

Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH



**Projetos Demonstrativos de Melhor Contenção
de HCFC-22 em Supermercados
Loja Yamada Express Nazaré - Belém (PA)**



PROGRAMA
BRASILEIRO DE
ELIMINAÇÃO DOS

HCFCs
Projeto para o Setor de Serviços

Presidência da República

Jair Messias Bolsonaro

Ministério do Meio Ambiente

Ricardo Salles

Secretaria Executiva

Luís Gustavo Biagioni

Secretaria de Relações Internacionais

Roberto Castelo Branco Coelho de Souza

Ministério do Meio Ambiente
Secretaria de Relações Internacionais
Departamento de Economia Ambiental e Acordos Internacionais

Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH

**Projetos Demonstrativos de Melhor Contenção
de HCFC-22 em Supermercados
Loja Yamada Express Nazaré – Belém (PA)**

**Departamento de Economia Ambiental
e Acordos Internacionais**

Adriano Santhiago de Oliveira

**Coordenação-Geral de Economia Ambiental
e Acordos Internacionais**

Hugo do Valle Mendes

Coordenação Técnica

Frank Amorim (MMA)

Magna Ludovice (MMA)

Miquel Pitarch (GIZ)

Stefanie von Heinemann (GIZ)

Equipe Técnica Y. Yamada

André Leite

MNL da Silva Serviços de Refrigeração

Rafael Yamada

RR Refrigeração

Equipe Técnica GIZ

Adenilson Belizário

Dennis Huehren

Gutenberg Pereira

Lucas Riga

Colaboração

Ana Bárbara Zanella

Tatiana Lopes de Oliveira Pereira

Rolf Huehren

Fotografia

Adenilson Belizário

Dennis Huehren

Lucas Riga

Rolf Huehren

Stefanie von Heinemann

Projeto Gráfico, Diagramação e Arte

Danilo Koch

Revisão e edição de texto

Susana Ferraz, Sete Estrelas Comunicação

Secretaria de Relações Internacionais

Departamento de Economia Ambiental
e Acordos Internacionais

Esplanada dos Ministérios, Bloco B,
5º andar, Sala 522, CEP: 70.068-900

Brasília - DF

Telefone: (61) 2028-2248

E-mail: ozonio@mma.gov.br

**Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

SCN Quadra 1, Bloco C, Sala 1501,

Ed. Brasília Trade Center, CEP: 70.711-902

Brasília - DF

Telefone: (61) 2101-2170

E-mail: giz-brasilien@giz.de

Reprodução deste documento

Este documento pode ser reproduzido na íntegra ou em parte sem consentimento prévio por escrito desde que a parte reproduzida seja atribuída ao Ministério do Meio Ambiente e à Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Lista de Figuras

Figura 1 – Exemplo de <i>datalogger</i> de temperatura	17
Figura 2 – Exemplo de <i>manifold</i> digital.....	18
Figura 3 – Exemplo de câmera termográfica.....	18
Figura 4 – Exemplo de detector eletrônico de gases halogenados	19
Figura 5 – Exemplo de vazamento de referência.....	19
Figura 6 – Exemplo de analisador de gases	20
Figura 7 – Equipamento <i>Climacheck</i>	21
Figura 8 – Tela inicial do Pró-Ozônio.....	22
Figura 9 – Fachada da loja Y. Yamada Express - Nazaré	23
Figura 10 – Dados de projeto do compressor de resfriados obtidos pelo software da Bitzer	25
Figura 11 – Dados de projeto do compressor de congelados obtidos pelo software da Bitzer	28
Figura 12 – <i>Datalogger</i> de temperatura instalado dentro do expositor de bebidas	30
Figura 13 – <i>Datalogger</i> instalado em expositor de carnes	31
Figura 14 – Válvula de expansão com flange manual e porca de refrigeração comum.....	36
Figura 15 – Exemplo de válvula esfera com vazamento	37
Figura 16 – Válvula <i>Schrader</i> instalada diretamente na tubulação sem tamponamento adequado.....	37
Figura 17 – Tubulação solta nos suportes e com isolamento deficiente	38
Figura 18 – Válvulas esferas que apresentaram vazamento	39
Figura 19 – Separador de óleo com vedação deficiente	40
Figura 20 – Coletor de sucção com conexões corroídas	40
Figura 21 – Acumulador de sucção completamente corroído	41
Figura 22 – Filtro de sucção corroído	41
Figura 23 – Amostra de óleo apontando acidez nos sistemas	42
Figura 24 – Plaqueta de identificação do recipiente de líquido	43
Figura 25 – Recipiente de líquido em desacordo com a ABNT NBR 13598 de vasos de pressão para refrigeração	43
Figura 26 – Capacitação em boas práticas para equipe Yamada	45
Figura 27 – Treinamento de brasagem.....	46
Figura 28 – Treinamento sobre isolamentos térmicos promovido pela Armacell	46
Figura 29 – Filtro na linha de líquido	49
Figura 30 – Válvula de expansão com conexões brasadas <i>TUA Danfoss</i>	49
Figura 31 – Válvula <i>Schrader</i> para tomada de pressão no tubo de sucção do expositor de laticínios/iogurtes.....	50
Figura 32 – Válvula de expansão com conexões brasadas original do expositor <i>Hussmann</i>	50
Figura 33 – Válvulas <i>Schrader</i> para tomada de pressão no condensador com porca sextavada e selo de cobre	51
Figura 34 – Rack de resfriados antes da intervenção	53
Figura 35 – Rack de resfriados somente com o compressor e sua estrutura para instalação dos novos componentes.....	53
Figura 36 – Rack de resfriados em processo de montagem (vista traseira)	54
Figura 37 – Rack de resfriados em processo de montagem (vista frontal)	54
Figura 38 – Detalhe da válvula de segurança do recipiente de líquido	55
Figura 39 – Saída de óleo do separador de óleo com adaptador para brasagem e flange industrial	55

Figura 40 – Filtro de óleo com conexões de rosca com adaptador para brasagem e flange industrial	56
Figura 41 – Válvula esfera nova com porta de acesso.....	56
Figura 42 – Tomadas de pressão no compressor vedadas com porca sextavada e selo de cobre	57
Figura 43 – Flexível na descarga do compressor.....	57
Figura 44 – Tubo de cobre (sucção) com fixador e apoiado em suporte	58
Figura 45 – Tubo de cobre com isolamento térmico completo.....	58
Figura 46 – Tubo de cobre (sucção) com fixador e apoiado em suporte (vista frontal).....	59
Figura 47 – Tubo de cobre (sucção) com isolamento térmico completo	59
Figura 48 – Tubo de cobre (descarga) com apoios apropriados	60
Figura 49 – Tubo de cobre (líquido) fixado na estrutura do rack	60
Figura 50 – Válvulas de serviço tipo esfera removidas da tubulação.....	61
Figura 51 – Aparelho para detecção de vazamento com alarme sonoro e visual.....	63
Figura 52 – Sensores de detecção de vazamento – casa de máquinas	64
Figura 53 – Sensores de detecção de vazamento – expositor de bebidas	65
Figura 54 – Casa de máquinas após a intervenção e fichas técnicas fixadas nos racks.....	65
Figura 55 – Placas de identificação do sistema	66
Figura 56 – Ficha de emergência	67
Figura 57 – Livros de registro de manutenção	67
Figura 58 – Teste de óleo	69
Figura 59 – Display do aparelho de detecção de vazamentos em 28/04/2018.....	74
Figura 60 – Display do aparelho de detecção de vazamentos em 11/06/2018 sem alarmes	74
Figura 61 – Sensor de nível de fluido frigorífico no recipiente de líquido sem alarme (luz apagada)	75
Figura 62 – Potência instantânea resfriados	77
Figura 63 – Potência instantânea congelados.....	78

Lista de Quadros

Quadro 1 – Depoimento do engenheiro responsável pela loja	76
Quadro 2 – Depoimento do sócio-proprietário do Grupo Y. Yamada.....	79

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Carga térmica dos expositores do sistema de média temperatura	26
Tabela 2 – Carga térmica dos expositores do sistema de baixa temperatura	29
Tabela 3 – Temperatura medida nos expositores (pré-intervenção).....	31
Tabela 4 – Propriedades medidas e calculadas pré-intervenção, sistema de resfriados	32
Tabela 5 – Propriedades medidas e calculadas pré-intervenção, sistema de congelados.....	33
Tabela 6 – Temperatura medida nos expositores (pós-intervenção)	70
Tabela 7 – Propriedades do sistema de resfriados medidas com o <i>Climacheck</i> (pós-intervenção)	71
Tabela 8 – Propriedades do sistema de congelados medidas com o <i>Climacheck</i> (pós-intervenção)	73



Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Protocolo de Montreal	12
1.2 Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH)	13
2. PROJETOS DEMONSTRATIVOS	14
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
3.1 Etapas de implementação	16
3.2 Equipamentos e ferramentas	17
3.2.1 <i>Dataloggers</i> de temperatura	17
3.2.2 <i>Manifold</i> digital	18
3.2.3 Câmera termográfica	18
3.2.4 Detector eletrônico de gases halogenados	19
3.2.5 Analisador de gases	20
3.2.6 <i>Climacheck</i>	20
3.3 Sistema “Pró-Ozônio”	22
4. PROJETO DEMONSTRATIVO YAMADA – PARTE 1: PRÉ - INTERVENÇÃO	23
4.1 Descrição do sistema de refrigeração – Loja Yamada Express Nazaré	24
4.2 Composição do sistema de média temperatura (MT) para produtos resfriados	24
4.2.1 Compressor e condensador	24
4.2.2 Expositores frigoríficos	26
4.3 Composição do sistema de baixa temperatura (BT) para produtos congelados e resfriados	27
4.3.1 Compressor e condensador	27
4.3.2 Expositores frigoríficos	29
4.4 Levantamento de dados paramétricos	30
4.4.1 Temperaturas em expositores	30
4.4.2 Desempenho dos compressores	32
4.4.2.1 Rack de resfriados	32
4.4.2.2 Rack de congelados	32
4.4.3 Análise do fluido frigorífico utilizado no sistema	34
4.4.4 Vazamento do fluido frigorífico	34

4.5	Identificação dos principais pontos críticos.....	34
4.5.1	Operação do compressor de média temperatura	35
4.5.2	Operação do compressor de baixa temperatura	35
4.5.3	Operação dos compressores com baixa carga de fluido frigorífico	36
4.5.4	Expositores de produtos resfriados e congelados	36
4.5.5	Condensadores.....	38
4.5.6	Tubulação frigorífica.....	38
4.5.7	Racks de compressores	39
5.	PROJETO DEMONSTRATIVO YAMADA – PARTE 2: IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO	
	DE INTERVENÇÃO	44
5.1	Treinamento e capacitação da equipe técnica.....	44
5.2	Intervenção	47
5.2.1	Intervenção nos expositores frigoríficos e condensadores	48
5.2.2	Intervenção nos racks de compressores	51
5.2.3	Intervenção na fixação da tubulação frigorífica e isolamento térmico	57
5.2.4	Procedimentos realizados para os testes de pressão, vácuo, carga de gás e <i>start-up</i>	62
5.2.5	Instalação de equipamento para detecção de vazamentos.....	63
5.2.6	Disponibilização de documentação básica	65
6.	PROJETO DEMONSTRATIVO YAMADA – PARTE 3: VISITA PÓS-IMPLEMENTAÇÃO	68
6.1	Verificação da qualidade do óleo	68
6.2	Levantamento de dados paramétricos.....	70
6.2.1	Temperaturas em expositores.....	70
6.2.2	Desempenho do compressor	71
6.2.2.1	Rack de resfriados	71
6.2.2.2	Rack de congelados	73
6.3	Contenção de vazamentos	74
6.4	Consumo de energia.....	77
7.	CONCLUSÃO	80
8.	BIBLIOGRAFIA.....	84
	Anexo 1 – Plano de Trabalho	86
	Anexo 2 – Diagrama Esquemático do Sistema de Baixa Temperatura Pré-Intervenção	88
	Anexo 3 – Diagrama Esquemático do Sistema de Média Temperatura Pré-Intervenção	90
	Anexo 4 – Diagrama Esquemático do Sistema de Baixa Temperatura Pós-Intervenção.....	92
	Anexo 5 – Diagrama Esquemático do Sistema de Média Temperatura Pós-Intervenção.....	94



1 Introdução

Nesta publicação apresentam-se os resultados do Primeiro Projeto Demonstrativo de Melhor Contenção de HCFC-22 em Supermercados, realizado no período de agosto de 2015 a junho de 2018¹ no Supermercado Y. Yamada Express Nazaré, localizado na cidade de Belém (PA). Trata-se de um estudo de caso, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e implementado pela agência bilateral Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, que faz parte das diversas iniciativas do País para atender ao Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio (SDOs) e para promover a redução dos vazamentos de fluidos frigoríficos, por meio da aplicação das boas práticas durante os serviços de instalação, reparo, manutenção e operação de equipamentos de refrigeração e ar condicionado.

Este projeto demonstrativo foi idealizado no âmbito do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH) (descrito a seguir no item 1.2.), porque o setor supermercadista², composto por hipermercados, supermercados, *cash and carry* (atacarejos), hortifrutis e lojas de conveniência, é o principal consumidor do fluido frigorífico HCFC-22, utilizado nos equipamentos de refrigeração comercial para a conservação dos alimentos (PORTALABRAS, 2018). Segundo dados do PBH, o setor de serviços respondeu, em 2013, por aproximadamente 65% da importação total de HCFCs realizada pelo País, sendo que a substância mais importada é o HCFC-22 (MMA, 2016). Quando considerada apenas a importação do HCFC-22, o setor supermercadista consumiu cerca de 40% do volume importado (14.256,44 toneladas de HCFC-22) apenas para a realização de manutenções urgentes provocadas pelos vazamentos de fluidos frigoríficos.

O diagnóstico do PBH realizado em 2013, que deu origem a este projeto demonstrativo, revelou que os principais problemas de vazamentos de HCFCs em supermercados estavam relacionados aos seguintes fatores: baixa qualidade técnica profissional, baixo padrão das práticas de manutenção e conserto, falta de ferramentas adequadas, baixa qualidade das instalações existentes, ausência de manutenção preventiva e/ou regular, projetos e serviços de instalação inadequados e falta de conscientização ambiental. Também foi apontado que a reposição de HCFC-22 nos equipamentos de refrigeração nos supermercados é considerada, em geral, uma

¹ Entre a primeira visita da equipe da GIZ para a verificação inicial do sistema em agosto de 2015 até a visita de monitoramento final do projeto, pós-intervenção em junho de 2018, com aferição dos resultados obtidos, foram vencidas as seguintes etapas: análise e interpretação das medições tomadas nos sistemas, negociação e formalização de acordo de cooperação com o Grupo Y. Yamada, elaboração do plano de ação para intervenção, preparação da documentação do sistema e licitação para aquisição do material necessário para as intervenções. Devido ao prazo de entrega superior a 90 dias de alguns componentes e à distância da loja do centro-sul, polo econômico do País, a aquisição de todo o material necessário apresentou um desafio logístico e, portanto, demorou mais tempo do que o esperado.

² De acordo com dados da Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS), o setor supermercadista representa 5,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, tendo em 2017 chegado à marca de 89,3 mil lojas e 1,822 milhão de funcionários diretos, pelos dados da pesquisa Ranking Abras/SuperHiper 2018. Disponível em: <<http://www.abrasnet.com.br/clipping.php?area=20&clipping=63952>>. Acesso em 2 de janeiro de 2019.

atividade normal, que faz parte do dia a dia dos técnicos responsáveis pela manutenção das lojas. Isto ocorre porque muitos sistemas de refrigeração operam fora das especificações de projeto dos fabricantes. Com essa situação, que se mantém até hoje, geralmente há grandes índices de vazamentos de fluidos frigoríficos nos supermercados, que por sua vez ocasionam danos ambientais.

Os vazamentos, além de prejudicarem o meio ambiente, causam perdas financeiras significativas para as empresas supermercadistas usuárias de sistemas de refrigeração. A reposição obrigatória e constante dos fluidos frigoríficos apresenta-se como uma perda financeira direta. Mas há possibilidade de perdas maiores, pois a queda de confiabilidade funcional do sistema acelera modos de falha e inoperância, que podem causar prejuízos imensuráveis, como a perda de todos os produtos alimentícios resfriados e congelados das lojas. Outra perda importante a ser considerada está na possibilidade de diminuição da eficiência energética de todo o sistema, pois a queda de desempenho pelo descontrole de pressões e temperaturas operacionais contribui para o aumento do consumo de energia, causando mais prejuízo financeiro.

A partir deste cenário, ressalta-se que este projeto se estabelece a partir da aplicação das Boas Práticas de Refrigeração Comercial (MMA; GIZ, 2017)³, que indicam que qualquer recarga no sistema só deve ser realizada depois da completa verificação das causas de vazamentos e do devido reparo no sistema, com a contenção total dos mesmos a partir do uso de equipamentos adequados. São muitas as causas possíveis de vazamentos, como, por exemplo: excesso de vibração ou a fadiga dos materiais, manipulação muito intensa dos equipamentos e componentes, variações intensas de temperatura ou estresse térmico, operação com equipamentos obsoletos, etc. Além dessas causas materiais, impacta também nesta situação o fator humano, pela falta de conscientização ambiental já apontada, e também pela falta de conhecimento e treinamento técnico da equipe de manutenção da loja. Todos esses fatores influenciam para a má qualidade da manutenção e funcionamento inadequado dos sistemas de refrigeração dos supermercados.

Levando em conta a importância de uma solução para essa situação crítica, este estudo de caso descreve em detalhes todo o trabalho realizado no supermercado Y. Yamada Express Nazaré. Anteriormente, a loja apresentava taxas de vazamento anuais de 61,9% em relação à carga instalada, o que gerava grandes perdas financeiras, mas ao final deste projeto esta situação foi revertida com a eliminação dos custos relacionados à reposição de fluido frigorífico. Desta forma, o principal objetivo deste projeto, realizado em parceria com a empresa proprietária da loja, é, por meio desta publicação, viabilizar a reprodução da metodologia aqui utilizada por outras empresas supermercadistas e, com isso, colaborar para a diminuição de vazamentos de HCFCs no País, e, consequentemente, para a maior conservação do meio ambiente.

Além disso, este projeto está alinhado com todas as ações de capacitação e treinamento realizados no âmbito do PBH, colabora para a qualificação técnica da mão de obra do País, incentivando a criação de novos e melhores empregos. Outro ponto de destaque deste projeto é que ele contribui para a redução de perdas financeiras e de alimentos, dada a importância do setor de refrigeração no varejo brasileiro.

3 As Boas Práticas de Refrigeração Comercial são divulgadas pelo PBH por meio de publicações, apostilas, cursos técnicos e vídeos. Disponível em: www.boaspraticasrefrigeracao.com.br e mma.gov.br/ozonio. Acesso em 2 de janeiro de 2019.



1.1 O Protocolo de Montreal

O Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, que completou 32 anos de existência em 2019, é um tratado internacional ratificado por 198 países, dentre eles o Brasil, que estabelece uma série de metas e procedimentos compartilhados para proteção da Camada de Ozônio do Planeta. Esta camada, como diz o nome, é formada por ozônio (O_3), que é um dos gases que compõe a atmosfera, mas cerca de 90% de suas moléculas se concentram entre 20 e 35 quilômetros de altitude. Dentre as suas diversas importâncias, o ozônio é o único gás que filtra o excesso de radiação ultravioleta do tipo B (UV-B), nociva aos seres vivos. Contudo, há gases utilizados pelo homem que podem destruir estas moléculas tão importantes, tais como os hidroclorofluorcarbonos (HCFCs). É por isso que ocorre uma grande ação mundial, incluindo o Brasil, para criteriosamente eliminar o consumo dos HCFCs, substituindo esses fluidos por outros, mais amigáveis ao meio ambiente, e, com isso, promover a evolução tecnológica dos sistemas de refrigeração para benefício de toda a população.

Ao longo de três décadas, o País eliminou o consumo de aproximadamente 17 mil toneladas de Potencial de Destruição do Ozônio (PDO) decorrentes das SDOs, compreendendo a eliminação de substâncias controladas tais como clorofluorcarbonos (CFCs), halons, tetracloreto de carbono (CTC) e brometo de metila na agricultura.

Após o sucesso da primeira fase do Protocolo de Montreal para a eliminação da produção e consumo das SDOs, com os trabalhos para eliminação do consumo dos clorofluorcarbonos (CFCs)⁴, foi iniciada uma nova fase voltada para os hidroclorofluorcarbonos (HCFCs). Por meio da Decisão XIX/6, de 2007, os Estados Partes do Protocolo de Montreal estabeleceram um novo cronograma, iniciando-se com congelamento do consumo de HCFCs em 2013 (meta de congelamento pela média de consumo dos anos de 2009 e 2010), seguido por uma redução escalonada até a eliminação completa, prevista para 2040.

1.2 Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH)

Sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e com o apoio das agências implementadoras PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), UNIDO (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial) e da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) *GmbH*, o Brasil elaborou o Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH), que define as estratégias para o controle, redução e eliminação do consumo de HCFCs no Brasil, conforme cronograma definido pelo Protocolo de Montreal, para a execução de atividades e projetos relacionados à conversão tecnológica dos setores de manufatura de espumas de poliuretano, refrigeração e ar condicionado e de contenção de vazamentos de HCFCs no setor de serviços. A elaboração e a implementação do PBH contam com a participação ativa de entidades representativas do setor público e privado.

A Etapa 1 do PBH foi aprovada em 2011 com o objetivo de eliminar 16,6% do consumo de HCFCs até 2015 (BRASIL, 2011). A Etapa 2 do PBH foi aprovada em 2015, com o objetivo de eliminar 39,27% do consumo até 2020 e de 51,36% até 2021 (BRASIL, 2016). Em ambas etapas, a GIZ é a agência implementadora designada pelo governo brasileiro para atuar na execução dos projetos para o setor de serviços de refrigeração e ar condicionado.

No setor de serviços, as ações do PBH estão direcionadas à redução dos vazamentos de fluidos frigoríficos, por meio da aplicação das boas práticas durante os serviços de reparo, manutenção, instalação e operação de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Nesse contexto destaca-se o presente estudo de caso, que faz parte dos “Projetos Demonstrativos de Melhor Contenção de HCFC-22 em Supermercados”, coordenado pelo MMA e implementado com apoio técnico da GIZ.

4 A eliminação de 100% do consumo dos CFCs, com o fim das importações, ocorreu em 2010.



2 Projetos Demonstrativos

Os projetos demonstrativos de contenção de vazamentos de HCFCs em instalações de refrigeração de supermercados têm como objetivo apresentar melhorias técnicas e procedimentos de manutenção e operação que contribuam para diminuição ou eliminação dos vazamentos de HCFC-22, com o propósito de reduzir ou eliminar perdas econômicas e ambientais. Durante a implementação de cada projeto, possíveis fontes para a melhoria da eficiência energética do sistema de refrigeração dos supermercados também podem ser identificadas, revertendo-se em significativos ganhos adicionais.

