

EFICIÊNCIA E PERFORMANCE ENTRE RACK PARALELO DE BAIXA TEMPERATURA E UNIDADES LOW CONDENSING

Data de submissão: 15/03/2024

Data de aceite: 01/04/2024

Carlos Roberto Inácio

Faculdade FAPRO
Bauru - SP

Leandro Dornelas Moura

Faculdade FAPRO
Curitiba - PR

Alexandre Fernandes Santos

Faculdade FAPRO
Curitiba - PR
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5698157457832235>
Orcid:: <http://orcid.org/0000-0001-5306-6968>

Eliandro Barbosa de Aguiar

Faculdade FAPRO
Curitiba - PR
<http://lattes.cnpq.br/5494485871678358>
<http://orcid.org/0000-0001-9994-7736>

RESUMO: O presente projeto visou estudar diferentes sistemas de refrigeração no setor de congelados de um supermercado, o qual contém 3 câmaras frigoríficas, tendo como objetivo comparar três sistemas de refrigeração, buscando verificar qual dos sistemas é mais eficiente no consumo de energia e conservação dos alimentos. O

primeiro sistema estudado, funciona com o sistema *de low condensing*, com uma unidade condensadora para cada câmara frigorífica sendo condensado pelo glicol, totalizando 3 (três) equipamentos responsáveis pelo frio alimentar das mesmas, a segunda opção com o sistema paralelo convencional para baixa temperatura, e por último, o sistema paralelo com tecnologia dos compressores EVI (*Economized vapor Injection*). Os dados foram coletados diariamente por um período de 44 dias, em um supermercado localizado no município de Pirajuí - SP no ano de 2021. A *Racks Plotter* foi a empresa responsável pela instalação e montagens dos equipamentos de frio alimentar, além da geração dos relatórios dos sistemas testados, através de gráficos de temperatura do produto e consumo energético. No sistema *low condensing* a potência calculada (kw) foi 9,54% menor quando comparado ao sistema em paralelo convencional e 5,08% quando comparado ao sistema em paralelo EVI, demonstrando ser este sistema mais eficiente energeticamente utilizando um compressor de menor potência.

PALAVRAS-CHAVE: *Low condensing*, *Racks paralelos*, Refrigeração.

EFFICIENCY AND PERFORMANCE BETWEEN LOW TEMPERATURE PARALLEL RACK AND *LOW CONDENSING* UNITS

ABSTRACT: The present project aimed to study different refrigeration systems in the frozen food sector of a supermarket. The main objective was to compare three refrigeration systems to determine which was more efficient in terms of energy consumption and aliments conservation. Three cold rooms using that work with the low condensing system were compared with The conventional parallel system and The parallel EVI (economized vapor injection) system, each one as a single unit with its own equipment, were compared amongst each other. All data were collected during a 44 days period in a supermarket located in the city of Pirajui, SP, in 2021. Racks Plotter was the company responsible for the instalation and assembly of all the cited equipments, as well as generation of reports for each tested system based on temperature graphics and energy consumption. The low condensing system presented a calculated potency (kW) 9,54% lower than the conventional paralel system, and 5,08% lower than the parallel EVI system. Therefore, the low condensing system proved to be more efficient in energy consumption using a less potent compressor than The othe two studied systems.

KEYWORDS: Low condensing; ParallelrRacks; Refrigerations

INTRODUÇÃO

No último ano o setor supermercadista brasileiro, de acordo com a associação Brasileira de Supermercados (ABRAS), teve um período de crescimento, demonstrando sua importância na economia nacional contribuindo com 7,5% do Produto Interno Bruto Nacional (PIB), conforme dados da 45ª edição do ranking Abras (2021), ainda de acordo com a ABRAS existem 91.351 lojas do setor supermercadista, empregando direta e indiretamente três milhões de pessoas.

No entanto, este mesmo setor sofre com a crise energética atual no país, sendo que o custo com energia nestes estabelecimentos considerado a segunda maior despesa dos supermercados, como cita a reportagem da revista Exame de Luciana Bruno (2015), a qual aborda a busca de projetos com maior eficiência energética para diminuir gastos com energia e com isso ter valores mais competitivos.

A competitividade do mercado influencia na adoção de equipamentos energeticamente mais desenvolvidos com um menor custo de energia e que possam atender ao propósito de conservação adequada dos alimentos. Este custo de energia influencia diretamente no preço final de venda das mercadorias.

Diante deste cenário, a busca por sistemas de refrigeração mais eficientes energeticamente torna-se uma solução para diminuição dos custos com energia e um fator importante para competição de preços aplicados nestas mercadorias.

A combinação de fluidos para aumentar a eficiência do sistema, reduzir o diâmetro das tubulações e diminuir a quantidade de fluidos não ecológicos, também pode ser ferramenta para aumentar a eficiência do sistema de refrigeração (ANA PAULA BASILE PINHEIRO, 2019)

Sistemas de refrigeração como *low condensing* é hoje uma ferramenta que pode ser adotada para diminuir o consumo de energia destes estabelecimentos, além de diminuir a quantidade de fluidos não ecológicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram coletados em um supermercado, localizado no município de Pirajuí – SP (Figura 1) seguindo a norma 16255 para projetos e instalação de sistema frigoríficos em supermercados (ABNT, 2013). Os dados foram obtidos pelo sistema de automação de fabricação **EMERSON DIXELL** por um período de 44 dias (17/10/21 a 30/11/21). A *Racks Plotter* foi a empresa responsável pela instalação e montagens dos equipamentos de frio alimentar e geração dos relatórios dos sistemas testados.

Foram analisados três tipos de sistema para refrigeração das câmaras frigoríficas de congelados, o primeiro que funciona com o sistema de *low condensing*, ou seja, uma unidade para cada câmara frigorífica, totalizando 3 (três) equipamentos responsáveis pelo frio alimentar das mesmas, o segundo com sistema paralelo para baixa temperatura convencional, e terceiro com sistema paralelo para baixa temperatura que trabalham com compressores EVI (*Economized Vapor Injection*).

