Analisando a tabela do fluxo de caixa- *Payback* (Tabela 14) referente a diferença existente entre o custo anual entre as duas condições verificou-se que ao final do décimo mês, o sistema com uso de recuperadores estará pago e a agência bancária ficará a partir de então, só com economia.

Tabela 14 - Tabela fluxo de caixa *Payback*.

P A Y B A C K	Meses (fluxo de caixa)	Diferença do valor para retorno do investimento (RS)	Gasto médio mensal (energia elétrica condição nº 01)	Gasto médio mensal (energia elétrica condição nº 02)	Diferença mensal do gasto com energia elétrica
	1 MÊS	RS 6.960,30	2.318,40	1.575,55	742,85
2 MÊS	RS 6.217,45	2.318,40	1.575,55	742,85	
3 MÊS	RS 5.474,60	2.318,40	1.575,55	742,85	
4 MÊS	RS 4.731,75	2.318,40	1.575,55	742,85	
5 MÊS	RS 3.988,90	2.318,40	1.575,55	742,85	
6 MÊS	RS 3.246,05	2.318,40	1.575,55	742,85	
7 MÊS	RS 2.503,20	2.318,40	1.575,55	742,85	
8 MÊS	RS 1.760,35	2.318,40	1.575,55	742,85	
9 MÊS	RS 1.017,50	2.318,40	1.575,55	742,85	
10 MÊS	RS 274,65	2.318,40	1.575,55	742,85	
11 MÊS	-RS 468,20	2.318,40	1.575,55	742,85	

Com relação ao custo verificou-se que o sistema de ar condicionado utilizando os dois recuperadores de calor é totalmente viável, pois apresenta-se um *payback* curto de 10 meses (ao final do mês).

Um outro ponto a ser comparado entre os sistemas, descritos nas duas condições refere-se a renovação do ar dentro do ambiente da agência bancária. Na condição nº 01, os ventiladores utilizados apenas tentam injetar o ar exterior para dentro do ambiente, havendo a necessidade de renovação do ar proporcional ao número de pessoas que entram no local pela porta giratória da agência bancária. As normas atuais, não referenciam valores de renovação por pessoas/hora em m³ para portas giratórias. Na ausência de normativa vigente, resgatou-se a normativa NBR-6401 Dez 1980, onde a mesma menciona o valor de 11 m³/h de ar por pessoa que entra no banco pela porta giratória. Para o valor de injeção dos seis ventiladores em 1.750 m³/h seria necessário um fluxo médio de 159 pessoas por horas. Diante deste cenário, entendemos que o fluxo de pessoas será em média, bem abaixo do valor necessário a renovação do ar. Com a não renovação eficiente do ar no ambiente interno da agência bancária, dessa forma ocorrerá aumento da pressão do ar e do índice de monóxido de carbono; diminuição da umidade relativa do ar, elevando o cansaço e a fadiga aos clientes e funcionários, contribuindo assim negativamente a um conforto ambiental.

Tabela 15 - Tabela infiltração de ar

B) Pelas portas		
Local	m³/h por pessoa	
	Porta giratória (1,80 m)	Porta de vai-e-vem (0,90 m)
Bancos	11	14
Barbearias	7	9
Drogarias e Farmácias	10	12
Escritórios de corretagem	9	9
Escritórios privados	-	4
Escritórios em geral	-	7
Lojas em geral	12	14
Restaurantes	3	4
Lanchonetes	7	9
C) Pelas portas abertas		
Porta até 90 cm	- 1 350m³/h	
Porta de 90 cm até 180 cm	- 2 000 m³/h	

Na condição nº 02, entende-se que os dois recuperadores de calor propostos, onde cada um deles apresentam dois ventiladores: um injetando e outro realizando a exaustão do ar, ou seja, independentemente da quantidade de fluxo de clientes na agência bancária pela porta giratória, o sistema deverá manter a renovação de ar em torno dos 1.750 m³/h necessários, mantendo assim os índices de monóxido de carbono abaixo em comparação com a condição anterior, balanceando a umidade relativa do ar no interior da agência e, portanto não gerando cansaço e fadiga a clientes e funcionários, contribuindo desta forma para um conforto ambiental adequado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi considerado no estudo os seguintes parâmetros de qualidade do ar interno e dados para o conforto térmico em ambientes, conforme mencionado na RE 09 da ANVISA, NBR16401-1 2008, NBR16401-3 2008 e a antiga NBR6401 1980, no entanto existem outros autores e fontes de referência sobre o determinado assunto.

Nesta análise, utilizou-se para os recuperadores de calor, valores de temperaturas de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e entalpias do ar externo e de retorno, com base condições psicométricas na pior condição do ar externo e dados do Software PRO-AR CONDICIONADO – 9 VERSÃO e o aplicativo da LATS-Psy.