Estes projetos demonstrativos monitoram e avaliam os efeitos da aplicação das boas práticas em todos os processos que envolvem a utilização dos HCFCs, incluindo o consumo de energia, com a identificação das potenciais fontes para a redução de custos fixos de operação e manutenção. O escopo prevê o aperfeiçoamento das práticas de contenção de vazamentos do HCFC-22 em três supermercados. Desta forma, o objetivo final é manter os sistemas das lojas em condições de operação "seladas", ou seja, "livres de vazamentos".



3 Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos de execução dos projetos demonstrativos, com ênfase na estanqueidade dos sistemas de refrigeração comercial, contaram com o conhecimento e a experiência internacional da GIZ na área de refrigeração, para orientação e implementação das atividades, sempre sob a coordenação do governo brasileiro, por meio do MMA. Esses procedimentos envolveram etapas como: processo de seleção da loja; formalização da parceria com a empresa beneficiária; visita de avaliação; definição de equipamentos e acessórios para aquisição; plano de trabalho; intervenção local; monitoramento pós-implementação; e publicação dos resultados para divulgação.

A escolha das lojas participantes dos projetos demonstrativos aconteceu por meio de um processo seletivo, realizado em estreita cooperação com a Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS), e levando em conta critérios como tecnologia utilizada, tamanho, idade e localização da loja, entre outros. As três selecionadas foram:

1º Projeto: Supermercado Y.Yamada, Belém - PA (Região Norte);

2º Projeto: Supermercado Hortifruti do Campo, São Paulo - SP (Região Sudeste);

3º Projeto: Supermercado Angeloni, Balneário Camboriú - SC (Região Sul).

A proposta foi desenvolver o projeto em diferentes regiões do País e em modelos de lojas que se adequassem aos critérios previamente estabelecidos para a produção de resultados satisfatórios ao projeto.

Ao demonstrar a viabilidade e os benefícios das atividades desenvolvidas, o propósito desses projetos demonstrativos é motivar, a partir da comprovação dos resultados e benefícios, para que outras empresas do setor supermercadista sigam os mesmos procedimentos e as boas práticas demonstradas nesta publicação, e, assim, viabilizem melhorias em seus sistemas.

Concomitantemente à seleção das lojas, foram estabelecidas parcerias com a definição das obrigações e responsabilidades das partes envolvidas (GIZ e empresa beneficiária).

O primeiro projeto demonstrativo, cujo estudo de caso é objeto desta publicação, foi implementado em cooperação com o Grupo Y. Yamada, e realizado no sistema de refrigeração da loja Yamada Express Nazaré, localizada na cidade de Belém, capital do estado do Pará, na região Norte do Brasil.

As etapas de implementação e os equipamentos utilizados na loja são apresentados a seguir. Nos próximos capítulos são apontados os procedimentos de intervenção e resultados obtidos.

3.1 Etapas de implementação

Cada projeto demonstrativo, como o realizado na loja Yamada Express Nazaré, seguiu os seguintes passos de implementação:

1 Realização de análises técnicas iniciais para verificação do estado e das condições de funcionamento dos equipamentos de refrigeração, incluindo atividades, tais como: entrevista com a equipe técnica responsável pela operação; ajuste de documentação e projetos do sistema; inspeção visual, documentação fotográfica e termográfica da instalação; medição de temperatura e pressões em expositores e casa de máquinas; localização de pontos de vazamentos de fluido frigorífico, por meio de detectores de gases halogenados eletrônicos, entre outros;

2 Realização de diagnóstico para identificação dos problemas que provocam os vazamentos e a perda da eficiência dos equipamentos, incluindo monitoramento do consumo de fluido frigorífico, energia elétrica e desempenho termodinâmico do sistema, conforme descrito no Capítulo 4. O monitoramento foi realizado em estreita cooperação com a administração do supermercado e as equipes técnicas da loja e da GIZ, sendo que os métodos de registro praticados referente ao consumo de fluido frigorífico e atividades de manutenção e reparo foram verificados e aprimorados;

3 Discussão e elaboração do Plano de Intervenção pelas equipes técnicas do supermercado e da GIZ, definindo o projeto técnico atualizado da instalação e as atividades para correção dos problemas identificados, seguindo características gerais de sistemas em condições seladas, listadas a seguir:

- Evitar conexões mecânicas de flange manual nas válvulas de expansão, válvulas solenoides, filtros, filtros secadores, entre outros componentes;
- Utilizar sempre que possível conexões brasadas. Caso contrário, uma boa alternativa são as conexões com componentes de pressão ou flanges de fabricação industrial;
- Evitar vibração do sistema por meio de fixação adequada da tubulação e componentes;
- Quando necessário, utilizar amortecedores de vibração;
- Facilitar acesso à tubulação;
- Utilizar tubos de processo termoplásticos e juntas e conectores industrializados;
- Utilizar vasos de pressão, tais como, tanques de líquido, separadores e acumuladores, válvulas de segurança, válvulas unidirecionais e dispositivo de contrapressão em condições seguras e com tecnologia mais recente;
- Aplicar válvulas de segurança independentes de contrapressão⁵, sempre que possível;
- Manter equipamentos e componentes livres de corrosão e formação de gelo;
- Manter o isolamento adequado dos tubos;
- Fazer manutenção preventiva do sistema de refrigeração e controlar regularmente os vazamentos;
- Recarregar o sistema somente quando houver um vazamento identificado e reparado;

⁵ Válvulas de segurança que liberam o fluido frigorífico para outra localidade do sistema de refrigeração.

- Atualizar de forma contínua o livro de registros do sistema (descrição de reparos, consumo de fluidos frigoríficos, uso de peças de reposição, etc.);
- Manter a documentação técnica do sistema de refrigeração disponível.

4 Aquisição de componentes, equipamentos e materiais para implementação do Plano de Intervenção;

5 Treinamento da equipe técnica do supermercado em boas práticas para sistemas de refrigeração comercial. Esta equipe foi a responsável pela implementação do Plano de Intervenção na loja, sob a orientação e acompanhamento direto da equipe da GIZ;

6 Execução das atividades de intervenção no supermercado para correção dos problemas identificados; e

7 Avaliação técnica final e identificação dos resultados alcançados, por meio da comparação dos dados de consumo de fluido frigorífico, energia elétrica e desempenho termodinâmico do sistema antes e depois da intervenção.

3.2 Equipamentos e ferramentas

Os principais equipamentos e ferramentas de medição e monitoramento utilizados durante a implementação do projeto demonstrativo são apresentados a seguir.

3.2.1 Dataloggers de temperatura

Para efeito de comparação das temperaturas pré e pós-intervenção, as medições de temperatura no ambiente dos expositores foram realizadas por meio de *dataloggers* registradores com resolução de 0,1 °C (modelo *EBRO EBI 20*), conforme Figura 1. O período de medições para este trabalho foi de 48 horas.

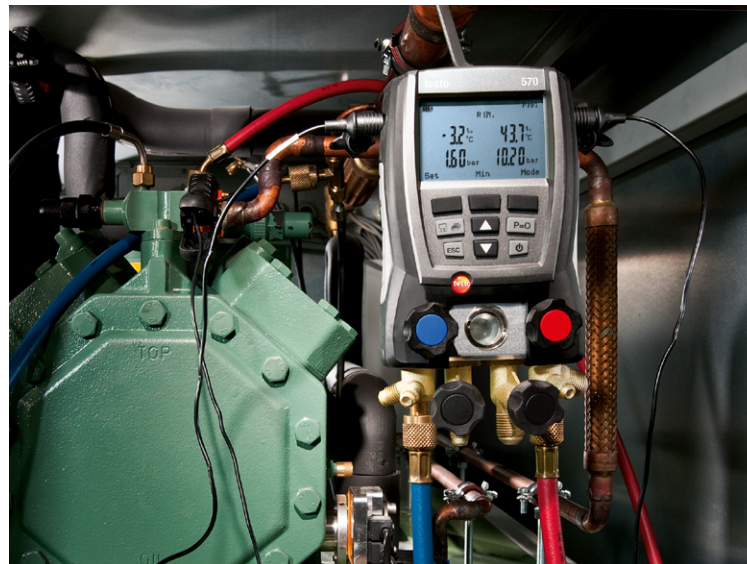
Figura 1 – Exemplo de *datalogger* de temperatura



3.2.2 *Manifold* digital

Nas medições de pressões e temperaturas de operação do sistema de refrigeração, para fins de transferência de fluido refrigerante e para a evacuação do sistema, foi utilizado *manifold* digital de quatro vias (Modelo *Testo 570*), conforme Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de *manifold* digital



Fonte: *Testo* (Cortesia)

3.2.3 Câmera termográfica

A câmera termográfica (modelo *Testo 870*), apresentada na Figura 3, foi utilizada para realizar avaliações comparativas para a detecção de incongruências em válvulas de expansão, efeito de superlotação de alimentos em expositores, deficiência do isolamento térmico em trechos de tubulação e pontos com eventuais vazamentos.

Figura 3 – Exemplo de câmera termográfica



Fonte: *Testo* (Cortesia)

3.2.4 Detector eletrônico de gases halogenados

Para localização de microvazamentos no sistema de refrigeração foi utilizado detector eletrônico de gases halogenados (modelo *Inficon D-Tek Select*) com sensibilidade de 3 gramas por ano, conforme Figura 4.

Figura 4 – Exemplo de detector eletrônico de gases halogenados



Fonte: *Inficon* (Cortesia)

Para confirmar se o desempenho do detector de gás estava conforme o esperado, foi realizado teste de calibração do equipamento. O teste é realizado com vazamento de referência de 5 gramas/ano (modelo *Inficon TekCheck 134a*) antes de cada uso, conforme Figura 5.

Figura 5 – Exemplo de vazamento de referência



Fonte: *Inficon* (Cortesia)

3.2.5 Analisador de gases

Para identificação do tipo de fluido frigorífico presente no sistema de refrigeração foi utilizado o analisador de gases (modelo *Neutronics RI 700H*), conforme Figura 6.

Figura 6 – Exemplo de analisador de gases



3.2.6 Climacheck

O equipamento *Climacheck*, apresentado na Figura 7, baseia-se cientificamente na avaliação termodinâmica dos dados medidos com conexão de dez pontos de medição para um circuito. Os dados são coletados e usados para cálculos e análises. O equipamento *Climacheck* oferece resultados e informações (CLIMACHECK, 2017), como, por exemplo:

- Capacidade de refrigeração e aquecimento (kW);
- Coeficiente de Performance (COP)/Índice de Eficiência de Energia (EER);
- Eficiência isentrópica do compressor;
- Eficiência do condensador;
- Eficiência do evaporador;
- Entrada de energia elétrica;
- Taxas de fluxo de ar/água;
- Valores de superaquecimento/sub-resfriamento;
- Indicação de excesso ou carga de frigorífico inadequada.

Com o equipamento *Climacheck* foram realizadas no supermercado Yamada Express Nazaré as seguintes medições:

- Medição de temperaturas na entrada de gás do compressor com sensor do tipo Termopar;
- Medição de temperaturas na saída de gás do compressor com sensor do tipo Termopar;
- Medição de pressão de baixa na entrada do compressor;
- Medição de pressão de alta na saída do compressor;
- Medição de temperatura de ar na entrada do condensador;
- Medição de temperatura de ar na saída do condensador;
- Medição de corrente e tensão em cada fase do compressor.

Os dados obtidos no *Climacheck* foram armazenados em nuvem no site *Climacheck Online* (CLIMACHECK SWEDEN AB, 2010), sendo posteriormente interpretados na plataforma para Windows.

Figura 7 – Equipamento *Climacheck*



Fonte: K hlanalyse/Climacheck (Cortesia)

3.3 Sistema Pró-Ozônio

O monitoramento dos dados de consumo do HCFC-22 foi realizado por meio do sistema de documentação online Pró-Ozônio, que foi criado e implantado no âmbito do Projeto para o Setor de Serviços do PBH. O sistema funciona como um livro de registros digital. Todos os dados relacionados ao recolhimento e à carga de fluido frigorífico no sistema foram registrados no Pró-Ozônio, o que viabilizou a documentação e, portanto, gerou um melhor controle sobre o consumo do HCFC-22 e também sobre os custos envolvidos. Além disso, o sistema também apoia os seus usuários no gerenciamento e documentação de atividades regulares de manutenção e reparo.

O Pró-Ozônio está disponível de forma gratuita no website: www.ozoniohcf.com.br (ver Figura 8). Os direitos do usuário estão protegidos, bem como a segurança de dados e o pleno acesso à gestão de dados pessoais.

Figura 8 – Tela inicial do Pró-Ozônio



4 Projeto Demonstrativo Yamada

Parte 1: Pré-intervenção

A Parte 1 deste estudo de caso descreve as atividades realizadas no supermercado Yamada Express Nazaré em Belém (PA) antes da intervenção.

A loja possui uma área de vendas de aproximadamente 1.130 m² e sete *checkouts*. A fachada da loja é ilustrada na Figura 9.

Em agosto de 2015 ocorreu a primeira visita da equipe da GIZ para a verificação inicial do sistema e planejamento das adequações necessárias. Nesta visita foram realizadas as medições para definição das mudanças e melhorias.

Figura 9 – Fachada da loja Y. Yamada Express Nazaré



4.1 Descrição do sistema de refrigeração Loja Yamada Express Nazaré

O sistema de refrigeração na loja Y. Yamada Express Nazaré é do tipo centralizado com expansão direta e foi implantado em 2004, com uma carga total instalada de aproximadamente 190 kg de HCFC-22 para os sistemas de congelados e de resfriados.

No sistema de refrigeração do supermercado Yamada Express há apenas um compressor semi-hermético para o sistema de média temperatura (MT) e um compressor semi-hermético para o sistema de baixa temperatura (BT). Ambos operam com variador de frequência para modular a capacidade do compressor em função da carga térmica do sistema.

Os expositores frigoríficos são utilizados para produtos como: carnes, laticínios, frutas, verduras, legumes, frios e bebidas. Além dos sistemas de MT e BT com HCFC-22, a loja possui equipamentos para produtos congelados que são expostos em ilhas de congelados, do tipo *self*, à base de HFC-404A, cujo equipamento de refrigeração está diretamente acoplado.

4.2 Composição do sistema de média temperatura (MT) para produtos resfriados

A composição detalhada do sistema de refrigeração de média temperatura (MT) é apresentada a seguir.

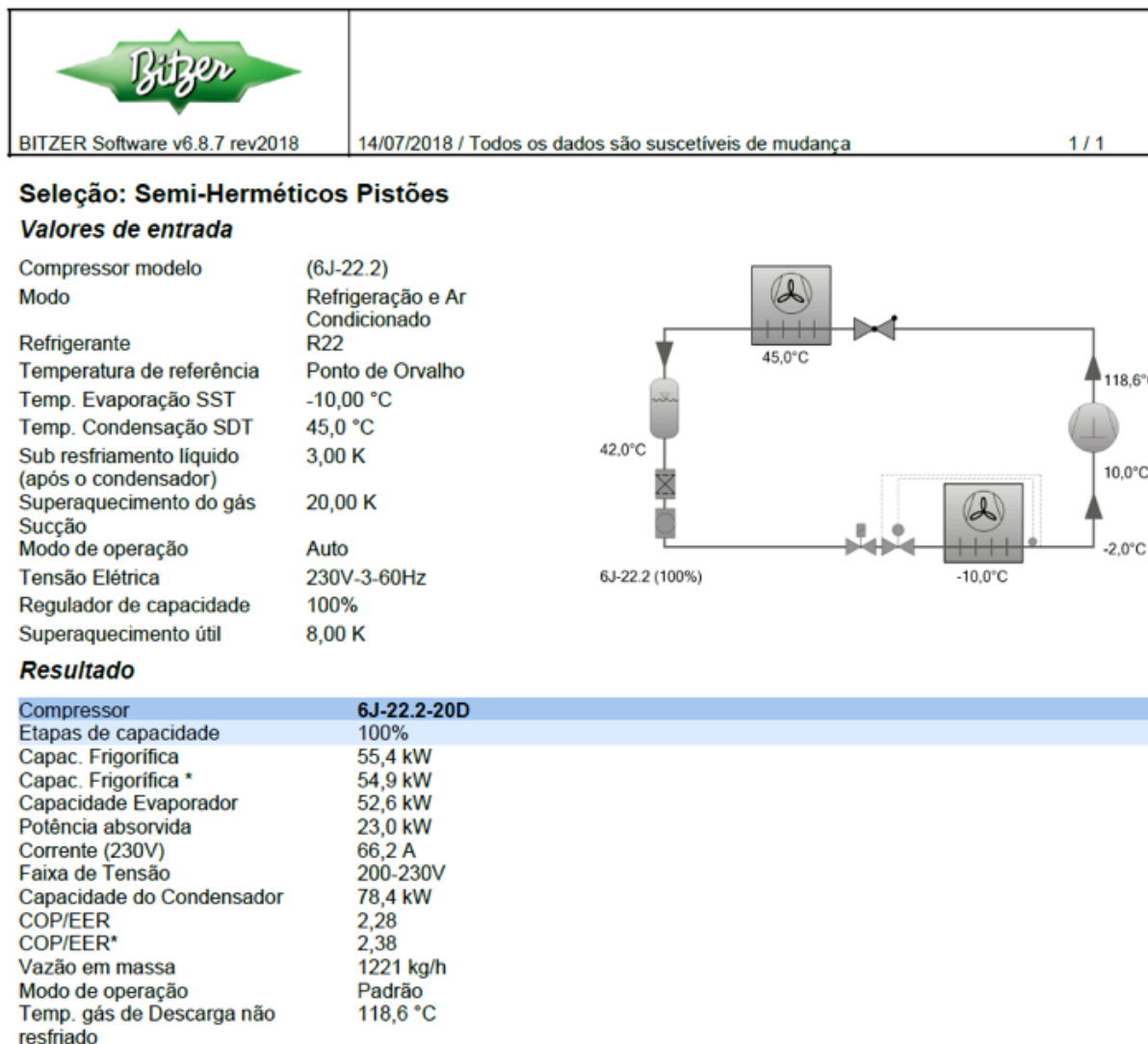
4.2.1 Compressor e condensador

O sistema de média temperatura possui um compressor do tipo semi-hermético trifásico em 220V/60Hz, 1.750 rpm (Bitzer, modelo 6J-22.2). A partida é realizada por meio de inversor de frequência, que também faz o controle de capacidade frigorífica pela variação da rotação do compressor em função do *set point* de pressão de sucção. Na sequência é apresentado o desempenho do compressor no regime de operação de projeto, conforme informações do fabricante:

- Temperatura de evaporação: -10°C ;
- Pressão manométrica de evaporação: 2,54 bar;
- Temperatura de condensação: $+45^{\circ}\text{C}$;
- Pressão manométrica de condensação: 16,1 bar;
- Sub-resfriamento: 3 K;
- Superaquecimento útil: 8 K;
- Superaquecimento do vapor na sucção: 20 K;
- Temperatura de sucção: 10°C ;
- Capacidade frigorífica nominal no regime: 52,6 kW;
- Potência absorvida no regime: 23,0 kW;
- Calor rejeitado no condensador: 78,4 kW;
- Coeficiente de Performance no regime (COP): 2,28; e
- Corrente nominal no regime (230 V): 66,2 A.

O esquemático do ciclo de refrigeração é ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Dados de projeto do compressor de resfriados obtidos pelo software da Bitzer



*segundo EN 12900 (temperatura gás sucção 20°C sem sub-resfriamento de líquido).

Fonte: Bitzer (2018)

O rack do compressor de média temperatura é composto pelos seguintes principais componentes de refrigeração:

- Separador de óleo;
- Reservatório de líquido horizontal;
- Filtro secador do tipo carcaça com elementos filtrantes;
- Coletor de líquido com válvulas de serviço tipo esfera das linhas de líquido;
- Coletor de sucção com válvulas de serviço tipo esfera das linhas de sucção;
- Acumulador de sucção; e
- Filtro de sucção do tipo carcaça com elemento filtrante.

O condensador (Refrio, modelo FCR 103 E 102 H) é arrefecido a ar do meio exterior e apresenta as seguintes características: capacidade nominal de 103.000 kcal/h (119,8 kW) e fluxo de ar horizontal, com dois ventiladores acionados por motores elétricos trifásicos de 1,2 HP (0,89 kW), 220V/60Hz.

4.2.2 Expositores frigoríficos

O sistema de refrigeração de média temperatura (MT) possui os seguintes expositores:

- ✱ Expositor vertical aberto de 10 m para laticínios e iogurtes (*Eletrofrio-Tyler*), composto por dois módulos de 3,75 m e um módulo de 2,50 m;
- ✱ Expositor vertical aberto para carnes (*Eletrofrio*, modelo AEHB-0), composto por um módulo de 2,5 m;
- ✱ Expositor vertical aberto para frutas, legumes e verduras (*Hussmann*, modelo CHB D5 12L), composto por um módulo de 3,670 m (12 ft);
- ✱ Expositor baixo aberto para frangos (*Hussmann*, modelo B-M1-8), composto por um módulo de 2,448 m (8 ft);
- ✱ Expositor vertical aberto para queijos e frios em peças (*Hussmann*, modelo CHB D5 6L), composto por um módulo de 1,829 m (6 ft).

O sistema de média temperatura não possui câmaras frigoríficas e salas de preparo. A Tabela 1 apresenta as cargas térmicas dos expositores de média temperatura, conforme informadas pelo fabricante.

Tabela 1 - Carga térmica dos balcões do sistema de média temperatura

Ambiente	Marca	Modelo	Comprimento [m]	Carga Térmica [kcal/h] [kW]	
Expositor de Laticínios/Iogurtes	Eletrofrio	Vertical <i>Tyler</i>	10,00	12.290	14,29
Expositor de Carnes	Eletrofrio	Vertical AEHB-0	2,50	3.510	4,08
Expositor de Frutas/Verduras/Legumes	<i>Hussmann</i>	Vertical CHB D5 12L	3,67	5.112	5,95
Expositor de Frangos	<i>Hussmann</i>	Baixo B-M1-8	2,45	1.016	1,18
Expositor de Queijos/Frios em peças	<i>Hussmann</i>	Vertical CHB D5 6L	1,83	2.256	2,62
Carga térmica total				24.184	28,13

4.3 Composição do sistema de baixa temperatura (BT) para produtos congelados e resfriados

A composição detalhada do sistema de refrigeração de baixa temperatura (BT) da loja é apresentada a seguir.