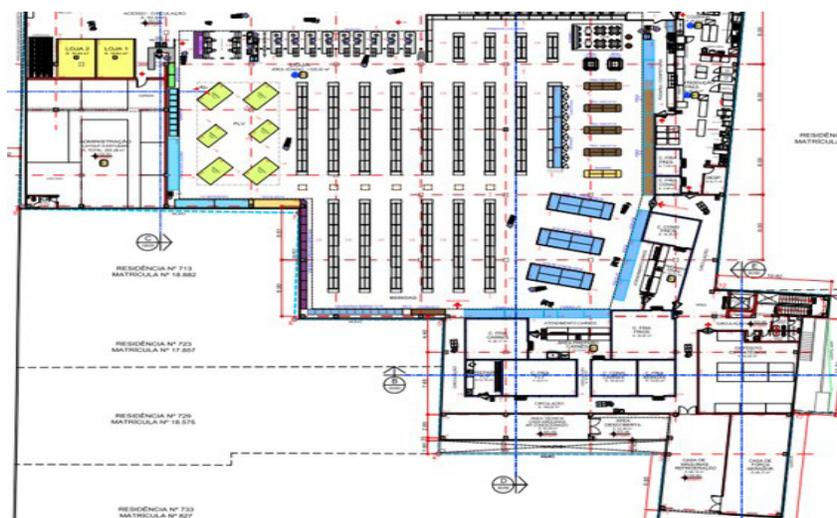


Figura 1 Layout da planta do local onde foram realizados os testes

Automação do sistema

Os Modelos dos controladores responsáveis pelo gerenciamento e monitoramento dos sistemas foram: Sistema *rack* paralelo média temperatura; controlador iprogenius – ipg215rackbr + ipx215d; Sistema *low condensing* para baixa temperatura - controlador xc450cx_3.4 e Sistema de bombeamento do fluido secundário - controlador ipg208bombas.

O quadro de distribuição de linhas para ambientes resfriados glicol com controle de temperatura foi **XR35CX**, e para ambientes congelados com degelo elétrico **XM669K_v5.4**.

Para a medição de energia setorizada foi utilizado medidor **Emerson Energy Meter (EEM)**, com TC's de tensão **0,33V**, divididos conforme os setores: QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão); Ar-condicionado; Padaria; Rack Resfriados; Chiller Bombas; Unidades *low condensing*; Quadro de linhas e Ilhas Plug in (Congelados).

A supervisão e monitoramento remoto, via internet e envio de alarmes por e-mail, foi através do *software* Dixell **XWEB500 EVO** fabricado pela Emerson Electric Co.

Sistema de Média Temperatura (Resfriados)

O sistema de média temperatura *é* do tipo indireto, utilizando o fluido refrigerante R134a como agente primário e solução aquosa de propileno glicol como fluido secundário na proporção de 25% para as Câmaras Frigoríficas, Salas de Preparo, Expositores Refrigerados e Climatização da Casa de Máquinas.

Em função das cargas térmicas de resfriados a instalação de refrigeração foi composta por quatro compressores, semi-herméticos trabalhando no regime de $-8^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}$, montados em paralelo, um deles tem capacidade variável controlada por inversor de frequência, os demais são com partida do tipo *soft starter*, *chiller* de bombas e com condensação a ar. Todos compressores, componentes e equipamentos estão montados em base de estrutura metálica denominada "*rack*", formando uma unidade compacta.

O *Chiller* de Bombas para glicol contém válvulas de expansão eletrônica, dois trocadores de calor a placas independentes para resfriamento do retorno do glicol até a temperatura de saída de -2°C , e um terceiro trocador para resfriamento do glicol de -2°C até -4°C que estão conectados aos expositores de carnes de atendimento, autosserviço e de bebidas. O *chiller* *é* composto por duas bombas, uma reserva e ambas comandadas por inversor de frequência com rodízio automático a cada 48 horas.

Sistema *low condensing* de Baixa Temperatura (Congelados)

O sistema de frio alimentar que atende ao regime de baixa temperatura (congelados) *é* composto por três unidades de equipamentos independentes, com fluido refrigerante R404A, compressores herméticos scroll e inversor de frequência (trabalhando no regime de $-30^{\circ}\text{C}/+5^{\circ}\text{C}$) para atender o sistema de congelados, utilizando o circuito de glicol como agente de condensação (conceito *low condensing*), posicionadas sobre as respectivas câmaras frigoríficas que requerem sua demanda. Os forçadores das câmaras frigoríficas de congelados são compostos por elementos de expansão eletrônico tipo pulso. As ilhas de congelados (fabricante AHT) são do tipo *plug-in*, portanto autônomas em relação ao sistema de refrigeração.

Sistema Paralelo Convencional de Baixa Temperatura (Congelados)

O sistema de frio alimentar do regime de baixa temperatura (congelados), no qual realizou-se o comparativo, adota o conceito de refrigeração do tipo expansão direta, com utilização do fluido R404A. O rack é composto com três compressores *scroll*, trabalhando no regime de $-30^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}$.

Um dos compressores tem capacidade variável controlada por inversor de frequência. Os demais compressores são com partida do tipo *soft starter*. Na mesma estrutura estão os coletores dos circuitos frigoríficos compostos por três circuitos de linhas de líquido e sucção responsáveis pela interligação da casa de máquinas as câmaras frigoríficas de congelados.

Sistema Paralelo com Tecnologia EVI de Baixa Temperatura (Congelados)

Esse sistema é composto por três compressores com tecnologia *scroll* EVI com controle digital, trabalhando no regime de $-30^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}$, controlados com partida do tipo *soft starter*. Na mesma estrutura estão os coletores dos circuitos frigoríficos compostos por três circuitos de linhas de líquido e sucção responsáveis pela interligação da casa de máquinas às câmaras frigoríficas de congelados.