Conforme consulta ao fornecedor do recuperador de calor, os dois equipamentos nas condições analisada em nosso projeto, apresentam um custo de fornecimento e instalação estimado em R\$ 15.000,00, onde esse investimento é recuperado em aproximadamente 10 meses, principalmente através da redução com gasto em energia elétrica anual em média de **32,04 %, com melhor COP das unidades condensadoras (situação nº 02)**.

Sugiro para trabalhos futuros seja realizado um experimento prático para analisar os resultados obtidos dos benefícios com o uso de recuperadores de calor em instituição bancárias, pois neste estudo não levou-se em consideração possíveis problemas referente às instalações, alterações e/ou ajustes nos equipamentos de climatização, dutos de ventilação, tubulações frigoríferas, sistema elétrico da agência, infiltração de ar e problemas estruturais do prédio, dentre outros fatores desconhecidos e possíveis de ocorrer.

Agradecimentos

Em especial a minha família e aos colegas da área da engenharia da instituição financeira pelo fornecimento dos dados técnicos e o projeto do sistema de climatização referente a agência bancária localizada em Curitiba-PR, bem como análise/permissão da diretoria para se utilizar essas informações no estudo. Também agradecer a Escola Técnica Profissional pelo apoio nesta pesquisa, em especial ao Professor Alexandre Fernandes Santos.

4 REFERÊNCIAS

Agritempo, 2018. **Sistema de monitoramento agro meteorológico**. Disponível em: www.agritempo.gov.br. Acessado em 05/03/2018.

ANVISA, 2018. **Resolução - RE nº 9**. Disponível em: www.portal.anvisa.gov.br. Acessado em 23/02/2018.

Belinerluft, 2018. **Dados técnicos caixas de ventilação**. Disponível em: www.berlinerluft.com.br. Acessado em 05/03/2018.

BRANCO, N.N, 2018. **Avaliação de índices de consumo de energia para supermercados. TCC – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Mecânica, São Paulo**. Disponível em: www.sites.poli.usp.br. Acessado em 23/02/2018.

Caramuru, 2018. **NBR 16401-3 2008**. Disponível em: www.caramuru.com.br. Acessado em 05/03/2018.

Casa do ar, 2018. **Dados técnicos linha equipamentos**. Disponível em www.casadoar.com/download/splits/hitachi/VRF.pdf. Acessado em 05/03/2018.

COPEL, 2018. **Tarifa convencional- subgrupo B3**. Disponível em: www.copel.com. Acessado em 05/03/2018.

CUSHMAN & WAKEFIELD, 2018. **O ar condicionado de alto desempenho em edifícios comerciais. II seminário de sustentabilidade e facilites 2010**. Disponível em: www.cbcs.org.br. Acessado em 27/02/2018.

DEMEC, 2018. **NBR 16401-1 2008**. Disponível em: <ftp://demec.ufpr.br>. Acessado em 05/03/2018.

Jci-Hitachi, 2018. **Dados técnicos linha equipamentos VRF- Hitachi**. Disponível em: www.jci-hitachi.com.br. Acessado em 05/03/2018.

Jci-Hitachi, 2018. **Dados técnicos equipamento recuperador de calor –Hitachi**. Disponível em: www.jci-hitachi.com.br. Acessado em 05/03/2018.

Slidershare, 2018. **Dados técnicos equipamento convencional- Carrier**. Disponível em: pt.slideshare.net/agassisrodri-gues/cc-chwch0511view-carrierhiwall. Acessado em 05/03/2018.

Refrigeração, 2018. **NBR 6401/1980**. Disponível em: www.refrigeracao.net. Acessado em 05/03/2018.

OHIO, 2018. **Carta psicométrica- conforto térmico**. Disponível em: www.ohio.edu/mechanical/thermo/. Acessado em 05/03/2018.

**EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY IN THE USE OF UV-C LAMPS
IN SERPENTINES OF COOLING**

Abstract: *This document simulated two situations for a bank branch belonging to the customer service segment, located in the city of Curitiba-PR. Initially the agency presents itself according to the original air conditioning project, using twelve VRF air-conditioning evaporators, two VRF condensers, one conventional High-Wall Split and six External Air Injection fans with a total flow of 1,750 m³ / h and later, the second situation changed the configuration of the equipment, replacing the two VRF condenser units with other ones with lower thermal capacity, due to the replacement of the six fans by two heat recovery units with a combined flow rate of 2,000 m³ / h, thus demonstrating that the second situation is possible to reduce costs, with the investment in the acquisition of air conditioning equipment, with electric energy costs and finally providing excellent thermal comfort for clients and employees of the bank branch.*

Keywords: *Thermal comfort, Air conditioning, Ventilation.*