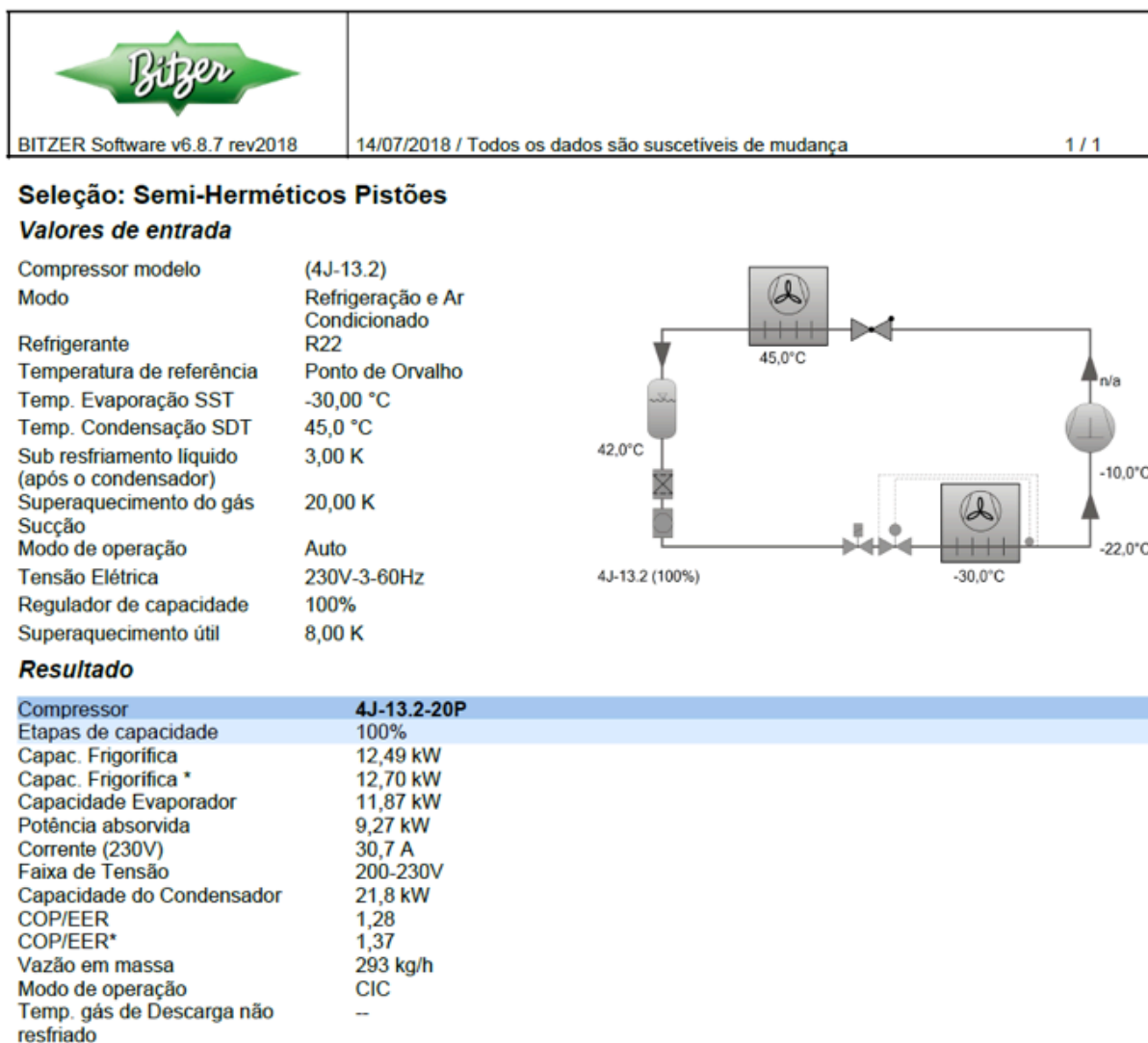
4.3.1 Compressor e condensador

O sistema de refrigeração de baixa temperatura (BT) é composto por um compressor do tipo semi-hermético trifásico em 220V/60Hz, 1.750 rpm (Bitzer, modelo 4J-13.2). A partida se dá por meio de inversor de frequência que também faz o controle de capacidade frigorífica pela variação da rotação do compressor em função do *set point* de pressão de sucção. Na sequência é apresentado o desempenho do compressor no regime de operação de projeto, conforme informações do fabricante:

- Temperatura de evaporação: $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Pressão manométrica de evaporação: 0,63 bar;
- Temperatura de condensação: $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Pressão manométrica de condensação: 16,1 bar;
- Sub-resfriamento: 3 K;
- Superaquecimento útil: 8 K;
- Superaquecimento do vapor na sucção: 20 K;
- Temperatura de sucção: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Capacidade frigorífica nominal no regime: 11,87 kW;
- Potência absorvida no regime: 9,27 kW;
- Calor rejeitado no condensador: 21,8 kW;
- Coeficiente de Performance no regime (COP): 1,28; e
- Corrente nominal no regime (230 V): 30,7 A.

O diagrama esquemático do ciclo de refrigeração é ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Dados de projeto do compressor de congelados obtidos pelo software da Bitzer



O rack do compressor de baixa temperatura é composto pelos seguintes principais componentes:

- Separador de óleo;
- Reservatório de líquido horizontal;
- Filtro secador do tipo carcaça com elementos filtrantes;
- Coletor de líquido com válvulas de serviço tipo esfera das linhas de líquido;
- Coletor de sucção com válvulas de serviço tipo esfera das linhas de sucção;
- Acumulador de sucção;
- Filtro de sucção do tipo carcaça com elemento filtrante; e
- Sistema de injeção de líquido (CIC).

A condensação é realizada por um condensador arrefecido a ar e apresenta as seguintes características: capacidade nominal de 52.000 kcal/h (60,48 kW) e fluxo de ar horizontal, com um ventilador acionado por motor elétrico trifásico de 1,2 HP (0,89 kW), 220V/60Hz (Refrio, modelo FCR 052 E 101 H).

4.3.2 Expositores frigoríficos

O sistema de refrigeração de baixa temperatura (BT) possui os seguintes expositores:

✳ Expositor vertical com oito portas para bebidas (Eletrofrio, modelo ESK-18 4P), composto por dois módulos de quatro portas;

✳ Expositor baixo aberto para frios fatiados (*Husmann*, modelo B-M1-8), composto por um módulo de 3,670 m (12 ft);

✳ Expositor vertical com três portas para produtos congelados (Eletrofrio, modelo ESK-18 3P), composto por um módulo de três portas.

O sistema de baixa temperatura não possui câmaras frigoríficas.

A Tabela 2 apresenta as cargas térmicas dos expositores do sistema de baixa temperatura, conforme informadas pelo fabricante.

Tabela 2 - Carga térmica dos balcões do sistema de baixa temperatura

Ambiente	Marca	Modelo	Comprimento [m]	Carga Térmica [kcal/h] [kW]	
Expositor de Bebidas	Eletrofrio	ESK-18 4P	8 Portas	4.400	5,12
Expositor de Congelados	Eletrofrio	ESK-18 3P	3 Portas	1.650	1,92
Expositor de Frios Fatiados	<i>Husmann</i>	Baixo B-M1-12	3,67	1.524	1,77
Carga térmica total				7.574	8,81

4.4 Levantamento de dados paramétricos

O processo de levantamento de dados paramétricos é descrito a seguir.

4.4.1 Temperaturas em expositores

Foram instalados sensores de temperatura (*dataloggers*) nos expositores do sistema de resfriados e de congelados para registro das temperaturas dos expositores durante um período de 48 horas.

Os sensores foram inseridos dentro do ambiente do expositor frigorífico em uma posição próxima às mercadorias e fixados por abraçadeiras de nylon conforme exemplo das Figuras 12 e 13.

Figura 12 – *Datalogger* de temperatura instalado dentro do expositor de bebidas



Figura 13 – Datalogger instalado em expositor de carnes



Na sequência, a Tabela 3 apresenta as temperaturas medidas nos expositores (pré-intervenção).

Tabela 3 – Temperatura medida nos expositores (pré-intervenção)

Local	Temperatura (°C)
Carne	2,7
Frios e Queijos (em peças)	4,2
Laticínios/iogurtes (central)	3,0
Verduras	11,3
Frango Congelado	-12,2
iogurte	1,7
Frios e Queijos (fatiados)	4,0
Bebidas	4,8

4.4.2 Desempenho dos compressores

Os dados apresentados a seguir foram coletados dos compressores e condensadores dos sistemas de média e baixa temperatura ao longo de uma semana.

4.4.2.1 Rack de resfriados

A Tabela 4 apresenta as propriedades medidas, por meio do equipamento *Climacheck*, do sistema de média temperatura (resfriados). Nota-se que o valor de sub-resfriamento está abaixo do mínimo recomendado de 3 K, valor necessário para evitar evaporação do fluido na pré-expansão (MORAN et al., 2018), ocasionando problemas na expansão do fluido por escoamento multifásico. O superaquecimento estava elevado, ocorrendo perda de desempenho no compressor e alta temperatura de descarga. O valor da temperatura de descarga, até então, estava acima do valor recomendado pelo fabricante Bitzer (valor recomendado = 120 °C, conforme boletim técnico KT-130-1). Um dos diagnósticos de alto superaquecimento é a baixa carga de fluido frigorífico nos sistemas, que pode ser ocasionada por vazamentos (SILVA, 2004), corroborada pela baixa pressão de sucção do compressor. O superdimensionamento do compressor de resfriados em relação à carga térmica (52,6 kW de capacidade contra 28,13 kW de carga térmica), como mostram os dados da Figura 10 e da Tabela 1, fazia o inversor de frequência modular a rotação, mantendo o compressor em funcionamento em boa parte do tempo. Contudo, ainda assim operava com baixa temperatura de evaporação devido às baixas cargas térmicas, reduzindo o COP (Coeficiente de Performance) e, consequentemente, aumentando o consumo de energia nestas condições de operação.

Tabela 4 – Propriedades medidas e calculadas do sistema de resfriados (pré-intervenção)

Propriedades (sistema de resfriados)	Dados medidos
Pressão manométrica de alta (bar)	14,0
Temperatura de condensação relativa à alta pressão (°C)	39,0
Pressão manométrica de baixa (bar)	1,72
Temperatura de evaporação relativa à baixa pressão (°C)	-17,2
Temperatura de sucção(°C)	14,94
Superaquecimento total (K)	32,14
Temperatura de descarga (°C)	126,65
Temperatura pré-expansão (°C)	38,00
Sub-resfriamento total (K)	1,0
COP Instantâneo médio (-)	1,93

4.4.2.2 Rack de congelados

A Tabela 5 apresenta as propriedades medidas, por meio do equipamento *Climacheck*, do sistema de baixa temperatura. Nesta repete-se as explicações do item 4.4.2.1, onde há baixo sub-resfriamento e alto superaquecimento. Todavia, apesar do alto superaquecimento, a temperatura de descarga do compressor estava adequada graças ao funcionamento constante do sistema de resfriamento da sucção do compressor (CIC), o qual é obrigatório para compressores que operam em baixas temperaturas de evaporação.

Notou-se, durante a intervenção, que o tempo de funcionamento do compressor de congelados é baixo e com acionamentos frequentes. Isto ocorre porque a maior parcela da carga térmica do sistema de congelados é do expositor vertical para bebidas. Este equipamento opera com temperaturas acima de zero, que é atingida mais rápido, já que o expositor está conectado ao sistema de congelados (e não ao de resfriados como utilizado normalmente). Por este motivo, o expositor é desligado e ligado frequentemente por *set point* de temperatura. Desta forma, a redução drástica de carga térmica quando o expositor de bebidas é desligado por temperatura faz o inversor de frequência reduzir rapidamente a rotação do compressor, desligando-o na sequência.

Tabela 5 – Propriedades medidas e calculadas do sistema de congelados (pré-intervenção)

Propriedades (sistema de congelados)	Dados medidos
Pressão manométrica de alta (bar)	12,86
Temperatura de condensação relativa à alta pressão (°C)	36,2
Pressão manométrica de baixa (bar)	0,84
Temperatura de evaporação relativa à baixa pressão (°C)	-27,1
Temperatura de admissão (°C)	18,36
Temperatura de descarga (°C)	99,65
Temperatura pré-expansão (°C)	35,47
Superaquecimento total (K)	45,46
Sub-resfriamento total (K)	0,73
COP Instantâneo (-)	1,83

4.4.3 Análise do fluido frigorífico utilizado no sistema

A análise do fluido frigorífico HCFC-22 existente no sistema foi realizada por meio de aparelho identificador de fluidos frigoríficos (*Neutronics* RI 700H). Foi verificado que o sistema estava com 97,3% de HCFC-22 e 2,7% de HFC-410A. Apesar do fluido frigorífico utilizado no sistema de refrigeração conter uma pequena parcela de HFC-410A, a quantidade apontada (2,7%) não é considerada um fator crítico para o sistema. Contudo, ressalta-se a importância de utilizar fluidos frigoríficos de empresas idôneas, que comercializam fluidos puros, sem contaminação. Além disso, a amostra apontou 6,4% de ar. A referência padrão para amostra de fluidos contaminados, conforme ABNT NBR 16667/2017, é de 3% (ABNT, 2017). A presença de ar no sistema pode reduzir o desempenho do ciclo de refrigeração. O ar pode ter entrado durante as operações de manutenção. Possivelmente, no momento em que o vácuo foi feito entrou o ar pelos orifícios (pontos de vazamentos), antes da introdução de um novo fluido frigorífico.

4.4.4 Vazamento do fluido frigorífico

O consumo do fluido frigorífico HCFC-22 antes da intervenção correspondeu à uma taxa anual de 62% da carga instalada, conforme monitoramento realizado pela administração da loja e comprovado pelas medições dos itens 4.4.2 e 4.4.3.

4.5 Identificação dos principais pontos críticos

Além do levantamento de dados referente às condições de operação do sistema de refrigeração, as visitas técnicas iniciais ao supermercado Yamada Express Nazaré também viabilizaram uma análise da situação física da instalação frigorífica, amparada pela utilização do detector eletrônico de gases halogenados para identificação de microvazamentos.

Foi realizado o levantamento da carga térmica de refrigeração da loja, conforme Tabelas 1 e 2, para comparar com a capacidade frigorífica dos compressores, conforme Figuras 10 e 11, e condensadores instalados, bem como análise do dimensionamento das válvulas e controles do sistema.

Diante deste contexto, os principais pontos críticos em relação aos vazamentos de fluido frigorífico foram identificados e serão descritos a seguir.

4.5.1 Operação do compressor de média temperatura

Conforme Tabela 1, a carga térmica do sistema de média temperatura no valor de 28,13 kW corresponde à metade da capacidade frigorífica do compressor no regime de operação de projeto, que é de 52,6 kW, apresentado na Figura 10. O sistema operava frequentemente com temperatura de evaporação abaixo da temperatura de projeto, desregulado e com variações frequentes na rotação do compressor devido à folga de capacidade em relação à carga térmica e ajuste inadequado no controle eletrônico do inversor de frequência. Quando algum expositor entrava no período de degelo ou atingia temperatura desejada, o compressor entrava em processo de ciclagem (liga-desliga), devido à maior redução da carga térmica nesta circunstância. Essas situações provocavam aquecimento do motor do compressor acima do normal, resultando na redução dos índices de confiabilidade do sistema e no aumento de consumo de energia elétrica.

4.5.2 Operação do compressor de baixa temperatura

Os expositores de produtos resfriados (bebidas e frios fatiados) respondiam por 78% da carga térmica do sistema de baixa temperatura, o que não deveria ocorrer, haja visto que este sistema foi planejado para produtos congelados. Em regime de baixa temperatura, havia apenas um expositor vertical com três portas para produtos congelados.

Esse modo de operação não é benéfico para o compressor, pois trabalha em baixa temperatura com um COP (Coeficiente de Performance) reduzido somente para atender a uma pequena carga térmica de produtos efetivamente congelados, equivalente a 22% do total.

Este compressor também operava desregulado em processo de aceleração e desaceleração frequentes, pois, além da folga de capacidade do compressor em relação à carga térmica (34,7%), as temperaturas nos expositores de resfriados ligados a este sistema eram atingidas mais facilmente, pois operavam com *set points* mais altos em relação a um regime de baixa temperatura.

O compressor entrava em processo de ciclagem (liga-desliga) principalmente quando o expositor de bebidas atingia temperatura ou entrava em processo de degelo, devido à drástica queda da carga térmica. Nesta situação, o compressor trabalhava com aquecimento do motor acima do normal, resultando na redução de sua vida útil.

4.5.3 Operação dos compressores com baixa carga de fluido refrigerante

Além dos problemas operacionais dos compressores citados nos itens 4.5.1 e 4.5.2, a falta de massa de fluido refrigerante, constatada através do visor de nível de fluido refrigerante do tanque de líquido, contribuía ainda mais para que os compressores trabalhassem com baixa pressão na maior parte do tempo, principalmente o compressor do sistema de resfriados, e, conseqüentemente, com redução na capacidade frigorífica, conforme atestado pelo *Climacheck* e apresentado nas Tabelas 4 e 5.

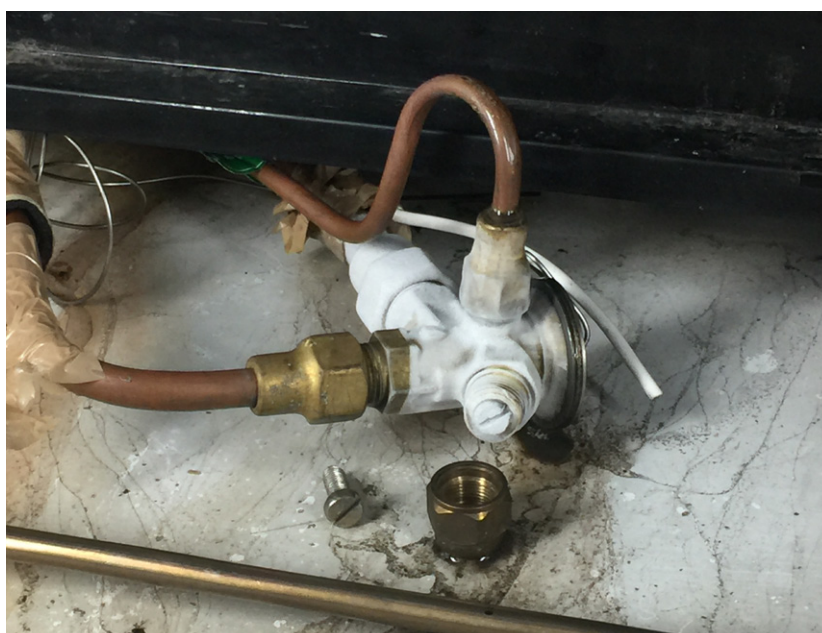
Nessa condição, o inversor de frequência diminuía a rotação do compressor, além de entrar no processo de ciclagem (liga-desliga) nos momentos de degelo dos expositores. Os expositores frigoríficos não operavam na condição ideal de temperatura para as mercadorias em todo o tempo, pois sem vazão de fluido refrigerante adequada os evaporadores não conseguiam retirar toda a carga térmica desses equipamentos.

Os compressores estavam com temperaturas de sucção altas, devido ao alto superaquecimento do fluido refrigerante. Isto, por sua vez, ocasionava sobreaquecimento nos motores elétricos e altas temperaturas de descarga. Nessas condições, a temperatura do óleo dos compressores também ficava alta, ocasionando a deterioração e diminuição da viscosidade, ou seja, falha no processo de lubrificação das partes móveis dos compressores.

4.5.4 Expositores de produtos resfriados e congelados

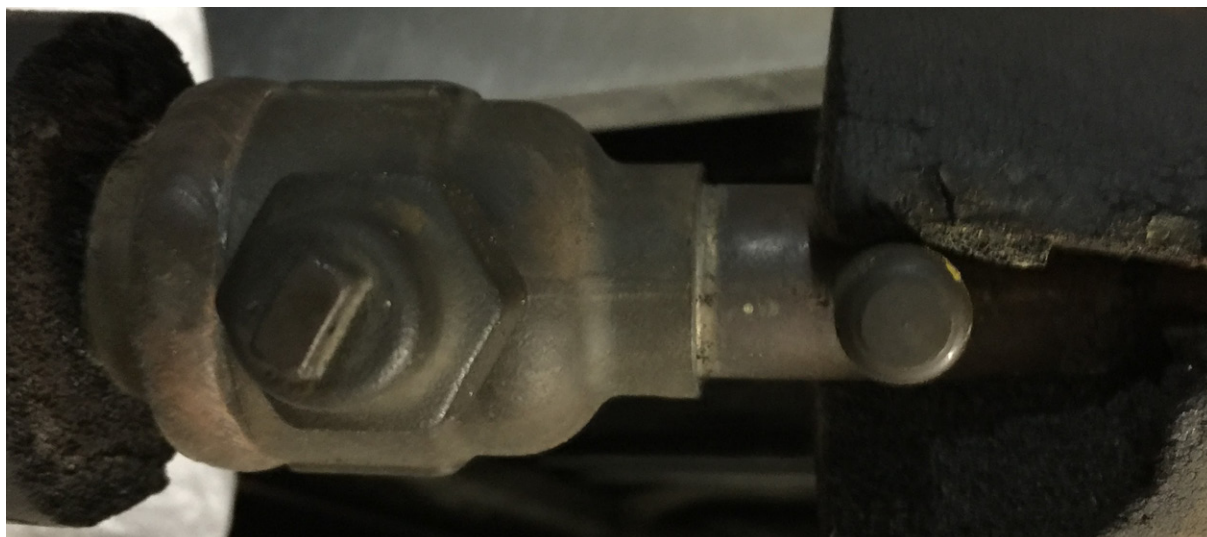
De um total de 17 válvulas de expansão dos expositores, oito delas tinham conexões com porca e flange manual apresentando microvazamentos, conforme Figura 14.

Figura 14 – Válvula de expansão com flange manual e porca de refrigeração comum



Verificou-se que as válvulas de serviço tipo esfera dos expositores apresentavam vazamento no dispositivo de abertura/fechamento e/ou na válvula *Schrader*, conforme Figura 15.

Figura 15 – Exemplo de válvula esfera com vazamento



As válvulas *Schrader* instaladas diretamente na tubulação estavam com vedação deficiente e sem tamponamento adequado, conforme Figura 16. Com o tempo, a borracha de vedação da tampa da válvula *Schrader* com elastômero se torna permeável ou é danificada por influências mecânicas, comprometendo a vedação. Destaca-se que a tampa mais eficaz para vedação das válvulas *Schrader* é a do tipo com selo de cobre.

Figura 16 – Válvula *Schrader* instalada diretamente na tubulação sem tamponamento adequado



4.5.5 Condensadores

Os condensadores do sistema de refrigeração não apresentavam pontos críticos de vazamentos, com exceção das válvulas *Schrader* instaladas nos coletores de alta pressão e de alta temperatura.