Todos os sistemas são compostos por controles elétricos e eletrônicos de gerenciamento e para a condensação do fluido refrigerante são utilizados condensadores remotos em “V”, no qual o conjunto dos motos ventiladores é controlado por inversor de frequência, utilizando como forma de controle a condensação flutuante.

Características Técnicas da Instalação

As características técnicas da instalação e dados estimados dos sistemas estão nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11 e 12. Os dados estimados de eficiência do sistema propileno glicol e *low condensing* para suprir a demanda energética encontram-se na Tabela 7. A potência estimada para suprir os sistemas de propileno glicol e paralelo de congelados convencional encontram-se na tabela 10 e a potência estimada para suprir os sistemas propileno glicol e paralelo congelados EVI encontra-se na tabela 13.

Condições de Projeto			Temperatura na loja: 24°C Umidade relativa na loja: 60%UR		
Ramal	Linha Elétrica	Gabinete	Modulação	Carga Térmica	Vazão
1 A	1A01	2P - Confeitaria	2,5m	1.875 kcal/h	0,99 m³/h
1 A	1A02	VALP - Laticínios	2,5m + 3,75m + 3,75m	3.930 kcal/h	2,07 m³/h
1 A	1A03	VALP - Laticínios	2,5m + 3,75m + 3,75m	3.930 kcal/h	2,07 m³/h
1 A	1A04	VALP - Frios	3,75m	1.474 kcal/h	0,77 m³/h
1 A	1A05	2P - Pizzas	2,5m + 2,5m	3.750 kcal/h	1,97 m³/h
1 A	1A06	VC2P - Frios	2,5m	1.050 kcal/h	0,55 m³/h
1 A	1A07	VAH - FLV	3,75m + 3,75m	7.733 kcal/h	2,71 m³/h

			Sistemas	Total	Total
			Média A (T. Evap.: - 8°C)	23.742 kcal/h	11,13m³/h
1 B	1B01	VCA2P - Açougue	1,25m + 2,5m + 2,5m	2.813 kcal/h	1,48 m³/h
1 B	1B02	VACP - Açougue	3,75m + 3,75m	3.675 kcal/h	1,93 m³/h
1 B	1B03	VACP - Bebidas	3,75m	1.838 kcal/h	0,97 m³/h
1 B	1B04	VACP - Bebidas	2,5m	1.225 kcal/h	0,64 m³/h
1 B	1B05	VACP - Bebidas	2,5m	1.225 kcal/h	0,64 m³/h
			Sistemas	Total	Total
			Média B (T. Evap.: - 8°C)	10.776kcal/h	5,66m³/h

Tabela 1. Características Técnicas da Instalação Expositores Sistema de média temperatura (Fabricante NSF)

Condições de Projeto			Temperatura na loja: 24°C Umidade relativa na loja: 60%UR		
Ramal	Linha Elétrica	Câmara	Área	Carga Térmica	Vazão
1 A	1A08	C. Carnes, TI=+0°C, PDL=3,0m	28,18m²	7.050 kcal/h	6,44 m³/h
1 A	1A09	P. FLV, TI=+15°C, PDL=3,0m	14,19m²	2.580 kcal/h	0,42 m³/h
1 A	1A10	C. FLV, TI=+8°C, PDL=3,0m	29,67m²	5.760 kcal/h	1,01 m³/h
1 A	1A11	P. Carnes, TI=+12°C, PDL=3,0m	28,50m²	4.935 kcal/h	0,80 m³/h
1 A	1A12	C. Bebidas, TI=+1°C, PDL=3,0m	14,84m²	4.300 kcal/h	3,77 m³/h
1 A	1A13	C. Frios, TI=+2°C, PDL=3,0m	33,64m²	7.110 kcal/h	2,49 m³/h
1 A	1A14	P. Frios, TI=+15°C, PDL=3,0m	21,98m²	3.420 kcal/h	0,55 m³/h
1 A	1A15	C. Padaria, TI=+2°C, PDL=3,0m	7,59m²	2.430 kcal/h	0,85 m³/h
1 A	1A16	Casa de máquinas, TI=+25°C, PDL=4,0m	36,00m²	10.200 kcal/h	1,34 m³/h
		Sistemas		Total	Total
		Média A (T. Evap.: -8°C)		47.785Kcal/h	17,67m³/h

Tabela 2. Características Técnicas da Instalação: Salas de Preparo, Câmaras Frias Resfriados e Casa de Máquinas - Sistema de média temperatura

Condições de Projeto			Temperatura na loja: 24°C Umidade relativa na loja: 60%UR		
Ramal	Linha Elétrica	<i>Low Condensing</i>		Carga Térmica	Vazão
1 A	1A17	Condensação Eco Pack F		7.385 kcal/h	1,94 m³/h
1 A	1A18	Condensação Eco Pack G		6.965 kcal/h	1,83 m³/h
1 A	1A19	Condensação Eco Pack H		6.647 kcal/h	1,75 m³/h
		Sistemas		Total	Total
		Média A (T. Evap.: -8°C)		20.997kcal/h	5,52m³/h

Tabela 3. Características Técnicas da Instalação *low condensing*

Condições de Projeto			Temperatura na loja: 24°C Umidade relativa na loja: 60%UR	
Ramal	Linha Elétrica	Câmara	Área	Carga Térmica
1F	1F01	C. Cong. Carnes, TI=-18°C, PDL=3,0m	18,06 m2	4.550 kcal/h
		Sistema	Baixa F (T. Evap.: -30°C)	4.550kcal/h
1G	1G01	C. Cong. Frios, TI=-18°C, PDL=3,0m	16,45m2	4.250 kcal/h
		Sistema	Baixa G (T. Evap.: -30°C)	4.250kcal/h
1H	1H01	C. Cong. Padaria, TI=-18°C, PDL=3,0m	7,36m2	4.056 kcal/h
		Sistema	Baixa H (T. Evap.: -30°C)	4.056kcal/h