4.5.6 Tubulação frigorífica

A tubulação frigorífica se apresentava com deficiências nos suportes de sustentação, na fixação e no isolamento térmico, conforme exemplo ilustrado na Figura 17.

Figura 17 – Tubulação solta nos suportes e com isolamento deficiente



Algumas válvulas do tipo esfera, em más condições de uso, estavam instaladas na tubulação sem função alguma, propiciando a possibilidade de vazamentos nos dispositivos de abertura e fechamento ou nas válvulas *Schrader*, conforme Figura 18.

Figura 18 – Válvulas esferas que apresentaram vazamento



4.5.7 Racks de compressores

Alguns componentes dos racks de compressores apresentavam pontos críticos de vazamento (ver Figuras 19 a 22), conforme destacado abaixo:

- Separadores de óleo antigos com flanges parafusadas e com vedação deficiente;
- Coletores com pontos de corrosão nas conexões;
- Acumuladores e filtros de sucção com superfícies corroídas.

Contudo, outros itens importantes também estavam em situação ruim, como a tubulação dos racks, que apresentava áreas de brasagem deficientes, e as mangueiras para tomada de pressão ressecadas com conexões oxidadas, entre outros itens.

Figura 19 – Separador de óleo com vedação deficiente



Figura 20 – Coletor de sucção com conexões corroídas



Figura 21 – Acumulador de sucção completamente corroído



Figura 22 – Filtro de sucção corroído



As análises do óleo de cada um dos compressores apontaram acidez no sistema, conforme Figura 23.

Figura 23 – Amostra de óleo apontando acidez nos sistemas (a cor amarela indica acidez)



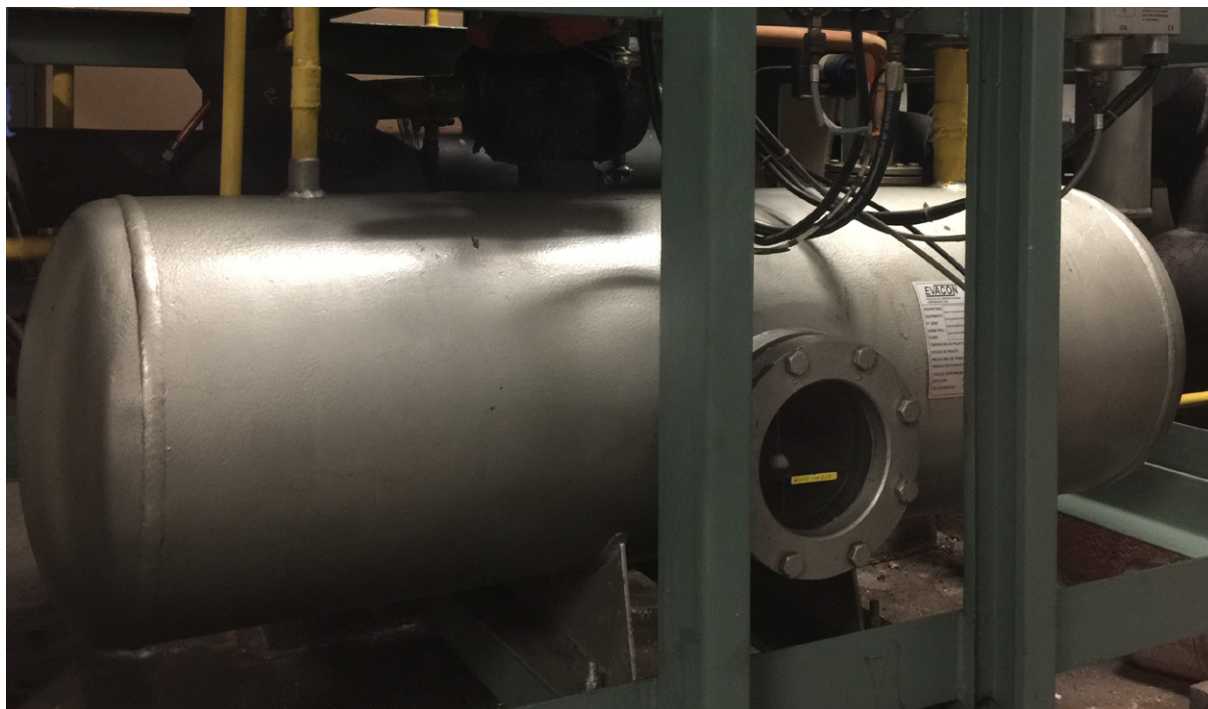
Além dos pontos críticos de vazamentos identificados, destaca-se que os reservatórios de líquido estavam desatualizados em relação à norma brasileira ABNT NBR 13598 de vasos de pressão para refrigeração, com pressão de projeto menor do que o valor recomendado pela norma, conforme Figuras 24 e 25 (ABNT, 2018).

A ABNT NBR 13598 recomenda que a pressão de projeto mínima, para um sistema com condensação a ar e temperatura de bulbo seco máxima do ambiente até 43° C, seja de 2.588 kPa ou 26,39 kgf/cm². A Figura 24 mostra a plaqueta de identificação do reservatório de líquido do sistema de resfriados (MT) com pressão de projeto de 21 kgf/cm². O mesmo valor foi adotado para o projeto do reservatório de líquido do sistema de congelados (BT).

Figura 24 – Plaqueta de identificação do recipiente de líquido

EVACON INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA REFRIGERAÇÃO LTDA		RUA GUARANÁ, Nº 587 TEL/FAX: (11)4044-1533 - VENDAS: (11) 43-4833 BAIRRO SERRARIA - DIADEMA - E-MAIL: vendas@evacon.com.br - www.evacon.com.br		INDÚSTRIA BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO			
PROPRIETÁRIO	L. GUIMARÃES				CLASSE	9	
EQUIPAMENTO	TANQUE HORIZONTAL				GRUPO	5	
Nº SÉRIE	04/2013	TAG	2013-013	DATA	01/07/04	CATEGORIA	
NORMA PROJ.	ASME VIII - DIV. 1 - ED. 2001						
FLUIDO	R22						
TEMPERATURA DE PROJETO	80	°C	VOLUME			Lt	
PRESSÃO DE PROJETO	21.0	(kgf/cm ²) / (kPa)	PESO VAZIO			kg	
PRESSÃO MÁX. DE TRABALHO	21.0	(kgf/cm ²) / (kPa)	PESO CHEIO			kg	
PRESSÃO TESTE HIDROSTÁTICO	27.5	(kgf/cm ²) / (kPa)					
PRESSÃO TESTE PNEUMÁTICO	23.0	(kgf/cm ²) / (kPa)					
ESPESSURA	CASCO	5.25	mm	TAMPO	5.35	mm	
ESP. DE CORROSÃO	CASCO	1.0	mm	TAMPO	1.0	mm	
				LIMITADO	TAMPO	☒	
					CASCO	☐	

Figura 25 – Recipiente de líquido em desacordo com a norma ABNT NBR 13598 de vasos de pressão para refrigeração





Projeto Demonstrativo Yamada

Parte 2: Implementação do Plano de Intervenção

Após o levantamento dos pontos críticos, foi realizada uma análise técnica da situação em conjunto com a equipe do supermercado e formulado um plano de ação para a intervenção no sistema de refrigeração da loja. Foram definidas todas as peças e componentes que deveriam ser substituídos e quais ferramentas, equipamentos e quantidade de técnicos seriam necessários para a execução dos trabalhos.

O Plano de Trabalho é apresentado no Anexo 1. Os Anexos 2 e 3 retratam os diagramas esquemáticos do sistema de refrigeração antes da intervenção. Os Anexos 4 e 5 apresentam os diagramas esquemáticos executados para melhoria do sistema (pós-intervenção).

As ferramentas e materiais necessários para a realização deste projeto foram adquiridas de forma compartilhada com recursos do Projeto para o Setor de Serviços do PBH e do Grupo Y. Yamada, no valor total de US\$ 110.000,00. Todo o processo de compras realizado no âmbito do PBH ocorreu por licitação, realizada pelo PNUD com apoio técnico da GIZ. O plano de intervenção, implementado em abril de 2018, foi dividido em duas etapas, sendo a primeira o treinamento e capacitação da equipe técnica do supermercado envolvida, e a segunda a implementação das melhorias e modificações no sistema de refrigeração.

5.1 Treinamento e capacitação da equipe técnica

O treinamento em boas práticas na refrigeração comercial da equipe técnica, envolvida na implementação do projeto, foi realizado na sede do Grupo Y. Yamada localizada no centro comercial de Belém (PA). O curso, que foi ministrado por especialistas da GIZ, teve carga horária de 24 horas. No total, foram capacitados 13 técnicos da equipe do supermercado Yamada, como apresentado nas Figuras de 26 a 28.

O curso envolveu trabalhos práticos (70%) e aulas teóricas (30%). Durante o curso foram abordados temas como:

- Proteção da Camada de Ozônio, Protocolo de Montreal, Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH);
- Segurança na refrigeração;

- Técnicas que permitem a redução de vazamentos de fluidos frigoríficos, com foco na manutenção corretiva;
- Recolhimento, reciclagem e reutilização de fluidos frigoríficos;
- Métodos de detecção de vazamentos;
- Atividades de manutenção preventiva planejada;
- Registro de dados técnicos;
- Práticas para manter o sistema de refrigeração em condições seladas;
- Operação com tubulações (brasagem, alargamento, dobramento, flangeamento e outros (ver Figura 27);
- Instalação de isolamento térmico (ver Figura 28);
- Fixação de tubulação e componentes;
- Alinhamento detalhado e divisão das responsabilidades para as atividades a serem implementadas na loja.

Figura 26 – Capacitação em boas práticas para a equipe Yamada



Figura 27 – Treinamento de brasagem



Figura 28 – Treinamento sobre isolamentos térmicos promovido pela Armacell



Do material didático utilizado constam publicações elaboradas pelo projeto, tais como:

- Treinamento e Capacitação para Boas Práticas em Sistemas de Refrigeração Comercial (MMA; GIZ, 2017);
- Guia de Boas Práticas 1 - Controle de Vazamento (MMA; GIZ, 2015a);
- Guia de Boas Práticas 2 - Características de Sistemas de Refrigeração em Condições Seladas (MMA; GIZ, 2015b);
- Guia de Boas Práticas 3 - Manutenção de Sistemas de Refrigeração (MMA; GIZ, 2015c).

5.2 Intervenção

No período entre os dias 21/04/2018 a 29/04/2018 foi realizada a intervenção no sistema de refrigeração da loja, por uma equipe composta por:

- Quatro técnicos e um engenheiro da empresa RR Refrigeração (prestadora de serviços de instalação e manutenção para o supermercado Y. Yamada);
- Três técnicos da empresa MNL Serviços de Refrigeração (prestadora de serviços de instalação e manutenção para o supermercado Y. Yamada);
- Três consultores da GIZ.

Todo o processo de intervenção foi previamente planejado para ser executado em fases, sem prejuízos para a operação da loja, para que o necessário desligamento de evaporadoras, compressores e condensadores não causasse perdas de produtos, perdas de vendas ou quaisquer incômodos aos consumidores. A loja foi mantida aberta e operante.

Primeiro e Segundo Dia

A fase de intervenção, propriamente dita, iniciou com o desligamento do sistema de baixa temperatura, para que fossem realizadas as intervenções específicas nos expositores de bebidas, frangos congelados e frios fatiados. Estas atividades foram executadas por três técnicos da Yamada, com apoio dos consultores da GIZ, em apenas dois dias (somente no período diurno). O objetivo foi realizar o processo com qualidade e o mais rápido possível. Para evitar perda de produtos, todas as mercadorias de expositores que sofreram intervenção foram alocadas em ilhas do tipo self ou em expositores apropriados. Com isso, a liberação para o funcionamento dos expositores ocorreu já ao final do segundo dia, no período noturno.

Paralelamente a estas atividades, realizadas no sistema de baixa temperatura, iniciou-se a instalação do sistema de detecção de vazamentos, que foi realizada por um funcionário do supermercado Yamada e um dos consultores da GIZ (ver 5.2.5.).

Terceiro ao Sexto Dia

Com o sistema de baixa temperatura voltando a operar após as intervenções nos expositores, no terceiro dia foram iniciados os trabalhos no sistema de média temperatura. Desta vez, a intervenção previa a parada total do compressor e expositores correspondentes, para realização completa dos trabalhos previstos, ou seja, intervenção no rack do compressor e nos expositores frigoríficos ligados a este sistema. Da mesma forma, como ocorreu no sistema de baixa temperatura, todos os produtos que estavam nos expositores de resfriados foram realocados com segurança.

Nessa fase de intervenção atuaram duas equipes ao mesmo tempo. As atividades nos expositores frigoríficos do sistema de média temperatura foram realizadas por três técnicos e

a intervenção no rack do compressor foi executada por outros três técnicos e um engenheiro. Todos os trabalhos foram supervisionados pelos consultores da GIZ.

Com a parada do sistema de média temperatura por completo, as atividades foram realizadas durante o dia, se estendendo até à noite, durante o período de três dias. Ao final deste período foram realizados os testes de pressão e início do vácuo no sistema, por meio de uma bomba de vácuo que permaneceu ligada até a manhã do dia seguinte.

No sexto dia da intervenção foi liberado o sistema de média temperatura para funcionamento normal e efetuadas as regulagens de temperaturas e pressões do sistema.

Sétimo ao Nono Dia

Ainda no sexto dia foi iniciada a intervenção no rack do compressor de baixa temperatura com nova parada deste sistema e, consequentemente, com reposicionamento adequado dos produtos para evitar perdas. Quatro técnicos e um engenheiro trabalharam na intervenção no rack do compressor de congelados durante dois dias, sempre com acompanhamento dos consultores da GIZ.

No final deste período, da mesma forma como foi feito para o sistema de média temperatura, foram realizados os testes de pressão e iniciado o vácuo no sistema, por meio de uma bomba de vácuo que permaneceu ligada até a manhã do dia seguinte. Foi concluída a instalação do sistema de detecção de vazamentos.

No oitavo dia da intervenção foi liberado o sistema de baixa temperatura para funcionamento normal e efetuadas as regulagens de temperaturas e pressões do sistema.

Já no nono e último dia da intervenção foi realizado acompanhamento do funcionamento dos dois sistemas, com as medições necessárias, e o processo de intervenção foi finalizado com o preenchimento de toda a documentação referente à mesma.

A seguir, nos itens 5.2.1 a 5.2.5 são detalhados todos os procedimentos técnicos realizados nos equipamentos, com a menção dos componentes substituídos ou acrescentados durante a fase de intervenção.

5.2.1 Intervenção nos expositores frigoríficos e condensadores

Para realizar as intervenções nos expositores frigoríficos, tubulação e condensador de cada sistema, foram realizados os procedimentos adequados para recolhimento do fluido frigorífico. Inicialmente, foi transferida a maior parte do HCFC-22 do sistema para o tanque de líquido do compressor. A carga de fluido frigorífico remanescente na tubulação frigorífica, nos evaporadores dos expositores e no condensador foi recolhida por meio de uma máquina recolhadora e armazenada em cilindros apropriados para recolhimento, conforme ABNT NBR ISO 4706

(ABNT, 2012) e Resolução CONAMA nº340 (CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2003). A Resolução CONAMA nº. 340, que dispõe sobre a utilização de cilindros retornáveis para o armazenamento de gases que destroem a Camada de Ozônio, é de cumprimento obrigatório em todo o território nacional.

Os sete cilindros de recolhimento tinham dois tamanhos diferentes, quatro com capacidade nominal de água para 41,9 litros e três com capacidade nominal de água para 21,6 litros. Todos os cilindros tinham pressão de serviço de 400 psi e válvula de alívio de pressão de 600 psi. Foi efetuado o vácuo em todos estes cilindros antes da transferência e armazenamento do HCFC-22.

Antes de realizar efetivamente a intervenção em um expositor frigorífico, foi executada a higienização de cada módulo de expositor para remoção do excesso de sujeira, resíduos sólidos e incrustações. Os evaporadores limpos e sem incrustações melhoram o desempenho dos trocadores de calor. Independentemente do tipo de expositor frigorífico, a limpeza foi efetuada sempre por dois técnicos, por meio de lavadora de alta pressão com jato de água. Primeiro foram retiradas todas as mercadorias armazenadas e desligada a energia do expositor. Removidas as bandejas, os componentes elétricos foram protegidos com sacos plásticos para evitar o jato de água diretamente sobre eles.

Finalizada a limpeza do expositor e evaporador, iniciou-se o trabalho de substituição das válvulas de serviço tipo esfera dos expositores, cuja função é isolar o expositor para procedimentos de manutenção. Além da substituição das válvulas, foram instalados filtros nas linhas de líquido para evitar que sujeira ou partículas possam se alojar nas válvulas de expansão (ver Figura 29). Em alguns expositores foram substituídas as válvulas solenoides, que apresentavam microvazamentos nas conexões brasadas.

Figura 29 – Filtro na linha de líquido



De um total de 17 válvulas de expansão, foram substituídas oito com conexões flangeadas, que apresentavam microvazamentos, por válvulas de expansão com conexões brasadas (*Danfoss*, modelo *TUA*) com orifício intercambiável, conforme Figura 30. Nestas brasagens foram utilizadas varetas de solda com 45% de prata.

Figura 30 – Válvula de expansão com conexões brasadas (*Danfoss*, modelo *TUA*)



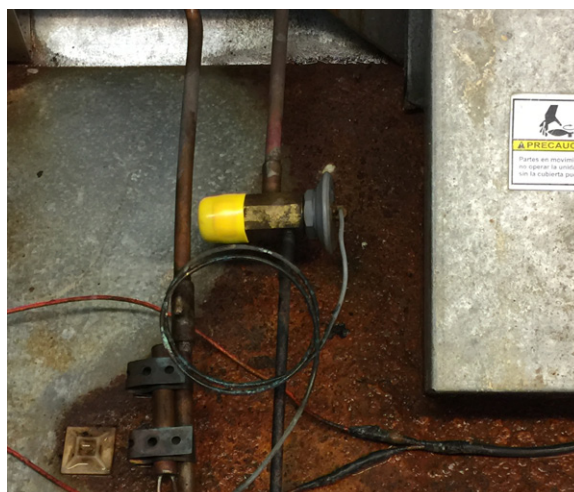
Por apresentarem vazamento de fluido frigorífico, foram trocados os núcleos de todas as válvulas *Schrader* instaladas diretamente na tubulação. Foram removidas as tampas de vedação com superfície recartilhada e borracha de vedação e substituídas por porcas sextavadas com selo de cobre (ver Figura 31).

Figura 31 – Válvula *Schrader* para tomada de pressão no tubo de sucção do expositor de laticínios/iogurtes



Nove das 17 válvulas de expansão foram mantidas por possuírem conexões brasadas (ver Figura 32), pois não apresentaram vazamentos de fluido refrigerante durante os testes com o detector eletrônico de gases halogenados.

Figura 32 – Válvula de expansão com conexões brasadas original do expositor *Hussmann*



Foram removidas as tampas de vedação de todas as válvulas *Schrader* dos condensadores e substituídas por porcas sextavadas com selo de cobre, adequadas para evitar vazamentos nesse tipo de válvula (ver Figura 33).

Figura 33 – Válvulas *Schrader* para tomada de pressão no condensador com porca sextavada e selo de cobre



5.2.2 Intervenção nos racks de compressores

Para realizar as intervenções nos racks de compressores de cada sistema foram realizados os procedimentos adequados para recolhimento do fluido refrigerante. O trabalho de intervenção nos racks de compressores foi realizado por quatro técnicos e um engenheiro dedicados exclusivamente a este serviço.

A maior parte do HCFC-22 do sistema foi transferida para o tanque de líquido de cada um dos compressores. A carga de fluido refrigerante remanescente na tubulação frigorífica,

nos evaporadores dos expositores e no condensador foi recolhida por meio de uma máquina recolhadora e armazenada nos cilindros apropriados para recolhimento com capacidade nominal de água para 41,9 litros e 21,6 litros.

Em seguida, foi necessária a transferência de toda a carga de fluido frigorífico, que fora recolhida para os tanques de líquido dos racks para os cilindros apropriados de recolhimento, já que os tanques de líquido seriam substituídos durante a intervenção. Antes do recolhimento do gás para os cilindros foi realizado vácuo em cada um deles chegando a valores próximos de $1000 \mu\text{Hg}$.

Para definir a carga máxima de fluido frigorífico para cada cilindro foi realizado o cálculo expresso na equação abaixo. A recomendação é que os cilindros não devem ser preenchidos com mais de 80% do seu volume com fluido frigorífico líquido.

Cálculo de carga máxima de fluido frigorífico:

$$C = V_c \times d \times 0,8$$

Onde:

C = Carga máxima de fluido frigorífico no cilindro [kg]

V_c = Volume do cilindro [dm^3]

p = Densidade do fluido frigorífico a 35°C [kg/dm^3]

A densidade do HCFC-22 líquido a uma temperatura de 35°C é de $1,15 \text{ kg}/\text{dm}^3$.

Então, para o cilindro de 41,9 litros ($41,9 \text{ dm}^3$) tem-se:

$$C = 41,9 \times 1,15 \times 0,8 = 38,55 \text{ kg de carga máxima de HCFC-22}$$

O cilindro de 41,9 litros vazio pesa 22,4 kg (tara). Portanto, colocando o cilindro sobre uma balança, o peso máximo indicado na balança após a transferência do fluido frigorífico não deve ultrapassar $38,55 + 22,4 = 60,95 \text{ kg}$.

Para o cilindro de 21,6 litros ($21,6 \text{ dm}^3$) tem-se o seguinte cálculo:

$$C = 21,6 \times 1,15 \times 0,8 = 19,87 \text{ kg de carga máxima de HCFC-22}$$

O cilindro de 21,6 litros vazio pesa 13,0 kg. Portanto, colocando o cilindro sobre uma balança, o peso máximo indicado na balança, após a transferência do fluido frigorífico, não deve ultrapassar $19,87 + 13,0 = 32,87 \text{ kg}$.

A carga total de fluido frigorífico do sistema de resfriados transferida para os cilindros foi de 109,81 kg. Já a carga do sistema de congelados foi de 66,06 kg. O procedimento de recolhimento do fluido frigorífico para o reservatório de líquido e deste para os cilindros apropriados

durou em torno de quatro horas para cada sistema. Todo o fluido frigorífico recolhido de cada sistema foi devidamente acondicionado de modo a ser utilizado novamente após a intervenção. Antes de transferir o fluido frigorífico para os cilindros, foi removido todo o ar e umidade por meio de uma bomba de vácuo, chegando a valores de pressão próximos de $1000 \mu\text{Hg}$.

Durante os trabalhos, os componentes dos racks foram substituídos devido ao alto grau de corrosão. Por questões de segurança operacional, os reservatórios de líquido, que estavam desatualizados em relação à norma brasileira ABNT NBR 13598 (ABNT, 2018) de vasos de pressão, foram substituídos, conforme apresentado no Capítulo 4.

Foram mantidos apenas os compressores, os filtros secadores de carcaça para as linhas de líquido, coletores das linhas de líquido e as estruturas dos racks, conforme as Figuras 34 e 35.

Figura 34 – Rack de resfriados antes da intervenção



Figura 35 – Rack de resfriados somente com o compressor e sua estrutura para instalação dos novos componentes



Todos os novos componentes foram montados e fixados na estrutura remanescente das máquinas.

A Figura 36 mostra os novos componentes montados na máquina do sistema de média temperatura (resfriados), tais como, coletor e tubos de sucção com válvulas de serviço tipo esfera, filtro de sucção tipo carcaça, acumulador de sucção, separador de óleo. O coletor da linha de líquido foi mantido, no entanto, as válvulas de serviço tipo esfera foram substituídas.

Figura 36 – Rack de resfriados em processo de montagem (vista traseira)



Na Figura 37 aparecem em destaque o novo tanque de líquido vertical — atendendo à norma ABNT NBR 13598 (ABNT, 2018) —, a nova tubulação de descarga e de líquido, além das mangueiras adequadas para tomadas de pressão. O filtro secador de carcaça da linha de líquido foi reaproveitado. O tanque de líquido foi fornecido com visores de nível de fluido frigorífico e sensor de alarme de nível baixo e também um novo sistema de retorno de óleo, com tanque pulmão de óleo, boia de nível de óleo e novos tubos de distribuição de óleo.

Figura 37 – Rack de resfriados em processo de montagem (vista frontal)



Na Figura 38 observa-se o detalhe da saída da válvula de segurança para o lado de baixa pressão, solução adotada para retenção do fluido refrigerante para o caso de abertura da válvula de segurança. Este sistema é uma tecnologia extremamente eficaz para evitar a dispersão do fluido refrigerante para a atmosfera em caso de abertura da válvula de segurança, pois o fluido liberado pela válvula de segurança retorna para o próprio sistema de refrigeração.

Figura 38 – Detalhe da válvula de segurança do recipiente de líquido

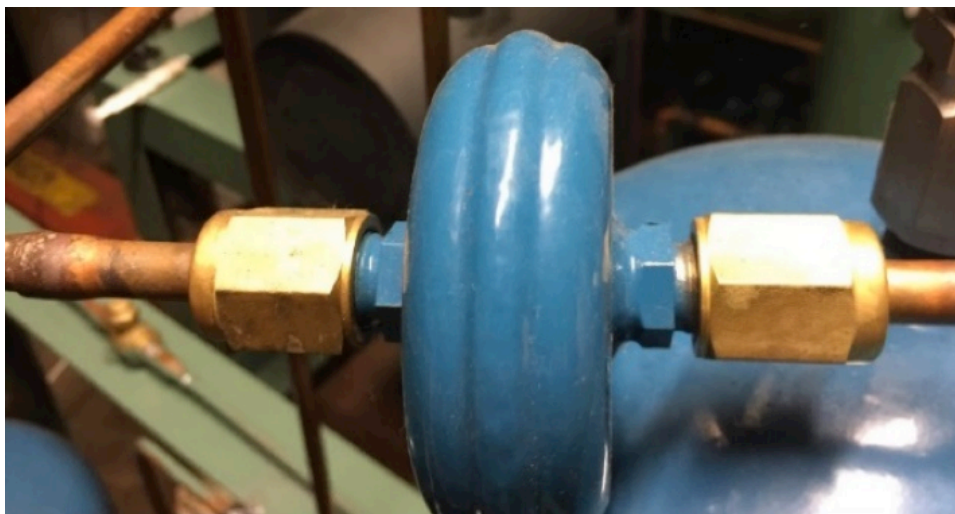


A grande maioria dos componentes foram instalados com conexões para brasagem. Alguns itens possuem conexões com rosca, tais como, o filtro de óleo, saída do óleo do separador, boia de nível de óleo do compressor, entre outros. Para todos estes componentes foram instalados adaptadores para brasagem com flange industrial (ver Figuras 39 e 40), que são os mais adequados para este tipo de conexão e têm mais eficácia contra vazamentos em relação aos flanges feitos manualmente e com porca de refrigeração comum.

Figura 39 – Saída de óleo do separador de óleo com adaptador para brasagem e flange industrial



Figura 40 – Filtro de óleo com conexões de rosca com adaptador para brasagem e flange industrial



Foram removidas todas as tampas de vedação das válvulas *Schrader* existentes nos componentes dos racks e substituídas por porcas sextavadas com selo de cobre, que são adequadas para evitar vazamentos nesse tipo de válvula, conforme Figuras 41 e 42.

Figura 41 – Válvula esfera com porta de acesso



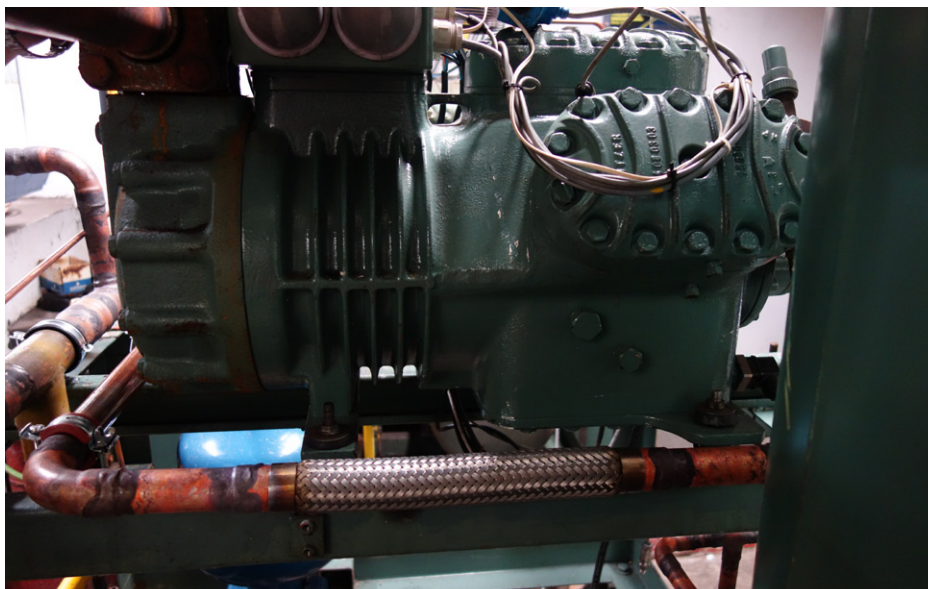
Figura 42 – Tomadas de pressão no compressor vedadas com porca sextavada e selo de cobre



5.2.3 Intervenção na fixação da tubulação frigorífica e isolamento térmico

A tubulação foi fixada com apoios apropriados para aumento da confiabilidade, durabilidade e menor risco de vazamentos. O uso dos fixadores em distâncias adequadas, conforme EN 378 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARTIZATION, 2016), é fundamental para evitar a deformação da tubulação, devido ao seu próprio peso ou dilatação térmica, bem como decorrente das possíveis vibrações. A instalação de um tubo flexível na descarga do compressor (ver Figura 43) combinada com a fixação do tubo em suportes adequados oferece uma maior confiabilidade para evitar vibrações na tubulação.

Figura 43 – Flexível na descarga do compressor



Além de todos os procedimentos anteriores, destaca-se que todo o isolamento térmico da tubulação e dos equipamentos foi substituído (ver Figuras 44 a 49).

Figura 44 – Tubo de cobre (sucção) com fixador e apoiado em suporte



Figura 45 – Tubo de cobre com isolamento térmico completo



Figura 46 – Tubo de cobre (sucção) com fixador e apoiado em suporte (vista frontal)



Figura 47 – Tubo de cobre (sucção) com isolamento térmico completo

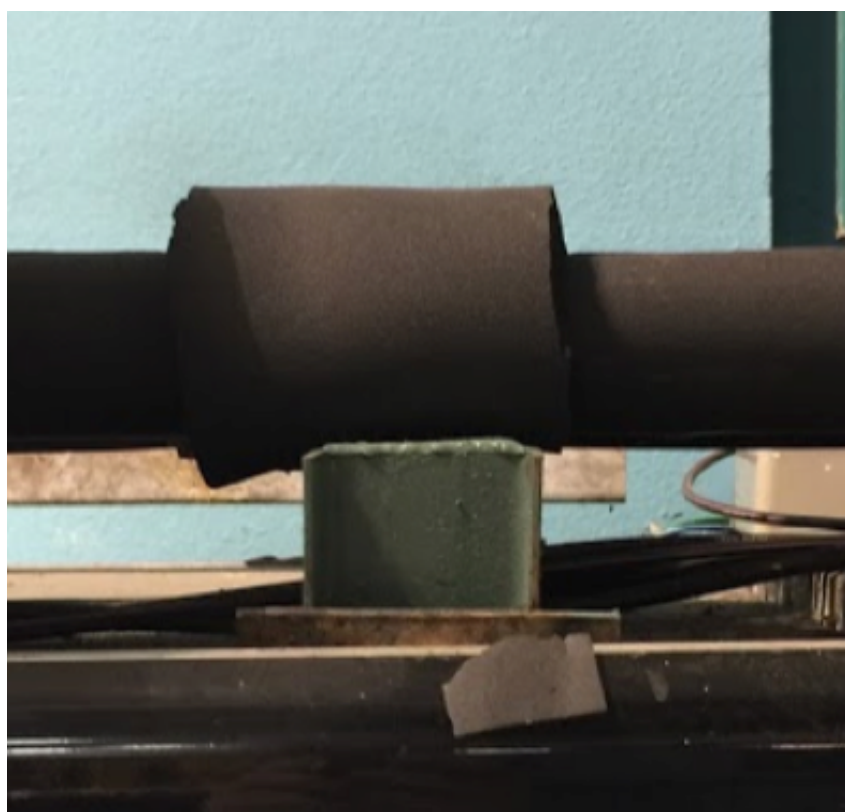


Figura 48 – Tubo de cobre (descarga) com apoios apropriados



Figura 49 – Tubo de cobre (líquido) fixado na estrutura do rack



No trajeto da tubulação entre a casa de máquinas e os expositores frigoríficos existiam válvulas de serviço, tipo esfera, sem função e que apresentavam vazamentos no sistema de abertura e fechamento, bem como válvulas *Schrader* que ficavam no topo destas válvulas. Estas válvulas foram removidas, conforme a Figura 50.

Figura 50 – Válvulas de serviço tipo esfera removidas da tubulação



5.2.4 Procedimentos realizados para os testes de pressão, vácuo, carga de gás e *start-up*

O teste de pressão em cada um dos sistemas para encontrar possíveis vazamentos foi realizado com nitrogênio seco com pressão próxima a 10 bar. Foi utilizado o teste de bolhas, o mais tradicional e conhecido método para identificar vazamentos.

Encontradas algumas fugas e sanados os vazamentos, o sistema foi pressurizado novamente e mantido com pressão em torno de 10 bar durante pelo menos 30 minutos nos lados de alta e de baixa pressão. No lado de alta pressão foi realizado teste de pressão com nitrogênio seco, com pressão de 26 bar, durante pelo menos 30 minutos (ANSI e ASHRAE, 2007).

Depois dos testes de pressão aprovados e de liberado todo o nitrogênio seco do sistema, foi executado o procedimento de vácuo com a instalação da bomba de vácuo com 40 cfm. Vale destacar esses procedimentos porque, antes de se carregar qualquer sistema de refrigeração com fluido frigorífico, um bom vácuo deve ser realizado para remover gases não condensáveis, além da umidade.

No processo de vácuo foi colocado um vacuômetro eletrônico calibrado no expositor frigorífico mais distante da casa de máquina e da bomba de vácuo, garantindo assim que a leitura dos dados correspondesse ao vácuo uniforme em todo o sistema.

Para assegurar vazamento zero no sistema, o nível de vácuo deve ser atingido e mantido sem qualquer aumento significativo de pressão durante um intervalo de tempo de 30 minutos com a bomba de vácuo desligada. Na finalização do vácuo, chegou-se a uma pressão de 560 μHg , no sistema de resfriados, e de 920 μHg , no sistema de congelados. Tratam-se de resultados satisfatórios, considerando o tempo de utilização do sistema e o óleo residual ainda presente na tubulação frigorífica.

Após a finalização da montagem de cada rack, foi trocado o óleo do compressor e instalados novos núcleos (elementos filtrantes) nos filtros da linha de líquido e de sucção. Os núcleos utilizados inicialmente tinham o objetivo principal de remover a acidez remanescente no sistema, devido ao óleo que permaneceu na tubulação. Os núcleos utilizados foram os 48-DA da *Danfoss*, específicos para esta função.

Foi efetuada carga de 109,81 kg de HCFC-22 no sistema de resfriados por meio da transferência do fluido frigorífico armazenado nos cilindros de recolhimento. Para o sistema de congelados a carga total transferida foi de 79,66 kg de HCFC-22, sendo 66,06 kg provenientes dos cilindros de recolhimento e 13,6 kg de acréscimo oriundo de um cilindro com fluido frigorífico virgem.

Em relação à operação dos compressores, após o *start-up* foram feitos os ajustes nos controladores eletrônicos dos dois sistemas. Todas as regulagens de *set points* de temperaturas e pressões foram revisadas, bem como os ajustes de tempo e frequência de degelos dos expositores.

O compressor de média temperatura (resfriados), que operava desregulado com constantes variações na rotação devido à folga de capacidade em relação à carga térmica, foi regulado para evitar esses saltos de rotação frequentes. Para isto, o compressor foi mantido com rotação baixa (900 rpm) e constante, já que, nessa situação, ele atende à carga térmica máxima do sistema. Apesar desta regulação, mesmo assim, quando algum expositor atinge temperatura de *set point* ou entra no período de degelo, o compressor entra em processo de ciclagem (liga-desliga) devido à baixa carga térmica nesta situação.

Quanto ao compressor de baixa temperatura, que também operava desregulado em processo de aceleração e desaceleração frequentes, foram executados os ajustes no controlador eletrônico. Os ajustes de *set point* de pressão foram adequados à realidade de operação do sistema de congelados, que erroneamente trabalha com expositores de resfriados (bebidas e frios fatiados). O objetivo dos ajustes de *set point* foram diminuir ao máximo o liga-desliga deste compressor.

5.2.5 Instalação de equipamento para detecção de vazamentos

Durante a intervenção nos racks e expositores, foi instalado paralelamente a estes serviços um sistema fixo de detecção de vazamentos (*BACHARACH Multi Zone*). Este equipamento opera com uma pequena bomba que succiona o ar dos locais estrategicamente escolhidos para se detectar vazamentos por meio de mangueiras e sensores nas extremidades. O equipamento é dotado de alarmes sonoro e visual, além de informar o histórico das leituras no *display*, conforme apresentado na Figura 51.

Figura 51 – Aparelho para detecção de vazamento com alarme sonoro e visual



Na loja Yamada Express Nazaré foram instaladas oito mangueiras com sensores nas pontas com a seguinte configuração:

- 1** Casa de máquinas com dois sensores. Um sensor no rack de resfriados e um sensor no rack de congelados (ver Figura 52);
- 2** Expositor de frutas, legumes e verduras com um sensor;
- 3** Expositor de bebidas com oito portas com dois sensores. Um sensor para cada quatro portas (ver Figura 53);
- 4** Expositor de congelados com três portas com um sensor;
- 5** Expositor de laticínios e iogurtes com dois sensores;
- 6** Expositor de carnes com um sensor;
- 7** Expositores de frios fatiados e de frangos, cada um com um sensor;
- 8** Expositor de queijos e frios em peças com um sensor.

Figura 52 – Sensores de detecção de vazamento – Casa de máquinas

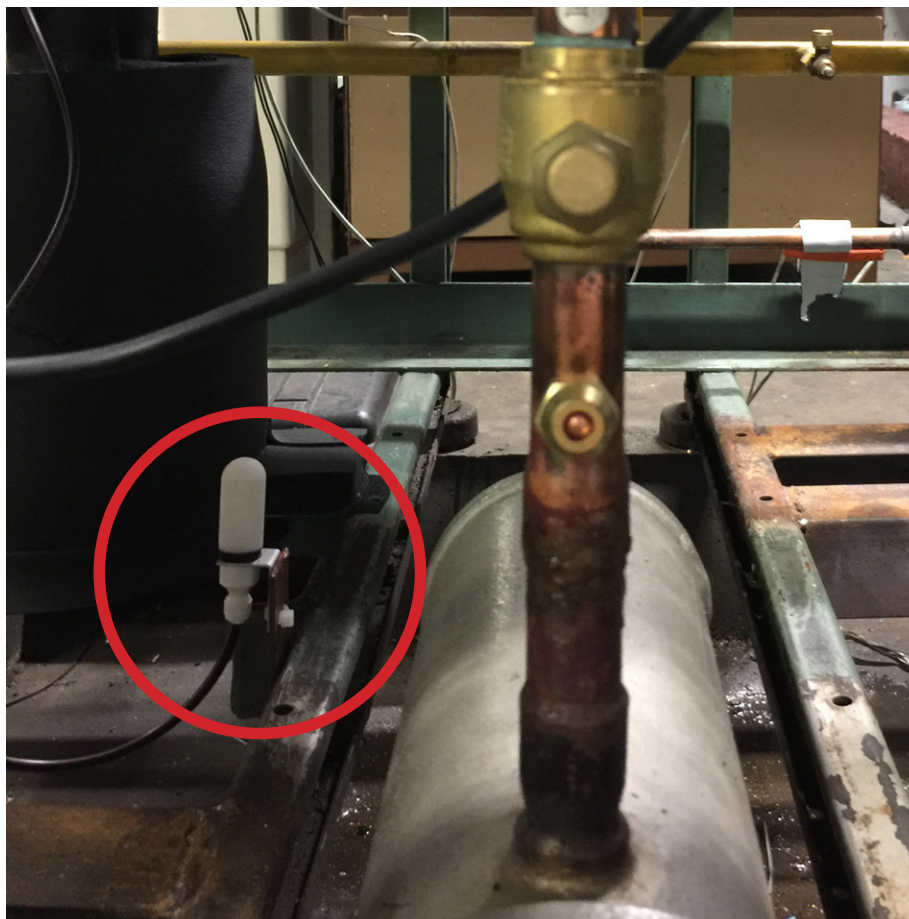


Figura 53 – Sensores de detecção de vazamento – Expositor de bebidas



5.2.6 Disponibilização de documentação básica

Após o término da intervenção, foi disponibilizada a documentação necessária para a casa de máquinas. A Figura 54 ilustra a casa de máquinas logo após a implementação das melhorias. Nota-se placas de identificação corretamente posicionadas (ver Figura 55), bem como documentação pertinente, como ficha de emergência (ver Figura 56) e livro de registro de manutenção e reparo (ver Figura 57).

Figura 54 – Casa de máquinas após a intervenção e fichas técnicas fixadas nos racks



Figura 55 – Placas de identificação do sistema

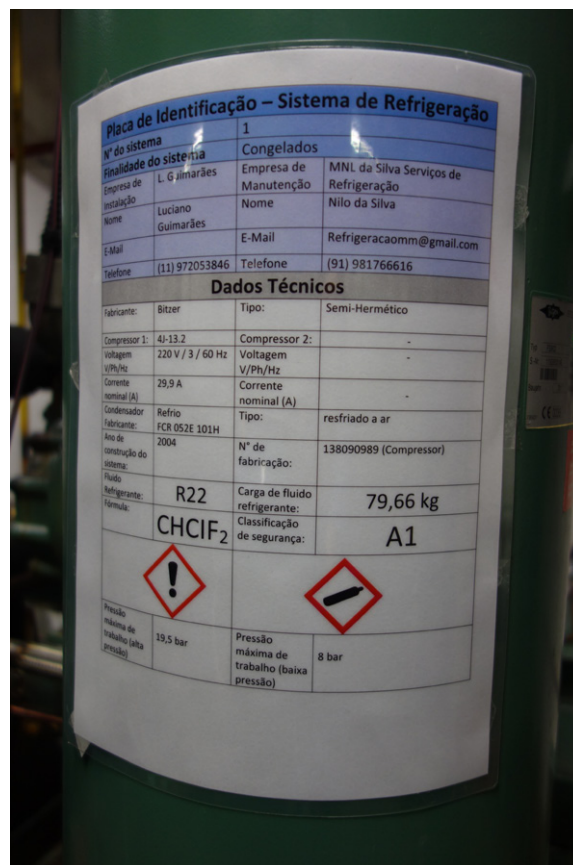
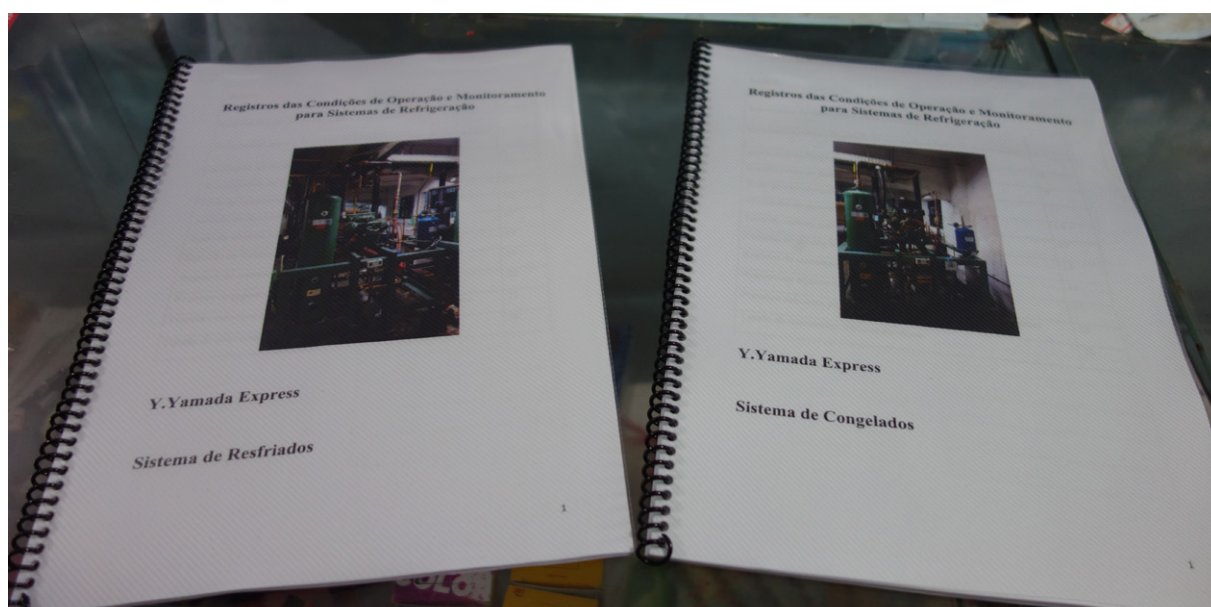


Figura 56 – Ficha de emergência

Guia Rápido – Sistema de Refrigeração	
Parada em caso de emergência (por exemplo, incêndio) Desconecte o sistema da fonte de alimentação de energia imediatamente: - Desligue a chave geral do sistema ou pressione o interruptor de emergência - Retire o plug principal da tomada, quando for o caso - Desligue os fusíveis ou disjuntores principais do sistema	
Carga de fluido refrigerante - Somente carregue o sistema com o fluido refrigerante do projeto: R22. - Observe a quantidade de carga!	
Ligar e desligar o sistema - Através da chave geral no painel elétrico de força - Através do interruptor de comando de cada rack do sistema colocando no modo automático ou manual - O fluido refrigerante, óleo, componentes, etc., somente podem ser manuseados por pessoas qualificadas!	
Condensador resfriado a ar As aletas do Condensador a ar devem estar livres de poeira, papel, graxa, etc. A superfície sempre deve estar limpa, pois a sujeira em excesso diminui a capacidade de refrigeração do condensador e, portanto, aumenta o consumo de energia e os custos operacionais. O fluxo de ar deve estar livre e sem barreiras para passagem do ar. As seções transversais do ar de admissão e exaustão não devem estar restritas ou diminuídas.	
Equipamento de Proteção Individual Em caso de grandes vazamentos de fluido refrigerante, entre na sala de máquinas somente com máscara de gás ou proteção respiratória. Proteja o rosto e as mãos de contato direto com o fluido refrigerante. Se o refrigerante líquido atingir a pele, sinais de queimadura pelo frio aparecerão. O fluido refrigerante é mais pesado que o ar e se acumula em espaços confinados no chão. Isso leva ao deslocamento do oxigênio atmosférico (perigo de sufocamento!) Observe as Fichas de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ) de todas as substâncias!	   
Evaporador O fluxo de ar em evaporadores com ar forçado não deve ser prejudicado por produtos ou outros materiais colocados na frente da saída de ar. Câmaras frias somente podem ser ocupadas de acordo com a sua finalidade. É importante garantir que nenhuma pessoa possa ficar presa dentro das câmaras.	 Em caso de emergência ligue 192 SAMU 193 Bombeiros
Conselho Geral Utilize e opere os sistemas de refrigeração apenas para a finalidade pretendida. Modificações somente poderão ser realizadas pelo fabricante, fornecedor, projetista ou serviço de assistência técnica ou manutenção. Dispositivos de segurança, proteção e controle não devem ser obstruídos ou tornados inoperantes. A detecção de vazamentos e carga de fluido refrigerante poderão ser realizadas apenas pelo fabricante do sistema de refrigeração ou pelo serviço de assistência técnica ou manutenção. A interferência no circuito de refrigeração por pessoas não capacitadas não é permitida. Em caso de lesão, acidente, intoxicação ou queimaduras, por favor, informe as instituições responsáveis imediatamente!	