Tabela 4. Características Técnicas da Instalação Câmaras Frias Congelados

Compressores	Semi-hermético	Scroll	Scroll	Scroll
Tensão (V)	380V	380V	380V	380V
Fluido Refrigerante	R134a	R404A	R404A	R404A
Carga Fluido Refrig.	95,30 Kg	2,50 Kg	2,50 Kg	2,50 Kg
Sistema	Paralelo	Low condensing	Low condensing	Low condensing
Regime	Resfriados	Congelados	Congelados	Congelados
Carga Térm. Req. (Kcal/h)	103.300	4.550	4.250	4.056
Condição	-8°C/+45°C	-30°C/+5°C	-30°C/+5°C	-30°C/+5°C
Quantidade	4	1	1	1
Compressor	4DJNR19ME-AWX	ZS21KAE	ZS21KAE	ZS21KAE
Carga Térmica (Kcal/h)	Unitária	30.500	4.930	4.930
	Total	122.000	4.930	4.930
Folga	15,33%	7,71%	13,79%	17,73%
COP Compressor	2,70	2,10	2,10	2,10
Potência (kW)	Unitária	13,55	2,40	2,40
	Total	54,20	2,40	2,40
Corrente (A)	Unitária	28,40	2,80	2,80
	Total	113,60	2,80	2,80
Pressão (Psia)	Baixa	31,47	29,34	29,34
	Alta	168,20	111,79	111,79
RC	5,35	3,81	3,81	3,81
COP Sistema	1,96			

Tabela 5. Características técnicas e dados (estimados) das cargas térmicas dos sistemas propileno glicol e *low condensing* de acordo com o compressor utilizado

Bomba		
Descritivo		Chiller
Regime		Resfriados
Quantidade Glicol		400 litros
Quantidade Água		1200 litros
Quantidade		1
Tensão (V)		380V
Potência (kW)	Unitária	7,40
	Total	7,40
Corrente (A)	Unitária	11,90
	Total	11,90
Condensador Remoto		
Tipo		V
Quantidade		1
Fluido Refrigerante		R134a
Tensão (V)		380V
Condição		-8°C/+45°C
Modelo Condensador		ACV 288
Carga Térmica (Kcal/h)	Unitária	255.705
	Total	288.000
Folga		11,21%
ΔT °C		7
Potência (kW)		8,60
Nível Ruído (dBA)		50
Corrente (A)		17,10
Número de Motores		4
Polos Motores		6
Al./Pol.		12

Tabela 6. Características técnicas e dados (estimados) das cargas térmicas entre os sistemas propileno glicol e *low condensing* com a bomba e condensador remoto utilizados

P. A. T. S. M/B ⁽¹⁾ (kW)	77,40
C. T. S. M/B ⁽²⁾ (A)	151,00
P. T. S. M/B ⁽³⁾ (kVA)	99,39
P. T. S. M/B ⁽⁴⁾ (kW)	91,43

⁽¹⁾ Potência Absorvida Total Sistema de Média e Baixa (kW); ⁽²⁾ Corrente Total Sistema de Média e Baixa (A); ⁽³⁾ Potência Total Sistema de Média e Baixa (kVA); ⁽⁴⁾ Potência Total Sistema de Média e Baixa (kW).

Tabela 7. Dados estimados de eficiência do sistema propileno glicol e *low condensing* para suprir a demanda energética, calculados através de software da empresa fornecedora dos equipamentos

Sistema		Propileno glicol	Paralelo congelados
Tipo		Semi-hermético	Scroll
Tensão (V)		380V	380V
Fluido Refrigerante		R134a	R404A
Carga Fluido Refrig.		95,30 Kg	27,00 Kg
Sistema		Paralelo	Paralelo
Regime		Resfriados	Congelados
Carga Térmica Requerida (Kcal/h)		82.303,00	12.856,00
Condição		-8°C/+45°C	-30°C/+45°C
Quantidade		4	3
Compressor		4DHNR16ME-AWX	ZF25K4E-TF7
Carga Térmica (Kcal/h)	Unitária	25.100	5.230
	Total	100.400	15.690
Folga		18,02%	18,06%
COP Compressor		2,70	1,30
Potência (kW)	Unitária	11,30	5,24
	Total	45,20	15,72
Corrente (A)	Unitária	27,40	9,80
	Total	109,6	29,40
Pressão (Psia)	Baixa	31,47	29,34
	Alta	168,20	296,60
RC		5,35	10,11
COP Sistema		1,82	

Tabela 8. Características técnicas e dados (estimados) das cargas térmicas dos sistemas propileno glicol e paralelo congelados convencional de acordo com o compressor utilizado

Bomba			
Descritivo		Chiller	
Regime		Resfriados	
Quantidade Glicol		400 litros	
Quantidade Água		1200 litros	
Quantidade		1	
Tensão (V)		380V	
Potência (kW)	Unitária	7,40	
Potência (kW)	Total	7,40	
Corrente (A)	Unitária	11,90	
Corrente (A)	Total	11,90	
Condensador remoto			
Sistema		Propileno glicol	Paralelo congelados
Tipo		V	PLANO
Quantidade		1	1
Fluido Refrigerante		R134a	R404A

Tensão (V)		380V	380V
Condição		-8°C/+45°C	-30°C/+45°
Modelo Condensador		ACV 223	ACC047
Carga Térmica (Kcal/h)	Unitária	210.433	37805
	Total	223.350	47200
Folga		5,78%	19,90%
Potência (kW)		6,5	0,80
Nível Ruído (dBA)		49	36
Corrente (A)		12,80	2,30
Número de Motores		3	2
Polos Motores		6	12
AI/Pol.		10	10

Tabela 9. Características técnicas e dados (estimados) das cargas térmicas entre os sistemas propileno glicol e paralelo congelados convencional com a bomba e condensador remoto utilizados

P. A. T. S. M/B ⁽¹⁾ (kW)	75,62
C. T. S. M/B ⁽²⁾ (A)	166,00
P. T. S. M/B ⁽³⁾ (kVA)	109,26
P. T. S. M/B ⁽⁴⁾ (kW)	100,52

⁽¹⁾ Potência Absorvida Total Sistema de Média e Baixa (kW); ⁽²⁾ Corrente Total Sistema de Média e Baixa (A); ⁽³⁾ Potência Total Sistema de Média e Baixa (kVA); ⁽⁴⁾ Potência Total Sistema de Média e Baixa (kW).

Tabela 10. Potência estimada para suprir os sistemas instalados de propileno glicol e paralelo de congelados convencional.

Compressores		Semi-hermético	Scroll EVI
Tensão (V)		380V	380V
Fluido Refrigerante		R134a	R404A
Carga Fluido Refrig.		95,30 Kg	27,00 Kg
Sistema		Paralelo	Paralelo
Regime		Resfriados	Congelados
Carga Térmica Requerida (Kcal/h)		82.303	12.856
Condição		-8°C/+45°C	-30°C/+45°C
Quantidade		4	3
Compressor		4DHNR16ME-AWX	ZF13KVE-TF7
Carga Térmica (Kcal/h)	Unitária	25.100	5.300
	Total	100.400	15.900
Folga		18,02%	19,14%
COP Compressor		2,70	1,60
Potência (kW)	Unitária	11,30	3,81
	Total	45,20	11,43
Corrente (A)	Unitária	27,40	7,20
	Total	109,60	21,60

Pressão (Psia)	Baixa	31,47	29,34
	Alta	168,20	296,60
RC		5,35	10,11
COP Sistema		1,95	

Tabela 11. Características técnicas e dados (estimados) das cargas térmicas dos sistemas propileno glicol e congelados (EVI) de acordo com o compressor utilizado

Bomba			
Descritivo		Chiller	
Regime		Resfriados	
Quantidade Glicol		400 litros	
Quantidade Água		1200 litros	
Quantidade		1	
Tensão (V)		380V	
Potência (kW)	Unitária	7,40	
	Total	7,40	
Corrente (A)	Unitária	11,90	
	Total	11,90	
Condensador remoto			
Tipo		V	Plano
Quantidade		1	1
Fluido Refrigerante		R134a	R404A
Tensão (V)		380	380
Modelo Condensador		ACV 223	ACC 059
Carga Térmica (Kcal/h)	Unitária	210.433	55.216
	Total	223.350	59.200
Folga		5,78%	6,73%
ΔT °C		7	7
Potência (kW)		6,50	0,80
Nível Ruído (dBA)		49	36
Corrente (A)		12,80	2,30
Número de Motores		3	2
Polos Motores		6	12
Al./Pol.		10	12

Tabela 12. Características técnicas e dados (estimados) das cargas térmicas entre os sistemas propileno glicol e Paralelo congelados (EVI) de acordo com a bomba e condensador remoto utilizados

P. A. T. S. M/B ⁽¹⁾ (kW)	71,33
C. T. S. M/B ⁽²⁾ (A)	158,20
P. T. S. M/B ⁽³⁾ (kVA)	104,12
P. T. S. M/B ⁽⁴⁾ (kW)	95,79

⁽¹⁾ Potência Absorvida Total Sistema de Média e Baixa (kW); ⁽²⁾ Corrente Total Sistema de Média e Baixa (A); ⁽³⁾ Potência Total Sistema de Média e Baixa (kVA); ⁽⁴⁾ Potência Total Sistema de Média e Baixa (kW).

Tabela 13. Potência estimada para suprir os sistemas instalados propileno glicol e paralelo de congelados EVI

ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados através dos relatórios gerados pelo *software Product Selection* da Emerson (Versão 1.1.5.4), para os três sistemas instalados. Os resultados apresentados, gerados à campo foram obtidos pelo gerenciador XWEB 500 D EVO *Software* 5.6.0-B16.

Foram calculadas: Potência Absorvida Total Sistema de Média e Baixa (kW); Corrente Total Sistema de Média e Baixa (A); Potência Total Sistema de Média e Baixa (kVA); Potência Total Sistema de Média e Baixa (kW); Corrente Média Nominal Teórica e Corrente Média Registrada; Potência Nominal Teórica e Potência Média Registrada.

Os dados para obtenção da média das correntes e potências estimadas e analisadas foram obtidos através do *Software SAS (Statistical Analysis System)* pelo procedimento PROC GLM.

RESULTADOS OBTIDOS

Verificou-se que de 17/10/2021 até 24/10/2021 a temperatura ambiente interna da câmara de congelados de carnes, frios e padaria atinge o *set point* da temperatura ambiente (temperatura programada a ser atingida de – 18°C) definido em projeto, após esse dia a temperatura ambiente começa a subir devido ao desligamento das câmaras para finalização da montagem das mesmas, voltando, a partir do dia 25/10/2021 a ser ligada novamente, a qual funciona até 30/10/2021, atingindo o *set point* de projeto no mesmo dia. Desligou-se a câmara neste dia, voltando a religá-la dia 06/11/2021, inicialmente a temperatura ambiente interna ficou instável, devido à abertura das portas para posicionamento das prateleiras de armazenamento dos produtos, voltando a atingir a temperatura desejada no mesmo dia. A partir da estabilização da temperatura o sistema busca manter o superaquecimento da válvula de expansão eletrônica dentro da programação estabelecida (temperatura programada superaquecimento 8°C) (Gráfico 1, 2, 3).

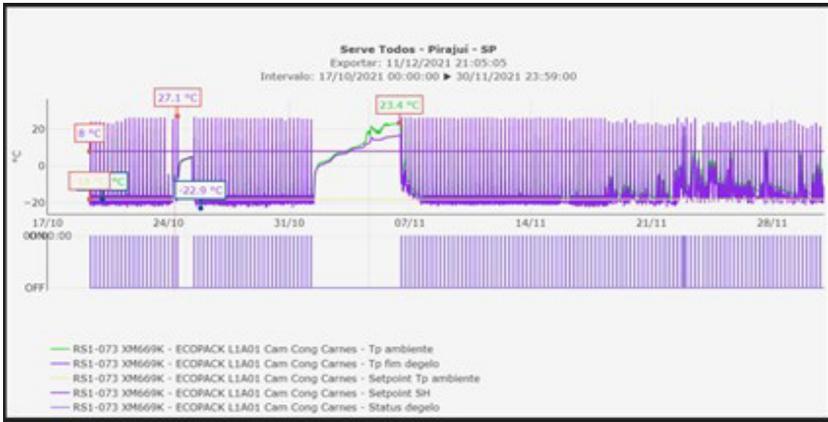


Gráfico 1. Temperatura câmara congelados carnes (L1A01)

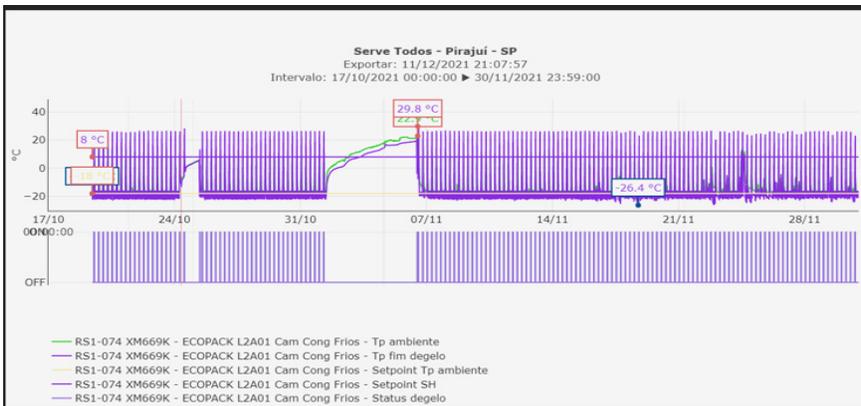


Gráfico 2. Temperatura câmara congelados frios (L2A01)

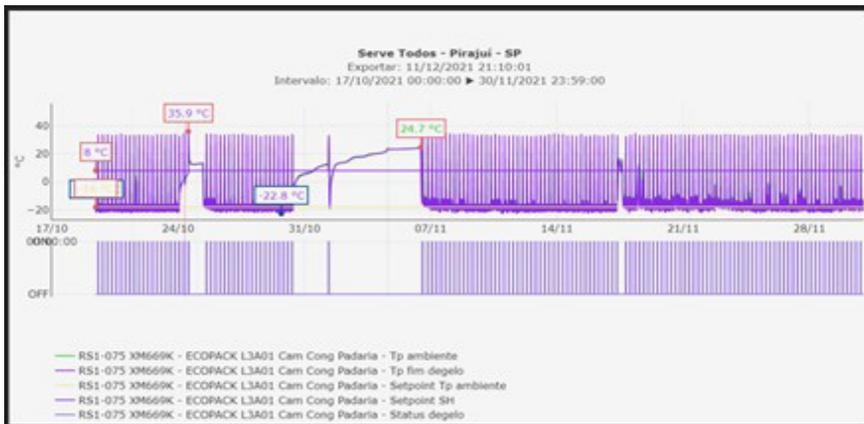


Gráfico 3. Temperatura câmara congelados padaria (L3A01)

O sistema de degelo das câmaras de congelados é com programação horária. Observou-se que no período de 24 horas o degelo das câmaras do setor de carnes, frios e padaria ocorreram a cada 6 horas dentro do horário programado, totalizando 4 degelos ao dia (Gráfico 4).

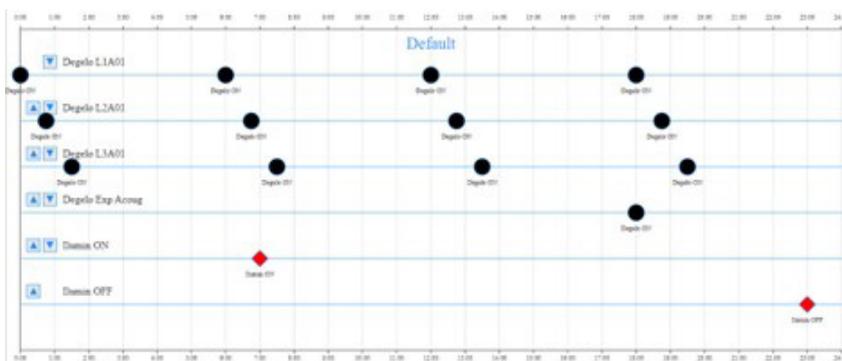


Gráfico 4. Programação de degelo dos ambientes das câmaras de congelados

O Gráfico 5 representa a faixa de oscilação da tensão elétrica durante o período analisado. Foi possível observar que a variação da tensão durante esse período oscilou em 1,50%.

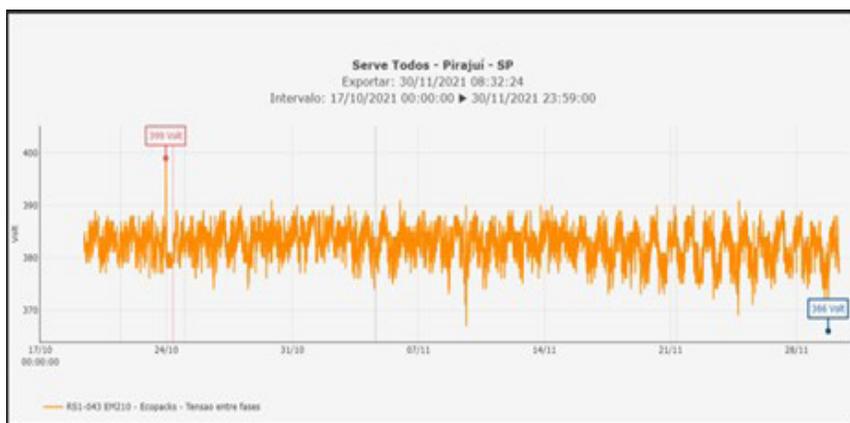


Gráfico 5. Registro do comportamento da Tensão no período analisado

A energia consumida pelas câmaras de congelados e *low condensing*, durante 44 dias, após serem ligadas foi de 428 kW/h no início aumentando até o dia 30 para 4556 kW/h, totalizando nesse período o consumo total de 4128 kW/h (Gráfico 6).

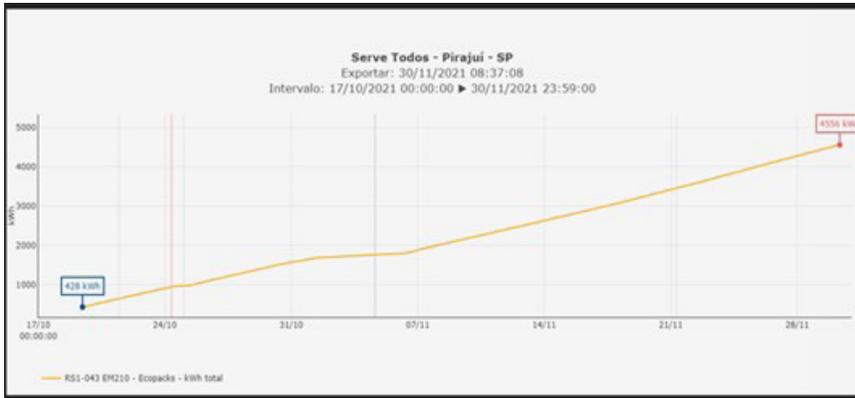


Gráfico 6. Registro do consumo energético total das *low condensig*

A variação da corrente nas fases R, S, T, durante o período registrado, pode ser observada no Gráfico 7.

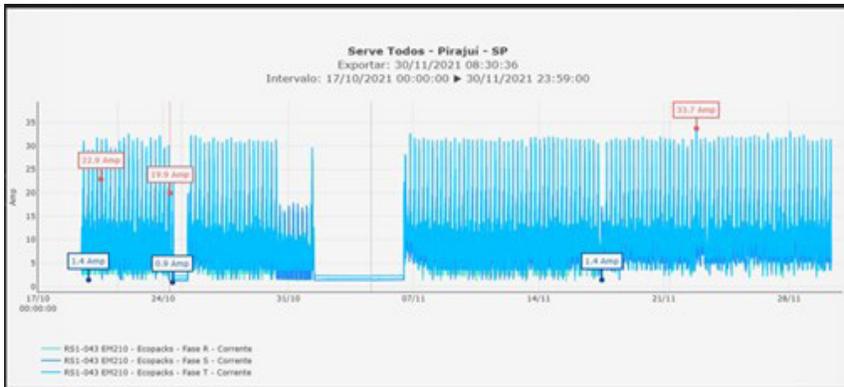


Gráfico 7. Comportamento da Corrente Fases (R S T) das *low condensig* no período analisado

A corrente média obtida no período analisado foi de 7,56 A, 10% menor que a corrente estimada (8,40 A) para o sistema *low condensig* (Tabela 14).

Tratamento	Média (A)	Erro Padrão	Probabilidade
Corrente Estimada	8,40	0,022	<0,001
Corrente Analisada	7,56	0,022	<0,001

Tabela 14. Média das correntes estimadas e analisadas do sistema *low condensig*

A potência média, no período analisado, do sistema *low condensig* foi de 4,10 kW com variação percentual a menos de 19,41% que a potência estimada (5,09 kW) (Tabela 15).

Tratamento	Média (kW)	Erro Padrão	Probabilidade
Potência Estimada	5,09	0,023	<0,001
Potência Analisada	4,10	0,023	<0,001

Tabela 15. Média das potências estimadas e analisadas do sistema low condensing

O sistema Propileno Glicol e *low condensing* apresentou Potência Instalada (kW) 9,04% menor quando comparado ao sistema propileno glicol e paralelo congelados convencional e 4,55% menor quando comparado ao sistema propileno glicol e paralelo congelados (EVI) (Tabela 16; Gráfico 8; Gráfico 9), indicando maior eficiência energética do sistema *low condensing* quando comparado aos outros sistemas. As unidades *low condensing* consomem menos energia ao diminuir a temperatura entre a condensação e a evaporação, há redução do ΔT de trabalho do compressor, aumentando a eficiência térmica do sistema e gerando menor consumo energético. Em supermercados que possuem o sistema *low condensing* e propileno glycol, há o aproveitamento do retorno do glycol utilizado no circuito de refrigerados para condensação do circuito de congelados, reduzindo o consumo energético do sistema de baixa pela utilização de compressor de menor potência (TERMOPROL, 2021).

PLOPILENO GLICOL E LOW CONDENSINGINS		PLOPILENO GLICOL E PARALELO CONGELADOS		PLOPILENO GLICOL E PARALELO CONGELADOS (EVI)	
P. A. T. S. M/B ⁽¹⁾ (kW)	77,40	P. A. T. S. M/B ⁽¹⁾ (kW)	75,62	P. A. T. S. M/B ⁽¹⁾ (kW)	71,33
C. T. S. M/B ⁽²⁾ (A)	151,00	C. T. S. M/B ⁽²⁾ (A)	166,00	C. T. S. M/B ⁽²⁾ (A)	158,20
P. T. S. M/B ⁽³⁾ (kVA)	99,39	P. T. S. M/B ⁽³⁾ (kVA)	109,26	P. T. S. M/B ⁽³⁾ (kVA)	104,12
P. T. S. M/B ⁽⁴⁾ (kW)	91,43	P. T. S. M/B ⁽⁴⁾ (kW)	100,52	P. T. S. M/B ⁽⁴⁾ (kW)	95,79

(1) Potência Absorvida Total Sistema de Média e Baixa (kW); (2) Corrente Total Sistema de Média e Baixa (A); (3) Potência Total Sistema de Média e Baixa (kVA); (4) Potência Total Sistema de Média e Baixa (kW).

Tabela 16. Comparativo entre os dados elétricos dos sistemas instalados

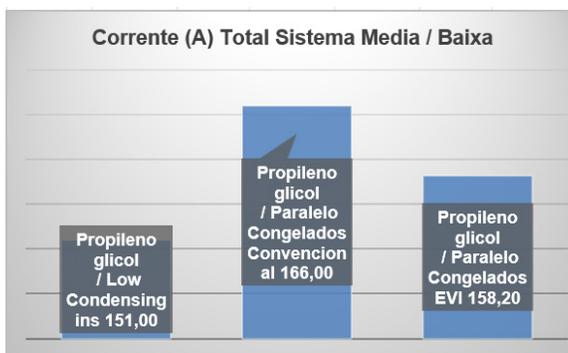


Gráfico 8. Comparativo das correntes entre os sistemas

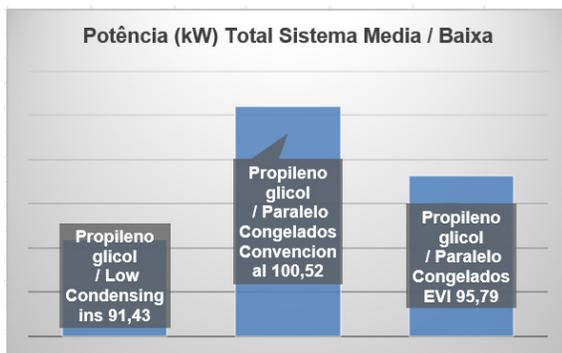


Gráfico 9. Potência Total Instalada entre os sistemas analisados

<u>DADOS SOFTWARE LOW CONDENSINGINS</u>		<u>DADOS REGISTRADOS LOW CONDENSINGINS</u>	
P. A. T. S. M/B ⁽¹⁾ (kW)	7,20	P. A. T. S. M/B ⁽¹⁾ (kW)	-----
C. T. S. M/B ⁽²⁾ (A)	8,40	C. T. S. M/B ⁽²⁾ (A)	7,56
P. T. S. M/B ⁽³⁾ (kVA)	5,53	P. T. S. M/B ⁽³⁾ (kVA)	4,98
P. T. S. M/B ⁽⁴⁾ (kW)	5,09	P. T. S. M/B ⁽⁴⁾ (kW)	4,10

(1) Potência Absorvida Total Sistema de Média e Baixa (kW); (2) Corrente Total Sistema de Média e Baixa (A); (3) Potência Total Sistema de Média e Baixa (kVA); (4) Potência Total Sistema de Média e Baixa (kW).

Tabela 17. Dados comparativos gerados pelo software do fabricante e dados registrados a campo do sistema low condensing

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consumo de energia em supermercados corresponde a um dos maiores custos do setor, estando relacionados principalmente aos gastos com os sistemas de refrigeração adotados. Com base nos resultados obtidos verificou-se, após a realização da correção nos dados comparativos entre os sistemas, que a diferença entre o sistema Composto pelo Propileno Glicol e *low condensing* apresenta Potência Instalada (kW) 9,54% menor quando comparado ao sistema Propileno Glicol e Paralelo Congelados Convencion e 5,08% menor quando comparado ao sistema Propileno Glicol e Paralelo Congelados (EVI). Demonstrando que o sistema *low condensing* apresentou maior eficiência energética e conseqüentemente gerando menor custo de energia. Estes resultados sugerem a realização de mais estudos sobre os custos de investimentos de implementação, manutenção, a confiabilidade e a eficiência de sistema *low condensing* para refrigeração de supermercados, com a finalidade de diminuir o consumo energético em sistemas de refrigeração para baixa temperatura.

REFERÊNCIAS

ABRAS (São Paulo) (org.). SUPERHIPER: ranking abras 2022. Ranking Abras 2022. Disponível em: <https://superhiper.abras.com.br/pdf/280.pdf>. Acesso em: 16 out. 2023.

LUCIANA BRUNO (São Paulo) (ed.). ENERGIA passa a ser 2ª maior despesa de supermercados. 2015. Disponível em: <https://exame.com/economia/energia-passa-a-ser-2a-maior-despesa-de-supermercados/>. Acesso em: 16 out. 2023.

ANA PAULA BASILE PINHEIRO. USO combinado de diferentes fluidos refrigerantes explora as características mais favoráveis de cada um deles. 2019. Disponível em: <https://www.engenhariaearquitectura.com.br/2019/03/uso-combinado-de-diferentes-fluidos-refrigerantes-explora-as-caracteristicas-mais-favoraveis-de-cada-um-deles>. Acesso em: 16 out. 2023.

ABNT. NBR 16255 - Sistemas de refrigeração para supermercados — Diretrizes para o projeto, instalação e operação. Brasil: [s.n.], 2013.

TERMOPROL. Eficiência energética em sistemas de refrigeração de supermercados. Disponível em: <https://www.termoprol.com.br/noticias/eficiencia-energetica-em-sistemas-de-refrigeracao-de-supermercados>. Acesso em: 16 out. 2023.

LOW CONDENSING REFRIGERATOR. EMERSON. 2021. Disponível em: <https://www.emerson.com/documents/commercial-residential/low-condensing-refrigeration-what-it-en-us-178086.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2023.

GENIER, F.S. Ciclos de refrigeração: conceitos e estudos de eficiência. Enciclopédia Biosfera. Goiânia, v.9, N.16; p. 201, 07 de 2013.

BRUNO, Luciano. Energia passa a ser a 2ª maior despesa de supermercados. Revista Exame, Disponível em: <https://exame.com/economia/energia-passa-a-ser-2a-maior-despesa-de-supermercados/>>. Acesso em: 16 out. 2023.

CINTRA, P. Métodos de conservação de alimentos. Nutrisaude. 2014. Disponível em: <https://nutrisaude14.files.wordpress.com/2014/11/mc3atodos-de-conservac3a7c3a3o-dos-alimentos-2014.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2023.

FERRAZ, F.; GOMES, M. O histórico da refrigeração, fluidos refrigerantes, ozônio, processo de formação, destruição de sistemas de refrigeração, componentes de um sistema de refrigeração. WORDPRESS. 2008. Disponível em: < <https://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/ref1.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2023.