Figura 57 – Livros de registro de manutenção





Projeto Demonstrativo Yamada

Parte 3: Visita pós-implementação

Visando a aferição dos resultados inicialmente almejados, houve o retorno da equipe técnica da GIZ, em junho de 2018, após 45 dias do final de intervenção, para verificação do desempenho da instalação e efetividade das ações realizadas nos sistemas de congelados e resfriados do supermercado Yamada Express Nazaré.

Além de medições de resultados, esse procedimento se fez necessário para a verificação da integridade da instalação pós-intervenção e, também, para conferir se as boas práticas continuaram a ser aplicadas pela equipe de manutenção da loja.

Dentre os processos praticados durante a visita de monitoramento, foram realizadas novamente medições das temperaturas nos expositores e das pressões e temperaturas na linha de refrigeração, por meio do *Climacheck*. Também foi verificada a possibilidade de ocorrência de vazamentos, a qualidade das conexões, do óleo, entre outros.

Após cuidadosa fase de avaliação das intervenções realizadas, os resultados obtidos foram considerados satisfatórios (foi realizada a comparação dos dados da visita inicial com os da visita de monitoramento final), principalmente quanto à contenção de fluidos frigoríficos. Em resumo, o desempenho dos sistemas de refrigeração melhorou muito e foram reduzidos a zero os vazamentos de HCFC-22, como será abordado com mais detalhes na sequência.

6.1 Verificação da qualidade do óleo

Após 45 dias de operação com os filtros específicos para remoção de acidez, foram coletadas novas amostras de óleo e realizados novos testes de acidez. O resultado foi satisfatório. Os sistemas estavam operando com redução substancial do nível de acidez, ou seja, acidez moderada próxima a um valor de baixa acidez, conforme Figura 58.

Figura 58 – Teste de óleo (a cor verde indica acidez moderada)



Antes da intervenção, os sistemas de congelados e resfriados operavam em condições desfavoráveis, ou seja, baixa carga de fluido frigorífico devido aos vazamentos e com altas temperaturas, além de umidade no sistema, produzindo elevada acidez.

Durante a visita de monitoramento, após a intervenção, foram instalados novos núcleos nos filtros das carcaças existentes na linha de líquido e na linha de sucção. O nível de acidez diminuiu muito após a instalação dos novos filtros e também pelos ajustes nas cargas de fluido e na regulação dos parâmetros de operação dos sistemas. A acidez moderada no óleo dos sistemas, indicada nas amostras dos testes após 45 dias, é aceitável, já que é um curto espaço de tempo pós-intervenção e ainda em processo de limpeza e remoção da acidez remanescente.

Também durante a visita de monitoramento, foram trocados novamente o óleo dos compressores e os núcleos dos filtros da linha de líquido e da linha de sucção. Desta vez foram instalados os núcleos 48-DM para a linha de líquido, que tem maior poder de absorção de umidade e retenção de partículas, e o núcleo 48-F para retenção de partículas sólidas (impurezas) que chegam pela linha de sucção.

6.2 Levantamento de dados paramétricos

6.2.1 Temperaturas em expositores

Foi constatado que as temperaturas dos produtos resfriados e congelados estão de acordo com as normas indicadas (ABNT, 2013; ASHRAE, 2018), conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Temperatura nos expositores

Local	Temperatura (°C)
Carne	1,0
Frios e Queijos (em peças)	3,0
Laticínios/iogurtes (central)	0,5
Verduras	5,9
Frango Congelado	-15,0
Iogurte	1,7
Frios e Queijos (fatiado)	4,0
Bebidas	3,2

Notam-se temperatura médias próximas das temperaturas medidas anteriormente, sem prejuízos aos produtos alimentícios, exceto no caso das verduras, onde observou-se melhora na condição ambiental do expositor. Por estar mais distante da casa de máquinas, o expositor de verduras sofre mais com perdas dinâmicas na tubulação. Além disso, devido aos vazamentos, chegava pouco fluido frigorífico até o final da linha e, conseqüentemente, havia dificuldade de entrada de fluido frigorífico na pressão e temperatura corretas. Outrossim, os vazamentos constantes provocavam a ampliação de sujeira na tubulação, aumentando a turbulência no escoamento, que contribuía também para que os expositores mais distantes da casa de máquinas tivessem maiores dificuldades em atingir os parâmetros desejados.

No caso do Yamada Express Nazaré, nota-se, portanto, que após a intervenção, mesmo em expositores mais distantes, foram mantidas as temperaturas adequadas. Este resultado foi obtido graças à eliminação dos vazamentos, à melhoria das conexões, à otimização do controle dos compressores e à limpeza na linha frigorífica. Pós-intervenção, o sistema conseguiu atender às cargas térmicas adequadas, conforme Tabelas 1 e 2.

6.2.2 Desempenho do compressor

6.2.2.1 Rack de resfriados

Passado o período de 45 dias da intervenção, mediu-se os principais parâmetros dos sistemas com o *Climacheck*, que atestou a melhoria do desempenho geral do sistema de refrigeração, conforme apresentado a seguir:

- Tempo de aproximadamente 48 horas para cada um dos sistemas de refrigeração (congelados/resfriados);
- Aquisição das temperaturas de entrada e saída de gás no compressor;
- Temperatura após condensação, temperatura do ar na entrada e saída dos condensadores;
- Pressões medidas na admissão e descarga do compressor; e
- Energia e potência instantânea dos compressores, com respectivos cálculos de sub-resfriamento, superaquecimento e coeficiente de eficácia instantânea.

A Tabela 7 apresenta os resultados das propriedades medidas para o sistema de média temperatura, no qual compara os ganhos obtidos com a intervenção.

Tabela 7 – Propriedades do sistema de resfriados medidas com o *Climacheck* (pós-intervenção)

Propriedades	Pós-Intervenção	Diferença entre pré e pós-intervenção
Pressão de alta (bar)	12,29	-1,76
Temperatura de condensação relativa à alta pressão (°C)	34,5 °C	-4,5
Pressão de baixa (bar)	2,75	1,03
Temperatura de evaporação relativa à baixa pressão (°C)	-8,3	8,9
Temperatura de admissão (°C)	7,35	-7,60
Temperatura de descarga (°C)	105,91	-20,73
Temperatura pré-expansão (°C)	31,41	-6,58
Superaquecimento total (K)	15,65	-22,35
Sub-resfriamento (K)	3	2
COP instantâneo (-)	2,18	0,26

Após a intervenção notou-se redução na pressão de alta do sistema em aproximadamente 1,8 bar devido ao trabalho de limpeza geral do condensador e ajuste de *set point*.

No caso da pressão de baixa, notou-se o aumento de aproximadamente 1 bar, devido ao ajuste de *set point* da pressão de sucção para que o sistema pudesse operar com temperatura de evaporação próxima a -8°C , aumentando assim o COP do sistema (de 1,93 para 2,18). Portanto, houve uma melhoria no desempenho do compressor de 12,9%, o que significa redução no consumo de energia.

Nota-se também que os ajustes regularizaram os valores de sub-resfriamento e superaquecimento, conforme recomendações. O ajuste nos valores de sub-resfriamento atesta que a rejeição de calor do HCFC-22 nos condensadores foi feita de forma adequada e não houve falta de carga de fluido refrigerante no sistema. Portanto, verificou-se que, pós-intervenção, o fluido chega às válvulas de expansão em estado líquido para ocorrer a expansão, e o controle da pressão do evaporador é mais estável, levando a pressões mais altas no evaporador e melhorando a eficiência do sistema.

Cabe destacar que os baixos níveis de sub-resfriamento antes da intervenção eram devidos à falta de fluido refrigerante no sistema, em virtude dos vazamentos constantes. Portanto, é importante destacar que os vazamentos de fluidos refrigerantes influem indiretamente no desempenho negativo do sistema de refrigeração, já que quando não há reposição adequada, pode haver perda de eficiência.

A regulagem do superaquecimento garante que a temperatura de entrada do gás no compressor não esteja com valores além da faixa recomendada, causando perdas de eficiência. Ademais, ao reduzir o superaquecimento, também se conseguiu reduzir a temperatura de descarga do compressor, a qual estava acima do recomendado.

A redução da pressão de condensação também melhorou a eficiência do sistema. Esta redução também ocorreu devido à limpeza do condensador, que melhora a transmissão de calor. Isso demonstra a importância de uma boa manutenção de todas as partes do sistema.

As reduções dos vazamentos e os ajustes no sistema resultaram em um aumento de cerca de 13% do COP.

6.2.2.2 Rack de congelados

Após 48 horas de medição, atestou-se, de forma semelhante ao realizado para o sistema de resfriados, os resultados medidos para o sistema de congelados. A Tabela 8 apresenta os dados obtidos.

Tabela 8 – Propriedades do sistema de congelados medidas com o *Climacheck* (pós-intervenção)

Propriedades	Pós-intervenção	Diferença entre pré e pós-intervenção
Pressão de alta (bar)	11,77	-1,09
Temperatura de condensação relativa à alta pressão (°C)	31,8	-4,4
Pressão de baixa (bar)	0,85	0,1
Temperatura de evaporação relativa à baixa pressão (°C)	-27,0	0,1
Temperatura de admissão (°C)	-5	-23,36
Temperatura de descarga (°C)	100,80	1,15
Temperatura pré-expansão (°C)	28,7	-3,51
Superaquecimento total (K)	21,0	-9,46
Sub-resfriamento (K)	3,1	2,37
COP instantâneo (-)	1,91	0,08

Assim como no sistema de resfriados, notam-se ajustes na faixa de pressão de trabalho, tornando-a mais adequada das condições projetadas. A pressão de evaporação se manteve aproximadamente a mesma, mas se conseguiu reduzir a temperatura do expositor dos frangos congelados, resultando em uma melhor conservação dos alimentos.

Os valores de sub-resfriamento encontram-se em faixas adequadas, bem como os valores de superaquecimento.

As reduções dos vazamentos associados aos ajustes resultaram em um aumento de 4% do COP.

6.3 Contenção de vazamentos

As Figuras 59 e 60 mostram, respectivamente, o display do detector de vazamentos com o status do dia 28/04/2018, dia no qual foram finalizadas as intervenções no sistema, e o status do dia 11/06/2018. Nesse período nenhum vazamento foi detectado, ou seja, não ocorreu sequer um alarme de vazamento. Antes da intervenção, a loja apresentava uma taxa de vazamento anual de 62% da carga instalada (118 kg de HCFC-22 anuais).

Figura 59 – Display do aparelho de detecção de vazamentos em 28/04/2018

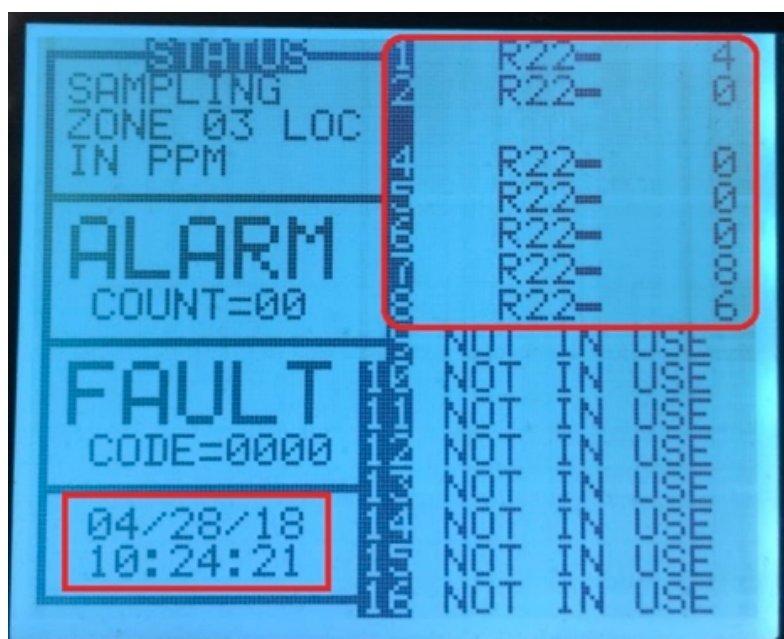
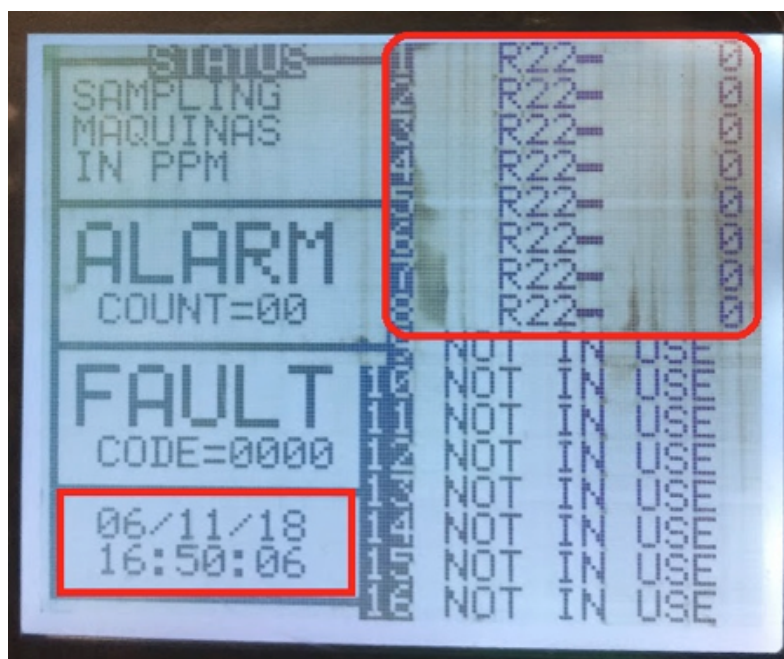


Figura 60 – Display do aparelho de detecção de vazamentos em 11/06/2018 sem alarmes



Além de nenhum indício de acionamento de alarme, os sensores de nível instalados nos recipientes de líquido dos racks não sinalizavam alarme de nível baixo, o que mostra que a carga de fluido refrigerante se manteve inalterada durante o período citado. A Figura 61 apresenta o sensor de nível no recipiente de líquido, sem alarmes.

Figura 61 – Sensor de nível de fluido refrigerante no recipiente de líquido sem alarme (luz apagada)



Cabe destacar que até a data desta publicação não há registros de novos alarmes de vazamentos no sistema, o que significa uma grande melhoria na contenção de vazamentos.

Alguns dos benefícios de um sistema em condições seladas são apresentados a seguir:

- Menor impacto ambiental: o HCFC-22 tem um alto potencial de aquecimento global (GWP: 1810) e é uma substância que agride a Camada de Ozônio;
- Maior economia em fluido refrigerante;
- Maior durabilidade dos componentes;
- Melhor desenho do sistema, por exemplo, menores reservatórios de líquido podem ser usados;
- Menor carga de fluido refrigerante no sistema;
- Redução de atividades de manutenção corretiva.

Quadro 1 – Depoimento do engenheiro responsável pela loja

“Gostei muito do conceito do projeto, que tem por objetivo blindar o sistema de refrigeração da loja, chegando à meta de zero vazamento. No início achei que a forma de fazer isso poderia ser simples, mas não. Houve todo um procedimento, com treinamentos da equipe da loja, teórico e com simulação de atividades. Essa qualificação da nossa equipe, teórica e prática, foi fundamental para o sucesso do projeto.

A GIZ qualificou membros da nossa equipe e parceiros que fazem a manutenção. Toda a execução foi muito discutida, para amenizar o impacto da mudança aos consumidores, porque a loja não fechou. Com isso, não houve perda de vendas na loja. Ao contrário, cresceu o faturamento no período.

O projeto foi faseado: primeiro, o resfriado e depois o congelado, com uma sequência de trabalhos pelos expositores e racks (houve a substituição por expositores verticais self, para o cliente não sentir a mudança).

A casa de máquina foi trabalhada (soldas) no final de semana, para ser menor a interferência, com todos os produtos armazenados em self. Durante a semana desligaram os resfriados. No final de semana, os congelados.

O trabalho foi intenso, de tirar e colocar produtos. Tudo bem organizado e cronometrado. Se não tivesse a semana anterior de treinamento, não conseguiríamos chegar a essa eficiência.

Esse projeto não se restringe a essa loja. Todos os que participaram levam essa experiência para a vida. A nossa equipe de manutenção é terceirizada. Ela atende várias lojas aqui no Pará e pode replicar esse conhecimento em outras lojas.

Eu acho esse projeto muito válido. Em primeiro lugar, a “blindagem” do meio ambiente tem de ser um objetivo a ser seguido. Em segundo, o sistema com normalidade de funcionamento e eficiência consome menos energia. A loja fica mais eficiente e, portanto, diminuimos custos e ganhamos produtividade.

Em terceiro, ganhamos mais segurança na operação da área de refrigeração. Com o sistema selado, não precisaremos de intervenções corretivas, só preventivas.

Fizemos todo o acompanhamento pós-projeto, com um sistema de registro de atividades implantado, e chegamos a 'zero problema' até agora e vai continuar assim.

Hoje a tendência do consumidor é ter mais consciência e praticidade no consumo. Os produtos perecíveis, especialmente os prontos e semiprontos, são destaques na exposição e por isso a área de refrigeração, tanto congelados quanto resfriados, nos supermercados cresce muito e tende a crescer mais no futuro.

Eu enxergo assim. Se você não tiver um sistema (de refrigeração) eficiente, a qualidade do produto cai. Por isso, a primeira tendência é: você (supermercadista) precisa fazer seu sistema (de refrigeração) ser eficiente!”

André Leite, engenheiro da rede Y. Yamada⁶

6 Depoimento na íntegra, conforme entrevista cedida à jornalista Susana Ferraz da Sete Estrelas Comunicação, após implementação do projeto (2018).

6.4 Consumo de energia

Antes da intervenção, o compressor ligava e desligava continuamente devido à alta capacidade em comparação com a demanda. Ou seja, mesmo tendo o controle de velocidade ele não era capaz de regular a capacidade corretamente. Altos números de acionamentos podem causar problemas de lubrificação no motor, alto aquecimento e maior consumo por perdas no compressor. Usualmente, se recomenda um máximo de 10 acionamentos por hora (pode variar com a tecnologia usada).

Portanto, durante a intervenção, além de atender aos parâmetros que afetam diretamente o desempenho do ciclo, como temperaturas de condensação e evaporação, superaquecimento e sub-resfriamento, também foram realizados os ajustes nos controladores eletrônicos dos dois sistemas. Com os ajustes executados, a capacidade do sistema ficou mais parecida com a demanda, resolvendo os problemas anteriormente descritos.

Pode-se afirmar que, em média, a potência instantânea para resfriados é 28% menor que a inicial e para congelados é 18% menor que a inicial. As Figuras 62 e 63 apresentam esta evolução temporal medida pelo equipamento *Climacheck* antes e depois da intervenção.

Figura 62 – Potência instantânea resfriados

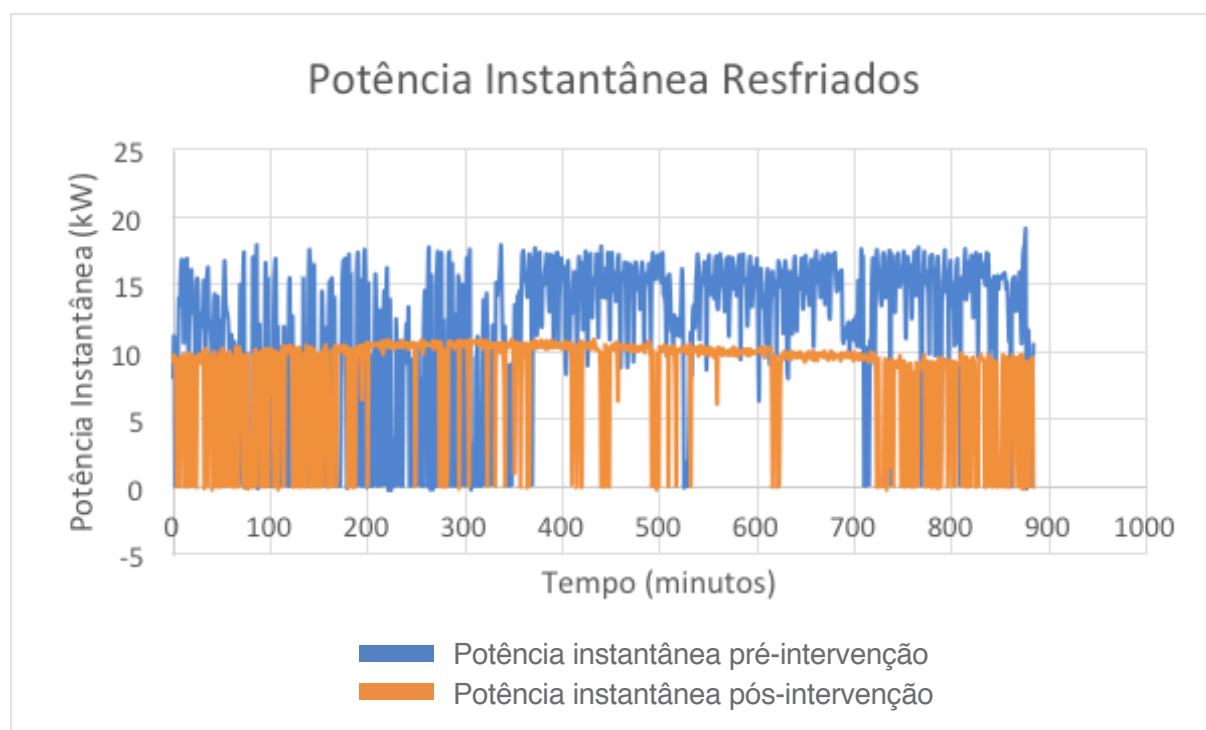
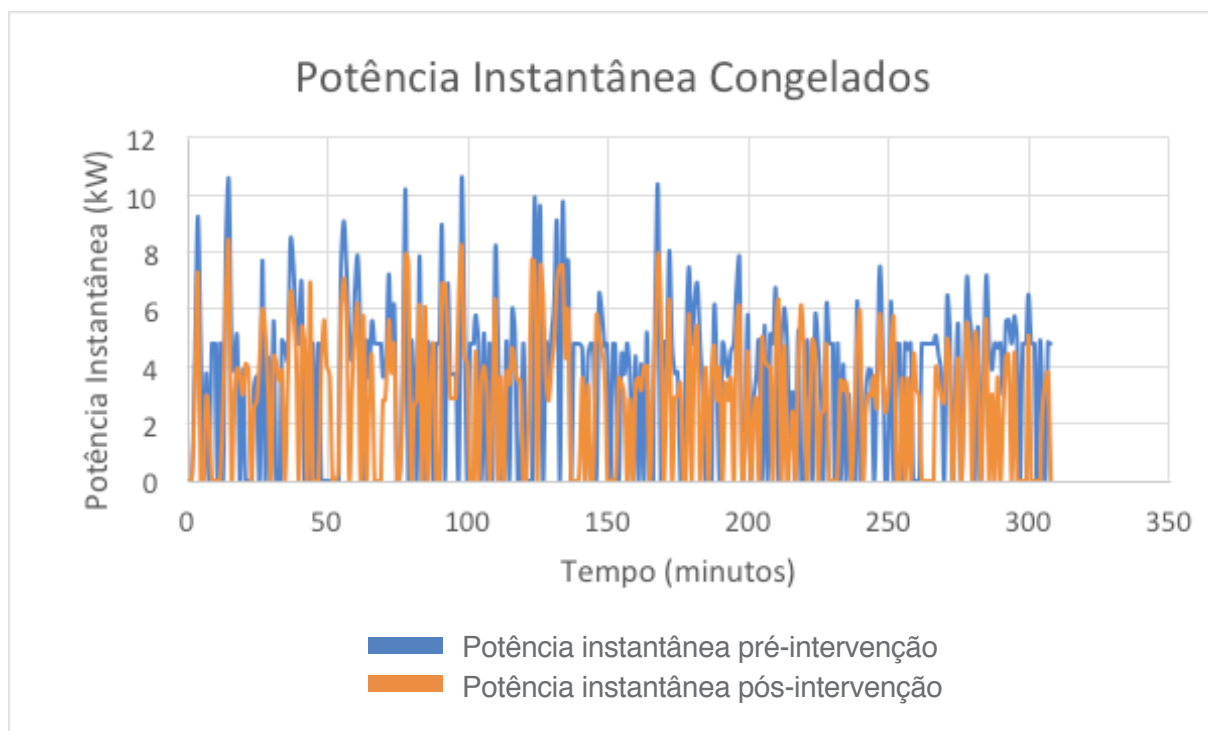


Figura 63 – Potência instantânea congelados

Todas as ações de intervenção resultaram em redução no consumo de energia. Alguns fatores explicam esta redução. No que diz respeito ao desempenho e eficiência energética, o COP (Coeficiente de Performance) do sistema teve um aumento de 13,4% para o sistema de média temperatura e de 4,0% para o de baixa temperatura. Essa melhoria no regime de trabalho deve-se aos ajustes de parâmetros, tais como, as pressões de trabalho, os índices de sub-resfriamento e de superaquecimento, etc. Entretanto, parte importante dos resultados, deve-se à adequação da carga de fluido frigorífico.

Quadro 2 – Depoimento do gestor da área de engenharia do Grupo Y. Yamada

“Entendo que esse projeto é importante para evitar os vazamentos (de fluidos). Claro que isso traz benefícios ambientais, como a redução no impacto na Camada de Ozônio eliminando vazamentos e não poluindo o meio ambiente. Mas na verdade temos outro ganho importante: a melhoria da instalação.

O projeto é muito bom, porque não tínhamos acesso a esse nível de tecnologia no Brasil. A GIZ cuidou de tudo, da importação de peças e equipamentos, do treinamento, para fazer uma instalação de ‘primeira linha’. Gostei muito. Ficou robusto o projeto.

Atingiu o objetivo de mitigar riscos de vazamentos (nas juntas, etc.). Foi tudo muito bem feito. Gostei.

Eu acho esse projeto muito replicável, mas a gente precisa reconhecer algumas barreiras que temos no País. Precisamos multiplicar os profissionais qualificados, para que estejam aptos a trabalhar em instalações desse porte (de eficiência).

No ambiente controlado, como foi feito nesse projeto, funcionou bem, com a equipe, treinada, com planejamento, com apoio do empresário, que sou eu. Assim somamos o gerencial de engenharia da GIZ (projetistas, etc.), o apoio empresarial, e a equipe treinada para a execução. Houve harmonia de interesses. O que é extremamente necessário para o sucesso do projeto.

De nossa parte, nós direcionamos nossa equipe (própria e terceirizada) para aprender, ficar atenta e cumprindo as ordens, as instruções, sob a supervisão técnica. Entendemos que a mão de obra precisa ter essa disciplina, e é assim que nós apoiamos, como empreendedores.

Um projeto assim (implementado) dá certo em qualquer lugar do mundo.

Mas é preciso notar que alguns materiais e equipamentos utilizados não são nacionalizados. Ou seja, o projeto não foi todo feito com peças do nosso mercado local. Muitos itens foram importados pela GIZ. É preciso que um grande distribuidor que atende o nosso setor nessa área de refrigeração tenha acesso a esse projeto e se interesse em apoiá-lo na reprodução para mais lojas em todo o País. Só um grande distribuidor tem condições de fazer isso...

Como usuários que somos, o projeto trouxe o que chamo de ‘resultado de mercado’, porque conseguiu reduzir os vazamentos e reduzir o consumo de energia. O sistema ficou estável.

É preciso bater na tecla de que esse tipo de resultado faz sentido!

Esse conhecimento precisa ir para a indústria. Os projetistas nacionais precisam atentar a esse projeto, que traz valor econômico. Se o mercado entender que o projeto é bom e ter as condições adequadas para fazer, isto virará uma rotina.”

Rafael Yamada, engenheiro e gestor da área de engenharia do Grupo Y. Yamada⁷

⁷ Depoimento na íntegra, conforme entrevista cedida à jornalista Susana Ferraz da Sete Estrelas Comunicação, após implementação do projeto (2018).



7 Conclusão

O Supermercado Y. Yamada Express Nazaré foi escolhido para participar do *Primeiro Projeto Demonstrativo de Melhor Contenção de HCFC-22 em Supermercados*, objeto desta publicação, a partir de um processo aberto, desenvolvido em estreita cooperação entre o MMA, coordenador do PBH; a GIZ, agência alemã implementadora; e a Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS), entidade representativa do setor.

A seleção da loja, entre milhares existentes no País, levou em conta critérios como tecnologia utilizada, tamanho, idade e localização, entre outros fatores. Em termos de localização, destaca-se que a loja Y. Yamada está situada no bairro de Nazaré, em Belém do Pará, na região Norte, na Amazônia brasileira, o que implicou em desafios de logística, dada a distância da loja do centro-sul, polo econômico do País. Para implementar os trabalhos e sobrepujar os desafios, houve amplo apoio do Grupo Y.Yamada, proprietário da loja.

A implementação realizada no supermercado Y. Yamada Express Nazaré ocorreu conforme planejado. O Plano de Trabalho (Anexo 1) foi aplicado passo a passo entre abril e junho de 2018. Em agosto de 2015 ocorreu a primeira visita da equipe da GIZ para a verificação inicial do sistema e planejamento das adequações necessárias. Nesta visita já foram realizadas as medições iniciais antes da implementação das mudanças e melhorias no sistema. Em junho de 2018 foi realizada a visita de monitoramento final do projeto, pós-intervenção, para aferição dos resultados obtidos.

Importante salientar, nesta síntese conclusiva, que o objetivo principal deste projeto demonstrativo é a “melhor” contenção de vazamentos do HCFC-22, um fluido refrigerante que aumenta a cada dia de preço, pois a eliminação total está prevista para 2040, mas já em 2025 haverá redução de 65% do consumo (redução da cota de importação). Neste aspecto, esse projeto, com os resultados positivos obtidos, vem a demonstrar que sistemas com HCFC-22 em condições seladas (seguindo as boas práticas de refrigeração) poderão ser utilizados por muitos anos, até que os empresários do setor optem por investir em sistemas de refrigeração comercial com tecnologias/fluidos mais amigáveis ao meio ambiente, tornando-se uma alternativa eficiente em médio prazo.

O Primeiro Projeto Demonstrativo de Melhor Contenção de HCFC-22 em Supermercados deu ênfase às atividades da área de refrigeração comercial do supermercado Yamada Express Nazaré, que possui carga total de HCFC-22 de 190 kg. A área é composta por um sistema de refrigeração para média temperatura (capacidade frigorífica nominal de 52,6 kW) e outro para baixa temperatura (capacidade frigorífica nominal de 11,8 kW). Ambos possuem compressores semi-herméticos com controle de velocidade.

O projeto foi realizado em três etapas principais, amplamente descritas neste estudo de caso, e aqui resumidas:

1 Pré-intervenção: A equipe visitou o supermercado para analisar as instalações, realizar as medições e produzir um plano de ação para intervenção, com foco na eliminação dos vazamentos e implementação de possíveis melhorias para o aumento da eficiência energética. Durante a visita, foram constatados diversos problemas que ocasionavam vazamentos, que além de produzirem perdas econômicas, pela necessária reposição de fluidos frigoríficos, corroíam componentes do sistema, diminuindo sua vida útil.

2 Intervenção: Iniciada com a capacitação da equipe técnica do supermercado (curso com carga horária de 24 h), a implementação da intervenção incluiu trocas de peças e equipamentos (conexões, reservatórios e outros); limpeza de diversos itens (condensadores, evaporadores e outros) e instalação de itens de segurança (como sensores de detecção de vazamentos). Várias ações de aplicação das boas práticas foram implementadas para melhoria da performance dos compressores e para o aperfeiçoamento do registro das ocorrências (documentação) do sistema (9 dias);

3 Pós-intervenção: A equipe retornou ao supermercado para realizar as medições para aferição dos resultados após a implementação de mudanças e melhorias no sistema (mencionados tecnicamente no Capítulo 6).

A seguir pontua-se os resultados de forma resumida, ressaltando, para fins didáticos, os aspectos gerais de impacto social, ambiental, econômico, mas enfatizando que os três fatores estão interligados e juntos dão a dimensão correta do impacto positivo deste projeto.

1º Resultado

Ganhos sociais, com a qualificação técnica de pessoal

Durante a visita pós-intervenção, realizada após 45 dias depois de finalizada a intervenção, a equipe técnica da GIZ constatou o aperfeiçoamento das práticas de contenção de vazamentos do HCFC-22 para sistemas de refrigeração comercial pelas equipes de manutenção e operação da loja Yamada Express Nazaré (pessoal próprio e terceirizado).

Destaca-se que as equipes técnicas terceirizadas que atendem essa loja e as demais do Grupo Y. Yamada também atendem a dezenas de redes supermercadistas da capital e do interior do estado do Pará, nas quais esses técnicos capacitados poderão aplicar as boas práticas assimiladas neste projeto. Com isso, o ganho social, em qualificação de pessoal, foi alcançado. O conhecimento disponibilizado poderá ser compartilhado com outros técnicos capacitados por essas empresas, ampliando os efeitos positivos das boas práticas de contenção de vazamentos.

2º Resultado

Ganho ambiental, com redução drástica dos vazamentos

Como principal resultado obtido, registra-se que a instalação do sistema frigorífico da loja passou de uma taxa anual de vazamento de 62% da carga instalada, aferida antes da intervenção, para uma taxa de vazamento de HCFCs próxima a zero, com uma instalação em “condições

seladas", mantidas as boas práticas, obtida após a intervenção. Com a eliminação dos vazamentos perenes e com a consequente eliminação da reposição massiva de HCFC-22, os ganhos obtidos em relação à conservação do meio ambiente são expressivos. A contenção dos 118 kg de HCFC-22, que eram lançados na atmosfera anualmente antes da intervenção, representa uma redução de emissões diretas de 213.580 kg de CO₂ equivalente e de 6,49 kg de PDO anuais.

3º Resultado

Ganhos econômicos, menor custo com fluidos e maior eficiência energética

Sem dúvida, além dos ganhos ambientais, os ganhos financeiros pós-projeto são relevantes. Nota-se que o preço⁸ do HCFC-22 está em torno de 50,00 R\$/kg, o que pode representar uma economia de até R\$ 5.900,00 por ano em fluido frigorífico (118 kg de perda anual) para a loja. Além disso, a redução dos vazamentos proporciona uma maior vida útil dos componentes do sistema.

Na medição foram atestadas melhorias no desempenho dos sistemas, com a redução dos custos de operação e manutenção, e o aumento da longevidade. O superaquecimento foi reduzido, contribuindo para uma temperatura de descarga menor dentro dos valores recomendados pelo fabricante. A temperatura de condensação foi reduzida e a temperatura de evaporação foi aumentada⁹, melhorando assim o desempenho do sistema.

Os ajustes de funcionamento dos compressores resultaram em uma diminuição da ciclagem do compressor, aumentando sua vida útil e evitando o desperdício de energia, um insumo cada vez mais caro no País. Assim, conseguiu-se um aumento médio do COP de 13% no caso do sistema de média temperatura e de 4% no caso do sistema de baixa temperatura.

O aumento da eficiência energética oferece uma significativa economia ao supermercado e uma redução indireta da emissão de gases que contribuem para o aquecimento global, revertendo-se em um ganho ambiental-econômico.

Em suma, todos os objetivos do Primeiro Projeto Demonstrativo de Melhor Contenção de HCFC-22 em Supermercados realizado no supermercado Y. Yamada Express Nazaré foram atingidos, alcançando resultados numericamente significativos e atendendo à expectativa dos parceiros do projeto, proprietários e gestores do Grupo Y. Yamada (ver quadros de depoimentos no Capítulo 6).

O governo brasileiro, por meio do Ministério do Meio Ambiente, coordenador do PBH, com o apoio técnico da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) *GmbH*, fornece nessa publicação todos os dados disponíveis do projeto demonstrativo implementado na loja Yamada Express Nazaré em Belém (PA). Esse projeto poderá ser replicado em sua totalidade ou em partes específicas, servindo de modelo para uma enorme quantidade de lojas que operam em condições similares.

8 https://www.eleetrofrigor.com.br/gas-r22-refrigerant-dac-13-600-kg.html?gclid=Cj0KCQjwn8_mBRCLARIsAKxi0GK4Ji1xp8XVJedrC8ORzMjftYpUKaFr_usB-FSBxNaGDqd8iLvNlaAikXEALw_wcB (última acesso em 10 de maio de 2019).

9 No caso do sistema de congelados a temperatura de evaporação não muda, mas se conseguiram temperaturas mais baixas na seção de congelados.

Destaca-se que os responsáveis das empresas/lojas que optarem em seguir o modelo de trabalho do *Projeto Demonstrativo de Melhor Contenção de HCFC-22 em Supermercados* deverão seguir as ações descritas, sempre com a orientação de engenheiros e/ou técnicos com experiência comprovada na área de refrigeração comercial. Desta forma, poderão chegar aos mesmos resultados positivos, evitando os impactos causados por vazamentos de HCFC-22 e obtendo ganhos econômicos diretos, além da maior eficiência energética nos sistemas. Ressalta-se que a metodologia aplicada poderá ser replicada para outros tipos de fluidos frigoríficos, tais como o HFC-404A e o HFC-410A, que também é bastante utilizado em supermercados brasileiros.



Bibliografia

ABNT. NBR 4706 - Cilindros de gás — Cilindros recarregáveis, de aço, com costura — Pressão de ensaio menor ou igual a 60 bar. Brasil: [s.n.], 2012.

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

ABNT. NBR 16667 - Especificações para fluídos frigoríficos. Brasil: [s.n.], 2017.

ABNT. NBR 13598 - Vasos de Pressão. Brasil: [s.n.], 2018.

ANSI e ASHRAE. Safety Code for Mechanical Refrigeration. Estados Unidos: [s.n.], 2007.

ASHRAE. Refrigeration Handbook. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineering, Estados Unidos, [s.n.], 2018.

BITZER. Bitzer Software. Cotia: Bitzer, 2018

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs-PBH - ETAPA 1. Brasília: [s.n.], 2011. Disponível em: <http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/programa_brasileiro Eliminacao_hcfc/programa-bras-hcfc_ed_2.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs-PBH - ETAPA 2. Brasília: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://mma.gov.br/images/arquivo/80041/Documento%20-%20Etapa%202%20do%20PBH.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

CLIMACHECK. Improve energy efficiency and reliability in air conditioning and refrigeration systems. Nacka, Sweden: [s.n.], 2017. Disponível em: <https://media.home.climacheck.com/2017/06/English_folder_update2017.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2018.

CLIMACHECK SWEDEN AB. KlimaCheck online. Disponível em: <<http://ccol.climacheck.com/default.aspx?ReturnUrl=%2F>>. Acesso em: 21 dez. 2018.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. GESTÃO DE RESÍDUOS E PRODUTOS PERIGOSOS. Brasília, DF: MMA, 2003. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=378>>. Acesso em: 26 set. 2018.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARTIZATION. Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements - Part 1 - 4. Inglaterra: [s.n.], 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) E DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ) GmbH. PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs-PBH: Guia de Boas Práticas 1: Controle de Vazamento Brasília, DF: MMA, 2015a. Disponível em: <http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/programa_brasileiro Eliminacao_hcfc/programa-bras-hcfc_ed_2.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) E DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ) GmbH. PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs-PBH: Guia de boas práticas 2: Características de sistemas de refrigeração em condições seladas. Brasília, DF: MMA, 2015b. Disponível em: <http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/programa_brasileiro Eliminacao_hcfc/programa-bras-hcfc_ed_2.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) E DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ) GmbH. Programa Brasileiro de eliminação dos HCFCs-PBH: Guia de boas práticas 3: Manutenção de sistemas de Refrigeração. Brasília, DF: MMA, 2015c. Disponível em: <http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/programa_brasileiro Eliminacao_hcfc/programa-bras-hcfc_ed_2.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) E DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ) GmbH. Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH: treinamento e capacitação para boas práticas em sistemas de refrigeração comercial. Brasília, DF: MMA, 2017. Disponível em: <<http://www.boaspraticasrefrigeracao.com.br/publicacoes>>. Acesso em: 26 set. 2018.

MORAN, Michael J. et al. Princípio da Termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

PORTAL ABRAS. ABRAS: setor supermercadista fatura R\$ 353,2 bilhões em 2017 » Clipping ABRAS. Disponível em: <<http://www.abrasnet.com.br/clipping.php?area=20&clipping=63952>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

SILVA, Alessandro. ANÁLISE DE IRREGULARIDADES NOS COMPRESSORES ALTERNATIVOS. Cotia: [s.n.], 2004. Disponível em: <<http://www.friotech.com.br/pdf/dica.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2019.

Anexo | Plano de Trabalho

[illegible]

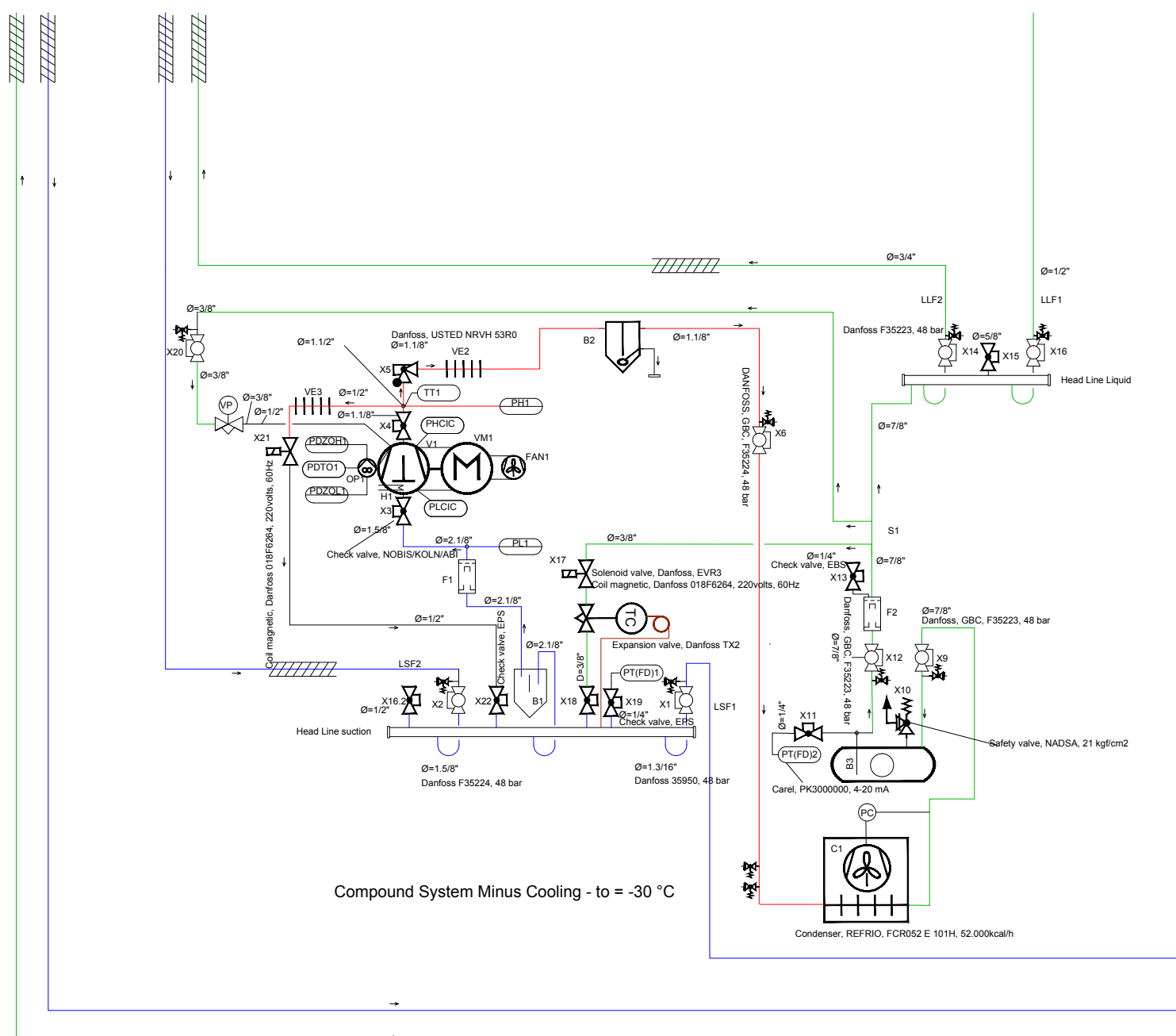
Planejamento mão de obra:

- 1** Supervisor da obra  Total: 15 dias de trabalho
- 2** Técnicos (interno)  Total: 32 dias de trabalho
- 2** Assistentes (limpeza, etc.)  Total: 30 dias de trabalho

[illegible]

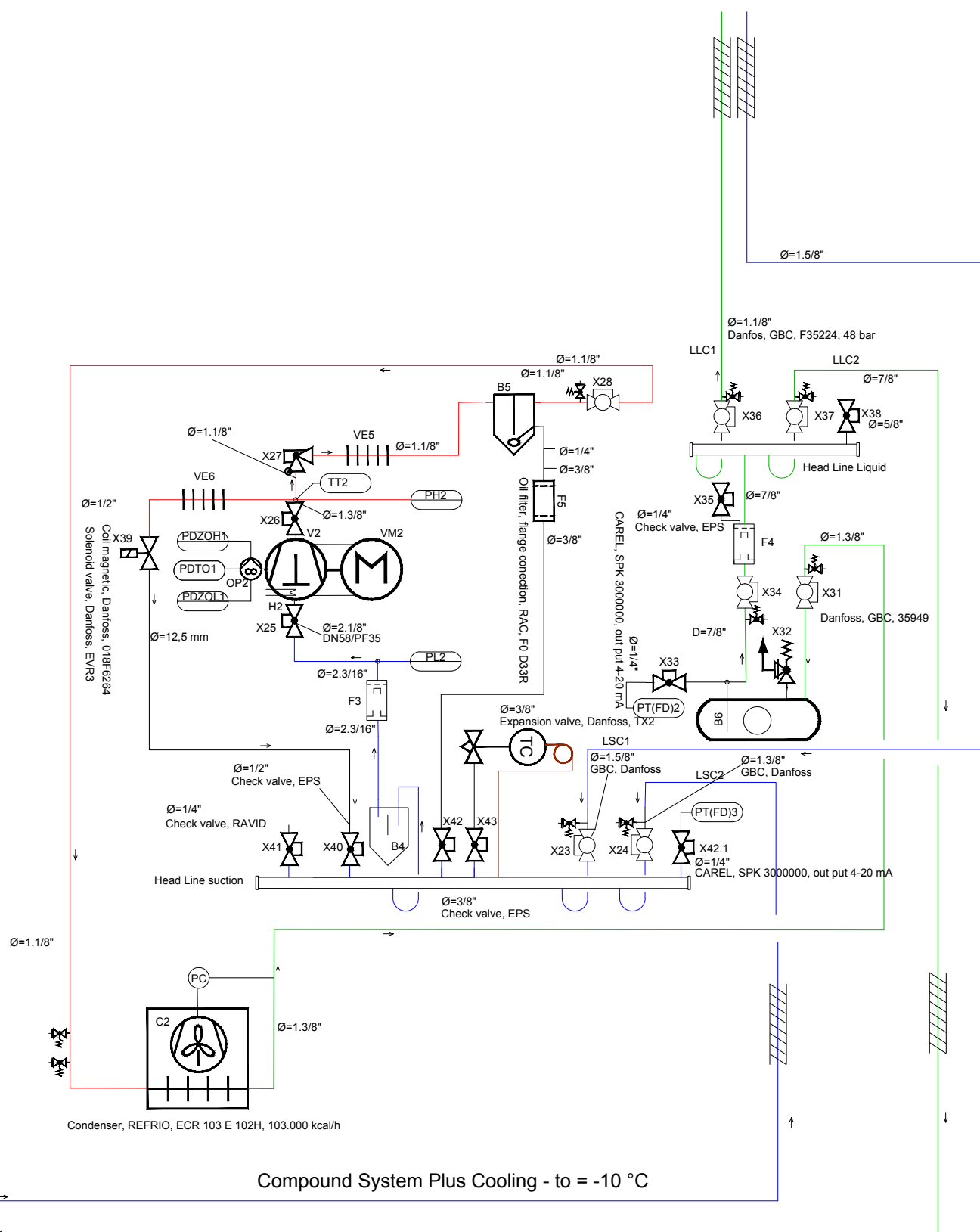
Anexo 2 Diagrama Esquemático do Sistema de Baixa Temperatura Pré-Intervenção

Legenda do Diagrama Esquemático do Sistema de Baixa Temperatura Pré-Intervenção	
B2.1	Separador de óleo
B2.2	Reservatório de óleo
B3	Tanque de líquido
C1	Condensador; 4 °C; 60,47 kW ou 52.000 (kcal/h)
C1	Controle do nível de óleo
F1	Filtro de sucção
F2	Filtro de óleo
F3	Filtro da linha de líquido
FAN1	Ventilador do compressor
LLF	Linha de líquido
LSF	Linha de sucção
OP1	Bomba de óleo
PDT01	Transdutor de pressão de óleo (DELTA P)
PDZOH1	Transdutor de pressão de óleo (saída da bomba de óleo)
PDZOL1	Transdutor de pressão de óleo (entrada da bomba de óleo)
PH1	Pressostato de alta pressão, KP
PLI	Pressostato de baixa pressão, KP
PT (FD)1	Transdutor de pressão 1
PT (FD)2	Transdutor de pressão 2
S1	Visor de líquido 1
S2	Visor de líquido 2
TT1	Sensor de temperatura
V1	Compressor
VE1	Eliminador de vibração (sucção)
VE2	Eliminador de vibração (descarga)
VE3	Eliminador de vibração (válvula solenoide)
VM1	Motor elétrico do compressor
VP	Válvula de injeção (CIC)
X1	Válvula GBC com porta de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 5/8", 48 bar
X10	Válvula de passagem
X11	Válvula GBC com porta de acesso, <i>Danfoss</i> , 48 bar
X12	Válvula GBC com porta de acesso, 48 bar
X13	Válvula de passagem
X14	Válvula solenoide bypass
X15	Válvula de controle de pressão do reservatório de óleo
X15.1	Válvula de passagem
X15.2	Válvula de passagem
X15.3	Válvula de passagem
X16	Válvula de passagem
X17	Válvula de passagem
X2	Válvula de serviço de sucção do compressor
X3	Válvula de serviço de descarga do compressor
X4	Válvula de passagem da pressão de descarga, <i>Danfoss</i> , C316, diâmetro 1 1/8"
X5	Válvula GBC com porta de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 1/8", 48 bar
X6	Válvula de passagem
X7	Válvula GBC com porta de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 1/8", 48 bar
X8	Válvula GBC com porta de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 1/8", 48 bar
X9	Válvula de segurança



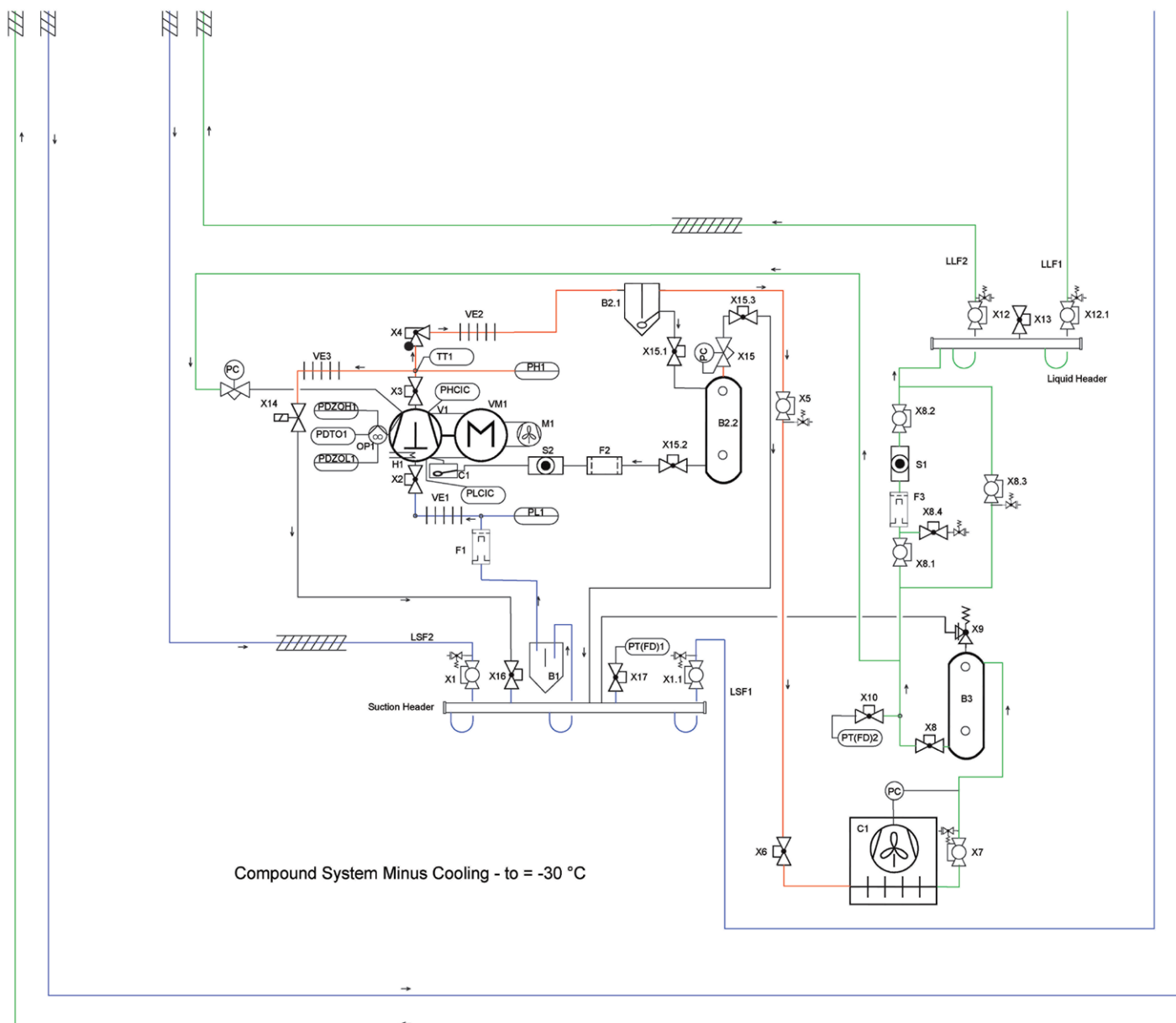
Anexo 3 Diagrama Esquemático do Sistema de Média Temperatura Pré-Intervenção

Legenda do Diagrama Esquemático do Sistema de Média Temperatura Pré-Intervenção	
B5.1	Separador de óleo
B5.2	Reservatório de óleo
B6	Tanque de líquido
C2	Condensador; 45 °C; 119,79 kW ou 10.3000 (kcal/h)
C2	Controle eletrônico do nível de óleo
F4	Filtro de sucção
F5	Filtro de óleo
F6	Filtro da linha de líquido
LLC1	Linha de líquido 1
LLC2	Linha de líquido 2
LSC1	Linha de sucção 1
LSC2	Linha de sucção 2
OP2	Bomba de óleo
PDTO2	Transdutor de pressão de óleo (DELTA P)
PDZOH2	Transdutor de pressão de óleo (saída da bomba de óleo)
PDZOL2	Transdutor de pressão de óleo (entrada da bomba de óleo)
PH2	Pressostato de alta pressão, KP
PL2	Pressostato de baixa pressão, KP
PT (FD)3	Transdutor de pressão (sucção)
PT (FD)4	Transdutor de alta pressão
S3	Visor de líquido
S4	Visor de líquido
TT2	Sensor de temperatura
V2	Compressor
VE4	Eliminador de vibração (sucção)
VE5	Eliminador de vibração (descarga)
VE6	Eliminador de vibração (válvula solenoide)
VM2	Motor elétrico do compressor
X33	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 5/8", 48 bar
X34	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 15/8", 48 bar
X35	Válvula de serviço de sucção do compressor
X36	Válvula de serviço de descarga do compressor
X37	Válvula de passagem da pressão de descarga, <i>Danfoss</i> , C316, diâmetro 1 1/8"
X39	Válvula de passagem
X40	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 1/8", 48 bar
X41	Válvula de passagem
X42	Válvula de segurança
X42.1	Válvula de passagem
X45	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , 48 bar
X46	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , 48 bar
X47	Válvula de passagem
X48	Válvula solenoide bypass
X49	Válvula de passagem
X50	Válvula de controle de pressão do reservatório de óleo
X50.1	Válvula de passagem
X50.2	Válvula de passagem
X50.3	Válvula de passagem



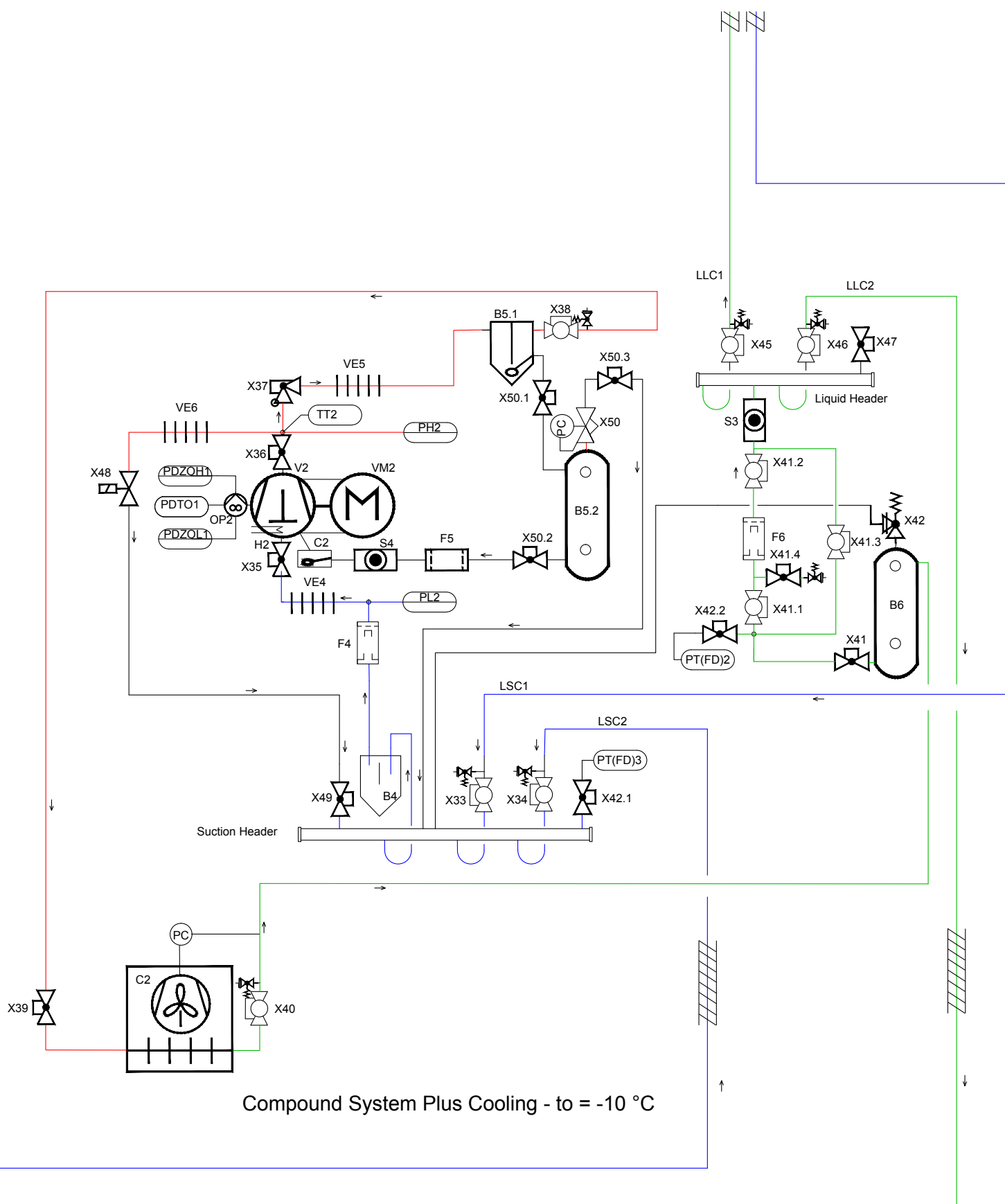
Anexo 4 Diagrama Esquemático do Sistema de Baixa Temperatura Pós-Intervenção

Legenda do Diagrama Esquemático do Sistema de Baixa Temperatura Pós-Intervenção	
B2.1	Separador de óleo
B2.2	Reservatório de óleo
B3	Tanque de líquido
C1	Condensador; 45 °C; 60,47 kW ou 52.000 (kcal/h)
C1	Controle do nível de óleo
F1	Filtro de sucção
F2	Filtro de óleo
F3	Filtro da linha de líquido
M1	Ventilador
LLF	Linha de líquido
LSF	Linha de sucção
OP1	Bomba de óleo
PDTO1	Transdutor de pressão de óleo (DELTA P)
PDZOH1	Transdutor de pressão de óleo (saída da bomba de óleo)
PDZOL1	Transdutor de pressão de óleo (entrada da bomba de óleo)
PH1	Pressostato de alta pressão, KP
PL1	Pressostato de baixa pressão, KP
PT (FD)1	Transdutor de pressão (sucção)
PT (FD)2	Transdutor de alta pressão
S1	Visor de líquido
S2	Visor de líquido
TT1	Sensor de temperatura
V1	Compressor
VE1	Eliminador de vibração (linha de sucção)
VE2	Eliminador de vibração (linha de descarga)
VE3	Eliminador de vibração (válvula solenoide)
VM1	Motor elétrico do compressor
PC	Válvula de injeção (CIC)
X1	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 5/8", 48 bar
X10	Válvula de passagem
X11	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , 48 bar
X12	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , 48 bar
X13	Válvula de passagem
X14	Válvula solenoide HGB
X15	Válvula de controle de pressão do reservatório de óleo
X15.1	Válvula de passagem
X15.2	Válvula de passagem
X15.3	Válvula de passagem
X16	Válvula de passagem
X17	Válvula de passagem
X2	Válvula de serviço de sucção do compressor
X3	Válvula de serviço de descarga do compressor
X4	Válvula de passagem da pressão de descarga, <i>Danfoss</i> , C316, diâmetro 1 1/8"
X5	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 1/8", 48 bar
X6	Válvula de passagem
X7	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 1/8", 48 bar
X8	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 1 1/8", 48 bar
X8.1	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i>
X8.2	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i>
X8.3	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i>
X8.4	Válvula de passagem
X9	Válvula de segurança independente de contrapressão



Anexo 5 Diagrama Esquemático do Sistema de Média Temperatura Pós-Intervenção

Legenda do Diagrama Esquemático do Sistema de Baixa Temperatura Pós-Intervenção	
B5.1	Separador de óleo
B5.2	Reservatório de óleo
B6	Tanque de líquido
C2	Condensador; 45 °C; 119,79 kW ou 10.3000 (kcal/h}
C2	Controle do nível de óleo
F4	Filtro de sucção
F5	Filtro de óleo
F6	Filtro da linha de líquido
LLC1	Linha de líquido
LLC2	Linha de líquido
LSC1	Linha de sucção
LSC2	Linha de sucção
OP2	Bomba de óleo
PDTO2	Transdutor de pressão de óleo (DELTA P)
PDZOH2	Transdutor de pressão de óleo (saída da bomba de óleo)
PDZOL2	Transdutor de pressão de óleo (entrada da bomba de óleo)
PH2	Pressostato de alta pressão, KP
PL2	Pressostato de baixa pressão, KP
PT (FD)3	Transdutor de pressão (sucção)
PT (FD)4	Transdutor de alta pressão
S3	Visor de líquido
S4	Visor de líquido
TT2	Sensor de temperatura
V2	Compressor
VE4	Eliminador de vibração (linha de sucção)
VE5	Eliminador de vibração (linha de descarga)
VE6	Eliminador de vibração (HGB)
VM2	Motor elétrico do compressor
X33	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 15/8", 48 bar
X34	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 15/8", 48 bar
X35	Válvula de serviço de sucção do compressor
X36	Válvula de serviço de descarga do compressor
X37	Válvula de passagem da pressão de descarga, <i>Danfoss</i> , C316, diâmetro 11/8"
X39	Válvula de passagem
X40	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , diâmetro 11/8", 48 bar
X41	Válvula de passagem
X41.1	Válvula de passagem
X41.2	Válvula de passagem
X41.3	Válvula de passagem
X41.4	Válvula de passagem
X42	Válvula de segurança independente de contrapressão
X42.1	Válvula de passagem
X45	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , 48 bar
X46	Válvula GBC com porto de acesso, <i>Danfoss</i> , 48 bar
X47	Válvula de passagem
X48	Válvula solenoide HGB
X49	Válvula de passagem
X50	Válvula de controle de pressão
X50.1	Válvula de passagem
X50.2	Válvula de passagem
X50.3	Válvula de passagem



Parceria



Implementação



Por meio da:



Coordenação

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL